

수도권매립지 주변 식재지의 식재기반 평가

박 현¹ · 윤용한¹ · 김원태¹ · 이현종¹ · 박봉주^{2*}

¹건국대학교 산림과학과, ²건국대학교 자연과학연구소

Estimation of the Planting Environment of Planted Areas around Sudokwon Landfill Site

Heon Park¹, Yong-Han Yoon¹, Won-Tae Kim¹, Hyun-Jong Lee¹, and Bong-Ju Park^{2*}

¹Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

²Research Institute of Natural Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

ABSTRACT : The present study was conducted to analyze the soil environment of planted areas around Sudokwon Landfill Site, and drew conclusions as follows. Among the physical properties of soil, bulk density ranged between 1.11~1.59 g·cm⁻³, which was higher than the average bulk density (1.05 g·cm⁻³) of the B layer of forest soil in Gyeonggi-do, Korea. This is probably because of treading by heavy equipment used to prepare the ground for planting, and measures should be taken to improve bulk density for the growth of the root system of trees. Among the chemical properties of soils, the organic matter content was only 1/5~1/10 of 30 g·kg⁻¹, the adequate level for landscape planting. In addition, cation exchange capacity (CEC) ranged between 1~3 cmol·kg⁻¹, which was much lower than 6 cmol·kg⁻¹, the least capacity for landscape planting. Therefore, these problems need to be solved.

Keywords : Sudokwon landfill site, Bulk density, Landscape planting, CEC, Soil physical properties, Soil chemical properties

서 론

조경식재공사는 수목이라는 생명체를 소재로 하기에 시공과정이나 결과에 미치는 영향 요인이 워낙 다양하고, 규격화, 계량화하기 어려운 점이 있다. 특히, 아무리 좋은 수목을 적기에 식재한다 하더라도 식재기반이 불량하면 하자는 발생하기 마련이다. 따라서 조경식재공사에서는 조경용 식물의 건전한 생육을 위해 식재기반조성에 힘쓰고 있으며, 이를 위해 조경설계기준(한국조경학회, 2002)에서는 식재기반의 정의, 토양평가항목, 토양평가등급 및 식재지별 토양평가등급 적용기준을 제시하여 양호한 식물생육을 위한 최소한의 식재기반조성 조건을 규정하고 있다. 그 내용을 살펴보면 먼저 식재기반이란 식물뿌리의 생육을 위한 토양을 포함하며, 관수시설·지하수위 저하를 위한 배수시설·매

립지 위의 각종 차단층과 지반보강용 자재·인공지반 위의 방수층·방근층 및 식물뿌리의 건전한 생육을 위해 설치되는 모든 시설물을 포함한다고 되어 있다(한국조경학회, 2002). 또한 식물뿌리가 신장하는 층, 즉 식생대층에 요구되는 토양조건으로는 세근이 잘 자랄 수 있도록 부드럽고, 투수성이 양호하며, 양분과 부식이 풍부해야 한다고 보고되어 있다(이규석 등, 2003, 김기대, 2001; 이경재 등, 2001). 더불어 토양에 대한 평가항목은 유효수분, 포화투수계수, 토양산도, 전기전도도 등이며, 토양평가항목에 대한 평가등급은 상급, 중급, 하급, 불량의 4등급으로 구분하고 있고, 일반적인 식재지에는 하급 이상의 토양평가 등급을, 식물의 생육환경이 열악한 매립지나 인공지반 위에 조성되는 식재기반이나 답압의 피해가 우려되는 곳의 토양은 중급 이상의 토양평가 등급을 적용토록 규정하고 있다(한국조경학회, 2002).

* Corresponding author: (E-mail) bjpak@kku.ac.kr

※ 이 논문은 2005년도 수도권매립지관리공사의 지원에 의하여 이루어진 연구결과의 일부임.

한편, 폐기물관리법 제50조제2항에 따르면 환경부장관은 사후관리 대상인 폐기물을 매립하는 시설의 사용이 끝나거나 시설이 폐쇄된 후 침출수의 누출, 제방의 유실 등으로 주민의 건강 또는 재산이나 주변 환경에 심각한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정되면 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 시설이 있는 토지의 소유권 또는 소유권 외의 권리를 가지고 있는 자에게 대통령령으로 정하는 기간에 그 토지 이용을 공원, 수목의 식재, 초지의 조성 및 체육시설의 설치에 한정하도록 그 용도를 제한할 수 있다고 규정하고 있다. 이러한 취지에 맞춰 수도권매립지의 경우 현재 제1매립장 제방 및 이격구간과 야생초화원 등의 생태공원화를 위해 1,000만 그루 나무심기가 한창 진행 중이며, 또한 외곽경계 지역(3, 4매립장)의 경우 매립예정부지가 공한지로 관리되고 있으므로 매립장에 대한 대내·외적인 혐오감 가중의 원인이 되고 있어 폐기물처리 시설축진 및 주변지역 지원 등에 관한 법률 제23조(폭 20 m 녹지대조성)에 의거 매립예정지인 3, 4매립장 경계지역에 미리 나무를 식재하여 향후 매립지 수립대 조성에 기여코자 하고 있다.

