임해매립지에서 토양개량제 처리가 토양물성과 식물생육에 미치는 영향에 관한 연구

방승준* · 김태진**

*한경대학교 산업대학원 · **한경대학교 조경학과

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

임해 매립지는 국토의 확장과 토지의 효율적 이용을 취지로 하여 간척사업 등을 통해 해양을 매립함으로 인해 조성되는 토지로서 해안가에 제방을 만들고 그 안에 바닷물을 빼고 준설 또는 매립토양을 채워 조성한다(김도균, 2000).

현재까지 우리나라의 간척지 조성면적은 전 국토면적(99.6천 km^2)의 약 2.7%(2.69천 km^2)에 이른다. 해양매립 후 간척지를 다년간 방치시켜 토양층에 함유되어 있는 염분을 감소시키는 과정을 거치면서 농지, 도시용지, 공업용지 등으로 각각 사용하게 된다. 또한 전국적으로 간척 개발 가능 면적이 6천 km^2에 달해 해안 및 도서지역을 이용한 간척사업으로 토지이용측면에서 향후 임해매립지의 기여도가 증가할 것으로 보인다.

농업, 공업 및 주거용지로 이용하기 위하여 간척 개발한 임해매립지에서는 경관조성과 쾌적한 생활환경을 유지 보전하기 위하여 가로수, 녹지대, 공원 등에 각종 수목을 심어 녹화에 많은 예산을 투입하고 있으나 염분, 해풍, 불량한 토양의 이화학성 등으로 불량한 생육환경으로 인하여 식재된 수목 및 식생이 고사하는 등의 문제점들이 많이 발생하고 있다(구본학a, b, 1993).

해수에 포함된 각종 염은 약 3.5%이며, 그 중 85%가 NaCl이다. 임해매립지는 해수의 영향으로 토양 중 염분 함량이 풍건토양의 1% 내외가 일반적이며, 표층토양의 경우 염분집적에 의하여 염분농도가 5~10%까지 이르는 경우도 있어 식재된 수목의 생육이 불량해지고 고사율이 높아진다.

이와 같은 식재지반의 문제점을 해결하기 위해 식재부 토양을 전면 또는 부분 객토하거나 관개에 의한 제염 또는 모래를 이용한 식재지반조성, 토양개량공법 등의 여러 가지 시공법이 행해지고 있다(변재경, 2004).

임해 매립지를 조성할 때 쓰이는 매립 재료는 샌드펌프로 빨아올린 해저의 모래나 산비탈을 깎은 흙, 각종 건설공사에서 생겨난 굴삭잔토 및 도시의 쓰레기 등이다. 일반모래 또는 산 흙으로 매립된 경우 토양의 물리성이 파괴되고 유효양분은 식물생육 요구량보다 낮은 함량을 갖게 된다. 특히, 콘크리트 파편, 벽돌 조각, 유리 조각, 기와 조각, 비닐 조각, 파지, 짚, 나무때기 따위로 매립된 경우에는 정체수가 생겨나고 통기성이 불량해질 뿐만 아니라 부패로 말미암은 가스나 열의 발생, 또는 지반의 침하가 일어나므로 식물생육에 매우 불리한 환경을 조성하게 된다(대한주택공사, 2000).

또한 매립과정과 매립 후에 심각한 환경변화를 동반하게 되는데, 수목식재를 위한 생육지반의 복토 토양은 주로 인근 산지의 심토가 유입되어 성토 또는 매립 등의 토공작업을 시행하면서 형성되고, 중장비를 이용하는 과정이 이루어지기 때문에 토양의 물리성이 파괴되어 있고, 매립지 조성 이후 발생하는 모세관 현상에 따른 염분상승, 매립과정에서 섞인 개흙에 의한 토양 이화학성변화, 바다에서 유입되는 염류 등에 의한 피해, 방풍시설이 없는 노출지에서의 해풍에 의한 피해 등으로 나타난다(유의열, 1990; 구본학, 1993; 김도균, 2000; 박현수, 2002).

기존 매립지에서는 준설토 지반에 1m 내외의 조경토를 복토한 후 토양개량을 실시하는 공법이 주로 사용되고 있는데, 토양의 염분함량은 복토 토양의 특성과 복토 높이에 따라 많은 차이가 있으며, 이로 인해 수목생육에 미치는 영향 또한 크다(변재경, 2004).

토양은 물리적으로 식물을 지지하는 기반으로서의 역할을 하며, 수분과 산소 및 영양물질을 공급하는 매질로서의 역할을 하기 때문에 토양의 상태는 식물의 생육을 결정하는 절대적인 요소라고 할 수 있다. 따라서 수목식재 시 건전한 수목생육을 위해서는 토양환경에 대한 조사가 최우선적으로 이루어져야 한다.

따라서 본 연구는 임해매립지에서 준설토 지반과 조경토 복토 지반에서 수목의 생육을 평가함으로써 수목생육에 적합한 지반조성방법을 고찰하고 조성된 지반 위에 여러 가지 형태의 토양개량제를 처리하였을 때 토양물성과 식물생육에 미치는 영향을 검토하여 임해매립지에 적합한 토양개량방법을 체계적으로 확립하기위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서는 유·무기 혼합 토양개량제와 유기토양개량제 그리고 음식물쓰레기 퇴비의 토양개량효과를 비교하였으며, 준설토지반에 직접토양개량제를 처리한 것과 조경토 복토후 토양개량제를 처리한 임해매립지 식재지반조성공법의 토양개량효과를 비교하였다. 그리고 토양개량효과를 분석하기 위해서 수목생육 및 토성변화를 위하여 인천남부광역생활폐기물 종합처리시설 내 실험포장을 조성하였으며 보다 정확한 토양개량효과를 보기 위하여 실내 토양 incubation 실험을 병행하여 제염 후 토양의 pH, EC 변화를 관찰하였다.

2. 연구방법

1) 장소 및 시기

(1) 장소 및 시기

임해매립지의 식재기반 조성은 인천광역시 연수구 소재 남부환경플랜트조성 현장 부지 내에서 준설 매립된 지반에서 2004년 6월에 조성하였으며, 수목식재 후 수목생육평가는 잎의 변색이 발생하기 전, 9월 중순과 월동 후 생육이 왕성해지는 다음해 5월 2번에 걸쳐 실시하였고, 식재수종의 생육효과에 대한 육안관찰은 2004년 6월부터 2004년 11월까지 약 6개월간 실시하였다.

