

석탄폐광지에서의 식생기반재 처리별 수목 초기 생육상황 비교

정용호 · 이임균 · 임주훈 · 서경원 · 이충화

국립산림과학원 산림복원연구과

Comparison of Seedling Growth by Treatments of Vegetation Basis in an Abandoned Coal Mine Area

Jeong Yongho · Lee, Imkyun · Lim, Jooheon · Seo Kyung Won and Lee, Choong Hwa

Division Forest Restoration, Korea Forest Research Institute.

ABSTRACT

This study was conducted to select environmentally-friendly and low-cost mulching material that could replace soil molding which can be used to restore vegetation in an abandoned coal mine area. To this end, we established 20 experimental plots (4m × 10m in size) on the steep, south west-facing slope of the abandoned coal mine area in Hwangji-Dong, Taebaek City, Gangwon Province in April 2006. We planted two-year-old 1,600 seedlings (at intervals of 0.6m × 0.8m) of drought-resistant tree species including *Betula schmidtii*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Amorpha fruticosa*, and *Quercus mongolica* in the plots. After planting seedlings, mulching was applied by using five different kinds of material such as HWAP (Teracotem), peat moss, straw mats, wood chips, and control (no-mulching) and the effects of different mulching material on the survival rate and growth performance were compared.

Three years after planting, the survival rate was the highest in wood chip mulching, followed by straw-mat, peat moss, HWAP, and control. The survival rate was the highest in *Quercus mongolica*, followed by *Betula schmidtii*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, and *Amorpha fruticosa*. Meanwhile the height growth was the best in *Betula platyphylla* var. *japonica*, followed by *Betula schmidtii*, *Quercus mongolica*, and *Amorpha fruticosa*. The height growth of seedlings was the best in HWAP mulching, followed by peat moss, woody chips, straw mat, and control. From an economic point of view, wood

Corresponding author : Lee, Imkyun, Div. of Forest Restoration, Korea Forest Research Institute, 57, Hoegiro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712, Korea,
Tel : +82-2-961-2633, e-mail : iklee@forest.go.kr

Received : 27 October, 2010. **Revised** : 19 November, 2010. **Accepted** : 1 December, 2010.

chips are considered to be the best mulching material. The results showed that mulching without soil molding and/ or mixing applications would be effective for restoring vegetation in an abandoned coal mine areas.

Key Words : *Abandoned coal mine area, Acid mine drainage, Soil conditioner, Soil molding.*

I. 서 론

국내 석탄산업은 1980년 말 이후 에너지산업의 여건 변화로 인하여 급격하게 쇠퇴하였다. 석탄산업의 쇠퇴와 더불어 300개 이상의 광산이 휴·폐광하게 되었고, 이에 따라 갱도 및 광산폐기물이 상당수 그대로 방치되어 있는 실정이다(양재의, 2004; 에너지경제연구원, 2007). 특히, 폐탄광지에 널리 산재하는 광산폐기물은 직접적으로 주변 토양환경을 오염시키고 있으며 갱내수와 폐석에서 용출되는 산성의 광산폐수(AMD; Acid Mine Drainage)는 지하수와 하천을 광범위하게 오염시키고 있다. 이밖에도 도로변과 민가 부근에 적재한 상태로 방치한 광산폐기물은 분진이 날리는 등 광산폐기물로 인한 피해는 유형과 영향 범위 등의 면에서 다양한 특성을 보이고 있다(정재춘 · 이무춘, 1997).

한국광해관리공단이 실시하고 있는 폐공가 및 폐시설물 철거, 폐석 유실방지 및 녹화, 갱내 유출수 정화, 지반 침하방지 등의 광해방지 사업 중(이재천 등, 2003) 폐석더미 녹화는 부분적 객토 및 복토 후 묘목식재, 재래식 줄과종 공법, 줄메심기 공법 등을 이용하고 있으나, 광산폐기물의 종류와 폐석의 굵기, 적재 장소의 접근성 등의 차이 때문에 복구가 반드시 성공적인 것으로 보기 어려운 경우도 많다. 일반적으로 광산 폐기물은 이화학적 성질 불량, 고열과 건조, 낮은 pH로 식생의 정착이 어렵다. 폐석은 조성이 굵고 거칠며 중금속 함유량이 많은 특성을 보인다. 또한 여름철에는 폐석의 지표가 직사광선에 의해 60°C 이상까지도 올라가기 때문에 식물에 생리적 장애도

일어난다.

