

새만금 간척지 수림대 조성 방안*
- 곰솔과 졸참나무의 초기 생장량 분석 -

김 현

전라북도 산림환경연구소

Plan to Construct Tree Belt around Saemangeum Reclaimed Land*
- Analysis of Initial Growth Amount of *Pinus thunbergii* and *Quercus serrata* -

Kim, Hyun

Jeollabuk-do Forest Environment Research Institute.

ABSTRACT

This research was conducted to construct a tree belt around Saemangeum reclaimed land using various planting methods and to analyze initial growth amount, to provide practical data to construct tree belt of various purposes. Tree species used in tree belt construction were *Pinus thunbergii* and *Quercus serrata*, and the main planting treatment methods used were categorized by existence of windy fence, mixed planting, and un-mixed planting. Growth amount analysis was conducted using ANOVA to compare growth amounts in different experimental groups and Duncan's multiple range test. Growth amount analysis results of tree belt by planting method showed that it is most statistically plausible to install 50% porous windy fence from the direction of wind and frost, followed by planting *P. thunbergii* and *Q. serrata* in areas that require mixed tree species tree belt around Saemangeum reclaimed land. In areas where un-mixed planting tree belt is required, it was appropriate to use *P. thunbergii* alone without a windy fence. Lastly, if the purpose of the tree belt is limited to rapid growth, it was most ideal to plant *P. thunbergii* alone (without windy fence) or install 50% porous windy fence from the direction of wind and frost, followed by planting *P. thunbergii* and *Q. serrata*. This research is based on initial

* 이 논문은 산림청 임업기술연구개발사업(2011-2013)으로 수행된 연구결과의 일부임(과제번호 : S111113L050100)

First author : Kim, Hyun, Department of Forest Resources Research, Jeollabuk-do Forest Environment Research Institute,
Tel : +82-63-290-5452, E-mail : kh4548@korea.kr

Corresponding author : Kim, Hyun, Department of Forest Resources Research, Jeollabuk-do Forest Environment Research Institute,
Tel : +82-63-290-5452, E-mail : kh4548@korea.kr

Received : 11 January, 2017. **Revised** : 22 February, 2017. **Accepted** : 22 February, 2017.

growth amount of tree belt and there is a need for a long-term monitoring of tree belt growth to increase tree-planting success rate in establishing tree belt according to Saemangeum internal development.

Key Words : *Growth amount, Planting method, Saemangeum, Tree belt, Windy fence*

I 서 론

우리나라는 좁은 국토면적과 많은 산악지역을 가지고 있는 상황으로, 토지의 활용 면에서 많은 제약을 받고 있다. 이에 정부는 토지를 확장할 수 있는 유용한 방법 중의 하나인 간척사업(Mitsch and Gosselink, 2000; Park et al., 2008; Ahn et al., 2012)을 선택하여 토지를 확장하고 있는 실정이다. 최근 정부는 33.9km의 세계 최장의 방조제를 준공하였고, 내부 토지 29,100ha, 담수호 11,800ha 등 총 40,900ha의 토지를 새롭게 조성하는 세계 최대 규모의 새만금 간척사업을 추진 중에 있다(Saemangeum Development and Investment Agency, 2013).

한편, 정부는 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)을 통해 대한민국의 새로운 도약을 위한 “글로벌 녹색국토”를 비전으로 설정하였으며, 이에 따라 새만금 간척사업에서는 녹지축과 하천축을 연계한 Blue-Green 네트워크 구축 등 “활력 있는 녹색 수변도시” 조성을 5대 목표 중의 하나로 설정한 상황이다(Saemangeum Development and Investment Agency, 2014). 따라서 새만금 간척사업의 성공을 위해서는 녹지축, 글로벌 정주환경 등의 조성을 위한 수림대의 조성이 시급한 실정이다.

그러나 Choi(2003)은 새만금 노출 간척지는 해발고가 매우 낮기 때문에 지하부에 상존하는 토양염분, 염분지하수, 태풍 또는 강풍, 조풍, 토양의 척박 등으로 식물의 생육에 문제가 될 것이라고 하였다. 특히 간척지의 바람은 염분 등이 많이 포함되어 식물의 생장이 저하되거나 고

사한다고 보고하였다(Grace, 1988; Zhu, 2001; Munns, 2002). 이에 Zhang et al.(2000)은 방풍시설을 설치하여 바다로부터 불어오는 염분 바람을 막아야 한다고 하였으며, 이와 같은 방풍시설은 토양 유실 억제, 토양 개량 그리고 생태계 회복을 촉진하는 등 2차적인 기능을 한다고 하였다. 새만금 내부개발은 준설토를 사용하게 되는데, 상층부의 염을 제거한다고 하더라도 건조기의 모세관 현상에 의해 염분이 상승하여 수목의 원활한 생육을 기대하기 어렵다고 하였다(Park et al., 2003; Jeong et al., 2010; Cantré and Saathoff, 2013). 따라서 간척지에 수목을 식재할 경우에는 복토를 하는 것이 수목의 고사율을 낮추는 효과적인 방법이라고 하였다(Park et al., 2003; Byun et al., 2004). 한편, 간척지에서 적응하며 살아갈 수 있는 수종을 선정하기 위하여 해안지역에 생존하고 있는 식물상 조사나 염분 처리를 수목의 생육 상황 및 생리적 반응을 살펴보는 연구는 많이 수행되었으나(Lee, 1980; Choi, 1986; Choi, 1988; Choi et al., 2002; Choi, 2003; Park et al., 2003; Byun et al., 2004; Park 2008; Park et al., 2009; Kim, 2010a; 2010b), 노출 간척지 현장에서 인공 수림대를 조성하고 생육상황을 분석하는 연구는 미미한 실정이다.

