

踏壓으로 毀損된 林間裸地の 林床植生復元에 관한 研究 (I)¹

— 林床植生復元에 미치는 播種, 施肥 및 表土處理效果 —

吳求均² · 禹保命³

Studies on Restoration of Forest-Floor Vegetation Devastated by Recreational Trampling (I)¹

— Seeding, Fertilizing and Soil Surface Treatment Effect
on Restoration of Forest-Floor Vegetation —

Koo Kyoon Oh² and Bo Myeong Woo³

요 약

本 研究은 自然性을 維持하고 自然生態系를 保全하면서 동시에 山林休養에 利用하려는 山林地域에 서 利用客들의 踏壓에 의하여 毀損된 林床植生을 復元할 수 있는 方法을 究明하기 위하여 播種, 施肥 및 表土處理의 要因實驗을 林間裸地에서 4년 동안(1987~1990) 실시하였다. 京畿道 安養市 冠岳山 樹木園에서 林床植生復元實驗을 위하여 分割區配置法(主區: 施肥, 細區: 表土處理×播種), 亂塊法(施肥×播種)에 의한 要因實驗을 3復元으로 실시한 바 다음과 같은 研究結果를 얻었다. 表土의 軟化를 위한 堀穴處理後 70% 被覆度를 나타내는 벗짚거적被覆處理가 林間裸地에서 播種한 種子의 發芽, 活着 및 生長에 미치는 效果가 가장 크게 나타났으며, 특히 벗짚거적被覆處理는 表土浸蝕地의 表土安定 및 稚樹活着에 미치는 效果가 양호하였고, 삽으로 파서 뒤엎은 完全表土軟化處理는 植生遷移系列上 後期에 속하는 樹種들의 發芽, 活着 및 初期生長에 특히 效果的인 것으로 나타났다. 多年間 계속적인 踏壓으로 林床表土의 土壤硬度가 높아지고, 또 自生植物들의 種子가 殘留할 수 있는 表土가 流失된 林間裸地에서 早期에 林床植生을 復元할 때에는 植生遷移系列上 初期에서 中期系列에 속하는 自生樹種들을 播種하는 것이 效果的인 것으로 나타났다. 自生植物들의 種子가 殘留할 수 있는 表土가 流失된 林間裸地에서 林床植生復元(着生個體數와 樹冠面積)에는 播種, 表土堀穴軟化 및 벗짚거적被覆處理時에 약 3년이 소요되었다. 表土軟化處理는 처리 후 약 2년 동안 表土軟化效果가 지속되었으며, 또 播種 및 表土處理는 活着個體數 增大를 통해 表土軟化, 落葉堆固定 등 表土環境改善에 影響을 미치었다. 實驗地表土의 劣惡한 物理的條件 즉, 낮은 保水能과 過乾被害, 表土浸蝕으로 인한 稚樹들의 뿌리 노출과 枯死 및 養料流失 등으로 林床施肥效果는 대체적으로 나타나지 않았다. 그러나, 窒素와 磷酸 施肥는 植生遷移系列 後期樹種들의 稚樹活着率을 增進시키는 데는 效果的이었다.

ABSTRACT

For elucidating effective methods of restoration of forest recreational sites where management goals are maintaining naturalness and conserving natural ecosystem, seeding, fertilization and soil surface treatment

¹ 接受 1992年 2月 17日 Received on February 17, 1992.

² 호남대학 조경학과 Department of Landscape Architecture, Honam University, Kwangju 506-090, Korea.

³ 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

were used for four years at the devastated forest-floor. For restoration of forest-floor vegetation, factorial experiment was used with a split plot design (main plot : fertilization, subplot : soil surface×seeding) and a randomized complete block design (fertilization×seeding) at the Kwanaksan Aboretum, Anyang, Kyonggido. Results were summarized as follows : Soil surface softening with tipping and ripping and straw-mat mulching (70% coverage) treatment was effective on germination, survival and growth of seeded vegetation at devastated forest-floor. Especially, straw-mat mulching treatment was effective on soil surface stabilization and seedling's survival at eroded soil surface, while complete soil surface softening treatment was effective on germination, survival and early growth of tree species of late-successional series. Introducing seeds of native species of pioneer or early-successional series, with good growth capability in barren soil was effective on rapid restoration in devastated forest-floor with its soil surface previously compacted and its surviving seeds washed away. When the seeding and straw-mat mulching after partial soil surface softening with tipping and ripping treatment were employed, it took about three years to restore the devastated forest-floor where surface erosion had been undertaken for an extended period of time and where naturally surviving seeds of native species had been washed away. Softening treatment of soil surface was effective for about two years, and seeding and soil surface treatment increased number of seedlings and improved soil surface environment through fixing of movement of the fallen leaves. Fertilizing effect was not observed, mainly due to seedling exposure and poor physical condition including soil surface erosion, low soil water potential and drought, etc. at the field experimental site. However, application of nitrogen and phosphate fertilizers was effective on seedling survival of the species in late-successional series, while lime application adversely affected the seedling survival.

Key words : Restoration of devastated forest-floor, forest-floor fertilization, forest-floor seeding, forest-floor straw mat mulching, tipping and ripping of soil surface.

緒 論

1980년대에 이르러 산업발전의 加速化 및 都市化의 확산, 생활수준의 향상 및 餘暇時間의 增大 등 環境文化의 變化로 國·道立公園 등 自然公園, 都市自然公園, 自然休養林, 國民觀光地 및 文化史蹟地 등과 같은 山林地域에서의 국민들의 餘暇活動이 급속히 증가하고 있다. 그러나 山林資源에 대한 利用壓力의 급격한 증가에 따른 山林資源管理를 위한 制度的 改善이나 技術的 研究가 뒤따르지 못하기 때문에⁶⁾ 漢拏山의 白鹿潭, 智異山의 細石坪田 및 老姑壇地帶 등 保存價値가 뛰어난 高原生態系地域뿐만 아니라 大都市 주변의 山林 즉, 北漢山, 無等山, 金烏山 등의 國·道立公園, 冠岳山, 八公山 등의 都市自然公園 등의 野營場 및 登山路 주변 등에서 山林資源의 毀損 및 破壞現象이 群狀의으로 發生하여 深化되고 있는 실정이다.

山林休養客의 踏壓 등 利用活動에 의해 毀損된

自然植生の 復元工法은 첫째, 利用活動을 금지하여 自然生態系의 回復力에 맡기는 방법, 둘째, 최소한의 「바이오에너지」投入을 통해 植生回復을 促進시키는 방법, 셋째, 苗木의 植栽 등 적극적 「바이오에너지」投入을 통해 早期에 植生復元을 실시하는 방법으로 分類⁴⁾해 볼 수 있으나, 각각의 방법들은 對象地의 自然環境, 時間, 經濟, 生態的 側面에서 장·단점을 가지고 있으므로 復元對象地域의 특성에 따라 적절한 復元工法을 채택해야 할 것이다. 또한, 山林毀損地에 대한 植生復元을 위해서는 表土被覆材, 表土安定材 등을 이용한 表土安定工法, 移入植生에 대한 기초연구와 植生活着工法 등에 관한 연구가 선행, 축적되어야 한다. 우리나라에서는 山地砂防分野에서 山地浸蝕防止工法에 관한 연구는 상당히 수행되어 왔으나, 山林內 集團慰樂施設地域, 野營場과 登山路 주변의 山林毀損地에서 植生復元을 위한 自然植生の 活着工法에 대한 연구는 그리 많지 않은 실정이다.