(2) 공시토양 및 토양개량제

본 연구에 사용된 토양은 남부환경플랜트조성 현장 부지 내에서 준설 매립된 토양을 사용하였으며,

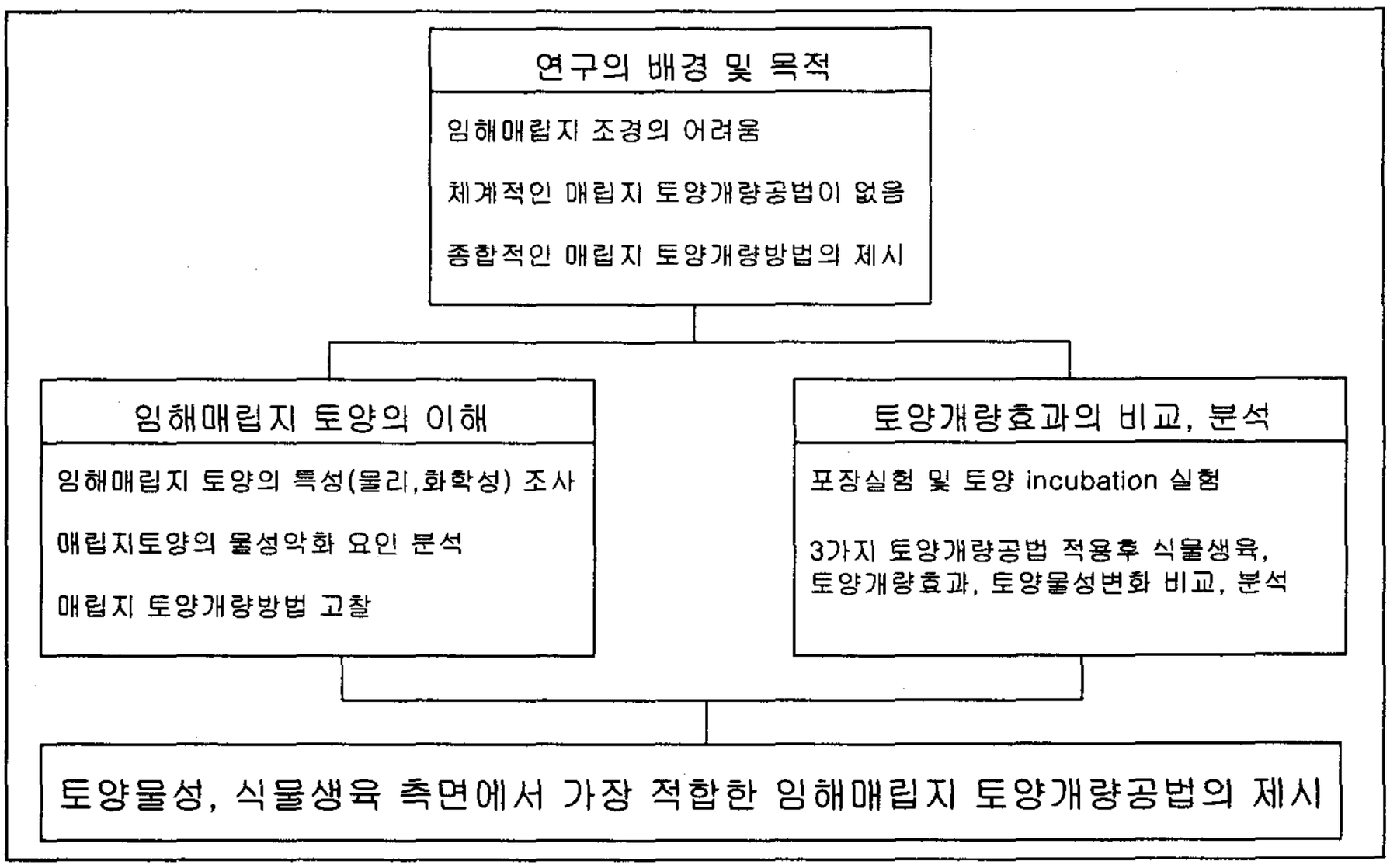


그림 1. 연구의 진행과정

조경토 복토용 토양은 투수성이 우수하나 보수성과 유기물함량, 질소함량 등이 약간 불량한 산 흙을 사용하였다.

식재지반조성을 위하여 모든 처리구에 암거배수를 하였으며 A지반에서는 준설토에 석고, 퇴비를 혼합하여 처리하였으며, B지반에서는 준설토에 석고, 퇴비를 혼합후 조경토를 복토 후 토양개량제를 처리하였고, C지반에서는 A지반과 마찬가지로 준설토에 바로 음식물쓰레기 퇴비를 혼합하였다.

본 연구에서 지반 처리를 위해 사용된 제품은 시중에서 판매되고 있는 임해매립지용 토양개량제중 유·무기혼합 토양개량제인 M과 유기토양개량제인 K를 사용하였으며 대조구로 음식물쓰레기를 부숙 발효하여 퇴비화한 음식물퇴비(FC) 1종을 사용하였다.

(3) 공시수종

본 실험에서는 조경수를 위주로 하여 인천남부환경생활폐기물 처리시설설계에서 선정된 조경수를 중심으로 여러 가지 수종의 적응성을 검토하고자 하였으며, 조경 수종 중에서 교목 7종, 관목 4종, 초화류 4종을 선정하여 사용하였다.

(4) 포장실험방법

포장실험방법은 다음 표 2와 같이 설계하였으며, 모든 처리에서 토심 20cm를 기준으로 A지반에는 10%, B지반에는 5%(부피기준) 혼합율로 처리하였다.

3. 토양 및 수목생육 분석방법

표 1. 포장실험에 사용된 수목 및 초화류의 종류

구분	공시수종
1목	느티나무(Zelkova serrata Makino) 곰솔(*Pinus thunbergiana* Franco) 이팝나무(*Chionanthus retusa* L. et P) 상수리나무(*Quercus acutissma* Carr.) 떡갈나무(*Quercus dentata* thunb.) 마가목(*Sorbus commixta* Hedl.) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)
관목	회양목(*Buxus microphylla* var. *koreana* Nak.) 사철나무(*Euonymus japonica* Thunb) 낙상홍(*Ilex serrata* var. *sieboldii* Loesm) 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium* Sieb. Et Zucc.)
초화류	억새(*Miscanthus sinensis* Andersson) 부들(*Typha latifolia* Linne) 꽃향유(*Elsholtzia splendens* Nakai ex F. Maekawa) 패랭이(*Dianthus chinensis* Linne)

1) 측정항목

토양 및 수목생육의 측정항목 및 내용은 다음 표 3과 같다.

2) 측정방법

(1) 토양물리성

토양입도분석(토성분석)은 75㎛ 체에서 체가름 후 Hydrometer법을 이용하여 측정하였고, 미국 농무성 분류법에 의하여 토성을 결정하였다. 투수계수는 정수위법(KS F 2322 흙의 투수시험방법 준용), 유효수분은 0.03기압(pF 1.5)은 가압법을, 15기압(pF 4.2)은 원심법을 각

표 2. 포장실험에서 식재조성방법 및 토양개량제 처리 현황

시험구명		A-M	A-K	B-M	B-K	C-FC
토양종류		준설토		조경토복토(0.6m)		준설토
지반처리		석고 : 1kg/m^2, 인산퇴비 : 15kg/m^2				없음
교목	곰솔, 소나무	15kg/주		8kg/주		10kg/m^2
	느티나무	25kg/주		13kg/주		
	마가목, 상수리 이팝나무, 떡갈나무	10kg/주		5kg/주		
관목	회양목, 사철나무 낙상홍, 쥐똥나무	10kg/m^2		5kg/주		
초화류	억새, 부들, 꽃향유, 술패랭이	10kg/m^2		5kg/주		