간척지는 시간이 경과함에 따라 초본류부터 목본류에 이르기까지 자연적으로 생육하게 되는데, 간척지는 토양염분, 염분지하수, 조풍, 토양의 척박 등의 식물 생육에 매우 불리한 환경이기 때문에 특히 목본류를 중심으로 한 자연 수림대가 형성되기까지는 보통 100년 내지는 수백 년의 많은 시간이 필요하다(Park, 2009).

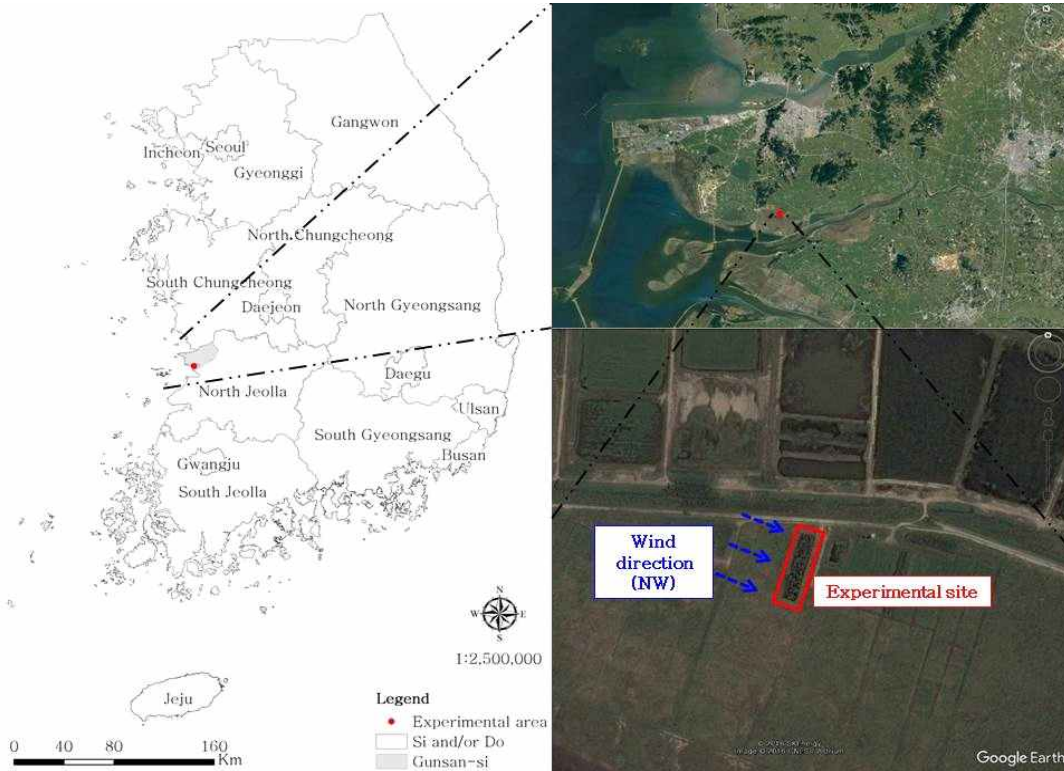


Figure 1. Location of the research area. Image source : Google Earth(Google Inc., 2016)

따라서 식물의 생육에 매우 불리한 환경을 지난 간척지에 인공적인 수림대를 조성하기 위해서는 이러한 환경조건에서 적응할 수 있는 수종을 선정하는 것이 가장 중요할 것이며, 활착률을 높이고 정상에 가까운 생육이 가능할 수 있도록 하는 식재기반 조성 기법과 식재 기법의 개발이 필요할 것이다(Kim, 2001; Ryu et al., 2001; Park et al., 2003; Park, 2009; Kim, 2010a; 2010b).

따라서 본 연구는 새만금 간척지에 식재기반을 조성하고 곶솔과 졸참나무를 이용한 혼효식재와 단순식재 기법으로 인공 수림대를 조성한 후 근원경, 수고 및 재적 생장량을 분석하였다. 두 수종을 이용한 수림대의 생장량 분석 결과는 간척지 내에 녹지축, 방풍림, 정주환경 조성 등 다양한 목적의 수림대 조성을 위한 실질적인 자료가 될 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 수림대 조성

1) 식재기반 조성

수림대는 전라북도 군산시 옥구읍에 위치한 새만금 방조제 내측 노출 간척지에 조성하였다(Figure 1). 원지반은 조수간만의 차에 의해 형성된 갯벌로서 2009년도 새만금 방조제가 축조된 후 내부 수위를 낮춤에 따라 드러난 노출 간척지이다(Korea Forest Service, 2014). 연구지역의 연평균기온(1981~2010)은 12.8℃, 연평균강우량은 1,202.0mm, 연평균풍속은 3.8m/s로 2월~4월에 북서풍이 강하게 분다. 특히 바다와 인접한 해안지역이라 안개가 자주 발생하며 대부분은 해무로 연간 평균 41일 발생하는 등 해양성 기후 특성을 보인다(Korea Meteorological