本 研究의 目的은 山林休養客의 過度한 踏壓과

레크레이션 활동으로 林床植生이 완전히 破壞된 冠岳山地域의 林間裸地를 대상으로 自然植生復元에 미치는 施肥, 播種 및 表土處理要因들의 영향과 效果 등을 分析, 比較하는 데 있다.

材料 및 方法

1. 實驗地 概況

實驗地는 京畿道 安養市 安養2洞 所在(北緯 37° 25', 東經 195°) 서울大學校 附屬 冠岳樹木園 內 넙적골 계곡에 위치한 心身修練園地域으로 과거 장기간 山林內 소풍객들의 야유회 등 集團休養活動으로 인하여 下層植生이 완전히 毀損消滅된 林間裸地로서 上層林冠은 상수리나무림으로 구성되었다. 여름철 上層樹冠鬱蔽率은 약 75%이다. 實驗地의 平均標高는 150m이며, 山地平均傾斜度는 약 8~10% 정도이다.

地質적으로 “大保花岡岩”이 風化한 사양토(왕모래 성질)가 퇴적된 지역으로 본 實驗地 토양의 理·化學的 特性은 表 1에서와 같다. 본 實驗地의 토양상태는 우리나라 산림토양 평균치¹⁸⁾ 및 踏壓被害가 없는 對照地에 비하여 토양양료와 유기물함량이 낮을 뿐 아니라 保肥力을 나타내는 陽이온 置換容量도 낮은 수준이다. 더우기 거친 土性으로 인하여 保水能이 낮아 乾期에는 대단히 過乾할 特性을 나타내고 있다. 한편, 과거 장기간의 산림소풍객들의 누적된 踏壓으로 인하여 表土有機物層이 완전히 破壞, 流失되었고, 土壤硬度는 약 10kg·cm⁻²(1987년 4월 18일 측정) 수준으로 表土가 심히 硬化되어 수목뿌리의 정상적인 생장이 어려운 토양구조²⁰⁾를 나타내고 있다.

實驗當年인 1987년부터 1990년까지 4년간 기상청 관악산 측후소에서 측정한 기상자료⁷⁾에 따르면 年평균기온 9.5~11.3℃, 年평균최고기온 13.8~15.4℃, 年평균최저기온 5.4~7.8℃, 年평균강수량 809~2,340mm, 年평균증발산량은 398~725mm로서 實驗地와는 약 450m의 해발고

도와 지형의 차이로 약간의 기상차이가 있을 것으로 판단된다. 播種當年인 1987년의 4월, 5월은 시간당 10mm 이상의 降雨頻度가 각각 1, 3회로 다른 해에 비해 많았고, 매년 7, 8월에 시간당 20mm 이상의 降雨頻度가 많아 林間裸地에서 雨滴浸蝕 및 表土浸蝕이 비교적 많이 발생했다. 한편, 1988년 상반기(1~6월)에는 降水量보다 蒸發散量이 157mm 더 많았는데, 이러한 건조현상은 實驗區 稚樹들의 過乾被害發生^{9,19)}에 영향을 끼쳤을 것으로 판단되었다.

2. 供試材料

本 播種實驗에 使用한 供試樹種은 植生遷移系列上 2次遷移系列³⁴⁾의 先驅(初期)樹種으로 조록싸리와 산초나무, 發達段階(中期)樹種으로 매죽나무, 極上段階(後期)의 樹種으로 층층나무, 단풍나무, 참빗살나무를 선택했다. 供試된 6種의 종자는 중부지방에서 1986년 채종했으며, 산초나무와 조록싸리는 氣乾한 종자를 24시간 水浸處理하였고, 다른 종자는 露天埋藏處理하였다. 播種處理前 T.T.C. 테스트한 각 종자들의 活力度는 90%이상이었으나 산초나무 종자는 75%, 참빗살나무는 59%로 낮았다.

施肥處理에 使用한 비료량은 單位實驗區(1m²)당 尿素 30g, 溶過磷 70g, 生石灰 70g 이었으며, 表土被覆處理에 使用한 벗짚거적은 植生被覆效果가 큰³²⁾ 被度 70%, 무게 250~270g·m⁻² 되는 벗짚거적을 造製하여 使用하였다.

3. 實驗區 配置 및 處理

實驗區는 1987년 4월 18일 설치하였으며, 植生復元實驗期間은 1987년에서 1990년까지 4년 동안이었다.

(1) 林床植生復元に 미치는 施肥, 播種 및 表土處理效果

單位實驗區 크기는 1m×1m이며, 27개 單位實驗區를 0.5m 간격, 3열, 9행으로 1개 集團

Table 1. Soil properties of the experimental sites at the Mt.Kwanak.

Site	Particle Size Distribution(%)			Text.	pH	O.M. %	T.N. %	Avail P ₂ O ₅ (ppm)	C.E.C. m.e./100g	Exchangeable Base (m.e./100g)			
	Sand	Silt	Clay							K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁻⁻
Bareland	47.5	47.3	5.2	SL	4.6	4.7	0.25	123.6	9.90	0.26	0.12	0.71	0.24
Control ¹⁾	43.4	50.2	6.4	SiL	4.5	6.2	0.32	59.9	11.44	0.22	0.10	0.53	0.24

¹⁾ Untrampled forest of *Quercus acutissima*

Table 2. Treatment levels of 3 factors in splitplot design for restoration of forest-floor vegetation at the Mt. Kwanak.

Treatment Level Factor		1	2	3
Main-plot	Fertilizing ¹⁾	N, P, Ca	N, P	NIL
	Soil Surface ²⁾ Treatment	Tip & Rip + Mulch	Tip & Rip	NIL
Sub-plot	Seeding ³⁾	6 species	5 species	NIL

¹⁾ N : urea, 30g · m⁻² ; Ca : lime, 70g · m⁻² (1987.4) ; P : fused super phosphate, 70g · m⁻² (1988.4)

²⁾ Tip & Rip : 16 picks · m⁻² ; Mulch : straw mat (70% cover, 250~270g m⁻²)

³⁾ 20ea seeds · m⁻² per species : 6 species : 5 species + *Lespedeza maximawiczii*

에 配置하였다. 處理內容은 施肥, 表土 및 播種方法을 각각 表 2에서와 같이 3수준으로 하였다. 實驗區 配置法은 施肥方法 3수준, 表土處理 3水準과 播種方法 3水準의 모든 조합 9수준 즉, 3×9 要因實驗을 施肥處理를 主區로, 表土 및 播種處理의 조합을 細區로 하는 分割區 配置法으로 3反復으로 實施하였다.

施肥處理에서 尿素肥料과 生石灰는 當年 播種期에 살포했고, 溶過燐은 1년 후 4월에 施肥하였다. 表土處理에서 表土軟化를 위한 表土堀穴處理는 깊이 10cm까지, 1m²당 16회의 곡괭이질을 했고, 被覆處理用 벗길거적은 70% 遮蔽率을 갖는 벗길거적을 현장에서 調製하여 被覆後 “U”字型 철사 핀으로 고정하였다.

