

## 중국 귀주성 석막화 방지 조림 후 환경변화 분석

박 재 현

국립진주산업대학교 산림자원학과

### Analysis of Environmental Change after Planting for Prevention of Stone Hazardling Guizhou, China

**Park, Jae Hyeon**

Dept. of Forest Resources, Jinju National University.

#### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the analysis of environmental change (forest resources and soil water conservation by land types) after planting for prevention of between 2003 and 2006 from the stone hazardling areas in Guizhou province, China. Mean diameter growth of the trees was highest for *Melia azedarach*, followed by *Robinia pseudoacacia*, *Lonicera fulvotomentosa*, *Choerospondias axillaris*, *Cupressus duclouxiana*, and *Eucommia uimoides Oliv.* Mean height growth of the trees was greatest for *R. pseudoacacia*, followed by *Ilex kudinchia*, *M. azedarach*, *C. duclouxiana*, *C. axillaris*, *E. uimoides Oliv.*, *Zanthoxylum bungeanum*, and *L. fulvotomentosa*. Tree biomass was greater at the afforestation sites by 1.22-1.71 ton/ha compared to that of severely eroded mountain areas. The capacities of soil water conservation by land types were 2,790 ton/ha at latent rock desertification farmland, 2,655 ton/ha at rock desertification farmland, 1,680 ton/ha at dolomite sandstone hilly country, 1,650 ton/ha at halfstony hilly country, and 1,590 ton/ha at karst physiognomy site. Soil erosion was estimated to be 1,285 ton/km<sup>2</sup> which had been 2,178 ton/km<sup>2</sup> before afforestation. Also, we should be continuative manage after planting for prevention of the stone hazardling areas in Guizhou province, China.

Key Words : *rehabilitation, afforestation, prevention of the stone hazardling, Guizhou, a karst physiognomy, Biomass by land types, The capacity of soil water conservation, Soil erosion mass.*

---

**Corresponding author** : Park, Jae-Hyeon, Dept. of Forest Resources, Jinju National University, Jinju, Korea,  
Tel : +82-55-751-3248, E-mail : pjh@jinju.ac.kr

**Received** : 14 July, 2010. **Revised** : 23 August, 2010. **Accepted** : 31 August, 2010.

## I. 서론

세계적으로 사막화로 인한 피해는 큰데, 특히 중국은 사막화가 급속도로 진행되고 그 규모도 대단히 크다. 또한, 중국의 사막화와 더불어 석막화 현상이 카르스트 지형에서 심각한데, 석막화는 석질이 황막화 되는 현상으로, 산림이 파괴 받아 토양이 심하게 침식되며 기암이 대면적으로 노출되는 토지 퇴화현상으로서 이러한 토지환경에서는 건전한 산림이 형성되기 어려운 실정이다(朱守濂, 1992; 1997; 2002). 중국의 카르스트 지역은 약 2백만km<sup>2</sup>에 달하며 중국 국토의 약 23%를 차지하는 대면적으로(Karst Research Group of the Institute of Geology of Chinese Academy of Sciences, 1979; 李世東, 2002) 중국 서남부 지역인 귀주성, 운남성, 광서성에 집중되어 있다. 특히 이 연구를 수행한 귀주성은 성 전체면적의 약 74%가 석막화 지역에 포함되며(Gao *et al.*, 2003), Huang과 Gai(2007)는 이러한 석막화 지역이 27년 동안 약 116.2 km<sup>2</sup>/year로 확대되었으며, 주로 900~1,500m의 고지대에서 가장 영향을 크게 받았다고 보고하였다. 또한, 朱守濂(1992, 1997)은 카르스트 지역의 석막화는 회복이 극히 힘들다고 보고하였고, Xiong(2002)은 석막화의 증가는 인구에도 영향이 크다고 보고하였다. 이러한 석막화에 대한 방지대책은 사막화 방지보다도 더 어렵다는 평가를 받고 있으며(朱守濂, 1997; 2002; 한국국제협력단, 2006), 중국의 일부 전문가들은(朱守濂, 1997; 2002) 석막화 지역에 대해 강제성 있는 대규모 방지대책을 강구하여 대규모로 확대되는 석막화를 방지하고 양호한 생태환경 조성을 중국 서부 대개발의 주요 내용으로 삼을 것을 중국 정부 측에 강력히 호소하였다.

