

## 토양개량재와 황토가 준설토의 이화학적 특성 및 느릅나무의 초기 생장에 미치는 영향\*

이한나<sup>1)</sup> · 박찬우<sup>1)</sup> · 임주훈<sup>1)</sup> · 구남인<sup>1)</sup> · 이임균<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 국립산림과학원 산림수토보전과 · <sup>2)</sup> 국립산림과학원 연구기획과

## Effect of Soil Conditioner and Loess on Physio-Chemical Properties of Dredged Soil and Seedling Height Growth of *Ulmus davidiana* var. *japonica*\*

Hanna Lee<sup>1)</sup> · Chanwoo Park<sup>1)</sup> · Joo-Hoon Lim<sup>1)</sup> · Namin Koo<sup>1)</sup> and Im Kyun Lee<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Division of Forest Soil and Water Conservation, Korea Forest Research Institute,

<sup>2)</sup> Division of Research Planning and coordination, Korea Forest Research Institute.

### ABSTRACT

This research was conducted to compare the effect of soil amendment and loess on physical and chemical properties of dredged soil and primary height growth of *Ulmus davidiana* var. *japonica*. Three types of research plots: control plot (Dredged soil only), DC treatment plot (Dredged soil + soil amendment) and DCL treatment plot (Dredged soil + soil amendment + Loess) were set at Okgu research site in Saemanguem. 32 trees of *U. davidiana* var. *japonica* were planted in each plots after 14 months from the construction. Soil texture, pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), total nitrogen (TN), available P, exchangeable cation ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) and sodium chloride were measured after 3 years from the construction. Also, survival rate and height of *U. davidiana* var. *japonica* were measured 22 months after planting, and the correlation between height of trees and the physico-chemical properties of soil were analyzed.

\* 본 연구는 산림청 “새만금 간척지 수목생육기반 및 수목보호시설 구축 연구”과제에 의해 이루어진 것임.

**First author** : Hanna Lee, Division of Forest Soil and Water Conservation, Korea Forest Research Institute,  
Tel : +82-2-961-2930, E-mail : flynalee@naver.com

**Corresponding author** : Joo-Hoon Lim, Division of Forest Soil and Water Conservation, Korea Forest Research Institute,  
Tel : +82-2-961-2632, E-mail : forefire@korea.kr

**Received** : 12 January, 2015. **Revised** : 11 May, 2015. **Accepted** : 3 April, 2015.

Even though pH in both DC and DCL treatment plots are lower than control plot, they are still alkaline ( $> \text{pH } 8$ ). OM, TN and available P in both DC and DCL treatment were higher than the control. Particularly, the content of available P in both DC and DCL treatment plots are 1.4~5.1 times and 2.0~3.1 times higher than the control respectively. The concentration of exchangeable Mg in DCL treatment plot was 1.1~5.5 times higher than the control ( $p < .05$ ).

The survival rate of the species was the highest in DCL treatment plot (98%) followed by DC treatment plot and the control. The average height of the trees in both DC and DCL treatment plots is 1.1m while the control is 0.8m. OM, TN, available P,  $\text{K}^+$  were significantly related to the height of *U. davidiana* var. *japonica* ( $p < .01$ ).

The results indicate that soil amendment affects on soil physical and chemical properties of dredged soil and height growth of *U. davidiana* var. *japonica*.

Key Words : *Saemanguem area, Reclaimed land, Improved Soil, Salty Soil.*

## I. 서 론

바닷가에 위치하여 인공적으로 조성된 토지인 임해 매립지는 준설토로 매립한 준설토 매립지, 산지 토양과 준설토가 혼합된 매립지, 산지 토양을 이용하여 매립한 산흙 매립지가 있다(Seo, 2012). 이 중 준설토 매립지는 해저에 있는 토양으로 모래 함량이 높아 토양 수분의 부족, 토양 건조, 낮은 보수력과 보비력, 비산 등의 문제점이 있으며, 높은 pH와 염분 농도, 또한 산지 토양에 비해 1/10~1/20정도인 유기물 및 양분 함량으로 수목 생육에 불리한 토양 조건을 가지고 있다(Hu, 2003). 따라서 임해 매립지에 식재된 수목은 염분이나 해풍의 피해를 받기 쉽고, 시간이 경과되면서 생존율이 낮아지고 수형이 불량해 지는 등의 불량한 수목 생육의 사례가 많다(Bernstein and Ayers, 1971). 선행 연구에서, 임해 매립지의 토양 개량의 필요성을 보여준 것과 같이 임해 매립지에 식생 조성 및 녹화를 위해서는 식재 기반을 조성하는 것이 필수적이다.