이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 수도권매립지 내 식재지 및 식재예정지를 대상으로 조경설계기준에 준해 식재기반을 평가·분석하였다. 또한 이를 통해 수도권매립지 관리공사가 추진하고 있는 사용종료 매립지의 생태공원화 사업 등에 기여할 수 있는 식재기반조성을 위한 기초자료를 제공코자 수행하였다.

재료 및 방법

평가대상지

수도권매립지는 해안지역인 인천광역시 서구 검단동 일대에 위치한 쓰레기 매립장으로 조경식재공사를 위한 식생토사는 인천광역시, 서울특별시 및 경기도에서 반입되는 관급토사를 사용하고 있다. 한편, 식재기반 평가대상지인 제1매립장의 제방 3~6단은 그림 1에 나타난 바와 같이 2000년 10월 9년간의 매립이 종료되어, 현재 안정화공사가 마무리 단계이므로 제방 및 이격구간과 야생초화원 등의 생태공원화를 위해 1,000만 그루 나무심기가 한창 진행 중인 관계로 식재지와 식재예정지가 구획·조성되어 있는 상황이다.

식재기반평가

조경설계기준(조경학회, 2002)에 규정된 식재기반평가를

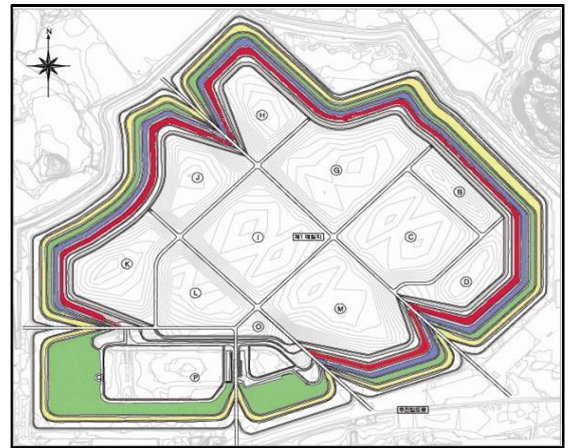


그림 1. 제1매립장 현황도

위한 토양평가항목은 크게 물리적 특성 평가항목과 화학적 특성 평가항목으로 구분된다. 따라서 본 연구에서는 토양평가항목을 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)과 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 준하여 실시하였으며, 물리적 특성 평가항목 중 입도분석은 비중계 및 체분석을 이용하고, 미농무부의 입도조성에 의한 삼각분류법에 따라 토성을 분류하였다. 또한 용적밀도, 변수위법으로 구한 포화투수계수 그리고 삼상분포는 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 준하여 측정·분석하였다. 한편, 화학적 특성 평가항목은 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)에 따라 토양산도는 토양과 H₂O를 1:5로 하여 Horiba compact pH meter B-212로, 전기전도도는 토양과 H₂O를 1:5로 하여 Horiba conductivity meter ES-14로 측정하였으며, 유기물 함량은 Tyurin법, 양이온치환용량은 1N-NH₄OAc(pH7.0) 추출법으로, 치환성양이온함량은 1N-NH₄OAc(pH7.0)용액으로 추출 후 칼륨을 Atomic Absorption Spectrometer측정법으로, 칼슘과 마그네슘을 ICP측정법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

식재기반평가를 위한 토양평가항목 중 물리적 특성 평가항목

수도권매립지 식재지 및 식재예정지의 토양 물리적 특성은 표 1에 나타난 바와 같다.