이 연구가 수행된 귀주성은 동아시아 카르스트 발달의 중심지이고, 탄산염류암과 암석조각들이 가장 많이 집중된 곳(中共貴州省委院公廳, 2004)이다. 귀주성의 석막화 현상은 아열대 습윤

지역의 카르스트지형 및 토양발달의 자연 상태 아래에서 인위적인 영향으로 토양 및 지피식생이 파괴되고, 수원함양기능과 수토보전 기능이 상실하여 토양이 심하게 침식되고 모암이 대면적으로 노출되어 지표가 황막화 되는 토양의 퇴화현상이다. 석막화는 단순한 자연현상이 아니라 자연과 사회경제와 밀접한 관계를 가지고 있다. 토지 퇴화과정을 초래하는 주요원인은 경작 등 인위적인 인간 활동으로 볼 수 있다. 카르스트 지역의 표층은 매우 얇아서 지력을 갖는 토양으로 발달하는 속도가 매우 느리며 침식을 받을 경우 복구가 어려워 석막화의 위해는 사막화 못지않다. 그러나 이러한 석막화에 관하여는 국내에 대상 지역이 전무하고 또 그에 대한 연구도 전무한 실정이다. 따라서 이 연구는 중국의 사막화 및 석막화 방지를 위한 한국과 중국의 임업협력사업으로 한국국제협력단과 중국 귀주성 임업국 간 2003년부터 3년간 실시된 사업의 일환으로, 이 연구는 중국 귀주성 석막화 지역에서 석막화 방지를 위한 조립 후 환경변화 즉, 토지유형별 산림자원의 변화 및 토양의 수원함양 능력을 분석함으로써 석막화 방지를 위한 대책을 수립하기 위하여 2003년부터 2006년까지 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상지의 개황

귀주성 귀양시 수문현은 귀주 고원 중부의 우장(烏江) 중류 지역의 동경 106° 22'~106° 53', 북위 26° 45'~27° 12'에 위치하고 있으며, 총면적은 1,075.7km<sup>2</sup>이고 평균 해발은 1,250m(666m~1,607m)이다. 연구대상지와 녹화사업지의 위치를 그림 1에 나타내었다. 사업대상지는 귀주성 수문현의 서부 육광진(Liuguan), 대석향(Dashi), 사평향(Saping), 소청향(Xiaoqing) 등 4개 향(진)에 걸쳐 분포하며 토지 총 면적은 33,480ha이다. 그중 이용 가능한 산지면적이 12,010.8ha, 이용

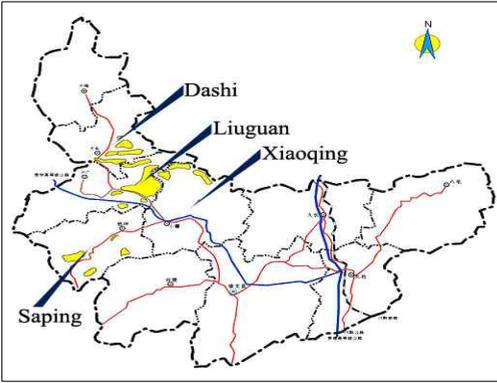


그림 1. 중국 귀주성 석막화 방지를 위한 연구대상지 및 녹화사업지 위치도.