임해 매립지에 가장 많이 사용되는 식재 기반 조성 방법 중에는 준설토 위에 오염되지 않

은 산지 토양을 1m~1.5m의 높이로 복토하는 방법이 있다. 하지만 산지 토양으로 복토 시 토사 확보가 어렵고 주변 산지의 훼손이나 생태계 파괴 등의 문제를 야기한다. 다른 식재 기반 조성 방법으로는 복토, 성토, 객토, 토양개량제의 혼합, 시비, 배수를 이용하여 토양의 성질을 개량하는 방법이 있다(Kim, 2001).

토양개량제의 종류에는 유기물을 주원료로 하는 유기성 토양개량제와 광석을 주원료로 하는 무기성 토양개량제로 구분할 수 있다(Kim et al., 2009). 그 중 유기성 토양개량제는 토양 미생물이 포함되어 있어 토양 영양분을 이용하면서 척박한 토양이나 토심이 깊은 지역에서도 양분을 균형 있게 증진시켜 준다고 알려져 있다. Woo (2003)은 급경사면의 조기녹화와 토양유실의 억제에 효과적인 것으로 보고하였고, Huttermann et al.(1999)은 토양개량제의 농도에 따라 사질토에서 *Pinus halepensis*의 생존율과 토양 수분의 함량이 증가하였다고 발표하였다. 또한 토양개량제와 배사토를 혼합하여 사용할 시 토양의 용적 밀도, 공극율, 수리전도도 및 양이온 치환용량에 개선효과가 있다고 보고하였다(Park et al., 1992).

객토 및 복토 등으로 이용되는 황토는 국내

에서 쉽게 구할 수 있고 인체에 무해하여 여러 용도로 사용되어 왔다. 주로 석영이 중심인 미사 크기의 입자들로 구성되어 있으며,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ 와 같은 가용성 염류가 많이 포함된 연황색 퇴적물이다. 일부 세립질 입자의 크기는  $0.01\sim 0.05\text{mm}$ 이며, 약  $0.05\text{mm}$ 인 입자는 수목 생육에 적합한 것으로 알려져 있다. Jeong et al. (2010)의 연구 결과에 의하면 황토의 주성분은  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 이며 80.7%, 67.2%를 차지하고 있으며  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 의 함량은 12.8%로 나타났다. 그 중  $\text{SiO}_2$ 는 결합성 및 성형성을 좋게 하는 특성이 있다고 보고하였다. 또한 황토의 콜로이드 입자는 물질을 응집 흡착하는 능력을 가지고 있으며, 황토를 변형(제올라이트, 란타늄-황토, 알루미늄-황토)하여 이용하고 있다(Hong, 2002; Shin et al., 2012).

임해 매립지에 수목 식재를 위해서는 토양 개량 뿐만 아니라 임해 매립지에 적용이 가능한 수종을 선정이 필수적이다. 본 연구에서 이용한 느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica*)는 임해 매립지에 적응능력이 강하다고 알려져 있으며, Park et al.,(2003)의 연구에서 임해 매립지에서의 고사율이 7.33%로 낮게 나타나 비교적 임해 매립지에 잘 적응하고 있는 수종으로 밝혀

졌다. 또한 구덩이를 파서 식재하는 방법인 단목 객토 지역에서의 느릅나무 고사율이 5.43%로 낮아 내염성과 내조성이 강하고 이식이 용이한 수종임을 확인하였다.

새만금 사업은 녹지, 주거용지, 산업 용지 등의 새로운 공간을 창출하고자 계획되었으며, 이 지역은 바다 외곽에 방조제 축조로 노출된 간척지에 준설토나 갯벌로 매립하여 조성 할 계획이다(Prime minister's office, 2011). 따라서 본 연구에서는 준설토의 수목 생육 기반 조성 연구의 일환으로, 준설토의 이화학성을 증진시킬 것으로 기대되는 유기성 토양개량제와 황토를 이용하여 토양개량제 혹은 토양개량제와 황토의 혼합이 준설토 이화학성 향상 및 수목 성장에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험지 및 시험구 조성

시험지의 위치는 방위  $35^\circ 53'38.05''\text{N}$ ,  $126^\circ 41'55.35''\text{E}$ 로서 행정구역으로는 전라북도 군산시 옥구읍에 있다(Figure 1). 본 시험지는 새만금 방조제의 축조로 간척지가 노출되었으며, 준설토공법으로 매립 될 예정이다. 본 연구는 준설토