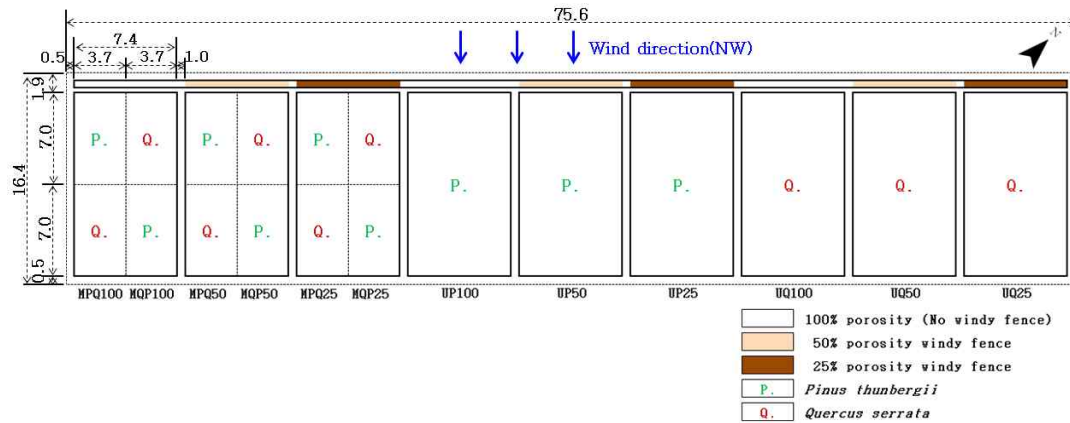


Figure 2. Orientation of tree belt experimental area(Unit : m). Note M : mixed tree belt, U : Un-mixed tree belt, P : *Pinus thunbergii*, Q : *Quercus serrata*, 100 : 100% porosity(No windy fence), 50 : 50% porosity windy fence, and 25 : 25% porosity windy fence

Administration, 2013).

수림대 식재기반은 먼저 북서쪽과 직각으로 가로 80m×세로 30m로 조성하였다. 배수로는 수림대 상단(풍상)과 하단(풍하)에 폭 3m×깊이 1.5m로 설치하였다. 암거배수 시설인 유공관(지름 100mm)은 배수로와 직각으로 지하 50cm 깊이에 설치하였으며, 20m 간격으로 4열을 설치하였다. 작업로는 배수로에서 시험구 안쪽으로 상단(풍상)과 하단(풍하)에 각각 2m로 설치하였다. 복토는 준설토(80%)와 산흙(20%)을 혼합하여 1.5m의 높이로 조성하였으며(Park et al., 2003; Byun et al., 2004; Kim, 2006a), 최종 방풍책 설치 및 수목 식재를 위한 시험지는 가로 75.6m×세로 16.4m로 조성하였다. 한편, 식재기반의 양분 부족을 고려하여 유기질 비료(1,800 kg/10a)를 살포한 후 혼합하였다. 방풍책은 북서풍과 직각이 되게 설치하였으며, 공극률 100%(방풍책 미설치), 50%, 25%의 3가지 경우로 식재기반 풍상 쪽에 배열하였다(방풍책 높이 3m, 기울기 70°). 수목 식재를 위한 구덩이는 가로 50cm×세로 50cm×높이 50cm로 하였으며, 간격은 가로 1.4m×세로 1.4m(5,000본/ha)으로 하였다. 이때 수목의 초기 활착과 원활한 생장을 위한 토양개량제(5kg/구덩이)를 식재기반 토양

과 혼합하여 사용하였다.

2) 수목 식재

수림대 조성을 위한 식재 수종은 수림대 조성 지역(전남 비금도, 금일도, 전북 부안군과 고창군 해안지역 등 4개 지역 10개소) 조사 결과, 자연 수림대(전북 야미도, 신시도, 계화도, 변산반도, 선유도, 위도, 비응도 등 7개 지역 23개소) 조사 결과 그리고 문헌(연구 논문 14편, 연구 보고서 11편) 조사 결과를 바탕으로 선정 하였다(Korea Forest Service, 2014). 공시 수종의 선정은 수림대 조사 결과에 의한 출현 빈도수, 문헌에서의 언급 빈도수 등을 종합적으로 고려하였다. 선정된 공시 수종은 침엽 교목인 곰솔(*Pinus thunbergii*)과 낙엽 교목인 졸참나무(*Quercus serrata*) 이었으며, 곰솔은 2년생, 졸참나무는 3년생 묘목을 식재하였다(see Table 1). 식재 배열은 두 수종을 이용하여 혼효식재와 단목식재 기법으로 식재하였는데, 두 수종 중 어느 수종이 풍상 쪽에 먼저 식재되는지에 따라 시험구를 구분하였다(Figure 2). 특히, 혼효식재 시험구의 경우는 단목혼효, 군상혼효, 열상혼효 식재 기법 중 수종의 혼합형태가 부분적으로 무리를 이루는 군상혼효(group mixture) 식재 기법을 사용