播種處理에서 5樹種 處理區는 산초나무, 때죽나무, 층층나무, 참빗살나무, 단풍나무 종자 각각 20粒씩 총 100粒/m²을, 6樹種 處理區는 상기 5樹種 外에 질소고정작용 효과가 있는⁴⁾ 조록싸리를 포함하여 6樹種을 각각 20粒씩 총 120粒/m²을 散播하였다. 播種實驗區에는 5mm 체로 친 表土를 2cm 두께로 覆土後 12ℓ/m²의 물을 數回로 나누어 灌水하였다.

각 集區 주위에 表土流入水遮斷을 위해 폭 30cm, 깊이 20cm의 돌림수로를 설치했고, 集區內 單位實驗區 사이에는 地表水 排水와 實驗區間 交亂防止를 위해 폭 20cm, 깊이 15cm의 물골을 설치한 뒤, 매년 4월 초에 물골을 補修하였다.

한편, 인간의 踏壓被害가 없었던 상수리나무림에서 5m×5m 크기의 方形區 5개를 설치한 뒤, 下層樹冠層(수고 2m 이하)의 出現樹種을 每木調査하여 실험처리구의 林床植生과 比較하였다.

Table 3. Treatment levels of 3×2 factorial experiment for restoration of forest-floor vegetation at the Mt. Kwanak.

Treatment Level Factor	1	2	3
Fertilizing ¹⁾	N, P, Ca	N, P	Nil
Seeding ³⁾	6 species	5 species	

Legends of factor 1) & 3) are same as Tab. 2

(2) 林床植生復元에 미치는 施肥와 播種效果

硬化된 表土를 묘포장 토양수준으로 完全히 表土軟化處理한 뒤, 林床植生復元에 미치는 施肥와 播種效果를 比較하기 위해서 表 3에서와 같이 施肥處理 3수준과 播種 處理 2수준, 즉 3×2 要因實驗을 亂塊法, 3反復으로 실시하였다.

全 實驗區의 表土는 모두 깊이 15cm까지 삽으로 파고, 整地作業했으며, 實驗處理後 遮蔽率이 70%인 벗길거적으로 被覆하였다. 單位實驗區間 間격과 크기, 施肥와 播種處理別 水準內容, 排水處理, 覆土, 灌水內容은 3, (1)項의 3要因實驗과 同一하게 하였다.

4. 測定 및 分析

4년간(1987~1990년) 매년 9월에 供試樹種, 기타 出現樹種(其他種)의 樹高, 樹冠의 長·短軸을 측정한 뒤, 各 樹種別 個體數, 樹冠面積을 계산하여 얻은 측정값들을 토대로 다변량 통계분석을 실시하였으며, 無被害地와 各 實驗區의 개체수, 수관면적을 比較하여, 植生復元의 정도를 比較했다. 한편, 매년 봄, 가을에 山中式土壤硬度計로 土壤硬度를 측정했고, 1990년 9월에는 落葉堆被覆度, 地被草本被度를 측정하여 統計分析을 하였다.

結果 및 考察

1. 施肥效果

供試樹種, 其他種, 實驗區 全體別 出現個體數, 樹冠面積, 樹高 또는 種數의 3개 從屬生長變量間 相關關係가 高度(P=.001)로 有意性이 인정되어 播種後 4년간 施肥處理效果에 대한 多變量 有意性 檢定을 실시한 結果, 生長에 관한 多變量에 대하여 分割區實驗에서 主區에 配置한 施肥效果, 主區(施肥處理)와 細區(表土處理와 播種處理)간

Table 4. Fertilizing effect on mortality at the devastated forest-floor. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in LSD test.

Species	Treatment Level ¹⁾		
	1	2	3
<i>Zanthoxylum schnifolium</i>	47.8a	35.2a	20.3a
<i>Syrax japonica</i>	40.6a	8.6a	28.9a
<i>Cornus controversa</i>	62.3a	35.1a	94.5b
<i>Euonymus sieboldianus</i>	64.3a	76.7a	83.7a
<i>Acer palmatum</i>	-	100a	100a
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	77.6a	29.0a	61.0a
<i>Quercus acutissima</i>	12.5a	8.5a	10.0a
Other	42.0a	64.5a	52.4a
Total	50.9a	37.1a	38.8a

1) 1 : N, P and Ca, 2 : N and P, 3 : nil

交互作用效果, 要因實驗에서의 施肥處理效果는 供試樹種, 其他種, 實驗區 全體에서 대체적으로 4년간 有意性이 나타나지 않았다. 植生活着 및 生長에 대해 施肥處理效果가 有意的인 차이가 없는 것은 Halvorson 等¹²⁾, Herrington과 Beardsely¹³⁾, Scott²⁴⁾, Thalheimer²⁶⁾ 등의 연구 보고와 일치하는데, 이 結果는 實驗當年の 集中降雨⁷⁾로 인한 表土浸蝕과 肥料流失때문으로 생각 된다.

4년 동안에 枯死率에 미치는 施肥效果는 表 4에서와 같다. 窒素, 磷酸 및 石灰施肥(水準 1), 窒素와 磷酸施肥(水準 2), 無施肥(水準 3)間 枯死率은 樹種別로 심한 差異를 나타냈으며, 實驗區 全體에서는 水準 1(50.9%), 水準 3(38.8%), 水準 2(37.1%) 順으로 枯死率이 높게 나타나 稚樹活着에 石灰施肥가 負의 영향⁸⁾을 미친 것으로 생각되었다. 그러나, 植生遷移系列 中 안정된 植

物社會에서 優占種인 층층나무는 施肥處理水準 1과 2, 水準 3간에 5% 水準에서 有意的인 차이를 나타냈고, 참빗살나무와 층층나무는 無施肥處理區인 水準 3에서 枯死率이 가장 높게 나타나 瘠薄한 土壤에서의 施肥處理가 植生遷移系列上 後期樹種의 枯死防止에 正의 影響^{11,15)}을 미치는 것으로 생각되었다.

2. 表土處理效果

(1) 多變量 有意性 檢定

植生活着 및 生長에 미치는 表土處理效果 중 3개 수준, 4개 수준에서의 多變量 有意性을 檢定한 結果는 表 5에서와 같다. 여기에서 4개 수준이란 表土處理의 3개 수준의 播種區(수준 1, 2)에다 硬化된 表土를 삽으로 뒤엎어 苗圃場 수준으로 完全히 表土軟化處理한 후 벗길거적을 被覆處理한 3×2 實驗區를 수준 4로 하여 추가한 것이다.