평가대상지의 입도조성은 모래함량 55~67%, 미사함량 27~37%, 점토함량 6~15% 범위로 토성은 사양토에 해당되었다. 따라서 우리나라 산림토양의 대부분이 사양토임을 감안한다면 토성만을 놓고 볼 때 대부분의 수종이 생육 가능

표 1. 토양의 물리적 특성

구분	입도조성(%)			토성	용적밀도 (g/cm ³)	포화투수계수 (cm/sec)	고상률 (%)	공극률 (%)
	모래	미사	점토					
식재예정지1	59	27	14	사양토	1.43	4.8×10 ⁻⁴	54	46
식재예정지2	67	27	6	사양토	1.46	4.1×10 ⁻⁴	55	45
식재예정지3	61	28	11	사양토	1.38	4.9×10 ⁻⁴	52	48
식재지1	58	30	12	사양토	1.31	4.4×10 ⁻³	49	51
식재지2	63	28	9	사양토	1.59	4.6×10 ⁻³	51	49
식재지3	57	28	15	사양토	1.33	4.4×10 ⁻³	50	50
식재지4	55	37	8	사양토	1.26	2.5×10 ⁻³	48	52
식재지5	57	31	12	사양토	1.16	1.9×10 ⁻³	50	50
식재지6	58	30	12	사양토	1.11	1.1×10 ⁻³	42	58

표 2. 토양의 화학적 특성

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	CEC (cmol/kg)	Ex. Cation(cmol/kg)				Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
식재예정지1	5.8	0.16	5	2	0.2	1.2	0.7	0.2	3
식재예정지2	5.5	0.14	5	1	0.3	1.1	0.6	0.1	2
식재예정지3	5.8	0.12	6	1	0.3	1.0	0.8	0.1	2
식재양호지1	5.8	0.11	5	1	0.2	2.4	0.5	0.1	9
식재양호지2	5.7	0.11	7	1	0.2	3.0	0.9	0.1	23
식재양호지3	8.4	0.15	4	1	0.4	6.8	1.3	0.1	58
식재불량지1	6.7	0.11	3	1	0.2	4.0	1.2	0.1	20
식재불량지2	6.4	0.11	3	1	0.2	4.5	1.4	0.1	14
식재불량지3	8.0	0.31	4	3	0.7	3.6	2.5	1.4	36

하다고 볼 수 있다.

또한 평가대상지 용적밀도 범위는 1.11~1.59 g·cm⁻³을 나타내 우리나라 경기도 지역 산림토양의 B층 평균 1.05 g·cm⁻³ (정진현 등, 2002)보다 높고, 과수의 적정기준인 1.13 g·cm⁻³ (藤原俊六郎 등, 1996) 보다 대부분 높았는데 이는 중장비로 복토하면서 답압이 되었기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 매립지 최종 복토층의 식생대층을 조성할 때에는 중장비 사용으로 인한 답압 등이 식생성장의 제한인자로 작용하지 않도록 각별한 주의가 필요할 것으로 사료된다.

포화투수계수는 4.6×10⁻³ ~ 4.1×10⁻⁴ cm·sec⁻¹범위였으며, 식재지가 식재예정지보다 높았다. 이를 조정설계기준(조경학회, 2002)과 비교해 보면 평가대상지 모두 중급(10⁻³~10⁻⁴ cm·sec⁻¹)에 해당되었다.

고상률은 42~55%범위였으며, 평균은 식재지가 식재예정지보다 낮게 나타났다. 한편 식재지의 경우 과수의 적정함량인 50%이하(藤原俊六郎 등, 1996)와 비슷한 수준이

었다. 한편, 공극률은 45~58%범위였으며, 평균은 식재지가 식재예정지보다 높게 나타났다.

식재기반평가를 위한 토양평가항목 중 화학적 특성 평가항목

수도권매립지 식재지 및 식재예정지의 토양 화학적 특성은 표 2에 나타난 바와 같다.

선행연구에 의하면 조정 식재를 위한 토양산도는 pH 5.0~7.0(中島康博, 1992), 산림용 묘목 및 관상수의 토양개량 목표는 pH 5.5~6.0(藤原俊六郎 등, 1996)으로 보고되어 있다. 이를 토대로 볼 때 평가대상지 토양산도는 특이하게 높았던 식재지3의 pH 8.4와 식재지6의 pH 8.0을 제외하면 수목이 성장하는데 있어선 양호한 조건이었다. 한편, 평가대상지 토양산도 평균은 식재지가 식재예정지보다 높게 나타났다.

조정설계기준(조경학회, 2002)에 의하면 전기전도도의

경우 1.0 dS·m⁻¹미만을 수목생육에 크게 유해하지 않는 수준으로 보고 있는데 이와 비교해 볼 때 수도권매립지의 식재지 및 식재예정지의 전기전도도는 모두 식물생육에 크게 유해하지 않은 것으로 판단되었다.