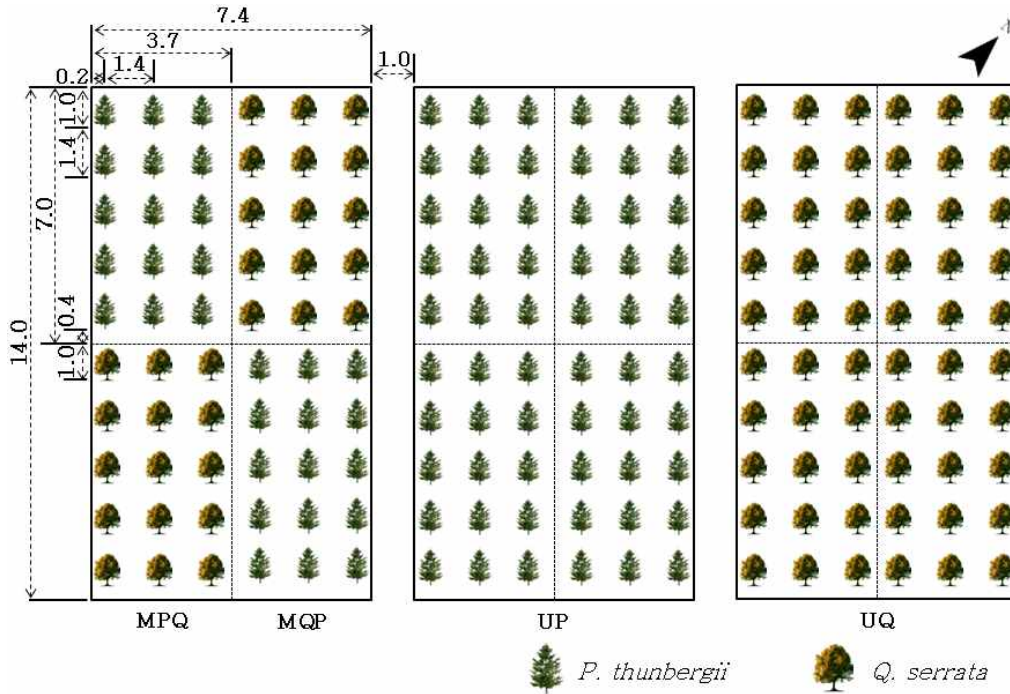


Figure 3. Planting arrangement of tree belt experimental plots(Unit : m)



(a) November 2012



(b) October 2016

Figure 4. Tree belt experimental area

하였다(Figure 3).

2. 수림대 식재수목 조사 및 성장량 분석

수림대 식재수목의 성장량은 식재 후인 2012년도 11월의 근원경과 수고 측정 수치와 4년 후인 2016년도 10월의 측정 수치를 이용하여 근원경, 수고 및 재적 성장량을 계산하였다(Figure 4).

조사는 2016년도 10월 현재 정상 생육하고 있는 전체 수목을 유효본수로 설정하고 전수조사를 실시하였다. 고사목은 정상 생육 중 고사, 기상 피해(강풍에 의한 뽑힘, 부러짐 등), 병해충 피해, 동물(고라니, 설치류 등) 및 식물(덩굴 식물류)에 의한 피해 등 다양한 요인들로 인해 고사목으로 분류되어 제거하였으며, 현장 실험

Table 1. Planting and growth state of the tree belt experimental plots

Division	Species	Planting			Dead (tree)	Survival		
		Trees (tree)	R ^a (cm)	H ^b (cm)		Trees (tree)	R (cm)	H (cm)
MPQ100	<i>P. thunbergii</i>	15	2.1	77.1	8 (53.3)	7	8.9	277.6
	<i>Q. serrata</i>	15	1.2	81.7	4 (26.7)	11	6.9	310.1
MQP100	<i>Q. serrata</i>	15	1.0	66.0	6 (40.0)	9	7.3	302.4
	<i>P. thunbergii</i>	15	2.2	93.8	10 (66.7)	5	9.0	278.6
MPQ50	<i>P. thunbergii</i>	15	1.9	90.6	8 (53.3)	7	8.2	322.4
	<i>Q. serrata</i>	15	1.1	80.7	1 (6.7)	14	6.6	341.4
MQP50	<i>Q. serrata</i>	15	1.3	86.0	6 (40.0)	9	7.8	374.2
	<i>P. thunbergii</i>	15	2.4	98.0	10 (66.7)	5	9.0	330.6
MPQ25	<i>P. thunbergii</i>	15	2.0	97.4	5 (33.3)	10	7.6	349.5
	<i>Q. serrata</i>	15	1.0	72.6	6 (40.0)	9	7.1	345.0
MQP25	<i>Q. serrata</i>	15	0.9	76.7	6 (40.4)	9	7.9	417.7
	<i>P. thunbergii</i>	15	2.0	96.1	8 (53.3)	7	8.7	299.6
UP100	<i>P. thunbergii</i>	60	2.2	95.1	28 (46.7)	32	9.2	326.9
UP50	<i>P. thunbergii</i>	60	2.0	98.9	32 (53.3)	28	9.0	313.8
UP25	<i>P. thunbergii</i>	60	2.1	92.0	16 (26.7)	44	8.6	323.7
UQ100	<i>Q. serrata</i>	60	1.2	86.6	16 (26.7)	44	6.7	341.9
UQ50	<i>Q. serrata</i>	60	1.3	81.4	16 (26.7)	44	6.1	360.1
UQ25	<i>Q. serrata</i>	60	1.1	76.6	19 (31.7)	41	5.8	332.7

Note : Values in parentheses indicate % compositions.