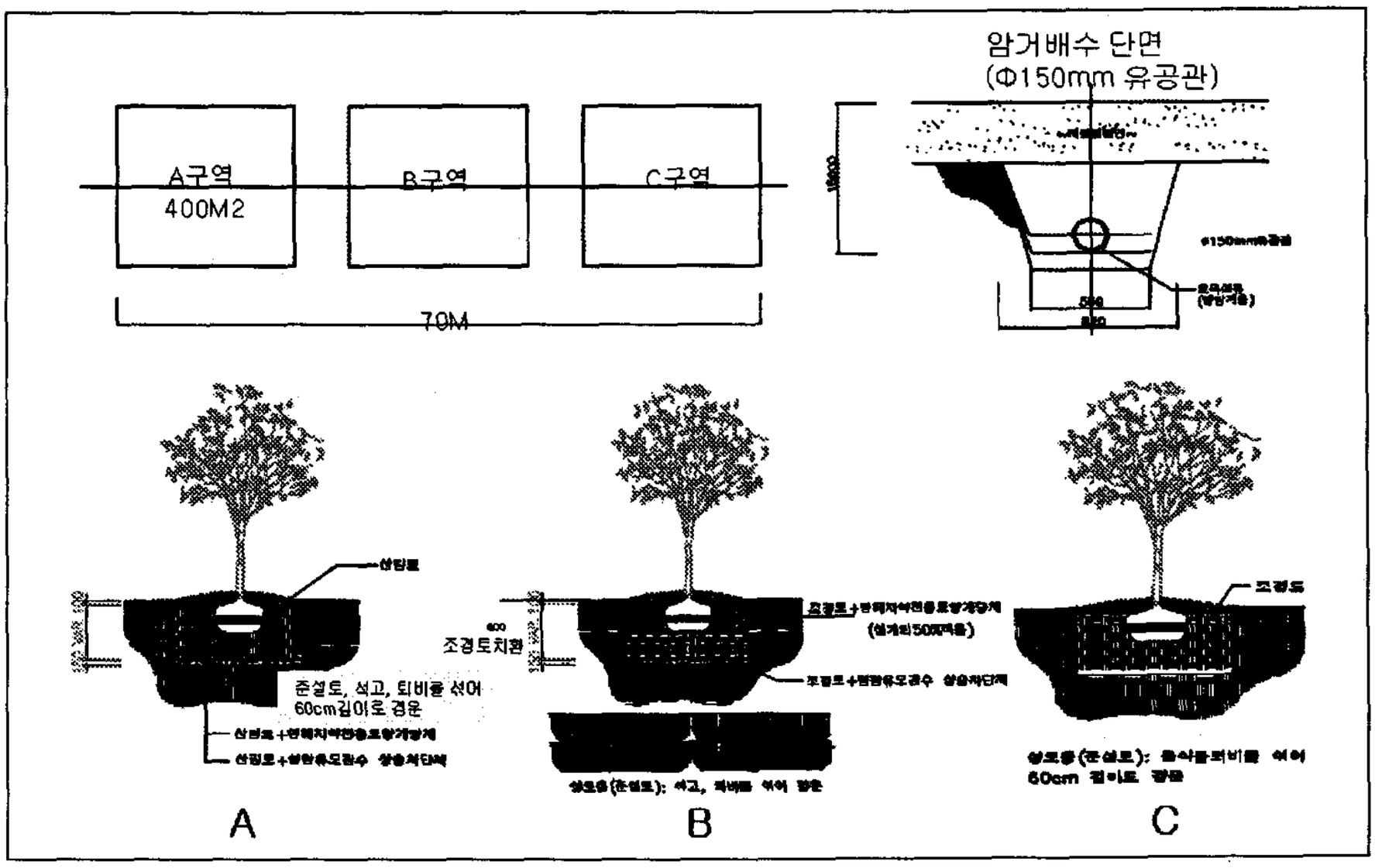
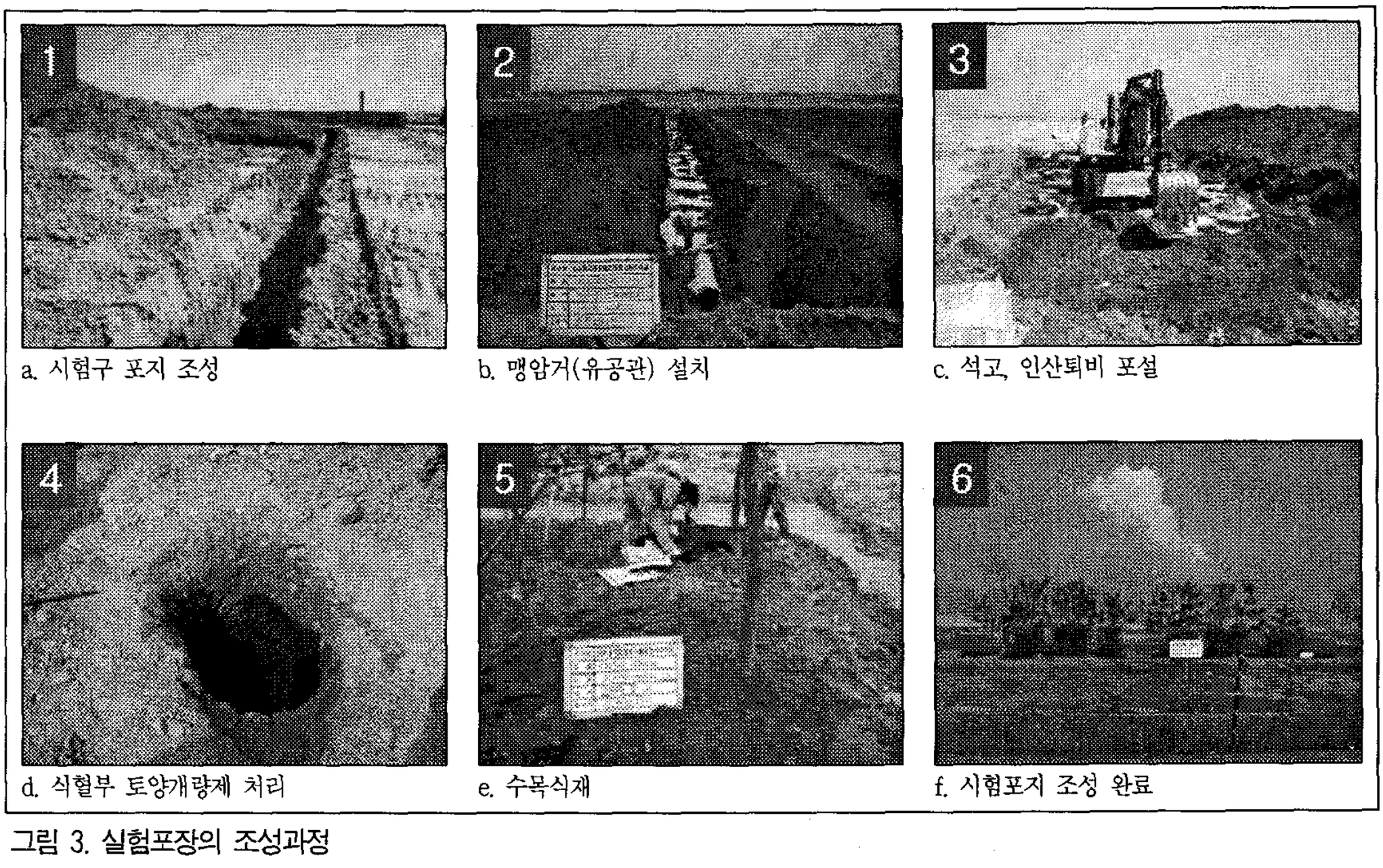


그림 2. 실험포장의 지반조성 및 토양개량제 처리 개략도



a. 시험구 포지 조성
b. 맹암거(유공관) 설치
c. 석고, 인산퇴비 포설
d. 식혈부 토양개량제 처리
e. 수목식재
f. 시험포지 조성 완료

그림 3. 실험포장의 조성과정

각 이용하여 측정하였으며, 용적밀도는 2ℓ의 정량용기에 토양시료를 담은 후 무게를 측정하여 산출하였고, 고상율과 전공극율은 경험식을 이용하여 산출하였다.