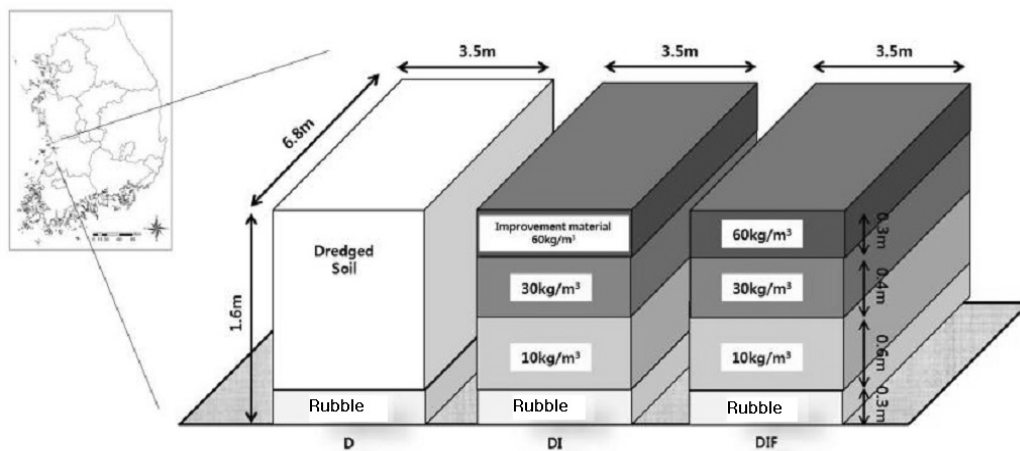


Figure 1. Soil treatment on each plot.

**Table 1.** The Physical and Chemical Properties of soil amendment.

OM	N	P	K	Water contents	Lime	MgO	NaCl
%	%	%	%	%	%	%	%
31.25	0.86	0.39	0.21	42.43	3.94	0.15	0.24

**Table 2.** The Physical and Chemical Properties of loess.

Soil texture	pH 1 : 5	OM %	TN %	Avail. P mg kg <sup>-1</sup>	Ex-Cations(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				NaCl %	
					K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		
Loess	SL	4.74	0.24	0.02	24.91	0.37	0.25	2.13	1.98	0.16

\*park, 2014.

토로 매립했다는 전제 하에 진행하였고 처리구는 대조구(준설토 100%, D), 준설토(100%)와 토양개량재(DC) 혼합 처리구, 준설토(80%) 및 토양개량재와 황토(20%)(DCL) 혼합 처리구인 총 3개의 처리구로서 2011년 5월에 조성하였다.

각 처리구의 규모는 폭 3.5m × 길이 20m × 깊이 1.6m이며, 시험지의 전체 규모는 14.7m × 20m이다. 토양개량재의 함량은 토심 0~0.3m 까지 개량재 60kg/m<sup>3</sup>, 토심 0.3~0.7m는 개량재 30kg/m<sup>3</sup>, 토심 0.7~1.3m는 개량재 10kg/m<sup>3</sup>으로 층위별 처리하였고 토심 1.3m~1.6m까지 쇠석을 포설하여 배수층을 조성하였다. 토양개량재는 염해지 전용 개량재로 시중에 판매되고 있는 제품을 사용하였다. 토양개량재의 이화학성 분석은 Table 1과 같으며, 토양 개량재는 칼슘-마그네슘 화합물 45%, 철-알루미늄 화합물 1%, 규소 화합물 5%, 식물성 유기물 32%, 석회 3.9% 등으로 구성되어있다.

## 2. 토양 조사 및 분석

토양 시료는 각 처리구 당 2지점에서 심토 0.1m, 0.3m, 0.6m, 0.9m에서 500g씩 채취하여 혼합하였으며 2011년 10월(대조구)과 2014년 4월(모든 처리구)에 채취하였다. 채취한 토양은 완전히 건조되도록 105°C 건조기에서 건조 후 분석을 실시하였다. 토양화학분석법에 따라 토

성(Soil Texture), 수소 이온 농도(pH), 전기 전도도(EC, Electriccal Conductivity)는 공시 토양의 포화 추출액을 이용하여 측정하였으며, 치환성 양이온 (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>)은 Brown법, 전질소는 CNS, 유효인산은 비색법, 염분 농도 (NaCl, Sodium Chloride)는 Mohr법으로 측정하였다.

## 3. 공시 수종

공시 수종은 내염성이 있는 느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica*)로 선정하였다. 느릅나무의 묘목은 각 처리별로 각 32본씩, 총 96본을 2012년 6월에 식재하였다. 모든 묘목을 대상으로 이식 직후에 측정된 느릅나무의 평균 수고는 대조구 0.8m, DC 처리구 0.9m, DCL 처리구 0.9m이었다.