3要因 實驗區의 表土處理의 3水準 즉, 表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆處理(水準 1), 表土堀穴軟化處理(水準 2), 無處理(水準 3)간에 때죽나무와 實驗區 全體에서는 2~4년 후, 層층나무는 4년 후, 참빗살나무는 2년 후에 有意的인 차이가 인정되었다. 그러나, 完全히 表土軟化處理後 벗길거적덮기한 2要因實驗區를 수준 4로 3要因實驗區와 결합한 4水準 處理에서는 3水準 處理에서 有意的인 差異가 없거나, 낮았던 層층나무, 참빗살나무, 단풍나무가 0.1% 水準에서 有意性인 차이가 인정되었고, 實驗區 全體도 4년간 有意的인 差異가 인정되었다. 土壤硬化는 식물들의 뿌리생장을 억제²⁰⁾하고, 乾燥被害를 유발함으로써^{10,25)} 稚樹들의 活着에 영향을 미치게 되는데, 表土가 硬

Table 5. Multivariate analysis of variance for soil surface effect on growth variables at the devastated forest floor. (***) P<.001; (**) P<.01; (*) P<.05; ·, nonsignificant)

Species	Year	3 Levels ¹⁾				4 Levels ²⁾			
		1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Zanthoxylum schnifolium</i>		·	·	·	·	*	*	·	*
<i>Syrax japonica</i>		·	***	***	***	·	***	***	***
<i>Cornus controversa</i>		·	·	·	*	·	***	***	***
<i>Euonymus sieboldianus</i>		·	**	·	·	***	***	***	**
<i>Acer palmatum</i>		·	·	·	·	***	***	***	***
<i>Lespedeza maximowiczii</i>		·	·	·	·	·	·	·	·
Others		·	·	·	·	·	·	·	·
Total		·	***	***	***	**	***	***	***

1) Content of 3 levels referred to Tab. 2

2) 4 Levels=3 levels+level 4(tilled upto 15cm and mulched with straw mat)

화된 林間裸地에서 植生遷移系列上 後期 樹種들의 活着, 生長에 完全한 表土軟化處理가 매우 效果的인 것으로 나타났다.

(2) 個體數에 미치는 影響

樹種別 및 實驗區 全體의 4년 동안의 總發芽個體數와 枯死率에 대한 表土處理效果는 表 6에서와 같다.

樹種別 및 實驗區 全體의 出現個體數는 대부분 有意的인 差異는 인정되지 않았으나, 대체적으로 表土處理 水準 1(表土堀穴軟化後 벗짚거적被覆處理)이 가장 많았고, 水準 2(表土堀穴軟化處理), 水準 3(無處理, 土壤硬化地)의 순으로 높게 나타났다. 播種後 2년 봄에 發芽한 때죽나무는 表土堀穴軟化後 벗짚거적被覆處理, 無處理間 5% 水準에서 有意的인 차이가 인정되었고, 나머지 수종은 有意的인 差異가 없었다. 以上の 結果에서 表土堀穴軟化處理後 벗짚거적덮기가 播種植生の 發芽 및 活着에 긍정적으로 영향^{31,33)}을 미치는 것을 알 수 있었다.

樹種別 및 實驗區 全體의 4년 동안의 枯死率은 대체적으로 表土處理 水準 3에서 가장 높게 나타났고, 水準 2, 水準 1 순이었다. 산초나무와 實驗區 全體는 表土處理 水準 1과 2, 水準 3간에, 참빗살나무는 수준 1, 水準 2간에 5% 水準에서 有意的인 差異가 인정되었다. 以上の 結果에 의하면, 表土堀穴軟化處理와 벗짚거적被覆處理가 枯死防止 및 植生活着에 效果的인 것으로 생각된다.

苗圃場水準으로 表土硬化地를 삼으로 뒤엎어 깨고, 벗짚거적으로 被覆한 水準 4와 表 3의 水

準 1(表土堀穴軟化後 벗짚거적부처리), 水準 2(表土堀穴軟化處理), 水準 3(無處理)의 活着個體數 變動에 대한 表土處理效果는 表 7에서와 같다.

3水準의 表土處理水準間 有意的인 差異가 인정되지 않거나 부분적으로 인정되었던 산초나무, 층층나무가 2년 후부터, 참빗살나무와 단풍나무가 1년 후부터 處理水準 間 活着個體數가 5% 水準에서 有意的인 차이가 인정되었다. 이 結果는 無播種區 제외와 完全表土軟化後 벗짚거적被覆處理한 水準 4의 影響때문으로 보인다. 조록싸리, 其他種을 제외한 각 供試種 및 實驗區 全體에서 活着個體數는 대체적으로 表土處理水準 4가 가장 많았고, 水準 1, 水準 2, 水準 3의 순으로 나타났으며, 樹種別로는 때죽나무, 산초나무 순으로 많았다. 實驗區 全體에서 活着個體數는 2년 후에 表土處理水準 4(28.7주)와 1(21.0주), 水準 2(11.8주), 水準 3(7.2주)간에, 3년 후에는 水準 4(25.8주), 水準 1(20.0주), 水準 2(10.3주), 水準 3(5.8주)간에, 4년 후에는 水準 4(24.8주), 水準 1(18.7주), 水準 2(10.1주), 水準 3(5.4주)간에 5% 水準에서 有意한 差異를 나타냈으며, 表土處理 水準間 有意的인 차이는 樹種間 약간의 差異를 나타냈다.

以上の 結果에서, 林間裸地の 林床에서 活着個體數에 대한 表土處理效果는 完全表土軟化後 벗짚거적被覆處理가 가장 크게 나타났고, 部分表土軟化後 벗짚거적被覆處理, 部分表土軟化處理, 表土硬化地 순이었다. 특히 地表水 浸透力과 뿌리생장을 촉진하는 表土의 完全軟化¹¹⁾가 植生遷移系列上 後期樹種의 發芽 및 活着에 매우 效果的인

Table 6. Soil surface effect on emergence and mortality of individuals during four years at the devastated forest-floor. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in LSD test.

Species	Level ¹⁾	Emergед(ea)			Mortality(%)		
		1	2	3	1	2	3
<i>Zanthoxylum schnifolium</i>		3.9a	3.6a	3.1a	18.3a	26.1a	58.8b
<i>Styrax japonica</i>		7.1a	3.6ab	1.1b	14.5a	20.3a	43.3a
<i>Cornus controversa</i>		1.3a	0.9a	0.7a	65.0a	63.6a	68.0a
<i>Euonymus sieboldianus</i>		1.2a	0.7a	0.5a	45.7a	97.2b	77.6a
<i>Acer palmatum</i>		0.2a	0a	0.1a	100.0a	-	100.0a
<i>Lespedeza maximowiczii</i>		0.7a	0.7a	0.9a	40.0a	67.6a	67.5a
<i>Quercus acutissima</i>		0.6a	0.5a	0.3a	11.7a	4.7a	12.5a
Others		1.6a	1.4a	1.0a	37.4a	38.0a	74.0a
Total		16.7a	11.4a	7.7a	28.2a	34.9a	63.7b

¹⁾ 1 : tip & rip+mulch, 2 : tip & rip, 3 : nil

것으로 판단되었다.

(3) 樹冠生長에 미치는 影響

完全表土軟化 및 벗겨져적被覆處理한 水準 4를 포함하여 樹冠面積增加에 대한 4개 水準間 表土處理效果는 表 8에서와 같다.

樹冠面積에 대해 3개 水準의 表土處理效果에서 水準間 有意한 차이가 인정되지 않거나 부분적으로 인정되었던 층층나무와 단풍나무가 1~2년 후부터, 산초나무는 2년 후에, 기타 種은 4년 후에 有意인 차이가 5% 水準에서 인정되었는데, 이 結果는 無播種區除外와 水準 4의 完全表土軟化處理가 影響을 미친것으로 판단되었다. 조록싸리, 其他種을 제외한 全 供試種 및 實驗區 全體의 樹冠面積은 대체적으로 表土處理水準 4가 가장 크고, 水準 1, 水準 2, 水準 3 순으로 나타났으며, 1, 2, 3년 후에는 산초나무가, 4년 후에는 때죽나무의 樹冠面積이 가장 크게 나타나 林間裸地에서 耐陰性이 큰 때죽나무의 樹冠生長력이 산초나무보다 컸다. 實驗區 全體의 樹冠面積은 2년 후에는 表土處理水準 4, 水準 1, 水準 2와 3間에, 3년 후에는 水準 4와 1, 水準 2와 3間에, 4년 후에는 水準 1, 水準 3間에 5% 水準에서 有意한 차이를 나타냈다.