전공극률(%)=(1−용적밀도/진밀도)×100 :

고상율(%)=100−전공극율(%)

(2) 토양의 화학성

농진청 토양화학분석법에 의거하여 측정하였는데, 유기물함량은 강열감량법을 이용하여 측정하였고, pH와 EC는 토양 10g에 증류수 50g을 투입한 후 30분간 진탕한 후 여과하여 측정한 후 EC의 경우 환산식

표 3. 토양 및 수목생육 측정항목 및 내용

측정항목		내용
공시토양분석		토성(입도분석), 투수계수, 유효수분(수분특성곡선), 용적밀도, 고상율, 전공극율, 유기물함량, pH, EC, 전질소, 유효인산, CEC, 치환성 K, Ca, Mg
사용제품분석		수분함량, pH, EC, 유기물함량, 전질소, 유기태질소, 무기태질소, 전인, 전칼륨, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg, Na, CEC, 염분함량
토양개량효과시험	물리성	투수계수, 유효수분(수분특성곡선), 용적밀도, 고상율, 전공극상율
	화학성	유기물함량, pH, EC, CEC, 전질소, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg
수목생육시험	교목	수목활력도(2회), 뿌리활력도(TTC test), 생육육안관찰
	관목	엽록소함량, 신초길이, 뿌리활력도(TTC test), 생육육안관찰
	초화류	엽록소함량, 생육육안관찰

에 의하여 포화침출액 ECe를 추정(이상모, 2001)하였다.

(3) 수목생육 측정

생육측정항목 중 엽록소함량은 엽록소측정기(Chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였고, 신초길이는 수목가지 중 상단부에서 1년차에 새롭게 자라난 가지의 길이를 측정하였으며, 수목활력도는 샤이고메타(Shigometer) MODEL OZ-93을 이용하여 형성층의 전기저항을 측정하였다.

또한, 수목을 1년 2개월간 생육시킨 후 뿌리를 굴취하여 뿌리의 활력도를 조사하였다. 뿌리의 활력도 조사는 일본의 平田熙(1990)가 개발한 방법을 사용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토양의 물리화학적 성질에 미치는 영향

1) 준설토와 조경토의 물리화학적 성질

(1) 토성

매립에 사용된 준설토는 표 4와 같이 토성이 모래함량 82.5%, 미사함량 12.3%, 점토함량이 5.2%인 양질사토였으며, 준설토를 복토하는데 사용된 조경토는 자갈함량이 36.4%로 매우 높았고, 토성이 모래함량 57.5%, 미사함량 25.8%, 점토함량이 16.7%인 사양토로 식물생육에 양호한 토양으로 나타났다.

(2) 물리적 성질

토양의 용적밀도는 토양의 삼상을 결정하는 주된 요인이며, 액상과 기상이 차지하는 용량을 통틀어 전공극률이라 하는데, 용적밀도가 낮을수록 전공극율은 증가한다. 토양 중에서 적정 삼상(Three phase) 분포는 고상 50%, 기상 20%, 액상이 30%를 가져야 하며, 이들 삼상의 분포는 수분의 공급과 배수성등과 밀접하게 연관되어 있다.

준설토의 물리적 성질은 표 5과 같이 용적밀도가 작아 전공극률 61.2%로 높았으나 투수계수는 8.78E-06 cm/sec 로 매우 불량하였고, 유효수분함량도 낮게 나타났다. 조경토는 고상율이 적정 삼상수준에 가까운 것으로 나타났고, 유효수분도 준설토에 비하여 약간 높게 나타났다.

표 4. 준설토와 복토용 조경토의 입도분포 및 토성

Soils	Gravel (%)	Particle size distribution(%)			Soil texture
		Sand	Silt	Clay	
준설토	2.7	82.5	12.3	5.2	LS
조경토	36.4	57.5	25.8	16.7	SL

표 5. 준설토와 복토용 조경토의 물리적 성질

Soils	Bulk density (kg/L)	Total porosity (vol%)	Solid ratio (vol%)	Hydraulic conductivity		Available water (vol%)
				(cm/sec)	(mm/hr)	
준설토	1.010	61.2	38.8	8.78E-06	0.3	22.4
조경토	1.320	49.2	50.8	9.07E-04	32.7	26.4

(3) 화학적 성질

표 6과 같이 준설토는 pH는 8.1, EC는 3.75 dS/m, 유기물함량이 0.9%, 전질소함량이 0.01%, 유효인산이 7.2 mg/kg인 토양으로 pH, EC 및 Na(나트륨)함량이 식물생육하기에 높게 나타났고, 유기물함량이 부족하였다. 또한 Na(나트륨) 염에 의하여 pH와 EC가 증가한 것으로 보였다.

조경토는 pH 5.2, EC는 0.23 dS/m 유기물함량은 1.8%, 전질소는 0.03%, 유효인산는 15.4 mg/kg으로 유기물함량과 양분함량이 매우 부족한 토양이었다.

2) 토양개량제의 화학적 성질

본 연구에서 사용된 토양개량제는 유기토양개량제와 유·무기토양개량제 2종과 음식물을 부숙 발효시킨 퇴비 1종을 준설토 및 조경토에 혼합 사용하였으며, 사용된 토양개량제의 화학적 특성을 측정한 결과는 다음 표 7과 같았다.

표 6. 준설토와 복토용 조경토의 화학적 성질

Soils	OM (%)	pH	ECe (dS/m)	T-N (%)	Avail. P (mg/kg)	CEC (cmol$_c$/kg)	Exchangeable cation			
							K	Ca	Mg	Na
준설토	0.9	8.1	25.85	0.01	7.2	2.58	0.63	0.21	1.12	35.28
조경토	1.8	5.2	1.19	0.03	15.4	8.85	0.54	0.73	0.62	0.59

표 7. 토양개량제의 화학성

구분	단위	유·무기 혼합 토양개량제	유기 토양개량제	음식물퇴비	비료공정규격 기준*
수분함량	(%)	45.51	52.35	50.71	50 이하
pH		7.25	8.08	8.13	-
EC	(dS/m)	1.25	2.3	3.5	-
유기물함량	(%)	29.5	35.2	39.6	25 이상
전탄소	(%)	16.27	19.03	21.16	-
전질소	(%)	1.25	0.71	1.09	-
C/N		10.85	11.97	18.24	50 이하
총가수분해성 질소	(%)	1.11	0.53	0.67	-
암모니아질소	(%)	0.22	0.16	0.29	-
아미노산질소	(%)	0.51	0.29	0.42	-
암모니아태 질소	(mg/kg)	890	340	1350	-
질산태질소	(mg/kg)	570	210	370	-
전인산	(%)	0.34	0.21	0.53	-
전칼륨	(%)	0.27	0.18	0.65	-
유효인산	(mg/kg)	4,125	2,320	5,712	-
치환성 K	(cmolc/kg)	7.89	1.56	10.47	-
치환성 Ca		2.54	0.35	4.83	-
치환성 Mg		4.15	1.37	5.28	-
치환성 Na		0.13	0.48	2.37	-
CEC		53.2	37.8	42.8	-
염분	(%)	0.54	1.03	1.89	1 이하
아연	(mg/kg)	118.2	250.1	79.5	900 이하
구리		53.28	113.4	14.8	300 이하
납		5.23	30.5	5.5	150 이하
카드뮴		0.47	2.75	0.45	5 이하

*: 비료공정규격은 부산물비료 중「퇴비」기준을 표시하였음.

표 8. 조경설계기준(한국조경학회), Methods of soil Analysis(미국토양과학협회)

토양물성	측정항목	물성기준	비고
배수성	투수계수(cm/sec)	1.00E - 04 이상	조경설계기준 중급토양
보수성	유효수분(vol%)	30 이상	-

3) 토양개량효과 분석결과

토양개량효과에서 토양물리성에 미치는 영향 중 식물생육과 가장 밀접한 성질인 배수성과 보수성에 해당하는 투수계수와 유효수분을 측정한 결과는 다음 표 9와 같았다.