불가능한 산지가 1,590.4ha이었으며, 비임업용지가 19,878.8ha이었다. 이들 지역의 평균 식생피복율은 30.4%, 석회암탄산염지역은 사업대상지의 82.6%, 사업지의 수토침식면적은 67km<sup>2</sup>, 토양침식량은 6,829ton/km<sup>2</sup>, 연간토양유실량은 45.8만톤으로 강우시 자연재해가 빈번하다. 연구대상지의 기후는 중아열대 습윤기후에 속하며, 연평균기온은 14.3℃ 정도이었고, 적산온도는 4500~6000℃ 정도이었다. 무상기간은 270일이고, 연일조시간은 약 1,324시간이며, 연강수량은 1,150.5mm 정도이다. 연구대상지의 토양 유형은 다양하며, 황색, 황갈색, 석회토, 적색토양이 분포한다. 대표적인 하층식생은 석회암 상록활엽수림 및 피라칸사 등 관목, 화분초 및 양치식물이 나타나고 있으며, 상층식생은 소나무 및 상록활엽수와 혼효림으로 형성되어 있다.

2. 조사방법

사업대상지에서 토지유형별(카르스트관총지, 반석산지, 백운질사석산지, 석막화경지, 잠재석막화경지)로 현장 상황에 맞도록 1~5개의 표본구를 선정하고 대조구인 황폐산지를 포함하여 총

13개의 고정 표본구를 선정하였다. 고정표본구는 장방형 또는 방형으로 각각 20m×20m, 20m×30m로 지역의 토지이용상황에 맞도록 설치하였으며, 조사는 2003년부터 2006년까지 매년 봄기간(3월중 10일간)과 가을기간(10월말에서 11월중 10일간) 중국 현지에서 출장하여 조사를 실시하였다(표 1). 표본조사구는 토지유형별로 카르스트관총지는 대석향지역으로 야생대추, 녹나무, 아까시나무를 조립한 지역으로 평균경사도는 10°, 유효토심은 33cm 이었다. 반석산지는 2개소로 대석향지역으로 아까시나무, 멀구슬나무, 모감주나무를 조립한 지역이고, 평균경사도는 각기 16°, 25°, 유효토심은 각기 40cm, 35cm 이었다. 백운질사석산지는 2개소로 사평향지역이었으며, 온남백을 조립하였고, 평균경사도는 각기 16°, 15°, 유효토심은 17cm 이었다. 석막화경지는 대석향, 육광진, 사평향에서 5개소였으며, 조립수종은 아까시나무, 고정차, 금은화 등이었고, 평균경사도는 7.5~22.5°의 범위였으며, 유효토심은 25~50cm 범위였다. 잠재석막화경지는 대석향의 2개소로 배나무를 조립하였고, 평균경사도는 17°, 유효토심은 각각 45cm, 60cm이었다. 대조구인 황폐산지와 경지에는 파라칸사와 옥수수, 유채가 주를 이루고 평균경사도는 16°, 유효토심은 각기 20cm, 45cm를 나타내었다. 즉, 각각의 표본조사구에서 2003년부터 2006년까지 임목평균생장량, 1995년에 조사된 사업대상지의 산림률과 조림사업이 완료된 후 2006년에 조사된 산림률을 비교한 산림자원변화량, 숲의 피복상황, 생물량, 숲의 토양보수력을 조사하였는데, 산림토양의 저수량은 토양두께 및 총공극률을 적용하여(식 1) 계산하였다(楊建波, 2003a; 2003b). 또한, 조림지내 토양침식량은 식 2(楊建波, 2003a)에 의한 방법으로 구하였다.

$$W = 10000HP, W = \text{토양저수량(ton/ha)}, H = \text{토양두께(cm)}, P = \text{총공극률(\%)} \dots\dots\dots (\text{식 1})$$

$$Vs = \sum Si(Do - D1) \text{ 단, } i = 1 \dots n, Vs = \text{지역 산림의 연간토양유실방지량, Si} = \text{산림면적(ha)},$$

$$Do = \text{무임목지의 토양침식량(ton/km}^2\text{)}, D1 = \text{임목지의 토양침식량(ton/km}^2\text{)} \dots\dots\dots (\text{식 2})$$

표 1. 고정조사구의 입지특성.