## 4. 수목 생존율 및 수목 생장

수목 생존율은 2014년 4월 조사한 수목을 대상으로 고사목을 제외한 나머지 수목을 조사하여 생존율을 계산하였고, 수고 생장량은 식재 초기(2012년)와 식재 22개월 후(2014년)의 수고차를 이용하였다.

## 5. 통계분석

토양 처리구 간 이화학성은 Tukey 검정을 하

였으며, 느릅나무의 수고와 토양 이화학적 특성의 상관관계분석을 하였다. 모든 통계는 통계 프로그램인 SPSS를 이용하여 실시하였다.

다. 염분 농도 또한 0.2% 이하로 기존 연구들에 의해 알려진 준설토의 염분 함량보다 낮은 결과를 보였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 준설토의 토양 분석 결과

노출 간척지의 매입재료인 준설토에 대한 분석 결과, 모래질이 80% 이상을 차지하고 있어 (Table 3) 보수성과 보비성이 낮을 것으로 판단된다. 시험 조성 당년(2011년)에 이화학적 특성을 분석한 결과 pH 8.3 이상의 높은 알칼리성을 띠었으며, EC는 기준치 1보다 높은 1.22~2.4dS m<sup>-1</sup>를 보였다. 토양 영양 물질인 유기물, 전질소, 유효인산은 각각 0.25~0.46%, 0.01%, 38.64~75.18mg kg<sup>-1</sup>로 적정 수준에 미달하였다. 토심 0.6m 와 0.9m에서의 K<sup>+</sup>과 표토에서의 Na<sup>+</sup>을 제외한 나머지의 치환성 양이온은 적정 수준이었

#### 2. 토양개량제와 황토 혼합에 의한 준설토의 이화학적 변화

D, DC, DCL의 처리구별 입도 분석 결과, 모든 처리구에서 모래 함량이 80% 이상으로 높았다(Table 5). 토양 개량에 의한 pH의 결과는, 모든 처리구에서 pH 9.47~8.03으로 알칼리성을 보여 일반 산림토양 pH 5.8보다 훨씬 높은 수치를 보였다(Table 6). 준설토는 pH는 2011년의 pH보다 2014년에 오히려 증가하였다. DC 처리구와 DCL 처리구는 대조구에 비해 낮게 나타났으나 DC 처리구와 DCL 처리구간의 차이는 나타나지 않았다(P > .05). 개량제 처리가 pH를 크게 낮출 것이라는 기대와는 달리 pH가 크게 낮아지지 않은 것은 개량제에 포함된 석회물에

Table 3. Particle size of dredged soil in 2011.

	Soil depth	Sand	Silt	Clay
		%	%	%
Dredged soil (D)	0	84.60	14.12	1.28
	0.3	79.76	17.67	2.57
	0.6	84.54	12.89	2.57
	0.9	85.48	11.95	2.57

Table 4. Chemical properties of dredged soil in 2011.

Soil depth m	pH	EC	OM	TN	Av-P	Ex-Cations(cmol.kg <sup>-1</sup> )				NaCl
	1 : 5	dS m <sup>-1</sup>	%	%	mg kg <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	%
0	8.34	2.42	0.43	0.01	58.24	0.64	0.60	9.53	1.53	0.03
D 0.3	8.66	1.70	0.46	0.01	75.18	0.64	0.47	9.70	1.66	0.02
0.6	9.11	1.22	0.30	0.01	42.44	0.47	0.42	9.78	1.37	0.02
0.9	9.04	1.41	0.25	0.01	38.64	0.43	0.45	7.53	0.98	0.03
Titer <sup>1)</sup>	5.5~6.5	≤1.0	≥3.0	≥0.06	≥100	≥0.6	≤0.5 <sup>2)</sup>	≥2.5	≥0.6	≤0.2

<sup>1)</sup> Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2002. landscape plan standard

<sup>2)</sup> Soil fertilization handbook. 1995

**Table 5.** Particle size of treatment plots in 2014.

Soil depth m	Treatment	Sand %	Silt %	Clay %
0.1	D	86.0	9.8	4.2
	DC	86.2	9.6	4.2
	DCL	88.2	7.3	4.5
0.3	D	86.0	9.8	4.2
	DC	86.0	10.4	3.5
	DCL	83.9	10.3	5.8
0.6	D	88.1	9.0	2.9
	DC	87.3	7.9	4.8
	DCL	81.4	12.2	6.4
0.9	D	86.9	9.2	3.9
	DC	82.5	10.4	7.1
	DCL	83.0	10.6	6.4