(1) 물리성 측정결과

준설토는 투수계수가 8.78E-06 cm/sec(0.3mm/hr)로 배수가 매우 불량하였으나, 토양개량제를 혼합한 A-M, B-M, C-FC의 시험구 토양의 투수계수는 공시토양보다 각각 13, 7.2, 4.2 배 증가하였으나 A-M을 제외한 시험구는 건전토양 기준치보다 낮은 투수계수를 나타내었다.

조경토의 투수계수는 9.07E-04 cm/sec(32.7mm/hr)로 양호하였으며, 토양개량제를 혼합한 B-M, B-K 시험구의 투수계수는 다소 감소하였으나 기준치 이상의 양호한 수치를 나타내었다.

준설토양은 수분장력이 증가하면서 pF 0~pF 2.0 범위에서 수분의 감소량이 크고, pF 4.2에서의 수분함량이 높아 유효수분의 양이 작았으며, A-M, A-K 및 C-FC한 시험구에서는 pF 2.5 이하 수분장력에서 수분보유력이 증가하여 전체 유효수분량이 증가하였다. 조경토의 경우도 준설토와 비교하였을 때, pF 0~2.5 범위에서 수분함량이 높고 pF 4.2에서의 수분함량이 다소 낮아 유효수분이 약간 높게 나타났다. 조경토에 토양개량제를 혼합하였을 때, pF 0~2.5 범위에서 수분보유력이 증가하여 전체 유효수분량이 증가하는 경향을 보였으며, B-M 시험구가 B-K 시험구보다 다소높은 수치를 나타내었다.

준설토의 유효수분 함량은 22.4 vol%로 기준치에 비하여 낮게 나타났으며, 토양개량제 혼합시 A-M 시험구가 A-K, C-FC 시험구보다 높은 유효수분을 나타내었다.

(2) 화학성 측정결과

준설토 및 조경토의 토양개량시험에서 화학성은 토양개량제 및 음식물퇴비 토양개량제의 이화학적 특성에 의해 크게 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 유효인산 및 치환성 양이온(K, Ca, Mg)은 음식물퇴비의 함유량이 많아 전체 시험구 중에서 준설토에 음식물퇴비

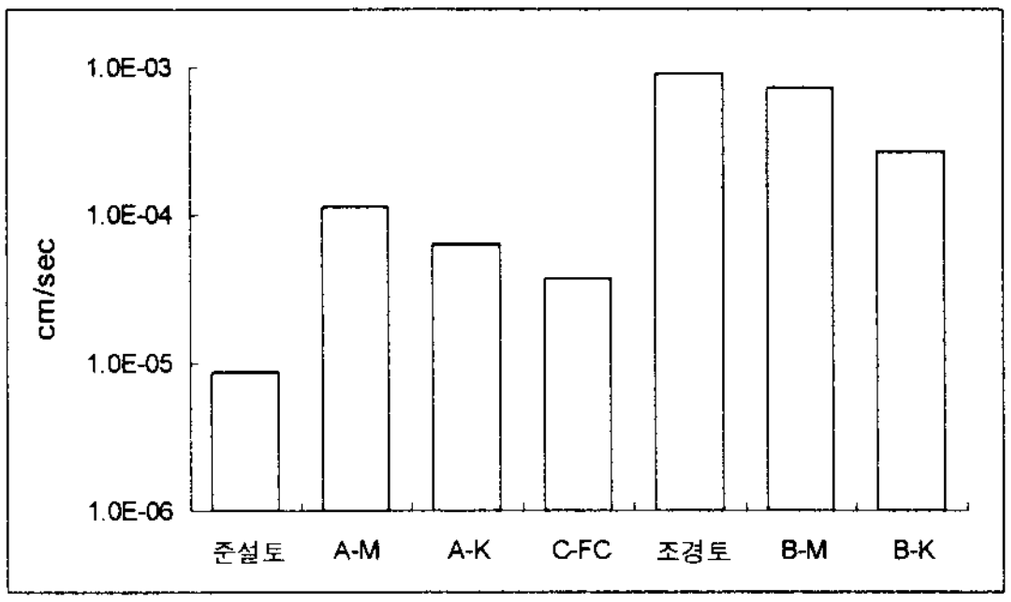


그림 4. 토양개량제 처리후 각 식재지반토양의 투수계수 변화

표 9. 토양개량제 처리후 각 식재지반토양의 물리성 변화

구분	용적밀도 (가비중) (kg/L)	전공극률 (vol%)	고상율 (vol%)	투수계수		유효수분 (vol%)
				(cm/sec)	(mm/hr)	
준설토	1.010	61.2	38.8	8.78E-06	0.3	22.4
A-M	0.944	63.7	36.3	1.14E-04	4.1	27.2
A-K	0.939	63.9	36.1	6.32E-05	2.3	24.3
C-FC	0.939	63.9	36.1	3.69E-05	1.3	23.6
조경토	1.320	49.2	50.8	9.07E-04	32.7	26.4
B-M	1.223	53.0	47.0	7.26E-04	26.1	31.3
B-K	1.218	53.2	46.8	2.72E-04	9.8	28.8

표 10. 토양개량제 처리후 각 식재지반토양의 유효수분 변화

구분	수분보유량(vol%)						유효수분* (vol%)
pF**	0	1.5	2	2.5	3	4.2	pF 1.5-4.2
준설토	61.2	37.6	31.8	26.5	20	15.2	22.4
A-M	63.7	43.7	40.6	32.3	22.2	16.5	27.2
A-K	63.9	40.5	37.4	29.6	21.5	16.2	24.3
C-FC	63.9	39.2	35.2	27.8	20.7	15.6	23.6
조경토	49.2	36.6	34.5	22.6	17.8	10.8	25.8
B-M	53.0	44.0	39.9	26.0	20.2	12.1	31.9
B-K	53.2	40.6	36.6	24.4	18.8	11.5	29.1

*: 유효수분은 식물이 이용할 수 있는 수분의 량으로 포장용수량(pF 1.5)과 영구위조점(pF 4.2)에서 보유할 수 있는 수분함량의 차로 나타냄.
**: 토양에 보유되어 있는 물의 일정량을 제거하는데 필요한 힘의 량을 표시한 것으로 수주 높이의 대수값을 나타냄. pF=log H(H=수주의 높이, cm)