현재 우리나라에서 시행하고 있는 폐석더미 녹화방법은 폐석 위에 절취사면 채취토와 같은 일반 흙을 60cm 복토한 다음, 파종 또는 식재하는 것이다. 하지만 복토 토양의 유실이나 식재목의 고사가 심하여 보식을 하는 현상을 어렵지 않게 볼 수 있다. 더욱이 주변 경관과 어울리는 수림의 조성은 요원한 것으로 보인다. 외국에서는 복토 토양에 양료 공급 및 토질 개선을 위하여 하수 슬러지를 사용하기도 한다(Voeller et al., 1998; Yum et al., 1999). 그러나 복토 토양 확보가 점차 어려워지고 있으며, 무리한 토양 확보를 도모하는 경우 2차 훼손의 우려도 높다(양재의 등, 2007). 복토 후에도 식재한 식물이 뿌리를 깊게 내리지 못하여 건조 피해가 발생하기도 한다(김혜주 등, 2000).

따라서, 본 연구의 목표는 석탄폐석에 정착하여 생육하고 있는 식생복원 가능 수종(목본류-소나무, 리기다소나무, 사스래나무, 물박달나무, 박달나무, 물오리나무, 아까시나무, 산딸기 등; 초본류-억새, 새, 솔새 등)에 대한 기존 연구 결과들을 참고하여(민재기 등, 2004; 2006) 박달나무, 자작나무, 죽제비싸리, 신갈나무 등 4종의 목본 1-1묘를 무복토 환경에 식재하고, 벚짚으로 엮은 거적, 피트모스, 목질칩 등 3종류의 식생기반재를 지표면에 처리한 후, 조림목의 활착률 및 생장량을 비교함으로써 폐광지의 식생복원 시 복토를 하지 않거나 최소화하여 조기에 주변경관과 조화를 이루고 생태적 일체화도 가능한 저비용, 고효율, 친환경의 생육기반 조성기술(정용호, 2008; 2009a; 2009b)을 개발하는 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 조사지역은 강원도 태백시 황지동 산 173-1(N 37° 11' 21.88", E 128° 58' 59.48")의 석탄 폐석더미에 위치하고 있다(그림 1). 연평균 기온은 8.5℃이고, 연강수량은 1307.6mm로 온대 북부 기후대에 해당한다. 본 조사지는 폐석더미를 사면 고르기 한 상태로 경사는 25~30°이며, 방위는 남서향이었다. 폐석더미에는 주변 산림에서 침입한 자작나무, 소나무, 새가 드문드문 자라고 있었으며, 피도는 3% 이하로 매우 낮은 상태였다.

본 시험지 내 폐석의 입도 분석 결과, 2mm 이하의 폐석이 49.7%로 가장 많았으며 2mm~2cm

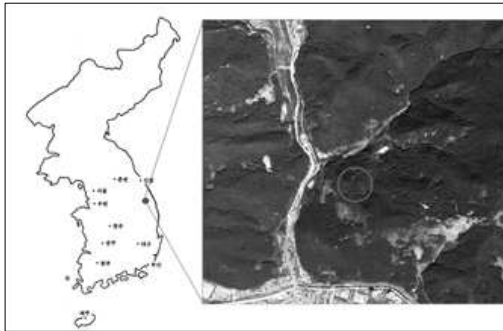


Figure 1. Location of the study site (O) in Taebaek City, Gangwon Province, Korea.

Table 1. Size range of the abandoned coal mine land in Taebaek City, Gangwon Province, Korea.

Over 5cm	2~5cm	2mm~2cm	Under 2mm
659.0g	769.4g	2715.1g	4090.2g
8.0%	9.3%	33.0%	49.7%

는 33.0%로(표 1) 식생이 착생하기에 비교적 양호한 환경이었다.

토성은 모래의 비율이 매우 높은 사양토로 나타났고, 삼상은 표토(0~15cm)와 심토(15~30cm) 모두 고상의 비율이 높았으며 식물 생육에 필수조건인 액상과 기상의 비율이 현저히 낮은 상태였다(표 2). 가비중은 표토 1.51g/cm³, 심토 1.61g/cm³로서 일반 산림토양의 범위(0.8~1.2g/cm³) 보다 높아 식물의 뿌리 발달에 매우 불리한 환경이었다.