**Table 6.** Chemical properties of treatment plots in 2014.

depth m	Treat ment	pH	EC	OM	TN	Av-P	EX-Cations(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				NaCl
		1 : 5	dS m <sup>-1</sup>	%	%	mg kg <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	%
0.1	D	8.45 a	0.45 a	0.47 b	0.02 b	22.21 c	0.34 ab	0.07	6.04 b	1.30 b	0.01
	DC	8.24 b	0.38 b	1.14 a	0.05 a	69.42 a	0.31 b	0.06	3.34 c	0.74 c	0.01
	DCL	8.28 b	0.49 a	0.97 a	0.03 ab	57.89 b	0.38 a	0.07	6.58 a	1.49 a	0.01
0.3	D	8.89 a	0.50 b	0.44 c	0.01 b	20.60 c	0.51 a	0.08 a	8.00 a	1.16 b	0.00
	DC	8.46 b	0.57 a	0.68 b	0.02 a	43.87 b	0.22 b	0.05 b	3.70 b	0.85 c	0.01
	DCL	8.48 b	0.55 a	1.01 a	0.02 a	63.50 a	0.45 a	0.08 a	8.16 a	1.92 a	0.01
0.6	D	9.47 a	0.64 a	0.46 b	0.01	22.50 c	0.54 a	0.14 a	10.00 a	0.53 c	0.01
	DC	8.59 b	0.59 b	0.51 b	0.02	31.50 b	0.52 a	0.08 b	6.22 c	1.86 b	0.01
	DCL	8.64 b	0.61 ab	0.77 a	0.02	47.38 a	0.53 a	0.16 a	8.37 b	2.53 a	0.01
0.9	D	9.18 a	0.59 b	0.42 b	0.01 b	19.02 c	0.24 c	0.12 b	5.41 c	0.45 c	0.00
	DC	8.03 c	0.47 c	1.98 a	0.08 a	97.45 a	0.72 a	0.08 c	6.93 b	1.85 b	0.01
	DCL	8.75 b	0.66 a	0.62 b	0.01 b	38.78 b	0.53 b	0.28 a	7.60 a	2.46 a	0.01
Titer <sup>1)</sup>		5.5~6.5	≤1.0	≥3.0	≥0.06	≥100	≥0.6	≤0.5 <sup>2)</sup>	≥2.5	≥0.6	≤0.2

The mean difference is significant at the 0.05 level.

<sup>1)</sup> Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2002. landscape plan standard

<sup>2)</sup> Soil fertilization handbook. 1995

의한 것으로 판단된다(Lee et al., 2012).

EC는 대조구(2014년)에서  $0.45 \sim 0.64 \text{dS m}^{-1}$ 로 2011년도  $1.22 \sim 2.42 \text{dS m}^{-1}$ 에 비해 현저하게 낮아졌으며, 모든 처리구에서  $0.38 \sim 0.66 \text{dS m}^{-1}$ 로 적정 수준인  $1 \text{dS m}^{-1}$  미만을 보였다(Table 6).

토양 내 영양 물질인 유기물, 총질소, 총인산 함량은 대조구, DC 처리구, DCL 처리구 각각 유기물  $0.42 \sim 0.27\%$ ,  $0.51 \sim 1.14\%$ ,  $0.62 \sim 1.01\%$ , 총질소  $0.01 \sim 0.02\%$ ,  $0.02 \sim 0.08\%$ ,  $0.01 \sim 0.03\%$ , 유효인산  $19.02 \sim 22.50 \text{mg kg}^{-1}$ ,  $31.50 \sim 97.45 \text{mg kg}^{-1}$ ,  $38.78 \sim 63.50 \text{mg kg}^{-1}$ 로 나타났다(Table 6). 유기물, 총질소, 총인산의 함량은 대조구보다 처리구에서 높았으며, 특히 유효인산의 함량은 대조구보다 DC 처리구와 DCL 처리구에서 각 1.4~5.1배, 2.0~3.1배 높은 유의차를 보였다( $p < .05$ )(Table 6). 영양 물질의 함량 증가는 토양개량제 내에 포함되어 있는 미생물의 활동에 의한 것으로 추정되며(Clarkholm, 1981), 본 연구의 개량제 처리구에서 양분 함량 증가는 질소와 인의 함량이 증가할수록 깻버들의 생장이 왕성했던 Seo et al.,(2005)의 연구 결과와 마찬가지로 수목 생육에 영향을 주었을 것으로 기대된다. 모든 처리구의 유효인산의 함량(2014년)은 2011년 대조구( $42.44 \sim 75.18 \text{mg kg}^{-1}$ )보다 감소하였다.