^a R and ^b H indicate root collar diameter and height, respectively.

임을 감안하여 고사목에 대해서는 보식을 실시하지 않았다(Table 1).

재적은 형수법(form factor method)을 응용하여 계산하였다(Kim, 2006b; Equation 1). 형수법은 입목(standing tree) 즉, 생육하고 있는 수목의 재적을 측정하는 방법으로, 근원부 단면적(g)과

수고(h) 그리고 형수(f)를 이용하여 계산하였다. 분석은 성장량에 대한 분산분석(ANOVA)과 던킨의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여(95% 신뢰수준) 수림대 시험구별 성장 특성을 파악하고 새만금 수림대 조성을 위한 적용성을 검토하였다. 한편, 통계분석은 PASW

$$V = ghf \quad \text{(Equation 1)}$$

Where, V = tree volume(cm^3),
 g = cross-sectional area(cm^2),
 h = height(cm), and
 f = form factor(0.4).

Statistics 18.0(SPSS INC., Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혼효식재 수림대 성장량 분석 결과

혼효식재 기법에 의한 수림대는 특히 방풍림의 효과가 필요한 곳에 조성될 수 있으며(Kim et al., 2012), 단순식재 기법에 의한 수림대보다 집약적인 관리가 가능해야 할 것이다. 이와 같이 혼효식재 수림대 조성을 위한 다양한 식재기반에 따른 수림대의 성장량을 분석하여 적용 가능한 수림대 유형을 분석하였다.

먼저, 근원경 성장량($F = 1.325, p > 0.05$)은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 수고 성장량($F = 3.149, p < 0.01$)은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데, 수고 성장량이 가장 큰 시험구는 MQP25 시험구로 280.8cm의 성장량을 나타냈으며, 다음으로는 MQP50 시험구에서 268.4cm, MPQ25 시험구에서 261.7cm 순이었다. MPQ100 시험구를 제외한 모든 시험구는 동일 집단군으로 모두 통계적으로 유의한 성장을 나타내었으나, 식재 후 시설이나 환경 차폐 등 빠른 수고 생장이 필요한 곳에 혼효식재 기법으로 수림대를 조성해야 할 경우, 방풍책 설치비용을 고려하여 MQP50 시험구의 형태, 즉 공극률 50%의 방풍책을 설치한 뒤 줄참나무를 먼저 식재하고 뒤쪽에 곰솔을 식재하는 형태로 수림대를 조성하는 것이 타당할 것으로 판단되었다(Table 2). 간척지는 바람에 의해 바닷물이 비산되어 염분이 식물의 잎, 줄기 및 토양에

누적되며 이로 인해 식물이 염분에 의한 성장 피해를 받게 되며 고사에 이르게 되는데(Lee and Kim, 1977; Appleton et al., 2002; Kim, 2010b), 혼효식재 시험구에서 방풍책이 이러한 염풍의 피해를 감소시켜 수목의 성장에 도움이 된 것으로 판단되었다. 한편, 재적 성장량($F = 1.936, p > 0.05$)은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

2. 단순식재 수림대 성장량 분석 결과

단순식재 기법에 의한 수림대는 혼효식재에 의한 수림대보다 상대적으로 많은 관리비용을 투입할 수 없는 곳에 조성될 수 있을 것이다.

다양한 식재기반에 따른 단순식재 수림대의 성장량을 분석한 결과, 근원경 성장량은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F = 25.460, p < 0.01$). 근원경 성장량이 가장 큰 시험구는 UP50 시험구로 7.1cm의 성장량을 나타냈으며, 다음으로는 UP100 시험구에서 7.0cm, UP25 시험구에서 6.5cm 순이었다. 수고 성장량은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데($F = 6.663, p < 0.01$), 수고 성장량이 가장 큰 시험구는 UQ50 시험구에서 278.7cm의 성장량을 나타냈다. 근원경과 수고 성장량을 동시에 판단할 수 있는 재적 성장량은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데($F = 20.375, p < 0.01$), 재적 성장량이 가장 큰 시험구는 UP100 시험구로 8,669.7 cm^3 의 성장량을 나타냈으며, 다음으로는 UP50 시험구에서 8,040.8 cm^3 , UP25 시험구에서 7,419.7 cm^3 순이었다(Table 3). 따라서 단순식재 기법으로 수림대를 조성할 경우, 식재 후 빠른 성장 효과를 나타내기 위해서는 재적 성장량이 우수한 UP100 시험구의 형태, 즉 방풍책의 설치의 필요 없으며 곰솔 단순식재의 형태로 조성함이 타당할 것으로 판단되었다.