폐석의 산도(pH)는 표토와 심토 모두 pH 4 이하로서 강산성이었다. 일반적으로 폐탄광지의 폐석 산도는 초기에 pH 6~8정도의 약산성·약알칼리성을 나타내지만(Bussler et al, 1984; Van Rensburg, 1998) 시간이 경과하면서 황철광(pyrite)이 대기 중에 노출·산화되어 pH 3~3.5정도의 강산성으로 변한다(William, 1978; 임경빈, 1979). 이러한 상태에서는 식물이 활착하더라도 토양 내 독성 물질의 용출에 의하여 뿌리 발달이 억제되고 식물 생장에 유용한 토양 미생물의 증식이 저

Table 2. Physical and chemical properties of the abandoned coal mine area in Taebaek City, Gangwon Province, Korea.

Depth	Particle distribution(%)			Soil texture	Three phases(%)			Bulk density (g/cm ³)
	Sand	Silt	Clay		Liquid	Solid	Gaseous	
0-15cm	59.7	33.1	7.2	Sandy Loam	11.7	57.0	31.3	1.51
15-30cm	59.7	34.2	6.1	Sandy Loam	12.6	60.8	26.6	1.61

Depth	pH	O.M. (%)	T.N. (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0-15cm	3.76	9.88	0.13	18.41	2.53	0.03	0.04	0.24	0.09
15-30cm	3.45	10.08	0.14	2.68	2.75	0.03	0.04	0.20	0.09

해되기 때문에 정상생육을 위해서는 토양 산도의 교정이 필요하다. 유기물 함량은 일반 산림토양에 비해 높은 것으로 나타났으며, 전질소와 유효인산은 일반 산림토양과 크게 차이가 없었으나 양이온 치환용량을 비롯한 치환성 양이온 함량은 매우 낮은 수준인 것으로 나타났다.

2. 조림목 선정 및 식재

식재수종은 폐탄광지에서 내성을 갖는 식물들로 알려진 박달나무(*Betula schmidtii*), 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica*), 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*), 신갈나무(*Quercus mongolica*) 1-1묘를 사용하였으며, 2006년 4월 19일 모든 수종에 대하여 0.6m×0.8m 간격으로 식재하였다(그림 2). 박달나무는 폐탄광지 주변 식생에서 흔히 출현하는 수종으로서 광산폐기물 더미에서도 자연적으로 침입하여 정착하는 내성 수종으로 알려져 있으며, 자작나무는 아까시나무와 더불어 폐탄광지의 복원에 가장 많이 이용하는 조림 수종 가운데 하나이다. 또한 신갈나무는 폐탄광지에 자연적으로 침입하거나 조림에 실제 이용하지는 않지만 주변 식생에 자주 출현하는 자생수종이기

때문에 이용 가능성을 평가하고자 공시목으로 선정하였다. 족제비싸리는 콩과식물로서 척악지에 대한 적응력이 뛰어나고 질소 고정을 통하여 토양 개선을 할 수 있는 수종으로 복원 효과를 증대시키기 위하여 선정하였다(정용호 등, 2009).

3. 식생기반재 처리

조림목 식재지 내 식생기반재 효과를 구명하기 위한 시험재료는 유기물을 주성분으로 한 벚짚으로 엮은 거적, 피트모스, 목질칩과 고흡수성 화합물 처리구(HWAP; Highly water absorbent polymer) 등 4종류가 이용되었으며, 처리를 하지 않은 나지 상태의 토양을 대조구로 하였다. 각 수종의 식재지 내에는 대조구를 포함하여 10×4m 크기의 5개 처리구를 설치하였으며, 각 처리구 내에는 수종별로 30본의 묘목이 포함되도록 하였다. 거적처리는 폭이 1.2m로 느슨하게 짜인 벚짚을 이용하여 지표를 피복하였으며, 피트모스는 처리구당 170ℓ (26.4kg)를 묘목 둘레에 고르게 살포하여 두께가 1cm 정도 되도록 하였다. 목질칩은 처리구 당 100ℓ를 처리구 전체에 피복하여 두께가 2cm 정도 되도록 하였다(그림 3).



Figure 2. Picture of the study site (left : April 2006, right : September 2009) in Taebaek City, Gangwon Province, Korea.



Figure 3. Experimental plots by treatments in an abandoned coal mine.

4. 식재목의 활착률 및 성장량 조사

식생기반재 처리에 따른 수종별 활착률은 처리 후 3년이 경과된 2009년 9월말에 조사하여 식재 본수에 대한 생존 개체수의 비율로 계산하였으며, 모든 개체의 수고 및 근원경을 측정하여 성장량을 조사하였다.