유기물 함량은 식재지 및 식재예정지가 서로 유사한 수준을 나타냈으나 이들 모두 조경수목의 식재를 위한 적정범위인 30 g·kg⁻¹의 약 1/5~1/10정도로 매우 낮은 함량이었다. 양이온치환용량은 1~3 cmol·kg⁻¹범위로 조경수목의 식재를 위한 최소한의 함량인 6 cmol·kg⁻¹에 비해 매우 낮은 함량이었다.

치환성칼륨 함량은 0.2~0.7 cmol·kg⁻¹범위로 평가대상지 간 차이는 거의 없었으나 조경설계기준(조경학회, 2002) 하급에 해당하는 0.6 cmol·kg⁻¹보다 대부분 낮은 수준이었다. 치환성칼슘 함량은 1.0~6.8 cmol·kg⁻¹범위였으며, 평균은 식재지가 식재예정지에 비해 높았다. 한편, 조경설계기준(조경학회, 2002)과 비교해 보면 전체적으로 식재예정지가 하급, 식재지가 중급에 해당되었다. 치환성마그네슘 함량은 0.5~2.5 cmol·kg⁻¹범위로 조경설계기준(조경학회, 2002)과 비교해 보면 대부분 중급(0.6~3.0 cmol·kg⁻¹)에 해당되었다. 치환성나트륨 함량은 식재지6의 1.4 cmol·kg⁻¹를 제외하면 0.1~0.2 cmol·kg⁻¹ 범위로 낮은 수준을 보여 치환성나트륨으로 인한 장애는 없을 것으로 예상되었다.

유효인산 함량은 3~58 mg·kg⁻¹범위였으며, 평균은 식재지가 식재예정지보다 높게 나타났다. 한편, 이를 조경설계기준(조경학회, 2002)과 비교해 보면 대부분 하급(100 mg·kg⁻¹

미만)에 해당되었다.

식재제한인자

일반적으로 식물은 식물 자체의 유전적 요인과 식물이 생육되고 있는 주변의 환경적 요인 등에 영향을 받으며 자라게 되며, 이 중 환경적 요인은 크게 토양요인, 기상요인, 그리고 생물적 요인으로 구분할 수 있고, 또한 주요 토양요인으로는 토양산도, 무기염류의 함량, 수분함량, 유기물 함량, 그리고 토양의 물리적 성질 등, 기상요인으로는 일사량, 일조시간, 습도, 온도, 강수량, 풍속 등, 생물적 요인으로는 병충해의 발생 등을 들 수 있다. 따라서 식물의 생장이 불량하거나 또는 식물이 고사한다는 것은 위에 열거한 각 요인이 단독으로 때론 복합적으로 식물생장에 영향을 미친 결과라고 생각되며, 이러한 결과를 초래하는 인자를 식물생장의 제한인자라 할 수 있다.

수도권매립지의 식재예정지와 식재지의 식재기반평가 토양항목 토양특성은 그림 2에 나타난 바와 같이 조경설계기준(조경학회, 2002) 토양평가등급 중 중급이상의 기준을 적용하여 분석해 본 결과 식재예정지의 경우 포화투수계수를 제외한 모든 항목이 중급 이하였으며, 식재지의 경우 포화투수계수, 공극률 및 치환성칼륨을 제외한 항목이 중급 이하로 평가되었으며, 특히 두 지역 모두 토양물리성보다 토양화학성 즉, 토양비옥도가 매우 척박한 상태임을 알 수 있다.