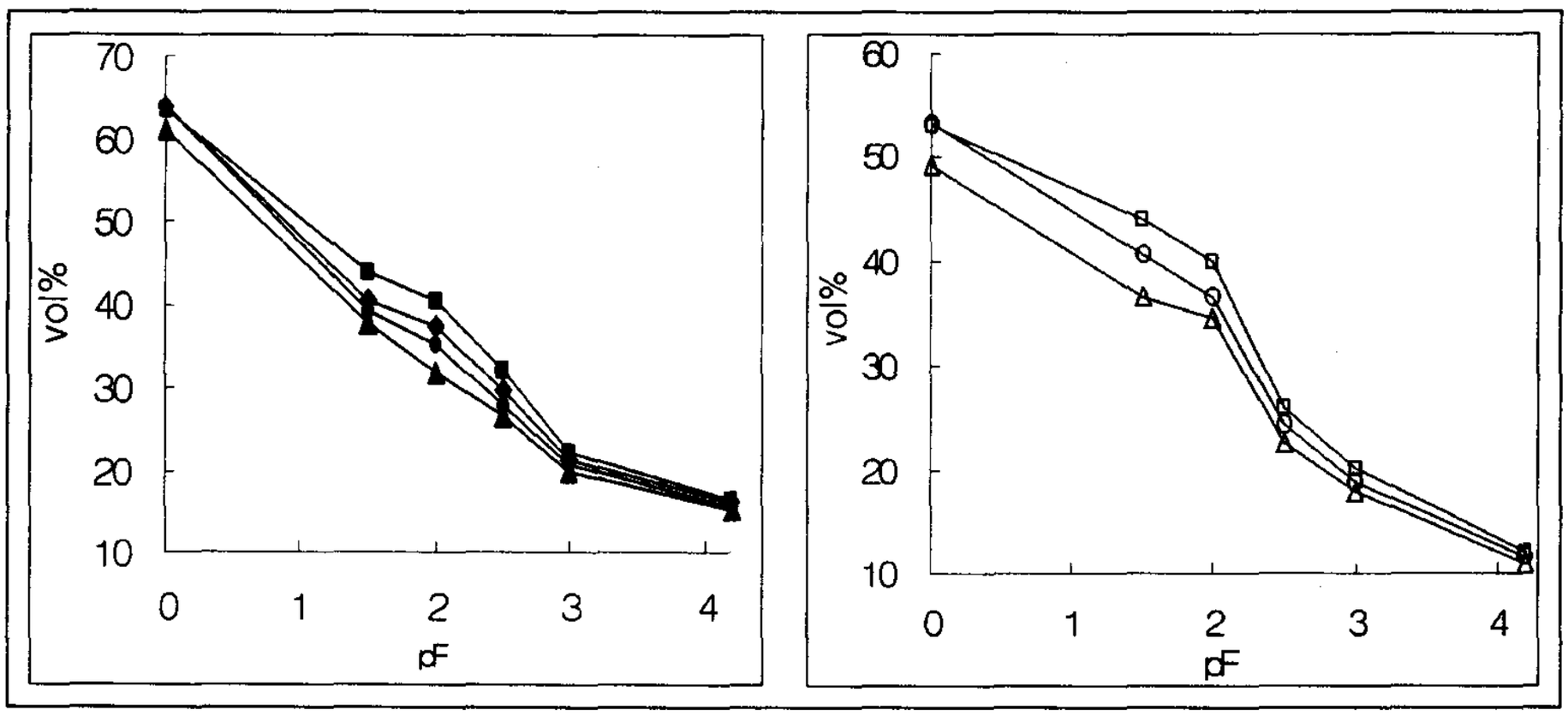


그림 5. 준설토와 조경토복토지반에서 토양개량제 처리후 수분특성곡선

범례: 준설토 A-M A-K C-FC 조경토 B-M B-K

를 처리한 토양의 수치가 가장 크게 나타난 것을 제외하고, 전질소, 유기물함량, CEC 등 전체 시험구에서 조경토 시험구가 준설토 혼합시험구보다 높은 수치를 나타내었다.

2. 실내실험에서 토양개량제 처리후 pH, EC 변화

1) pH 변화

준설토에 토양개량제 처리후 pH 변화를 살펴본 결과는 그림 6와 같았다. 유기토양개량제인 K와 FC는 초기 1주후 pH가 9 가까이 올라간 후 4주후에도 유지하는 형태를 보였으며, 유·무기 혼합토양개량제인 M의 경우 초기에는 pH가 상승하였다가 4주후에는 준설토에 비하여 pH가 감소하는 추세를 보였다.

조경토에 토양개량제를 처리한 것도 이와 유사한 경향을 보였다.

2) EC 변화

준설토에 토양개량제 처리후 EC 변화를 살펴본 결과는 그림 7와 같았다. 토양개량제를 처리한 후 초기에는 EC가 상승하였다가 감소하는 경향을 보이는데 이는 토양개량제가 분해되면서 무기염이 증가하기 때문인 것으로 보인다. 유·무기혼합 토양개량제의 경우 이러한 증가율이 떨어지는 경향을 보였다.

조경토에 토양개량제를 처리한 것도 이와 유사한 경향을 보였다.