Kim et al.(2013)은 방풍 시설 설치에 따른 곰솔의 근원경과 수고 성장량이 뚜렷한 차이를 보

Table 2. Analysis of growth amount of tree belt according to mixed planting method

Division		N	Mean	SD	F (<i>p</i>)
Root collar diameter (cm)	MPQ100	18	6.2 ^a	1.3	1.325 (0.260)
	MQP100	14	6.5 ^a	1.1	
	MPQ50	21	5.8 ^a	1.9	
	MQP50	14	6.5 ^a	1.6	
	MPQ25	19	5.9 ^a	1.2	
	MQP25	16	6.8 ^a	1.8	
	Total	102	6.2	1.5	
Height (cm)	MPQ100	18	217.5 ^b	54.1	3.419 (0.007)
	MQP100	14	218.0 ^b	52.6	
	MPQ50	21	251.1 ^{ab}	49.8	
	MQP50	14	268.4 ^a	57.5	
	MPQ25	19	261.7 ^a	45.9	
	MQP25	16	280.8 ^a	80.6	
	Total	102	249.6	60.5	
Volume (cm ³)	MPQ100	18	5,679.6 ^b	2,395.0	1.936 (0.091)
	MQP100	14	5,980.7 ^{ab}	2,329.1	
	MPQ50	21	5,954.5 ^{ab}	3,768.5	
	MQP50	14	8,007.8 ^{ab}	3,719.1	
	MPQ25	19	6,071.4 ^{ab}	2,249.1	
	MQP25	16	8,308.3 ^a	4,788.7	
	Total	102	6,582.4	3,412.2	

^{a, b} Means with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Post-hoc : Duncan's multiple range test $a > b$

였다고 하였는데, 본 연구 또한 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 근원경과 수고 성장량을 동시에 평가하는 재적 성장량을 분석한 본 연구의 결과에서는 방풍 시설의 효과가 통계학적으로 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 한편, 곰솔은 우리나라 서해안 지역에 넓게 분포하는 자생수종 중의 하나로 내염성과 내조성이 강하여(Kim, 2010a) 간척지 수림대 조성에 중요한 수종으로 인식되고 있다.

3. 수림대 전체 시험구 성장량 분석 결과

수림대 조성 목적이 조기녹화일 경우를 고려하여 단순 또는 혼효식재 기법의 구분 없이 전체 시험구에 대한 성장량을 비교 분석하였다.

전체 식재기반에 따른 수림대의 성장량을 분석한 결과, 근원경 성장량은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F = 11.810, $p < 0.01$). 근원경 성장량이 가장 큰 시험구는 UP50 시험구로 7.1cm의 성장량을 나타냈으며, 다음으로는 UP100 시험구에서 7.0cm, MQP25 시험구에서 6.8cm 순이었다. 수고 성장량은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데(F = 4.609, $p < 0.01$), 수고 성장량이 가장 큰 시험구는 MQP25 시험구에서 280.8cm의 성장량을 나타냈으며, 다음으로는 UQ50 시험구에서 278.7cm 이었다. 근원경과 수고 성장량을 이용하여 산출하는 재적 성장량은 시험구에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있

Table 3. Analysis of growth amount of tree belt according to un-mixed planting method

Division		N	Mean	SD	F (p)
Root collar diameter (cm)	UP100	32	7.0 ^a	1.1	25.460 (0.000)
	UP50	28	7.1 ^a	1.2	
	UP25	44	6.5 ^a	1.2	
	UQ100	44	5.5 ^b	1.5	
	UQ50	44	4.8 ^c	1.3	
	UQ25	41	4.7 ^c	1.4	
	Total	233	5.8	1.6	
Height (cm)	UP100	32	231.8 ^{bc}	64.2	6.663 (0.000)
	UP50	28	214.9 ^c	35.2	
	UP25	44	223.6 ^c	46.7	
	UQ100	44	255.2 ^{ab}	57.0	
	UQ50	44	278.7 ^a	73.0	
	UQ25	41	256.1 ^{ab}	56.9	
	Total	233	245.8	61.0	
Volume (cm ³)	UP100	32	8,669.7 ^a	2,825.2	20.375 (0.000)
	UP50	28	8,040.8 ^a	2,404.8	
	UP25	44	7,419.7 ^a	2,442.3	
	UQ100	44	5,161.1 ^b	2,781.4	
	UQ50	44	4,552.7 ^b	2,729.7	
	UQ25	41	4,006.1 ^b	2,670.4	
	Total	233	6,097.4	3,159.3	

^{a, b, c} Means with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Post-hoc : Duncan's multiple range test $a > b > c$

는 것으로 나타났는데($F = 9.288, p < 0.01$), 재적 성장량이 가장 큰 시험구는 UP100 시험구로 8,669.7cm³의 성장량을 나타냈으며, 다음으로는 MQP25 시험구에서 8,308.3cm³, UP50 시험구에서 8,040.8cm³, MQP50 시험구에서 8,007.8cm³ 순이었다(Table 4). 따라서 수림대 조성 초기에 빠른 성장을 통한 녹지축 및 방풍림 조성, 정주환경의 어메니티 향상을 위해서는 재적 성장량이 우수한 UP100 시험구의 형태, 즉 곱솔 단순식재의 형태(방풍책 미설치)나 동일 집단군으로 분류되어 있는 MQP50 시험구의 형태인 줄참나무·곱솔의 혼효식재(공극률 50% 방풍책 설치) 기법으로 수림대를 조성함이 타당할 것으로 판단되었다.