토지유형	지역	주요식물종	평균 경사도 (°)	모암	토양	토심 (cm)
카르스트관총지	대석향	아생대추( <i>Choerospondias axillaris</i> ), 녹나무( <i>Cinnamomum camphora</i> ), 아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	10.0	석회암	황토	33
반석산지	대석향	아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> ), 멸구슬나무( <i>Melia azedarach</i> )	16.0	석회암	황토	40
반석산지	대석향	멸구슬나무( <i>Melia azedarach</i> ), 모감주나무( <i>Koelreuteria bipinnata</i> ), 아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	25.0	석회암	황토	35
백운질사석산지	사평향	온남백( <i>Cupressus duclouxiana</i> )	16.0	석회암	석회토	17
백운질사석산지	사평향	온남백( <i>Cupressus duclouxiana</i> )	15.0	석회암	석회토	17
석막화경지	대석향	아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	22.5	석회암	황토	45
석막화경지	대석향	아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	15.0	석회암	황토	50
석막화경지	육광진	고정차( <i>Ilex kudincha</i> ), 금은화( <i>Lonicera fulvotomentosa</i> )	7.5	석회암	황토	45
석막화경지	육광진	고정차( <i>Ilex kudincha</i> ), 금은화( <i>Lonicera fulvotomentosa</i> )	18.0	석회암	황토	35
석막화경지	사평향	아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	16.0	석회암	석회토	25
잠재석막화경지	대석향	배나무( <i>Pyrus pyrifolia</i> )	17.0	석회암	황토	60
잠재석막화경지	대석향	배나무( <i>Pyrus pyrifolia</i> )	17.0	석회암	황토	45
황폐산지(대조구)	사평향	피라칸사( <i>Pyracantha angustifolia</i> )	16.0	석회암	석회토	20

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 산림자원량의 변화

##### 1) 산림률의 변화

2003년부터 2005년까지 사업대상지를 대상으로

로 조림을 실시한 결과, 1995년에 사업대상지의 산림률과 조림 후 2006년 말에 조사된 산림률의 변화를 분석한 결과는 표 2와 같다.

귀주성 수문현의 사업대상지(대석향, 소청향, 사평향, 육광진)에서 1995년 산림면적은 10,168ha

표 2. 사업대상지의 산림률 변화.

사업대상지	1995년		2006년		증가량	
	산림면적 (ha)	산림률 (%)	산림면적 (ha)	산림률 (%)	산림면적 (ha)	산림률 (%)
대석향	1,509.8	29.6	2,232.2	43.7	722.4	14.2
소청향	2,981.9	31.7	3,801.4	36.6	819.5	4.9
사평향	2,433.9	28.4	3,626.9	42.3	1,193.0	13.9
육광진	3,242.4	31.2	3,615.4	38.4	373.0	7.2
합 계	10,168.0		13,275.9		3,107.9	
평 균		30.2		40.3		10.1

이었으며, 산림률은 약 30.2%이었다. 그러나 2003년부터 2005년까지 조림을 실시한 후 산림면적은 전체 13,275.9ha로 약 3,107.9ha가 증가하였고, 산림률도 약 10.1%가 증가하였다. 즉, 사업대상지에서 산림률이 가장 많이 증가한 지역은 대석향으로 약 14.2%, 그 다음으로는 사평향이 13.9%로 증가하였으며, 가장 적게 증가한 지역은 소청향으로 약 4.9%의 증가율을 나타내었는데, 이는 조림면적의 증감에 따른 차이로 분석되었다.