5. 지표 온도

각 처리별 지표 온도 변화는 2006년 9월 20일부터 11월 8일까지 토양온도기록계(2800 data logger station, Spectrum technologies Inc., USA)를 대조구, 거적 처리구, 목질칩 처리구에 설치하여 측정하였다. 토양 온도 측정 깊이는 토심 3cm, 측정 간격은 30분으로 조사기간 동안 연속 측정하였다. 측정된 자료는 기간별로 나누어(약 9~15일 간격) 처리별 평균 온도, 최고 및 최저 온도 그리고 최대 온도와 최저 온도 간의 차이를 분석하였다.

6. 통계분석

활착률, 수고 성장량 및 근원경에 대하여 처리 간의 차이를 ANOVA를 이용하여 검정하였으며 통계적으로 차이가 유의한 경우 t-test를 이용하여 평균값을 비교하였다. 모든 통계처리는 STATISTIX 7.0(1985, 2000 Analytical Software)을 사용하였고 유의성 판단기준은 P=0.05였다.

III. 결과 및 고찰

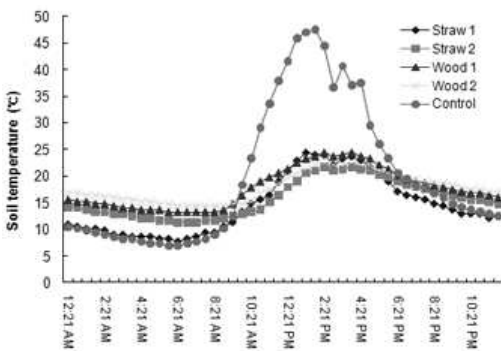
1. 식생기반재 처리별 지표 온도 변화

전체 조사기간 중 일부 기간의(2006년 9월 20일~11월 8일) 식생기반재 처리별 지표 온도(깊이 3cm) 값은 표 3과 같다. 지표 온도는 시기별, 처리별로 큰 차이를 보였다. 특히 대조구의 지표 온도 변화 폭이 매우 큰 것으로 나타났는데, 낮기온이 높은 시기일수록 차이가 심하였으나 목질칩과 거적 처리구는 상대적으로 지표 온도 변화 폭이 작은 경향이 뚜렷하여 목질칩이나 거적으로 멀칭을 하면 지표 온도를 안정화 시키는데 매우 효과적인 것으로 보인다.

측정기간 동안 처리면의 지표 온도는 2006년 9월 25일에 가장 큰 일교차를 보였다(그림 4). 대조구의 경우, 오전 6시 최저 온도(6.9℃)가 기록되었으며 오후 2시에 최고 온도(47.5℃)를 보여 일교차가 40.6℃나 되었다. 반면, 거적 처리구의 경우는 최저와 최고 온도가 각각 7.7℃, 24.4℃로 일교차가 16.7℃, 목질칩 처리구의 경우 각각 11.3℃, 24.4℃로 10.6℃의 가장 작은 일교차를 보였다. 이와 같이 대조구에서 보인 큰 일교차는 식재된 식물의 활착 및 생육에 큰 저해요인이 될 수 있다. 그러나 목질칩이나 거적 처리로 인해 지표 온도를 안정적으로 유지시키고 유기물을 공급함으로써 식물의 활착 및 생육에 유리한 작용을 하게 될 것으로 판단된다.

Table 3. Comparison of the soil temperatures(°C) by treatments during survey period.

Soil Temp.	Treatment	2006				Total period
		9. 20~30	10. 1~15	10. 16~31	11. 1~8	
Max.	Straw mat1	25.6	27.2	27.6	19.0	27.6
	Straw mat2	24.8	23.3	23.3	15.6	24.8
	Wood chip1	27.2	26.0	25.6	18.3	27.2
	Wood chip2	26.0	24.0	23.7	17.1	26.0
	Control	47.5	48.5	47.0	27.6	48.5
Min.	Straw mat1	7.7	7.7	4.0	0.1	0.1
	Straw mat2	11.3	10.9	6.9	1.9	1.9
	Wood chip1	12.9	12.5	7.3	4.9	4.9
	Wood chip2	14.4	13.3	9.0	2.3	2.3
	Control	6.9	6.9	0.6	-3.1	-3.1
Mean	Straw mat1	16.0	15.7	12.5	7.6	13.4
	Straw mat2	16.8	16.2	13.1	8.6	14.1
	Wood chip1	18.3	18.0	14.3	10.3	15.6
	Wood chip2	18.3	17.9	14.7	11.0	15.9
	Control	20.7	20.3	13.5	6.3	16.0
Difference between max. and min.	Straw mat1	17.9	19.5	23.6	18.9	27.5
	Straw mat2	13.5	12.4	16.4	13.7	22.9
	Wood chip1	14.3	13.5	18.3	13.4	22.3
	Wood chip2	11.6	10.7	14.7	14.8	23.7
	Control	40.6	41.6	46.4	30.7	51.6