IV. 결 론

본 연구는 새만금 간척지 내에 녹지축, 공원, 방풍림, 정주환경 조성 등 다양한 목적으로 수림대를 조성하기 위한 성장 정보를 제공하고자 수행하였다. 본 연구에서는 수림대 조성을 위한 기초기반 조성 후 다양한 방법으로 시험구를 조성하여 수림대 초기 성장량을 분석하였다. 수림대 조성의 다양한 목적에 따라 생태적 건전성이 높은 혼효식재 수림대 조성을 위해서는 공극률이 50%인 방풍책을 설치한 후 줄참나무(풍상)·곱솔(풍하)을 식재하는 기법이 통계학적 측면과 방풍책 설치 등 수림대 조성에 따른 경제적 측면을 동시에 고려할 때 가장 타당할 것

Table 4. Analysis of growth amount of total experimental group of tree belt

Division		N	Mean	SD	F (<i>p</i>)
Root collar diameter (cm)	MPQ100	18	6.2 ^{abc}	1.3	11.810 (0.000)
	MQP100	14	6.5 ^{ab}	1.1	
	MPQ50	21	5.8 ^c	1.9	
	MQP50	14	6.5 ^{ab}	1.6	
	MPQ25	19	5.9 ^c	1.2	
	MQP25	16	6.8 ^a	1.8	
	UP100	32	7.0 ^a	1.1	
	UP50	28	7.1 ^a	1.2	
	UP25	44	6.5 ^{ab}	1.2	
	UQ100	44	5.5 ^{cd}	1.5	
	UQ50	44	4.8 ^d	1.3	
	UQ25	41	4.7 ^d	1.4	
Total	335	5.9	1.6		
Height (cm)	MPQ100	18	217.5 ^{de}	54.1	4.609 (0.000)
	MQP100	14	218.0 ^{de}	52.6	
	MPQ50	21	251.1 ^{abcde}	49.8	
	MQP50	14	268.4 ^{ab}	57.5	
	MPQ25	19	261.7 ^{ab}	45.9	
	MQP25	16	280.8 ^a	80.6	
	UP100	32	231.8 ^{bcd}	64.2	
	UP50	28	214.9 ^e	35.2	
	UP25	44	223.6 ^{cde}	46.7	
	UQ100	44	255.2 ^{abcd}	57.0	
	UQ50	44	278.7 ^a	73.0	
	UQ25	41	256.1 ^{abc}	56.9	
Total	335	246.9	60.8		
Volume (cm ³)	MPQ100	18	5,679.6 ^{bcd}	2,395.0	9.288 (0.000)
	MQP100	14	5,980.7 ^{bc}	2,329.1	
	MPQ50	21	5,954.5 ^{bc}	3,768.5	
	MQP50	14	8,007.8 ^a	3,719.1	
	MPQ25	19	6,071.4 ^{bc}	2,249.1	
	MQP25	16	8,308.3 ^a	4,788.7	
	UP100	32	8,669.7 ^a	2,825.2	
	UP50	28	8,040.8 ^a	2,404.8	
	UP25	44	7,419.7 ^{ab}	2,442.3	
	UQ100	44	5,161.1 ^{cd}	2,781.4	
	UQ50	44	4,552.7 ^{cd}	2,729.7	
	UQ25	41	4,006.1 ^d	2,670.4	
Total	335	6,245.1	3,241.0		

a, b, c, d, e Means with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Post-hoc : Duncan's multiple range test $a > b > c > d > e$

이다. 반면, 혼효식재 수림대보다 상대적으로 관리비용을 투입할 수 없으나, 빠른 생장률이 요구되는 지역에서는 방풍책을 설치하지 않는 곱솔 단순식재가 가장 타당한 기법인 것으로 나타났다. 마지막으로 식재기법에 상관없이 수림대 조성 목적이 수림대의 빠른 생장을 통한 조속한 녹화일 경우 방풍책을 설치하지 않는 곱솔 단순식재나 공극률이 50%인 방풍책을 설치한 후 졸참나무(풍상)·곱솔(풍하)을 식재하는 기법이 통계학적·경제적 측면에서 가장 타당할 것이다.

한편, 본 연구의 결과는 수림대 조성 후 생육 초기의 생장량을 분석한 것이며, 간척지라는 수목의 생육에 매우 불리한 환경에서의 생장 평가를 위해서는 장기간의 수림대 생장 모니터링을 통한 생장 분석이 필요할 것이다.

사 사

본 논문은 산림청 임업기술연구개발사업(S111113L050100)으로 수행된 연구결과의 일부입니다.