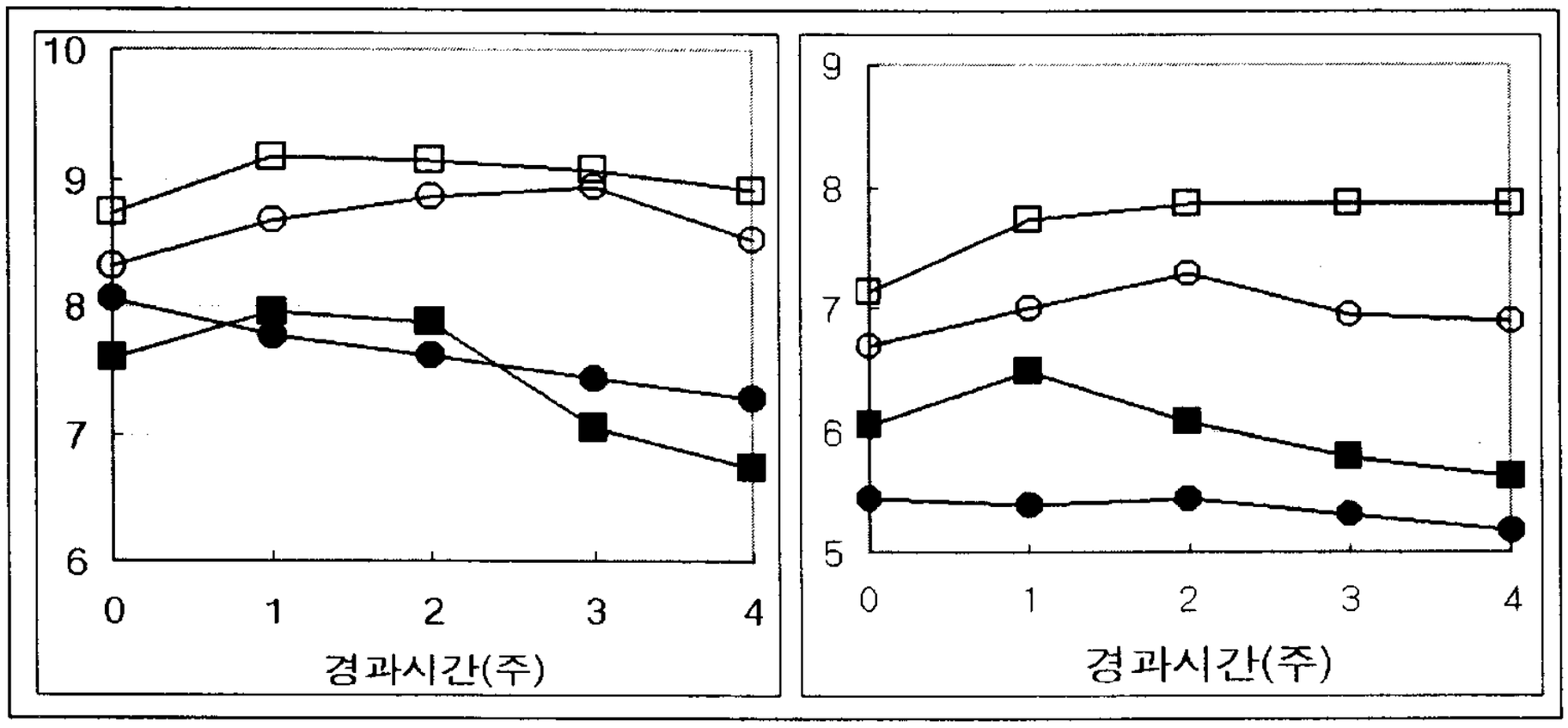


그림 6. 토양개량제 처리후 시간(주)별 토양 pH 변화

범례: A A-M A-K A-FC B B-M B-K B-FC

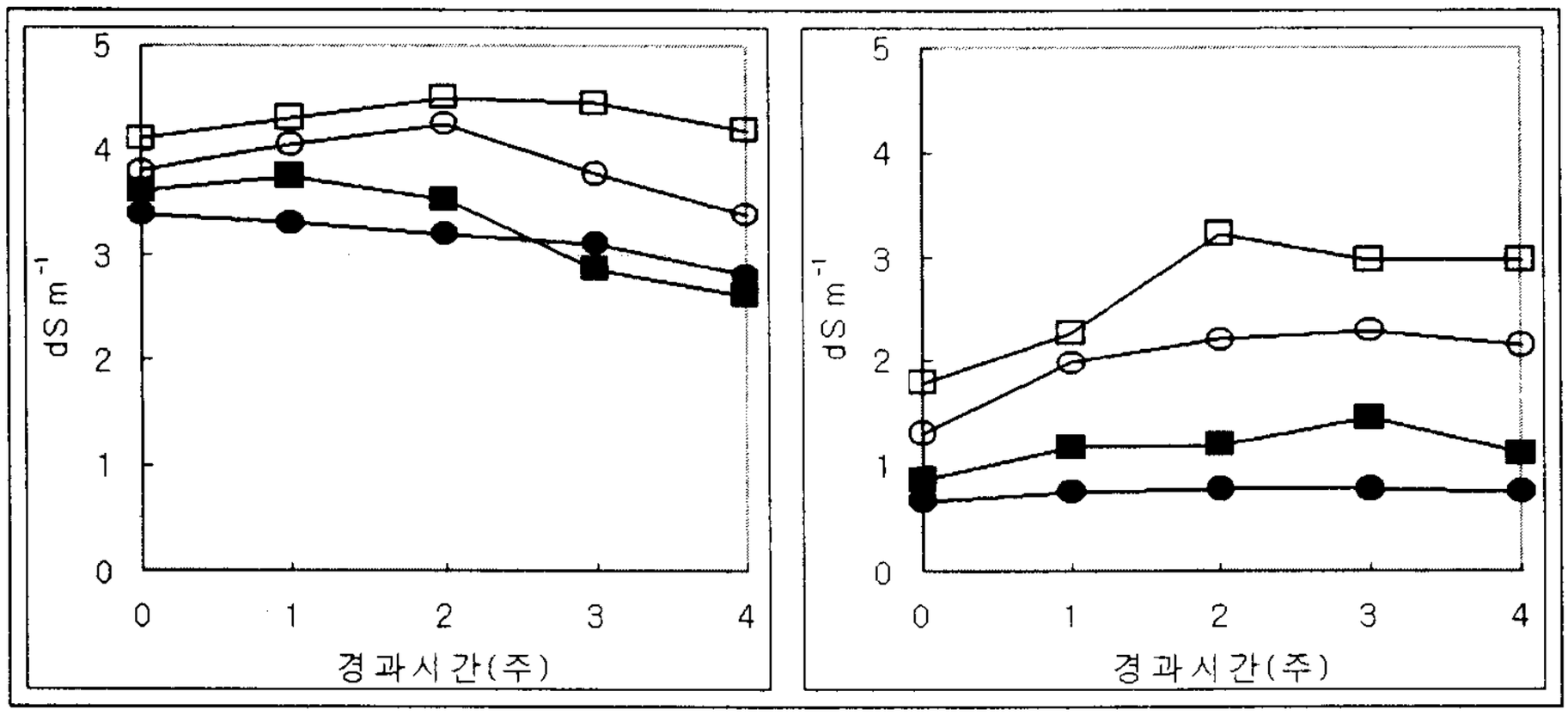


그림 7. 토양개량제 처리후 시간(주)별 토양 EC 변화

범례: A A-M A-K A-FC B B-M B-K B-FC

Ⅳ. 결론

본 연구는 임해매립지에서 준설토 지반과 조경토 복토 지반에서 수목의 생육을 평가함으로써 수목생육에 가장 적합한 지반조성 방법을 선정하고, 토양개량제와 음식물퇴비로 식재토양을 개량하였을 때 토양개량효과와 수목생육을 평가함으로써 토양개량제의 사용 가능성 검토를 목적으로 실시되었다.

1. 토양개량효과

토양개량효과는 대상 토양의 특성에 따라 물성, 특히 물리성의 변화에 차이가 있었다. 배수성이 극히 불량한 준설토의 경우 토양개량제를 혼합하였을 때 배수성을 증가시켰으며, 배수성은 우수하나 보수성이 부족했던 조경토의 경우 투수계수가 다소 감소하였으나 보수성이 증가하는 경향을 나타내었으며, 준설토지반에서는 전 시험구가 토양의 물리성 기준치를 만족하지 못하였고, 조경토 복토지반에서는 유·무기혼합토양개량제 처리에서 식물생육에 적합한 토양물성을 갖게 되었다.

화학성의 경우, 임해매립지토양이 유기물함량, 전 질소, 유효인산 등의 성질이 매우 불량하여 토양개량제 및 음식물퇴비 제품의 이화학적 특성에 의해 크게 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 유효인산 및 치환성양이온(K, Ca, Mg)의 경우 음식물퇴비내 함유량이 많아 준설토지반위에 음식물퇴비를 처리한 시험구 토양의

수치가 가장 크게 나타났고, 전 질소, 유기물함량, CEC 등은 조경토지반 시험구가 준설토지반 시험구보다 높았으며, 토양개량제별로는 유·무기혼합토양개량제가 유기토양개량제보다 높은 수치를 나타내었다.

2. 토양의 pH, EC 경시변화

토양개량제처리후 토양의 pH, EC변화를 실내시험에서 측정한 결과 유기토양개량제와 음식물퇴비는 pH 및 EC가 상승한 후 안정화 되었는데, pH의 경우 준설토는 8~9, 조경토는 7~8 사이에서, EC의 경우 준설토는 4 dS/m 내외, 조경토는 2~3 dS/m 범위였다. 반면 유·무기혼합토양개량제는 공시토양보다 약간 높은 pH 및 EC를 가졌으나 낮아지면서 안정화되어 공시토양과 비슷한 값을 나타내었다. 이러한 경향은 토양개량제 및 음식물 퇴비의 pH 및 EC에 의한 것으로서 유·무기혼합토양개량제의 경우 pH가 7 내외이고 염분함량이 상대적으로 낮은 반면, 유기토양개량제와 음식물퇴비의 pH는 8 내외이고 염분함량이 높았기 때문인 것으로 판단한다.

3. 수목생육 육안관찰

6월 식재 후부터 낙엽이 지는 11월까지 약 6개월간 수목생육을 육안 관찰한 결과, 교목, 관목에서는 식재 직후부터 8월까지 수목생육 평가지수가 감소하다가 안정화되는 경향을 나타내었으며, 조경토 복토지반이 준설토지반보다 전체적으로 생육이 양호한 것으로 나타났다. 하지만 억새, 부들 등 초화류에서는 오히려 준설토+음식물퇴비지반의 생육이 양호한 것으로 나타났으며, 준설토와 조경토 복토지반의 생육은 거의 비슷하게 나타났다. 이는 초화류의 생체량 증가가 수목에 비하여 빨라 많은 양의 비료를 필요로 하기 때문인 것으로 판단한다.