**Figure 4.** Diurnal changes of soil temperatures in different treatment plots (measured on September 25th, 2006).

대조구에서 나타난 높은 지표 온도는 검은 석탄 폐석이 직사광선에 그대로 노출되어 강한 복사열이 발생하였기 때문이며 한여름에는 그 이상의 온도를 보였을 것이다. 실제로 석탄 폐석에서 지표 온도가 60°C까지 올랐다는 보고도 있다. 폐

석의 높은 표면 온도는 식물이 정상적으로 활착 및 생육하는데 매우 불리한 요소로 작용할 뿐만 아니라 지표면의 증발량 증가로 식물은 만성적인 수분 부족에 시달리게 된다.

측정기간 동안 기록된 대조구의 평균 최고 및 최저 온도는 각각 48.5°C와 -3.1°C로 온도차가 51.6°C이었으며, 목질칩 처리구는 각각 27.2°C, 2.3°C로 온도차가 22.3~23.7°C였고, 거적 처리구는 각각 27.6°C, 0.1°C로 온도차가 22.9~27.5°C의 범위를 나타냈다. 이러한 온도차는 동절기에 가까워질수록 큰 경향이었는데, 이는 대기 온도의 영향보다는 복사열의 계절적 차이에 기인하는 것으로 보인다.

2. 식생기반재 처리별 조림 수종의 활착률

식생기반재 처리별 박달나무, 자작나무, 신갈나무, 죽제비싸리 묘목의 3년 경과 후의 활착률

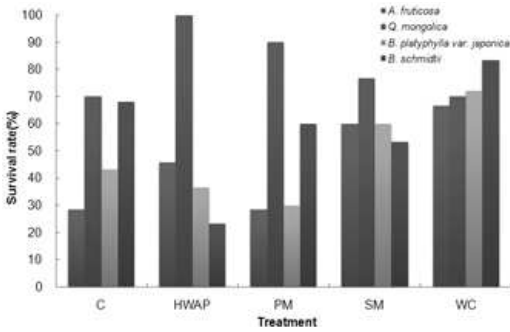


Figure 5. Survival rates of *Amorpha fruticosa*, *Quercus mongolica*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Betula schmidtii* seedlings by treatments after 3 years (C : control, HWAP : highly water absorbent polymer, PM : peat moss, SM : straw mat, WC : wood chip).

을 그림 5에 나타내었다.

식생기반재 처리에 따른 묘목의 활착률을 살펴 보면, 박달나무의 경우 목질칩 처리구에서 83.3%로 가장 높았으며, 대조구 68.0%, 피트모스 처리구 60.0%, 거적 처리구 53.3%, HWAP 처리구 23.3%의 순으로 높았다. 자작나무의 활착률은 목질칩 처리구에서 72.0%로 가장 높았으며, 다음으로 거적 처리구 > 대조구 > HWAP 처리구 > 피트모스 처리구의 순으로 나타났다.

신갈나무의 활착률은 HWAP 처리구, 피트모스 처리구, 거적 처리구, 목질칩 처리구에서 각각 100%, 90.0%, 76.7%, 70.0%로 대부분 높은 활착률을 나타내었다. 대조구도 활착률이 70.0%로 다른 수종에 비해 높은 값을 나타내어 신갈나무가 폐탄광지에 적응력이 매우 높은 수종으로 판단되었다. 족제비싸리의 활착률은 목질칩 처리구, 거적 처리구, HWAP 처리구, 피트모스 처리구, 대조구에서 각각 66.7%, 60.0%, 45.7%, 28.6%, 그리고 28.6%로 나타났다. 족제비싸리는 일반적으로 다른 목본 식물에 비하여 건조에 대해 내성이 강하고 척악지에 적응력이 높은 식물로 알려져 있으나 본 연구에서는 대조구에서 그러한 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았다.