토양 내 염분 함량은 대조구와 처리구 모두에서 기준치 0.2% 이하를 유지하였다(Table 6). 본 연구에서 염분 함량이 감소한 것은 조성 후 3년이 경과되어 자연적인 제염 작용의 영향이 큰 것으로 판단되며, 이러한 결과는 염류가 충분히 용

탈 될 수 있도록 1~2년간 방치해야 제염 작용이 잘 이루어 질 수 있다고 한 Byun(2006)의 결과와 같다. 개량제 처리로 인한 염분 농도 감소 효과를 판단하긴 어렵다.

치환성 양이온의 함량은 Table 6과 같다. 조정설계기준에 따르면  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ 의 적정 범위는 각각  $0.6 \text{cmol.kg}^{-1}$  이상,  $0.5 \text{cmol.kg}^{-1}$  이하,  $2.5 \text{cmol.kg}^{-1}$  이상,  $0.6 \text{cmol.kg}^{-1}$  이상의 범위이다. 2014년도 준설토의 치환성 양이온( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ )은 2011년도 대조구에 비해 모두 감소하였다.  $\text{K}^+$ 은 대조구와 처리구 모두  $0.24 \sim 0.54 \text{cmol.kg}^{-1}$ 로 적정 범위에 미달하여 개량제의 처리로 향상하지 못한 것으로 판단되었다.  $\text{Na}^+$ 의 함량은 DC 처리구에서 가장 많이 감소하였고, 모든 처리구에서 적정 수준에 도달하였다.  $\text{Ca}^{2+}$ 은 대조구에 비해 DC 처리구가 0.6배~1.3배, DCL 처리구는 0.8~1.4배 증가하였다.  $\text{Mg}^{2+}$ 의 함량은 DCL 처리구에서 대조구 보다 1.1배~5.5배 증가하였다. 또한 토심 0.9m에서 다른 토심의 치환성 양이온의 함량보다 높은 것은 중력에 의한 치환성 양이온의 이동 혹은 수목의 뿌리에 의한 치환성 양이온의 흡수로 토심  $0.1 \sim 0.3 \text{m}$ (근권부)의 함량보다 높은 것으로 판단된다(Parvathy et al., 2014).

### 3. 토양개량제의 수목 생육 촉진 효과

느릅나무의 수고는 가시적으로 DC 처리구와 DCL 처리구의 생육이 대조구 보다 좋은 것을 확인할 수 있었다(Figure 2). 느릅나무의 생존율은 대조구 84%, DC 처리구 81%, DCL 처리구



Figure 2. Growth of *Ulmus davidiana* var. *japonica* (a, control; b, DC plot; c, DCL plot).

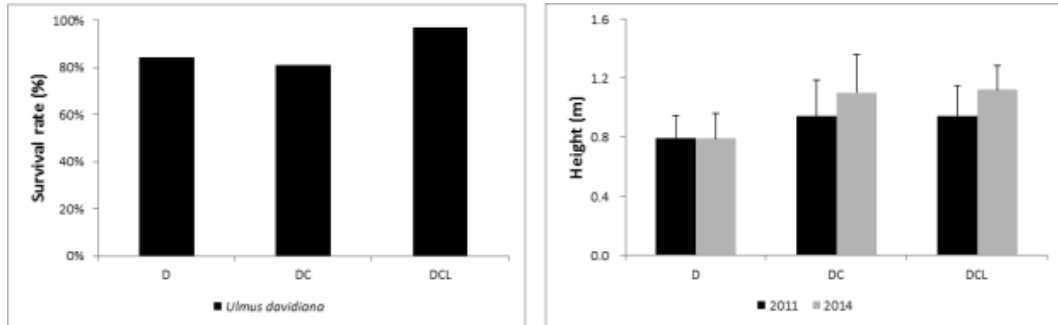


Figure 3. The survival rates and heights of *Ulmus davidiana* var. *japonica*.

98%로 모든 처리구에서 80% 이상의 높은 생존율을 보였다(Figure 3). 이는 이팝나무의 생존율이 준설토 및 산지 토양과 개량재가 혼합된 토양에서 자란 이팝나무가 준설토에서 자란 이팝나무보다 7~10배 높게 나타났다는 결과와 동일하였다(Park, 2014).

느릅나무의 수고는 대조구 0.8m, DC 처리구 1.1m, DCL 처리구 1.1m로 처리구에서 대조구에 비해 1.4배 높았지만 DC 처리구와 DCL 처리구

간의 유의적인 차이는 보이지 않았다(Figure 3). 처리구에서 수목의 생장이 좋은 것은 준설토의 개량에 의한 토양의 이화학적 변화가 수목의 생장에 도움을 주었을 것으로 예측된다. 따라서 정확한 상관관계를 확인하고자 상관관계분석을 실시하였다.