以上の 樹冠生長에 미치는 表土處理效果에 의하면, 完全表土軟化 및 벗겨져적被覆은 初期(2년 후)의 樹冠生長에 效果인 것으로 나타났으며 특히, 층층나무, 단풍나무 등 植生遷移系列上 後期樹種의 樹冠生長에 크게 效果가 있는 것으로 나타났다.

(4) 表土環境改善에 미치는 影響

播種後 4년 동안 表土處理가 落葉堆被覆率, 地被草本被覆率에 미치는 效果는 有意인 차이가 인정되지 않았다. 그러나 活着個體數와 落葉堆被覆率間에는 $R=0.55$ 의 상관관계가 있는 것으로 볼 때, 播種 및 表土處理가 活着個體數 增大를 통해 地表에 落葉을 固定함으로써 表土環境改善에 간접적으로 影響을 미치는 것으로 생각되었다.

表土硬化에 미치는 表土堀穴軟化處理效果는 表 9에서와 같으며, 3년 후는 토양경도조사를 시행하지 못하였다. 봄, 가을 모두 대체적으로 無處理區(表土硬化地)인 水準 3이 水準 1, 水準 2보다 높은 土壤硬度를 나타냈으며, 表土處理後 1, 2, 4년 후의 봄철(4월)에는 凍結融解現象의 影

響^{22,28)}으로 土壤硬度에 대한 表土處理는 水準間 有意인 差異가 인정되지 않았다. 가을철(9월)에는 處理後 1년, 2년 후에 表土處理水準 1과 2, 水準 3間에 5% 水準에서 土壤硬度가 有意인 差異를 나타냈으며, 4년 후에는 有意한 차이가 없었다. 전체적으로는 2년 후부터 봄철에는 凍結融解現象으로 土壤硬度가 $2.5\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 이하로 감소하였으며, 가을철의 土壤硬度는 4년 후에야 봄철 水準으로 감소하면서 土壤軟化處理間 差異가 없어졌다. 따라서, 表土硬化에 대한 表土堀穴軟化處理는 初期 2년간 土壤硬度에 影響을 미치고, 봄철보다는 여름, 가을철에 影響을 미치는 것으로 판단되었다.

3. 播種效果

(1) 多變量 有意性 檢定

4년 동안 植生活着 및 生長에 미치는 播種效果를 生長變量間 相關檢定을 거쳐 多變量 有意性을 檢定한 結果, 植生活着 및 生長에 관한 多變量間에는 높은(0.1%) 有意인 差異가 인정되었다.

3水準實驗의 多變量 有意性 檢定에서도 산초나무와 實驗區 全體는 1~4년 후, 때죽나무는 2~4년 후에 5% 水準이상에서 有意인 差異가 인정되었다. 그러나 苗圃場水準으로 表土軟化處理한 후 조록싸리를 추가한 6種 播種(水準 1)과 5種 播種(水準 2)間的 2水準實驗의 多變量 有意性 檢定에서는 有意한 차이가 인정되지 않았다. 즉, 瘠薄土壤에서 질소고정작용과 우수한 生長力²⁷⁾으로 速成 地被綠化 및 保護樹의 機能을 기대했던 조록싸리의 播種效果가 없었는데 이는 表土浸蝕으로 인한 조록싸리 種子의 流失, 交亂과 林間裸地에서 약한 耐陰性^{23,35)}으로 인한 生育不良 때문으로 보인다. 그리고, 층층나무, 참빗살나무, 단풍나무의 播種處理效果가 有意인 差異가 없거나 부분적으로 有意인 차이가 인정된 것은 이 樹種들이 乾燥하고, 瘠薄한 林間裸地에서 稚樹活着 및 生長力이 대체적으로 약하기 때문으로 보인다.

(2) 個體數에 미치는 影響

播種處理가 4년 동안의 出現個體數에 미치는 效果는 表 10에서와 같이 나타났다. 조록싸리, 其他種을 제외한 供試樹種과 上層樹冠의 母樹에서 發芽한 상수리나무, 實驗區 全體는 播種處理水準 1, 水準 2間에는 有意한 차이가 없었으나,

Table 7. Soil surface effect on mean no. of individuals at the devastated forest-floor. Means within row followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ level in Duncan's multiple range test.

Species	Year				2				3				4			
	Level	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	4.2a	4.5a	5.0a	4.9a	8.0a	5.7ab	5.1b	4.2b	7.0a	5.5ab	4.2b	3.1b	7.0a	5.2ab	4.0b	2.9b
<i>Styrax japonica</i>	0a	0a	0a	0a	11.9a	10.8a	4.3b	1.6c	12.4a	10.3b	3.7c	1.4d	12.2a	9.9b	3.6c	1.4d
<i>Cornus controversa</i>	0.1a	0a	0a	0.2a	3.3a	1.1b	0.4b	0.4b	2.2a	0.9b	0.2b	0.2b	2.0a	0.9b	0.1b	0.2b
<i>Euonymus sieboldianus</i>	0.8a	0.1b	0.1b	0.1b	4.2a	1.8b	1.2bc	0.4c	2.1a	1.1b	0.9b	0.4b	1.4a	0.6b	0.6b	0.2b
<i>Acer palmatum</i>	0.6a	0.1b	0b	0.1b	0.7a	0.1b	0b	0b	0.7a	0.1b	0b	0b	0.6a	0b	0b	0b
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0a	0a	0.1a	0a	0.2a	0.3a	0.4a	0.5a	0.2a	0.3a	0.3a	0.3a	0.2a	0.3a	0.4a	0.3a
Other	0.1a	0a	0a	0a	0.4a	0.7a	0.4a	0.3a	1.5a	1.3a	1.2a	0.6a	1.5a	1.6a	1.4a	0.6a
Total	5.8a	4.6a	5.2a	5.0a	28.7a	21.0b	11.8c	7.2c	25.8a	20b	10.3c	5.8d	24.8a	18.7b	10.1c	5.4d

¹⁾ Level 4 : tilled up to 15cm by spade and mulched with straw mat

Table 8. Soil surface effect on mean crown coverage at the devastated forest-floor. Means within row followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ level in Duncan's multiple range test.

Species	Year				2				3				4			
	Level	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	132a	124a	90a	38a	1385a	879ab	576b	338b	1880a	1721a	966a	688a	2488a	2685a	1755a	1512a
<i>Styrax japonica</i>	0a	0a	0a	0a	981a	584b	191c	80c	1972a	1709a	483b	302b	4937a	3525a	1761b	935b
<i>Cornus controversa</i>	3a	0a	0a	2a	166a	80b	9c	5c	397a	194ab	11b	5b	1039a	373b	7b	2b
<i>Euonymus sieboldianus</i>	12a	7a	1a	1a	98a	37b	27b	8b	37a	84a	57a	5a	53a	160a	15a	3a
<i>Acer palmatum</i>	25a	0b	0b	1b	75a	13b	0b	0b	133a	22b	0b	0b	177a	0b	0b	0b
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0a	0a	23a	0a	29a	34a	142a	42a	116a	51a	199a	90a	571a	221a	310a	226a
Other	3a	0a	0a	0a	31a	40a	20a	17a	204a	298a	174a	68a	328ab	656a	339ab	62b
Total	176a	131a	114a	41a	2763a	1774b	878c	482c	4033a	3502a	1323b	1143b	4037ab	4299a	2853ab	2184b

¹⁾ Level 4 : tilled up to 15cm by spade and mulched with straw mat

Table 9. Soil surface effect on the soil hardness at the devastated forest-floor. Means in row followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ in LSD test.