대부분의 수종에 있어서 3년간의 활착률은 목

질칩 처리구에서 가장 높았으며, 거적 처리구, 피트모스 처리구의 순으로 높은 활착률을 나타내었다. 이 중 목질칩 처리구에서 가장 높은 활착률을 보인 요인으로는 목질칩의 두께가 2cm 정도이지만 다른 식생기반재에 비해 수분이나 직사광선에 의한 온도 상승을 효과적으로 차단할 수 있었기 때문으로 판단된다. 수분 유지나 온도 상승 방지 효과 측면에서 거적이거나 피트모스 처리가 목질칩보다 효과가 낮지만 대조구에 비하여 높은 활착률을 보이는 것은 폐탄광지 복원에 있어 초기의 지표 온도 및 수분이 식생의 정착을 결정짓는 중요한 요인이라는 증거가 될 수 있다.

활착률은 모든 처리에서 신갈나무가 가장 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 신갈나무는 태백의 폐탄광지 주변 산림에서 흔히 볼 수 있는 수종이지만 폐탄광 복구지 내에 침입하여 정착하는 경우는 매우 드문 실정이다(민재기 등, 2004; 2006). 신갈나무가 폐탄광지에 자연적으로 정착할 수 없었던 이유는 종자가 떨어진 후 발아에 적합한 조건이 충분히 유지되지 않았기 때문으로 판단된다. 그러나 본 연구에서처럼 묘목상태로 식재되었을 경우에는 다른 수종에 비하여 월등히 높은 활착률을 보이는 것으로 보아 폐탄광지 복원에 유용한 조림 수종으로 이용될 수 있을 것으로 보인다. 한편 박달나무는 폐탄광지와 인접 산림에 흔하게 나타나는 수종으로서 폐탄광지의 토양에 강한 내성을 보이는 수종으로 알려져 있다(이재천 등, 2003; 한심희 등, 2006). 본 연구에서도 그러한 특성이 확인되었다. 그러나 과거 폐탄광지 복원용으로 많이 식재되었던 자작나무와 족제비싸리는 상대적으로 낮은 활착률을 나타내었다.

3. 식생기반재 처리별 임목 생장

식생기반재 처리에 따른 조림목의 수고생장은 수종별, 처리구별로 다양한 반응을 나타내었다(그림 6). 수종별로는 자작나무 > 박달나무 > 신갈나무 > 족제비싸리의 순이었으며, 처리구별로

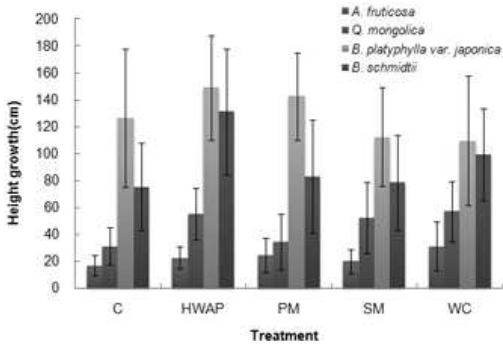


Figure 6. Mean height growth of *Amorpha fruticosa*, *Quercus mongolica*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Betula schmidtii* seedlings by treatments after 3 years (C : control, HWAP : highly water absorbent polymer, PM : peat moss, SM : straw mat, WC : wood chip).

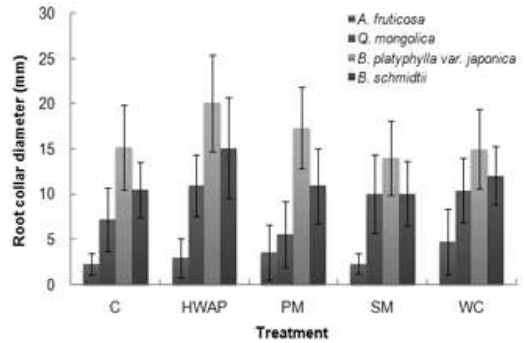


Figure 7. Mean root collar diameter of *Amorpha fruticosa*, *Quercus mongolica*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Betula schmidtii* seedlings by treatments after 3 years (C : control, HWAP : highly water absorbent polymer, PM : peat moss, SM : straw mat, WC : wood chip).

는 HWAP 처리구 > 피트모스 처리구 > 목질칩 처리구 > 거적 처리구 > 대조구의 순이었다. 식재 당해연도의 신갈나무의 수고 생장은 목질칩 처리구를 제외하고 대부분의 처리구에서 초기보다 감소하는 경향이였다. 특히 대조구와 피트모스처리구의 감소 경향이 뚜렷하였다. 그러나 거적 처리구는 당해년도에 수고가 감소하였다가 다음해에 약간 증가하였다. 목질칩 처리구는 당해년도 수고생장에는 차이가 없었지만 다음 해에는 약간 증가하여 다른 처리구와 대조를 이루었다. 이와 같이 식재 당해년도에 대부분의 처리구에서 수고 생장이 감소하거나 변화가 없었던 것은 식재 초기에 이식에 따른 스트레스와 열악한 토양 환경으로 인하여 초두부가 고사한 후 맹아생장을 하였기 때문이다. 그러나 식재 2년차부터는 처리에 대한 효과가 일부 나타나기 시작하였는데, 특히 목질칩 처리구가 수고 생장에 가장 효과적인 것으로 나타났다(국립산림과학원, 2008).