#### 4. 느릅나무의 수고와 토양 이화학적 간의 상관관계

수고는 토양의 환경에 따라 수목의 양분 흡

Table 7 . Correlation between heights of *Ulmus davidiana* var. *japonica* and Physial and Chemical Properties of soil.

	Height	Sand	Silt	Clay	pH	OM	TN	Av.P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	EC
Height	1	-.444**	.160	.603**	-.671**	.539**	.459**	.706**	.162	.052	-.224	.609**	.014
Sand		1	-.861**	-.866**	.327	-.438**	-.340*	-.457**	-.471**	-.419*	-.213	-.740**	-.146
Silt			1	.493**	-.063	.164	.078	.182	.185	.352*	.133	.401*	.171
Clay				1	-.498**	.589**	.507**	.604**	.625**	.372*	.234	.874**	.082
pH					1	-.698**	-.743**	-.772**	-.060	.412*	.477**	-.379*	.632**
OM						1	.943**	.944**	.417*	-.230	-.105	.264	-.442**
TN							1	.896**	.377*	-.333*	-.233	.174	-.558**
AP								1	.336*	-.222	-.177	.322	-.420*
K <sup>+</sup>									1	.313	.675**	.571**	.195
Na <sup>+</sup>										1	.445**	.451**	.684**
Ca <sup>+</sup>											1	.363*	.505**
Mg <sup>+</sup>												1	.277
EC													1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



수와 이용이 결정되며, 토양의 이화학적 특성은 토양의 개량에 따라 충분히 개선될 수 있다. 느릅나무의 생육을 대표할 수 있는 인자로는 수고와 흉고직경(근원경), 생존율이 있지만 그 중 생육 상황을 쉽게 알 수 있고 뚜렷하게 볼 수 있는 수고를 이용하여 느릅나무의 수고와 토양의 이화학적 인자들의 상관을 분석하여 느릅나무의 수고 성장을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 따라서 느릅나무의 수고와 토양간의 상관관계를 보기 위하여 상관관계분석을 실시하였다.

상관관계 분석 결과, 토성을 결정하는 모래, 미사, 점토 중 모래는 수고와 부의 상관을 보였고, 점토는 정의 상관을 보였다. 토양 이화학성의 pH는 부의 상관을 보였고, 토양 양분인 유기물, 총질소, 유효인산과는 모두 정의 상관을 보였다. 치환성 양이온 중 치환성 마그네슘만이 유의성 있는 정의 상관을 보였다( $p < 0.01$ ) (Table 7).

#### IV. 결 론

본 연구는 토양개량제가 준설토의 이화학적 특성의 변화와 수목 생육 향상 효과를 검증하기 위하여 실시하였다. 시험구는 준설토, 준설토와 개량제의 혼합구 그리고 준설토 및 개량제와 황토 혼합구로 조성 하였다. 토양 개량 효과를 위해 토양 이화학을 분석하고, 수목의 생존율과 수고를 측정하여 유의적 차이를 규명하였다. 토양 이화학과 수고의 상관분석을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 토양의 pH는 적정 기준에 미치지 못하였지만 준설토와 개량제 혼합처리구, 준설토 및 개량제와 황토 혼합 처리구에서 대조구에 비해 유의적인 차이로 감소하였다. 하지만 안정적인 수목 생육을 위해서는 pH를 더 낮추어야 할 것으로 판단된다.

2. 처리구의 총질소, 유기물, 유효인산의 함량은 대조구에 비해 증가하였으며, 느릅나무의 수고와 토양 내 영양 물질은 높은 상관관계를 보이며 수고의 생장에 영향을 준 것으로 판단된다.

3. 염분 함량과 치환성 나트륨의 함량은 대조구와 처리구에서 적정 범위(0.2% 이하,  $0.5\text{cmol.kg}^{-1}$  이하)로 감소하였으며, 개량제의 영향 보다는 자연적인 요인에 의한 것으로 판단된다.

4. 느릅나무 생존율은 준설토 및 개량제와 황토 혼합 처리구에서 98%로 가장 높았으며, 모든 처리구에서 80%이상으로 높았다. 느릅나무의 수고는 처리구에서 대조구에 비해 높았으며, 준설토와 개량제 혼합처리구와 준설토 및 개량제와 혼합처리구는 유의차를 보이지 않았다.

5. 느릅나무의 수고와 토양의 이화학적 상관관계분석을 한 결과, 수고에 영향을 미치는 토양의 이화학적 인자는 모래와 점토의 함량, pH, 영양 물질, 치환성 마그네슘과 1% 유의수준에서 수고에 유의적인 영향을 주는 것으로 밝혀졌으며, pH와는 부(-)의 상관관계를 형성하는 것으로 나타났다.