인 용 문 헌

- Ahn YH · Back NG · Kim DG · Lee CH · Lee SH · Kang HM and Kim H. 2012. Plant species and diversity of nature tree belts around Saemangeum region. *Journal of Agriculture & Life Sciences*. 43(1): 52-56. (in Korean with English summary)
- Appleton BL · Greene V · Smith A · French S · Kane B · Fox L · Downing A and Gilland T. 2002. Trees and shrubs that tolerate saline soils and salt spray drift. Virginia: Virginia Cooperative Extension Publication.
- Byun JK · Jeong JH · Lee CY · Oh JS and Lim CC. 2004. The change of chemical property in soil water according to the soil depths in a reclaimed foreshore land. *Proceedings of the 2010 Annual Meeting of the Korean Forest Society*. pp.185-187. (in Korean)
- Cantré S. and F. Saathoff. 2013. Investigation of dredged materials in combination with geosynthetics used in dike construction. *Procedia Engineering*. 57: 213-221.
- Choi IH · Hwang KH and Lee KJ. 2002. Injuries of landscape trees and causes in the reclaimed seaside areas. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 16(1): 10-21. (in Korean with English summary)
- Choi MB. 2003. Selection of tolerant tree species to salt and sea wind. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation*. 7(3): 57-66. (in Korean with English summary)
- Choi MG. 1986. Characteristics of salt tolerance in tree species(I): Relationship between tree species distribution and soil salt concentration in east coastal forest. *Journal of Korean Forestry Society*. 73: 1-8. (in Korean with English summary)
- Choi MG. 1988. Characteristics of salt tolerance in woody species(III): Effects of salt treatment on physiological responses in the leaves of several tree species. *Journal of Korean Forestry Society*. 77(4): 371-381. (in Korean with English summary)
- Grace J. 1988. Plant response to wind. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 22-23: 71-88.
- Jeong YH · Lim JH · Lee IK · Kim JH · Kim HS and Seo KW. 2010. Development of vegetation base to promote tree growth in dredged sediment using soil conditioner: Impressive view the soil conditioner in

- Saemankum on the slope of sea dike. Seoul : Proceedings of the 2010 Annual Meeting of the Korean Forest Society. pp.385-388. (in Korean)
- Kim DG. 2001. Physico-chemical properties of soils at the ground of landscape planting in reclaimed land from the sea. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology. 4(4): 12-18. (in Korean with English summary)
- Kim DG. 2006a. Reclaimed land landscape planting. Seoul: Kwang Il Mun Hwa Sa. (in Korean)
- Kim DG. 2010a. Native tree species of tolerance to saline soil and salt spray drift at the coastal forests in the West-sea, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 24(2): 209-221. (in Korean with English summary)
- Kim DG. 2010b. Soil salinity and salt spray drift tolerance of native trees on the coastal windbreaks in the South-sea, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 24(1) : 14-25. (in Korean with English summary)
- Kim GD. 2006b. Forest mensuration. Seoul: Hyang Mun Sa. (in Korean)
- Kim HJ · Jeong SH · Hwang CH, Kim H · Choi SM and Lee SH. 2012. Vegetation structure and management plan for wind-break forests along the west coast in Korea. Journal of Agriculture and Life Science. 46(1): 1-11. (in Korean with English summary)
- Kim JH · Lim JH · Seo KW · Jeong YH and Um TW. 2013. Effect of wind break on the early growth of *Pinus thunbergii* at Saemangum sea-wall. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 15(4) : 210-218. (in Korean with English summary)
- Korea Forest Service. 2014. Study on the establishment of facilities to protect tree and vegetation base to promote tree growth in Saemanguem reclaimed lands. Daejeon: Korea Forest Service. (in Korean with English summary)
- Korea Meteorological Administration. 2013. <http://www.kma.go.kr>
- Lee JS and Kim YJ. 1977. Ecological study for the development of salt-tolerant and sea wind-hardness ornamental trees. Journal of the Korean Society for Horticultural Science. 18(2): 215-220. (in Korean with English summary)
- Lee JS. 1980. Ecological study on the exploitation of salt-tolerant and seawind-hardness landscape trees: With special reference to the Southern areas of Korea. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 8(1): 13-19. (in Korean with English summary)
- Mitsch WJ and Gosselink JG. 2000. Wetlands. 3th ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25(2) : 239-250.
- 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. (in Korean with English summary)
- Park JH · Yeo JK · Koo YB · Lee WW · Kim HC and Park CH. 2008. Effects of slurry composting and biofiltration liquid fertilizer on growth characteristics of Poplar clones in a reclaimed land mounding soil. Korean Journal of Soil Science & Fertilizer. 41(5)

- : 318-323. (in Korean with English summary)
- Park JM. 2009. Construction measures of windbreak forests in Saemangeum reclaimed land. *Journal of The Korean Society of Forest Engineering*. 7(3): 217-232. (in Korean with English summary)
- Park PS · Kim YK · Jang WS · Han AR · Jo JC, Kim JB and Kim JH. 2009. Comparison of seedling survival rate and growth among 8 different tree species in Seosan reclamation area. *Journal of Korean Forestry Society*. 98(4): 496-503. (in Korean with English summary)
- Park WJ. 2008. Effects of NaCl treatment on the growth and the physiological responses of several tree species. Ph.D dissertation, Chonbuk National University.(in Korean with English summary)
- Ryu TK · Lee DH and Jang KK. 2001. Vegetation covering on the reclamation land in Gunsan areas. *Journal of Life Science & Nature Resources*. 23: 129-135. (in Korean with English summary)
- Saemangeum Development and Investment Agency. 2013. <http://www.saemangeum.go.kr>
- Saemangeum Development and Investment Agency. 2014. Saemangeum master plan. Sejong: Saemangeum Development and Investment Agency. (in Korean)
- Zhang TH · Zhao HL · Chang XL · Shirato Y, Ohkuro T and Taniyama I. 2000. Various measures for moving sand dune control and changes of vegetation in Horqin sand land. *Journal of Desert Research*. 20(Supp.): 48-52. (in Chinese with English summary)
- Zhu JK. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*. 6(2): 66-71.