폐탄광 복구지에 비교적 많이 식재되고 있는 자작나무는 식재 후 3년이 경과된 시점에서 다른 수종에 비해 생장이 양호한 경향을 보였다. 박달나무도 자작나무와 유사한 경향을 나타내었다. 족제비싸리는 다른 수종에 비해 수고가 낮은 것으로 나타났는데, 이는 식재 당시에 맹아력이 큰

수종의 특성상 초두부를 절단한 상태에서 식재를 하였기 때문으로 판단된다. 그러나 족제비싸리의 생장은 처리구간 차이가 뚜렷하게 나타나지 않아 향후 지속적인 관찰이 요구된다.

식생기반재 처리에 따른 조림목의 근원경 생장 또한 수종별, 처리구별로 다양한 반응을 나타내었다(그림 7). 수종별로는 자작나무 > 박달나무 > 신갈나무 > 족제비싸리의 순이었으며, 처리구별로는 HWAP 처리구 > 피트모스 처리구 > 목질칩 처리구 > 거적 처리구 > 대조구의 순으로 수고생장의 경향과 일치하였다.

IV. 결 론

우리나라의 주요 산업과 경제 발전에 광업이 크게 도움을 주었으나 광석채굴 이후 훼손된 지역은 국토의 효율적이고 지속 가능한 이용과 생태계 보전 측면에서 장애 요인으로 남아있다(양재의 등, 2007). 더욱이 폐석은 영양 염류량이 매우 적고, 중금속 함량이 높아 식생이 활착하지 못하거나 생육이 빈약하므로(Down, 1975) 식생의 정착을 위해서는 인위적인 생육기반 조성이 반드시 필요하다.

현재 우리나라에서 시행하고 있는 폐석처리

녹화는, 폐석의 사면을 정리한 다음 그 위에 이화 학성이 열악한 절취사면 채취토 등을 60cm 높이로 복토하고 파종 및 식재를 하고 있다. 그러나, 점차 복토 토양을 구하기가 어려워지고 있는데다 복토한 토양의 유실, 식재목의 고사가 심하며 활착이 되더라도 정상적인 생장을 하지 못하는 등 많은 문제점이 있는 게 사실이다. 이와 같이 현행 복토방법은 실효성이 낮기 때문에 복토방법을 포함하여 녹화공법 전반에 걸쳐 개선의 여지가 많은 것으로 판단된다.

폐탄광지 복원을 위하여 기존의 복토 토양을 대체할 수 있는 저비용의 친환경적인 식생기반재를 선정하기 위하여 강원도 태백시의 폐탄광지에 몇 가지 내성 수종을 식재한 후 3년간 조림 수종의 활착률 및 성장량에 대한 식생기반재의 처리효과를 비교 분석한 결과, 활착률은 목질칩 처리구에서 가장 높았으며, 다음으로 거적 처리구, 피트모스 처리구의 순으로 높았다. 수종별로는 신갈나무와 박달나무가 높은 수준을 유지하였으며 자작나무는 매우 낮은 활착률을 보였다. 조림수종의 성장량은 식재 초기 초두부 고사에 의한 감소 경향을 나타내었으나 대부분 2차년도부터 증가하였으며, 식생기반재 처리별로는 목질칩 처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다. 목질칩이 다른 식생기반재에 비해 높은 활착률을 보인 것은 수분이나 직사광선에 의한 온도 상승을 효과적으로 차단할 수 있었기 때문으로 생각되었다. 본 연구의 결과를 통하여 석탄 폐광지 녹화시공에 있어 보편적으로 시행되고 있는 복토나 객토 작업 없이 또는 복토를 하더라도 그 깊이를 대폭 줄이면서 몇 종의 식생기반재 처리만으로도 식생 복원 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나, 본 연구 결과는 묘목 식재 후 3년간의 자료로서 식물의 정상적인 활착 후 초기 생장에 미치는 식생기반재의 효과는 입증되었으나 추후 생육 상황에 대한 지속적인 관찰이 필요할 것이다. 또한, 본 연구의 다른 시험지인 충남 보령 소재 폐광지의 경우 폐석지 주변의 리기다 소나무림에서