Month	Year Level	unit : $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$								
		1			2			4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
April		8.4a	8.7a	8.0a ¹⁾	1.9a	2.2a	2.4a	2.3a	2.2a	2.6a
September		5.1a	4.1a	7.9b	4.0a	4.0a	6.5b	2.4a	2.4a	2.7a

¹⁾ Soil hardness before soil surface treatment

Table 10. Seeding effect on emerged no. of individuals for four years by species at the devastated forest-floor. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ in LSD test.

Species	Level	unit : ea		
		1	2	3
		<i>Zanthoxylum schrifolium</i>	5.4a	5.2a
<i>Styrax japonica</i>	6.2a	5.8a	0b	
<i>Cornus controversa</i>	1.2a	1.1a	0b	
<i>Euonymus sieboldianus</i>	1.6a	1.3a	0b	
<i>Acer palmatum</i>	0.2a	0.2a	0a	
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.8a	0.8a	0.9a	
<i>Quercus acutissima</i>	0.6a	0.6a	0.3a	
Others	1.8a	1.0a	1.3a	
Total		17.8a	16.0a	2.5b

播種處理水準 1과 2, 無播種處理區인水準 3간에는 出現個體數 차이도 매우 컸으며, 5%水準 이상에서 有意的인 差異가 인정되었다. 出現個體數는 때죽나무가 가장 많았고, 산초나무, 其他種, 참빗살나무, 층층나무 순으로 나타났으며, 其他種의 出現個體數가 20粒씩 播種한 遷移後期 樹種인 층층나무, 참빗살나무, 단풍나무보다 많거나 비슷하게 나타났다. 供試種 外에 出現한 其他種으로는 자귀나무, 아까시나무, 상수리나무, 국수나무, 개울나무, 산뽕나무, 청미래덩굴, 보리수나무, 참싸리 등으로 대부분 初期遷移樹種^{17,21)}들이었다. 其他種 중 상수리나무는 인간의 채취나 다람쥐 등에 의해 분실되어 1, 2년간 출현하지 않았으나, 2년 후 11월경에 상수리나무 種子를 單位實驗區(m^2)당 10粒씩 던져 놓은 結果, 상수리나무 稚樹가 3~6% 수준으로 出現했다. 따라서, 表土에 種子가 많이 殘留해 있거나, 인간이나 야생동물의 간섭이 없고, 種子休眠性이 강한 樹種이 上·中層樹冠을 形成하고 있는 경우 기존 樹冠의 母樹로부터의 자연적인 稚樹發生에 의한 其他種의 活着 및 生長은 本 實驗結果보다 增加

할 것으로 예상된다.

供試種 및 實驗區 全體에 대하여 播種處理別 4년간 出現個體數變動에 의하면, 각 樹種 및 實驗區 全體의 個體數는 대체적으로 2년까지는 增加한 후 個體間 競爭에 의한 淘汰²⁹⁾로 완만하게 감소하고 있고, 播種處理水準 1, 水準 2간의 差異는 有意性이 인정되지 않았다. 實驗區 全體는 1~4년 후, 때죽나무, 층층나무, 참빗살나무는 2~3년 후 播種處理水準 1과 2, 水準 3간에 5%水準에서 有意的인 차이가 인정되었다. 따라서, 表土에 種子가 殘留하지 않거나, 기존 立木으로부터 天然下種에 의한 稚樹發生이 어려운 林間裸地の 林床植生復元工法에서 植生活着을 위한 目標種의 播種效果는 매우 중요한 것으로 보인다.

(3) 樹冠生長에 미치는 影響

각 樹種 및 實驗區 全體의 樹冠面積은 個體數가 3년 후부터 감소한 것과는 다르게 대체적으로 매년 增加하였다. 植生遷移系列上 後期樹種인 참빗살나무, 단풍나무가 4년 후에는 감소하였는데, 이 結果는 乾燥, 瘠薄한 林間裸地에서의 活着力이 낮아²⁷⁾ 枯死하였기 때문이다. 播種處理水準 1, 水準 2간 樹冠面積은 대체적으로 差異가 없었으나 水準 3의 수관면적은 현저하게 적었으며, 樹冠面積은 4년 동안 산초나무가 가장 컸고, 때죽나무, 층층나무, 其他種 순으로 나타났다.

산초나무는 1~4년후, 때죽나무는 2~4년 후, 참빗살나무는 2년 후 播種處理水準 1과 2, 水準 3간에 樹冠面積이 5%水準에서 有意的인 차이가 인정되었다. 實驗區 全體는 1~3년 후에는 播種處理水準 1과 2, 水準 3간에, 4년후에는 水準 2, 水準 3간에 5%水準에서 樹冠面積의 有意的인 차이가 인정되었다.

이상의 林間裸地復元에 미치는 播種處理結果에 의하면, 기존 上層植生 또는 種子가 埋藏된 表土로부터 林床植生の 自然的 活着이 곤란한 林間裸地에 播種에 의한 種子의 移入은 效果的이었으

며, 表土浸蝕이 심한 林床環境에서는 조록싸리에 의한 地被綠化效果가 나타나지 아니하였다.

4. 交互作用效果

(1) 施肥와 表土處理의 交互作用效果

實驗地表土의 瘠薄性과 實驗期間동안의 表土浸蝕, 過乾被害 등으로 인한 稚樹枯死와 낮은 施肥效果로 林床植生の 枯死率에 미친 施肥×表土處理의 交互作用效果는 樹種內 또는 樹種間에서 일정한 경향을 나타내지 않았다. 그러나, 대체적으로 石灰施肥가 추가된 施肥水準 1과 表土處理水準間 交互處理區의 枯死率이 他交互處理區보다 높은 것을 고려할 때, 石灰施肥는 稚樹枯死率에 負의 영향을 미치는^{3,16)} 것으로 생각되었다.

(2) 表土處理와 播種의 交互作用效果

表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆處理와 播種處理間 交互處理區가 目標種 특히, 2년 후에 발아했던 때죽나무의 出現個體數에 가장 效果의인 것으로 나타났으며, 이용개의 踏壓 등으로 裸地化가 오랫동안 진행된 곳에서는 自然植物의 種子가 殘留하지 않으므로³⁰⁾ 林床植生復元을 위해서는 播種 등의 수단으로 植生移入이 필수적이라는 것을 나타내고 있다.

2~4년 후 때죽나무와 實驗區 全體에서 表土(水準 1)×播種(水準 1, 2)간 交互處理區와 他交互處理區間의 出現個體數가 5% 水準에서 有意한 차이가 인정되었다. 따라서 踏壓 등으로 毀損되어 自生植物의 種子가 殘留하지 않는 林間裸地에서 表土堀穴軟化後 벗길거적被覆과 播種이 目標植生の 活着에 效果의이라고 할 수 있겠다.