임해매립지와 같이 수목의 생육환경이 열악한 지역에서 수목의 고사 등 하자를 최소화하기 위해서는 최적의 토양환경을 조성하는 것이 필요하다.

4. 수목생육효과

교목은 초기 활착이 불량하여 지반별 토양 개량 효과를 비교하는 데 자료로 사용하기에는 어려움이 있어 다음 해 5월에 수목활력도와 뿌리활력도를 측정하였고, 생장이 왕성하고 활착이 잘 되어 있는 사철나무, 낙상홍, 쥐똥나무의 관목을 이용하여 1년생 가지길이(신초의 길이), 엽록소 함량, 뿌리활력도를, 초화류는 엽록소 함량에 근거하여 처리시험지반 생육비교를 실시하였다.

준설토 및 조경토시험구에서 교목의 수목활력도와 뿌리활력도를 측정한 결과, 식재후 4개월 후 수목활력도는 전체적으로 조경토복토지반의 생육이 준설토 지반의 생육보다 양호하였으며, 토양개량제별로는 유·무기토양개량제, 유기토양개량제, 음식물퇴비 순으로 생육이 양호하였고, 다음 해 5월 수목활력도에서는 시험지반별 활력도 차이가 커졌으며, 특히 조경토복토 후 토양개량제 처리 시험구 수목생육은 비교구의 수목생육과 비슷한 수준까지 나타나는 것도 있었으며, 경향은 1차 측정 결과와 동일하였다.

뿌리활력도에서도 동일한 경향을 나타내었는데, 조경토복토지반이 준설토보다 양호하였고, 토양개량제별 비교에서는 유·무기토양개량제, 유기토양개량제, 음식물퇴비 순으로 활력도가 높았다.

관목의 생육 측정결과, 엽록소함량에서는 조경토복토지반이 준설토지반보다 양호하였으며, 토양개량제별로는 유·무기토양개량제, 유기토양개량제, 음식물퇴비 순으로 함량이 높았으나 신초 길이 측정 결과 사철나무와 낙상홍은 오히려 준설토의 신초길이가 높게 나타났다.

초화류의 엽록소함량 측정 결과, 관목의 측정 결과와 마찬가지로 준설토보다 조경토가, 토양개량제 별로는 유·무기토양개량제, 유기토양개량제, 음식물 퇴비 순으로 엽록소 함량이 높았다.

위와 같이 각 처리구에 대한 토양개량효과와 수목생육결과를 볼 때, 식재기반 조성은 pH, EC가 높고 토양완충력(CEC)이 작은 준설토에 직접적으로 수목을 식재 하는 것 보다는 조경토를 복토하여 투수성을 확보한 후 보수성 및 기타 토양화학성을 개선방향을 조정하여 식재기반을 조성한 후 수목 및 초화류를 식재하는 것이 생육에 적합한 것으로 판단한다. 또한 적정 토양개량소재를 선정하여 토양의 물리성(배수성, 보수성)과 화학성(pH, EC, 양분)을 동시에 고려하는 것이 바람직할 것이다.

따라서 임해매립지내 식재지반은 준설토에 암거배수를 하고 그 위에 자갈층을 포설하고 배수성이 좋은 조경토를 복토한후 유·무기토양개량제를 혼합하여 구성하는 것이 바람직하다고 판단된다.

인용문헌

1. 구본학a(1993) 임해매립지 조경수목의 하자요인에 관한 연구(서해안과 남해안을 중심으로). 서울대학교 생태조경학과 석사학위논문.
2. 구본학b, 안건용(1993) 임해매립지내 조경수목의 하자요인에 관한 연구(서해안과 남해안을 중심으로). 서울대 농학연구지 18(2): 83-93.
3. 김도균(2000) 임해매립지의 조경수목 생장 특성(광양만의 곰솔과 느티나무를 중심으로). 영남대학교 대학원 박사학위논문.
4. 김재영, 손재권, 구자웅, 최진규(2002) 자연강우량에 의한 간척지토양의 이화학성 특성변화. 농촌계획 8(1): 3-14.
5. 대한주택공사 주택연구소(2000) 임해매립지 식재기반 조성에 관한 사례조사 연구. 대한주택공사.
6. 류순호, 이상모(1998) 간척지 제염과정에서 일어나는 토양의 수리전도도와 유출액의 화학적 특성변화에 관한 실험적 연구. 한국토양비료학회지 21(1): 3-10.
7. 류순호, 정영상(1994) 신간척지 토양개량과 작부체계에 관한 연구 최종보고서. 농어촌진흥공사.
8. 박현수(2002) 임해매립지에 있어서 조경수 적합성 연구(광양제철소 낙엽 교목을 대상으로). 순천대학교 조경학과 석사학위논문.
9. 변재경(2004) 임해매립지에서 복토높이에 따른 토양환경변화 및 수목생장. 건국대학교 대학원 박사학위논문.
10. 서울대학교 농업개발연구소(1989) 서산간척지 영농을 중심으로한 농학분야기술개발에 관한 연구. 고려산업개발.
11. 서울대학교 농업개발연구소(1998) 인천국제공항 식재지반조성 학술연구용역 최종보고서. 신공항건설공단.
12. 이경준(1995) 수목생리학. 2차수정판. 서울대학교 출판부.
13. 이기춘, 구자웅, 이장춘(1986) 간척지의 제염용수량 산정에 관한 연구. 전북대학교 농대논문집 17: 115-121.
14. 이상모(1987) 간척지 제염과정에서 일어나는 토양의 이화학성 변화에 관한 실험적 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
15. 이승헌b, 안열, 류순호, 이상모(2000) 대호 간척지의 제염진행에 따른 초기 식생 변화. 한국환경농학회지 19(4): 364-369.
16. 전부영(1994) 염해지 토양개량제 및 그를 이용한 식재방법. 특허청. 특허등록번호 제0014476호.
17. 한국조경학회(1999) 조경설계기준. 사단법인 한국조경학회.
18. 한국농업기반공사 홈페이지. www.karico.co.kr
19. USSL. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. Agri. Handbook. No. 60. Washington. D. C.

시험방법 인용문헌

1. 토성분석
   ASTM D 422-63 Standard test method for particle-size analysis of soils
   KS F 2302-1992 흙의 입도 시험방법(비중계법)
2. 유기물함량
   D. L. Sparks. Methods of soil analysis. Part 3. Agronomy No. 5. SSSA, Inc. pp. 967-1010.
   KS F 2104 강열감량법에 의한 흙의 유기물 함유량 시험방법.(회화법)
3. 투수계수(정수위 투수시험)
   Arnold Klute ed. Methods of soil analysis. Part 1. Agronomy No. 5. SSSA, Inc. pp. 687-703.
4. 유효수분(가압판법)
   Arnold Klute ed. Methods of soil analysis. Part1. Agronomy No. 5. SSSA, Inc. pp. 635-660.
5. pH(토양산도)
   토양화학 분석법. 농업진흥청 농업기술연구소. pp. 26-29.
   분석화학. Danial C. Harriss. pp. 377-383.
   D. L. Sparks. Methods of soil analysis. Part 3. Agronomy No. 5. SSSA, Inc. pp. 475-490.
6. EC(토양염류)
   D. L. Sparks. Methods of soil analysis. Part 3. Agronomy No. 5. SSSA, Inc. pp. 417-436.
7. CEC(양이온교환용량)
   D. L. Sparks. Methods of soil analysis. Part 3. Agronomy No. 5. SSSA, Inc. pp. 1201-1230.