개체목의 식재철 개량만으로 양호한 생장을 확인할 수 있어 향후 시비, 관수 등의 관리와 함께 토양 양분의 보충이 필요한지에 대한 구명을 위하여 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구결과를 응용하여 현재 충남 보령(2008년)과 강원도 태백(2009년)에 폐석녹화 실언지를 조성한 후 모니터링을 하고 있으므로 조만간 현행 폐광지 녹화방법을 발전적으로 개선할 수 있는 새로운 공법을 체계화 할 수 있을 것으로 기대된다.

인 용 문 헌

- 국립산림과학원. 2008. 2008년도 연구사업 보고서(산림환경분야, 5-1).
- 김혜주 · 김보현 · 김두하. 2000. 폐탄광지의 식생복원 · 녹화공법 개발을 위한 기초 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 3(4) : 43-51.
- 민재기 · 박은희 · 우수영 · 김종갑 · 문현식. 2006. 경북 문경지역 폐탄광지의 식생구조에 관한 연구. 한국임학회지 95 : 23-31.
- 민재기 · 이정환 · 우수영 · 김종갑 · 문현식. 2004. 강원도 태백지역 폐탄광지의 식생구조에 관한 연구. 한국농림기상학회지 6 : 256-264.
- 양재의. 2004. 폐석회 활용 연구결과 현장적용 시험에 관한 연구. 석탄산업합리화사업단.
- 양재의 · 옥용식 · 박용하. 2007. 광산 훼손지역의 생태공학적 산림복구 방안. 광해방지기술 1 : 67-75.
- 에너지 경제연구원. 2007. 에너지 연별통계. [http : //www.keei.re.kr/keei/esdb/e_cl_3.html](http://www.keei.re.kr/keei/esdb/e_cl_3.html).
- 이재천 · 한심희 · 장석성 · 김판기 · 허재선 · 엄규진. 2003. 탄광 폐석지내 자생 수종의 생리적 피해 및 내성. 한국농림기상학회지 5 : 172-178.
- 임경빈. 1979. 임지의 경제적 이용 및 광산촌 녹화에 관한 연구. 대한석탄공사 연구보고서.
- 정용호. 2008. 폐광지의 생태적 복구 방안. 2008

- 광해방지 심포지움 pp.215-224.
- 정용호. 2009a. 석탄폐광지 생태적 복원을 실현하기 위한 식생생육기반 조성. 제3회 광해방지 전문인력양성교육 pp.45-88.
- 정용호. 2009b. 석탄폐광지 생태적 복원을 실현하기 위한 식생생육기반 조성. 복원생태학회 창립총회 및 기념 심포지움 pp.65-103.
- 정용호 · 임주훈 · 이임균 · 김혜수. 2009. 무복토 직파에 의한 석탄 폐광지의 생태적 복원기술 개발. 한국환경복원기술학회지 12(6) : 76-85.
- 정재춘 · 이무춘. 1997. 폐광지역의 오염현황 및 환경관리 전략. 한국유기성폐자원학회지 5 : 71-85.
- 한심희 · 오창영 · 이재천 · 김판기. 2006. 박달나무 반형매 5가계의 탄수화물 배분 및 분할에 대한 Cd 처리 효과. 한국농림기상학회지 8 : 15-21.
- Bussler, B. H., W. H. Byrnes, P. E. Pope and W. R. Chaney. 1984. Properties on mine soil reclaimed for forest land use. Soil Science Society of America Journal, 48 : 178-184.
- Down, C. G. 1975. Soil development on colliery waste tips on relation to age. II. Introduction and physical factors. Journal of Applied Ecology, 12 : 613-622.
- Van Rensburg, L., R. I. De Sousa Correria, J. Booyesen and M. Ginster. 1998. Revegetation on a coal fine ash disposal site in South Africa. Journal Environmental Quality, 27 : 1479-1486.
- Voeller, P. J., B. A. Zamora and J. Harsh. 1998. Growth response of native shrubs to acid mine spoil and to proposed soil amendments. Plant and Soil, 198 : 209-217.
- William T. P. 1978. Reclamation of coal-mined land in Appalachia. Journal of Soil and Water Conservation, 33(2) : 58-61.
- Yum, K. M., P. G. Kim and E. W. Park. 1999. Effects of sewage sludge application for restoration of abandoned mine areas. Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 21 : 2329-2340.