播種區인 播種處理 水準 1, 水準 2에 대한 樹冠面積은 表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆處理, 表土堀穴軟化處理, 無表土處理 순으로 크게 나타났다. 樹冠生長에 대한 表土×播種處理의 交互作用效果는 상대적으로 活着個體數에서 보다는 작았고 특히, 實驗區 全體에서는 表土處理중 樹冠生長에 더한 벗길거적被覆效果가 個體數에 비해 상대적으로 작았다.

地表의 落葉堆被覆率, 地被草本被覆率에 대한 表土處理와 播種處理間 交互作用效果는 有意의인 差異가 인정되지 않았다. 그러나 表土堀穴軟화에 의한 表土處理와 播種處理間 交互作用이 토양경도에 미치는 效果는 1차 년도 가을(9월)에서만 5% 水準에서 有意의인 差異가 인정되었으며, 그

Table 11. Interaction effect (soil surface×seeding) on the soil hardness in September, the 1st year, at the devastated forest-floor. Means followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ in Duncan's multiple range test.

		unit : $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$		
		Soil Surface Level		
		1	2	3
Seeding Level	1	4.58ab	4.31b	3.25c
	2	2.09c	3.33c	3.87b
	3	4.33b	8.63a	7.76ab

내용은 表 11에서와 같다. 表土堀穴軟化處理(水準 2, 3)와 播種(水準 3)간 交互處理區의 土壤硬도가 각각 $8.63\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, $7.76\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 로 가장 높았고, 他交互處理區와도 有意의인 차이를 나타내 表土堀穴軟化處理뿐 아니라 活着樹木도 表土軟化에 影響을 미치는 것¹⁴⁾으로 나타났다.

5. 綜合考察

瘠薄한 裸地의 植生活着 및 生長에 施肥效果, 특히 窒素質施肥效果가 크다는 先行研究^{2,5,14)}들에 반하여 本 實驗에서는 施肥效果가 크게 나타나지 아니하였다. 이 결과는 試驗期間동안 降雨에 의한 表土浸蝕으로 肥料流失과 뿌리노출, 過乾 및 冷害被害 등 表土環境의 物理的 特性이 복합적으로 林床植生の 活着 및 生長을 크게 制限한 結果로 판단되었다.

林間裸地 林床에 表土處理와 함께 각 單位實驗區(m^2) 당 0~120粒을 散播했을 때 4년 후에 活着한 個體數에 대한 表土處理, 播種處理, 表土와 播種의 交互作用效果는 表 12에서와 같다. 施肥處理, 施肥處理와 他處理間 交互作用效果는 有意의인 差異가 인정되지 않았다.

表土處理에서 4년 후 活着個體數는 表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆處理, 表土堀穴軟化處理, 無處理(表土硬化地)의 순으로 많게 나타났으며, 表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆處理와 다른交互處理區間에 5% 水準에서 平均간의 有意의인 차이가 인정되었다.

播種處理에서 活着個體數는 水準 1(6種 播種處理), 水準 2(5種 播種處理), 水準 3(無播種處理)의 순으로 많게 나타났다. 6種, 5種間 活着個體數 差異는 表土處理間 差異에 비하여 매우 적었으며, 6種과 5種 播種處理, 無播種處理間 出現個

Table 12. Soil surface and seeding effect on the survived no. of individuals after 4 years at the devastated forest-floor. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ in LSD or Duncan's multiple range test.

Fact.	Soil surface			Seeding			Soil Surface × Seeding								
Lev.	1	2	3	1	2	3	11	12	13	21	22	23	31	32	33
	11.1a	5.9b	3.3b	10.3a	9.2a	1.0b	17.6a	14.8a	1.0d	8.8b	8.3bc	1.0d	4.4c	4.3c	1.0d

體數가 5% 水準으로 有意的인 差異가 인정되었다.

한편, 表土 × 播種의 交互作用效果에서 活着個體數는 水準 1 × 1(17.6주)이 가장 많았고, 水準 1 × 2(14.8주), 水準 2 × 1(8.8주), 水準 2 × 2(8.3주) 등의 순으로 많게 나타났다. 表土處理水準 1, 播種處理水準 1 및 2간 交互處理區와 다른 交互處理區間 出現個體數가 5% 水準에서 有意性이 인정되었다.

以上の 表土 및 播種處理間 活着個體數 結果에 따르면, 降水에 의한 表土浸蝕可能性이 높고, 오랫동안 裸地化되어 自生種子가 殘留하지 않는 林床의 植生活着을 위해서는 目標種 移入과 함께 表土軟化 및 벗길거적被覆處理가 중요하다 할 수 있다.

踏壓被害가 없었던 상수리나무林(對照區) 林床層의 1m²당 平均出現個體數와 表土處理(A)와 播種處理(B)의 각 수준에서 4년간 活着個體數變動은 그림 1에서와 같다.

踏壓被害가 없는 상수리나무林 林床層에서 125 m²를 多數調査하여 산출한 平均出現 個體數는 1 m²당 2.7주이었다. 無播種處理區인 B₃는 4년이

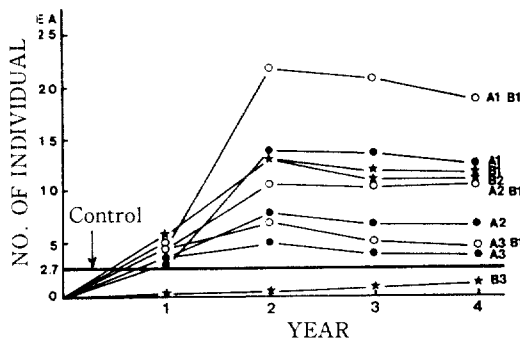


Fig. 1. Soil surface and seeding effect on mean No. of individuals of the devastated forest-floor (experimental site) against untrampled *Quercus acutissima* forest-floor. A : soil surface : B : seeding, the no. behind A and B are treatment level referred to Tab. 2

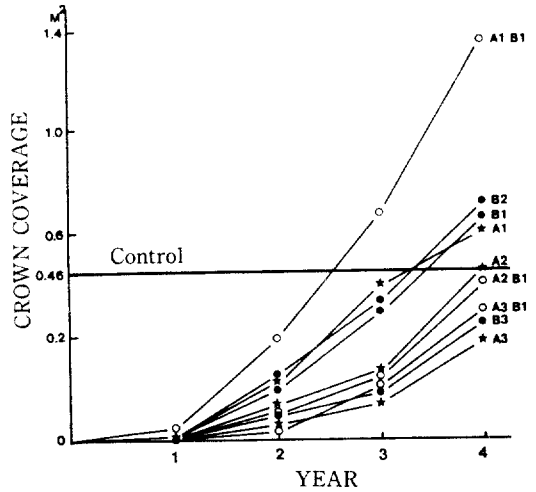


Fig. 2. Soil surface and seeding effect on mean crown coverage of the devastated forest-floor (experimental site) against untrampled *Quercus acutissima* forest-floor. A : soil surface : B : seeding, the no. behind A and B are treatment level referred to Tab. 2

경과하도록 對照區의 平均出現個體數에 미치지 못함으로써 自然的 林床植生回復에는 4년 이상이 所要될 것으로 판단되었다. 다른 處理區는 1년 후부터 對照區 平均出現個體數를 上回하여 2년까지는 "J"자 곡선으로 增加한 후 個體間 競爭으로 完만하게 감소하고 있다. 이 중 表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆(A₁)後 6種 播種(B₁)한 A₁B₁ 處理區가 他處理區보다 월등히 活着個體數가 많았으며, 播種한 植生の 活着에 表土安定力이 큰 벗길거적被覆效果가 매우 큰 것으로 판단되었다.