본 연구는 토양개량제가 준설토의 이화학적 특성의 변화와 느릅나무의 생육에 미치는 효과를 검증하기 위한 것으로 토양개량제와 토양개량제 및 황토의 혼합이 준설토의 이화학을 향상하는 것으로 확인되었으며, 황토를 혼합하는 것이 토양개량제 단일 처리 보다 향상하는 것으로 나타났다. 느릅나무의 수고는 개량제의 처리에서 향상하였으나, 개량제와 개량제 및 황토의 혼합토양간의 차이가 없었다. 본 연구는 수목의 초기생육에 관한 연구로 추후 지속적인 모니터링이 필요하며, 초기 정착 후 토양의 조건뿐 아니라 바람에 의한 생육의 영향에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

- Bernstein, L. and A. D. Ayers. 1971. Method for determining souters in the cell walls of leaves. *Plant Physiological*. 47: 361-365.
- Byun JK. 2006. Tree health volum 11: The recording technology of the tree. pp. 29-43.
- Clarholm, M. 1981. Protozoan grazing of bacteria in soil-limpart and importance. *Microbial Ecology*. 7(4): 343-350.
- Houng JY. 2002. Zeolite formation from Kochang hwangto. Proceedings of the Korea Environmental Sciences Society Conference, May. 24-25, 2002. pp. 179-182.
- Hu YM. 2003. A study on the Application of Environmentally friendly protection method to the inside slope of sea dike. Korea Rural Community Corporation. pp. 26, 92.
- Huttermann, A. · Zommorodi, M. · Reise, K. 1999. Addition of Hydrogels to soil for prolonging the survival of *pinus halepensis* seedlings subject to drought. *Soil and Tillage Research*. 50(3-4): 295-304.
- Jeong SI · Sohn IS · Jeong SH and Jeong BG. 2010. Development of biomedica using waste sewage sludge - Evaluation of basic properties and betermination of optimum mixing ratio of sludge and loess -. *Journal of Korean Society on Water Quality*. 26(2): 225-230.
- Kim DG. 2001. Physico-chemical properties of soils at the ground of landscape planting in reclaimed land from the sea. *Journal Korean Environment Restoration and Revegetation Technology*. 4(4): 12-18.
- Kim YS · Kim TS and Hum SK. 2009. The change of soil physiochemical properties by mixture ratio of inorganic soil amendments. *Korea Turfgrass Society*. 23(2): 271-278.
- Lee SE · Kim HJ · Park MS and Chung DY. 2012. Understanding to enhance efficiency of nitrogen uses in a reclaimed tidal soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 45(6): 955-960.
- Lovely, J. 1976. Relative significance of electrolyte and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay soil. *Australian Journal of Soil Research*. 14: 361-371.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2002. landscape plan standard. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. pp. 356.
- Park CB · Hwang KS and Lee YB. 1992. Effects of source and mixing ratio of green topsoil on growth-quality of creeping bentgrass. *Korea Turfgrass Society*. 6(1): 1-10.
- Park CW · Koo NI · Kwon JO · Lee JH. 2014. The effect of dredged soil improvement on soil chemical conditions and plant growth at the slope of saemanguem sea dike. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 47(1): 16-22.
- Park HS · Lee SS and Lee SC. 2003. Physiological characteristics and death rate of planted trees in reclaimed seaside areas. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*. 31(2): 94-101.
- Parvathy P. C. · A. N. Jyothi · K. S. Joun and J. Sreekumar. 2014. Cassava Starch Based Superabsorbent Polymer as Soil Conditioner: Impact on Soil Physico-Chemical and Biological Properties and Plant Growth. *CLEAN-Soil, Air, Water*, www.clean-journal.com
- Woo BM. 2003. The damaged land environment revegetation engineering. Seoul National University. pp. 558.
- Seo BS · Choi SM and Park CM. 2005. Growth characteristics and removal effect of nitrogen and phosphorus of *Salix gracilistyla* grown in

- waterway soils. Journal of Korea Forest Society. 94(1): 1-5.
- Seo ES. 2012. (A) study on the planting foundation design for preventing salt capillary rising in coastal reclaimed area, Master dissertation, Hanyang university, Korea. pp. 5.
- Shin GW · Kim KY and Lee SI. 2012. Development of loess composite for the control of phosphorus release from lake sediments. Journal of Korea Society on Water Environment 28(1): 50-56.
- Soil fertilization handbook. 1995.
- Prime minister's office. 2011. Seamangum Master Plan. Prime minister's office. pp. 10-50.