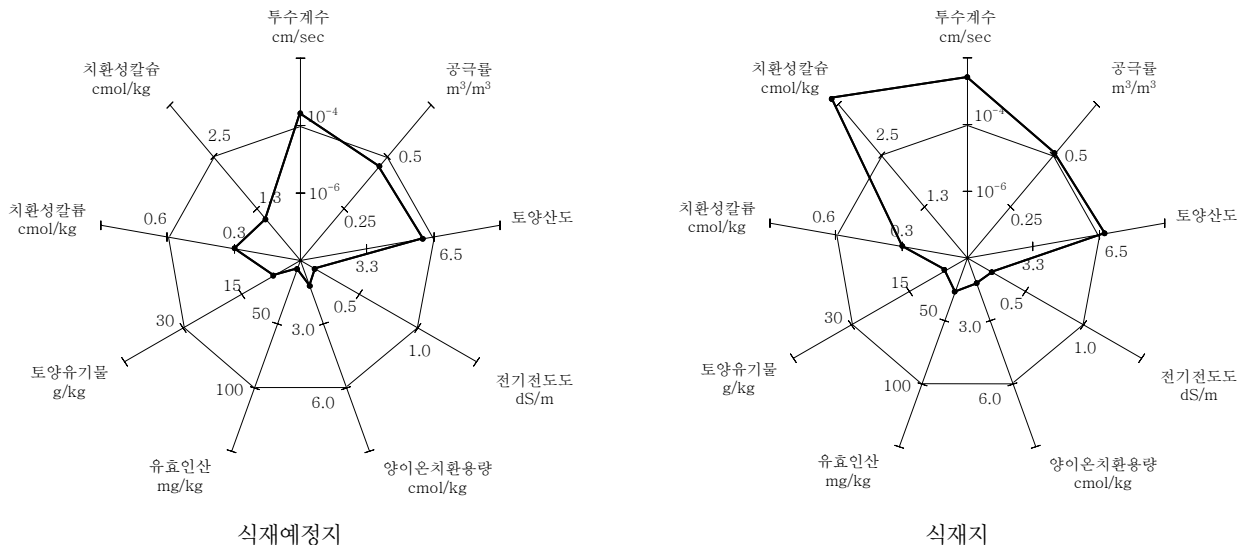


그림 2. 식재예정지와 식재지의 식재기반평가 토양항목 특성 비교

결 론

수도권매립지의 식재예정지와 식재지를 대상으로 실시한 식재기반평가 토양항목 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 평가대상지의 토양물리성 중 토성은 사양토, 용적 밀도는 $1.11\sim 1.59\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 포화투수계수는 $4.6\times 10^{-3}\sim 4.1\times 10^{-4}\text{ cm}\cdot\text{sec}^{-1}$, 고상률은 42~55%, 공극률은 45~58%를 나타냈다.

둘째, 평가대상지의 토양화학성 중 pH는 5.5~8.4, EC는 0.11~0.31 dS/m, 유기물함량은 $3\sim 7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 양이온치환용량은 $1\sim 3\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 치환성칼륨 함량은 $0.2\sim 0.7\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 치환성칼슘 함량은 $1.0\sim 6.8\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 치환성마그네슘 함량은 $0.5\sim 2.5\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 치환성나트륨 함량은 식재지6의 $1.4\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 를 제외하면 $0.1\sim 0.2\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 유효인산 함량은 $3\sim 58\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 범위를 나타냈다.

셋째, 수도권매립지의 식재예정지와 식재지의 식재기반평가 토양항목 토양특성은 조정설계기준 토양평가등급 중 중급이상의 기준을 적용하여 분석해 본 결과 식재예정지의 경우 포화투수계수를 제외한 모든 항목이 중급 이하였으며, 식재지의 경우 포화투수계수, 공극률 및 치환성칼륨을 제외한 항목이 중급 이하로 평가되었으며, 특히 두 지역 모두 토양물리성보다 토양화학성 즉, 토양비옥도가 매우 척박한 상태를 알 수 있다.

요 약

수도권매립지 주변 식재예정지와 식재지의 식재기반평가 토양항목 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 토양물리성 중 용적밀도가 $1.11\sim 1.59\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 범위로 우리나라 경기도 지역 산림토양의 B층 평균 $1.05\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 보다 높은 것으로 나타났다. 이것은 식재기반 조성 시 중장비 등의 사용으로 인한 답압 등에 의해 기인한 것으로 판단되며, 수목의 근계발달을 위해서는 개량방안이 강구되어야 할 것이다. 토양화학성 중 유기물 함량은 조경수목의 식재를 위한 적정범위인 $30\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 의 약 1/5~1/10정도 매우 낮게 조사되었다. 또한 양이온치환용량의 경우에도 $1\sim 3\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 범위로 조경수목의 식재를 위한 최소한의 함량인 $6\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 에 비해 매우 낮은 수준으로 나타나 이에 대한 개량이 필요한 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

- 조경학회. 2002. 조정설계기준.
- 김기대. 2001. 서울 수도권 지역 쓰레기 매립지의 식생구조와 생태학적 복원. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 농촌진흥청.
- 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법. 농업기술연구소.
- 이경재, 박수현, 이수동. 2001. 서울 난지도 쓰레기 매립지에 생육 중인 식물의 생태적 특성. 한국환경생태학회, pp. 46-52.
- 이규석, 김민수, 송관철, 우창호, 김남춘, 남상준, 구분학, 황국웅, 이동근. 2003. 녹을 창조하는 식재기반. 보문당. pp. 193.
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.
- 藤原俊六郎, 安西徹郎, 加藤哲郎. 1996. 土壤診断の方法と活用. 農文協. pp. 280-281.
- 中島康博. 1992. 植栽の設計施工管理. 經濟調査會.