踏壓被害가 없는 상수리나무林(對照區) 林床層의 1m²당 平均樹冠面積과 表土處理(A), 播種處理(B)의 각 수준에서 4년간 樹冠面積變動은 그림 2에서와 같이 나타났다.

踏壓被害가 없는 상수리나무林 林床層의 平均樹冠面積은 1 m²당 0.46m²이었다. 實驗處理後 3년 후에는 表土堀穴軟化 및 벗길거적被覆과 6種

을 播種한 A₁B₁이 對照區의 平均樹冠面積보다 많았으며, 4년 후에는 5種 播種區(B₂), 6種 播種區(B₁), 表土堀穴軟化 및 벗짚겨적被覆(A₁), 表土堀穴軟化處理區(A₂)가 對照區의 平均樹冠面積보다 많았다.

踏壓被害가 없는 상수리나무林的 林床層과 5% 水準에서 有意的인 差異가 인정되었던 表土 및 播種處理의 出現個體數 및 樹冠面積을 대비한 結果, 表土 및 播種處理한 實驗區의 個體數는 1년 후부터 對照區를 上回했으나 점차 對照區 水準으로 감소해 갔으며, 樹冠面積은 表土堀穴軟化 및 벗짚겨적被覆과 6種 播種의 交互處理區는 3년 후에, 다른 處理區는 4년 후에는 對照區를 上回하거나 유사하여졌다. 따라서, 表土 浸蝕이 심하고 種子가 殘留하지 않는 林間裸地에서 林床植生の 個體數 및 樹冠面積 復元은 目標로 하는 樹種의 播種과 表土堀穴軟化 및 벗짚겨적被覆을 시행한다면 表土의 環境改善과 함께 약 3년 정도면 가능하리라 보아진다.

引用 文 獻

- Ahlstrand, G.M. 1973. Microenvironment modification to favor seed germination in disturbed subalpine habitats, Mount Rainier National Park, Ph.D.diss. Wash. State Univ., 68 p.
- Appel, A.J. 1950. Possible soil restoration on "overgrazed" recreational areas. J. For. 48 : 368.
- Backes, C.A., Pulford, I.D. and H.J. Duncan. 1985. Neutralization of acidity in colliery spoil possessing pH-dependent charge. Reclam. Reveg. Res. 4 : 145-153.
- Bradshaw A.D. 1984. Land restoration: now and in the future. Proc. R.Soc. Lond. B 223, 1-23.
- Bradshaw, A.D. 1984. Ecological principles and land reclamation practice. Landscape Planning, 11 : 35-48.
- Brown, R.W., Johnston, R.S. and D.A. Johnson. 1978. Rehabilitation of alpine tundra disturbances. J. Soil and Water Conserv. Jul./Aug. : 154-160.
- 中央氣象臺. 1987~90. 氣象統計年報.
- Costigan, P.A., Bradshaw, A.D. and R.P. Gemmell. 1982. The reclamation of acid colliery spoil. III. Problems associated with the use of high rates of limestone. J. Appl. Ecol. 19 : 193-201.
- Cunningham, T.R. and R.F. Wittwer. 1984. Direct seeding oaks and black walnut on minesoils in eastern Kentucky, Reclam. Reveg. Res. 3 : 173-184.
- Dexter A.R. 1986. Model experiment on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. Plants and Soil 95 : 123-133.
- Gomm F.B. 1962. Reseeding studies at a small high altitude park in southeastern Montana. Mont. Agri. Exp. Stn., Bull. 568, 16p.
- Halvorson, G.A., Melsted, S.W., Schroeder, S.A., Smith, C.M., and M.W. Pole. 1986. Topsoil and subsoil thickness requirements for reclamation of nonsodic minedland, J. Soil and Water Conserv. 50(2) : 419-422.
- Herrington, R.B. and W.G. Beardseley. 1970. Improvement & maintenance of campground vegetation in central Idaho, USDA For. Serv. Res. Pap. INT-87, 9p.
- Jolliff, G.D. 1969. Campground site-vegetation relationships. PH.D diss. Colo. State Univ., 139p.
- Klock, G.O. 1969. Use of a starter fertilizer for revegetation establishment. Northwest Sci. 43 : 38.
- 小細秀弘. 1974. 木と草の混播について. 綠化工技術 2(1) : 53-56.
- 李景宰·吳求均·趙在昌. 1988. 內藏山國立公園의 植物群集 및 利用行態에 관한 연구(Ⅰ) - Ordination 방법에 의한 植生構造分析 - 韓國林學會誌. 77(2) : 166-178.
- 李壽昱. 1980. 韓國森林土壤에 관한 研究(Ⅱ). 韓國林學會誌. 54 : 25-35.
- McClelland, B.R. 1972. Logan pass seeding experiment. unpubl. rep., 5p. USDI, Natl. Park Serv.
- 日本材料學會編. 1976. 斜面安定工法(五版). 東京. 鹿島出版會. 346p.
- 박인협·이경재·조재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 1(1) : 1-23.

22. 朴在鉉. 1989. 비탈면의 凍結融解에 關한 研究. 서울대학교 대학원. 석사학위논문. 36 쪽.
23. 오구균·권태호·조일웅. 1988. 치악산국립공원 주연부식생구조. 응용생태연구 2(1) : 19-36.
24. Scott, R.L. 1977. Revegetation studies of a disturbed subalpine community in Olympic National Park. unpubl. rep., 62p. Seattle Pac. Univ.
25. Settergren, C.D. and D.M. Cole. 1969. Recreation effects on soil and vegetation in the Missouri Ozarks, J. for. 68(4) : 231-233.
26. Thalheimer, J.F. 1967. A test of rotated use, watering and seeding for maintaining vegetation under simulated recreational use. M.S. thesis. Utah State Univ., 51p.
27. Tilman, D. 1986. Nitrogen-limited growth in plants from different successional stages. Ecol. 67(2) : 553-563.
28. Tubbs, C.H. 1969. The influence of light, moisture, and seedbed on yellow birch regeneration. USDA For. Ser. Res. Pap. Nc-27. 12p.
29. Webtohy, M. 1984. The self-thinning rule. Adv. Ecol. Res. 14 : 167-226.
30. Willard, B.E., and J.W. Marr. 1971. Recovery of alpine tundra under protection after damage by human activities in the Rocky Mountains of Colorado. Biol. Conserv. 3 : 181-190.
31. 禹保命. 1971. 벗짚거적덮기공법의 砂防效果에 關한 研究(I). -斜面地被造成 및 浸蝕防止效果- 韓國林學會誌 : 13 : 67-78.
32. 禹保命. 1975. 벗짚거적덮기工法の 砂防效果에 關한 研究(III). -거적 密度의 影響 및 工法の 實用性- 韓國林學會誌. 27 : 5-14.
33. 山寺喜成. 1974. 乾燥期における木本植物の播種方法に關する實驗. 綠化工技術 2(1) : 22-25.
34. 吉田直降. 1985. 木曾駒ヶ岳の高山風衝地における生物空間の保全に關する研究(II) -植生と地溫變化の關係- 應用植物社會學研究 14 : 1-8.
35. 윤계섭 外. 1974. 灌木類의 品種改良試驗. 育種研究報告 14 : 6 41-682.