### 2) 토지유형별 산림률 및 성장량의 변화

토지유형별 고정조사구에서 조림 후 산림률의 변화와 임목 성장률을 조사한 결과는 표 3에서와 같다. 산림률은 조림 후 각 토지유형별로 산림률을 조사하여 그 변화를 측정하였는데, 산림률이 가장 증가한 토지유형은 62.5%가 증가한 잠재석막화경지이었으며, 반석산지가 57.5%의 증가량을 나타내 그 다음의 순이었다. 이와 같이 조림 후 산림률이 증가한 것은 식생수종 및 식재량의 차이에 기인한 결과로 생각된다. 또한, 2003년부터 2005년까지 조림 후 약 2~3년이 경과한 2006년까지 직경생장이 가장 많이 증가한 토지유형은 0.58cm가 증가한 잠재석막화경지였으며, 그 다음으로는 0.33cm가 증가한 카르스트관충지로 나타났다. 신장생장은 0.51m가 성장한 잠재석막화경지였으며, 그 다음으로는 0.26cm가 성장한 석막화경지로 평균적인 보존률은 96%로 나타

났다. 즉, 토지유형별 산림률은 잠재석막화경지 > 반석산지 > 석막화경지 > 백운질사석산지 > 카르스트관충지 순으로 높게 나타났다.

### 3) 주요 조림수종의 성장량 변화

귀주성 수문현 사업대상지에 주요 조림수종은 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 산초나무(*Zanthoxylum bungeanum*), 고정차(*Ilex kudinchia*), 금은화(*Lonicera fulvotomentosa*), 온남백(*Cupressus duclouxiana*), 두충나무(*Eucommia uimoides Oliv*), 멸구슬나무(*Melia azedarach*), 야생대추(*Choerospondias axillaris*) 등이었으며, 이들 수종의 직경 및 신장 성장증가량은 표 4에서와 같다. 사업대상지에서 주요 조림수종의 총면적에서의 점유면적비율이 가장 높은 수종은 아까시나무였으며, 다음으로는 산초나무, 고정차, 금은화, 두충나무, 온남백, 멸구슬나무, 야생대추 순이었는데, 이는 각 수종의 성장률에 따른 차이에 기인하는 결과로 분석되었으며(張曉珊, 2001), 평균직경성장증가량은 멸구슬나무, 아까시나무, 금은화, 야생대추, 온남백, 두충나무 순으로 높았고, 평균신장성장증가량은 아까시나무, 고정차, 멸구슬나무, 온남백, 야생대추, 두충나무, 산초나무, 금은화 순으로 나타났다.

### 4) 사업 지역간 임종 비율

사업대상지에서 임종에 따른 조림 면적을 비교한 결과는 표 5와 같다. 귀주성 수문현의 사업대

표 3. 토지유형별 산림률 및 성장량의 변화.

토지유형	산림률(%)			직경성장(cm)			신장성장(m)			보존률(%)
	조림 전	조림 후	증가량	묘목	2006년 조사치	증가량	묘목	2006년 조사치	증가량	
카르스트관충지	30.0	70.0	40.0	1.73	2.05	0.33	1.4	1.65	0.24	95
반석산지	17.5	75.0	57.5	1.90	2.43	0.27	1.34	1.54	0.20	95
백운질사석산지	19.0	60.0	41.0	0.76	0.93	0.18	0.48	0.63	0.15	95
잠재석막화경지	15.0	77.5	62.5	1.86	2.40	0.58	1.15	1.66	0.51	98
석막화경지	18.0	65.0	47.0	0.80	1.07	0.27	0.79	1.05	0.26	96
평 균	19.9	69.5	49.6	1.41	1.78	0.33	1.03	1.31	0.27	96

표 4. 사업대상지에서 주요 조림수종의 직경 및 신장생장증가량.

수종	면적(ha)	총면적에서의 점유면적비율(%)	평균직경 생장증가량 (cm)	평균신장 생장증가량 (cm)
아까시나무( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	414.4	31.4	0.76	55.3
산초나무( <i>Zanthoxylum bungeanum</i> )	242.5	18.3	0.04	3.2
고정차( <i>Ilex kudrincha</i> )	193.8	14.7	0.13	22.0
금은화( <i>Lonicera fulvotomentosa</i> )	148.6	11.2	0.69	1.2
온남백( <i>Cupressus duclouxiana</i> )	111.3	8.4	0.41	12.5
두층나무( <i>Eucommia uimoides Oliv</i> )	111.9	8.5	0.33	5.9
멸구슬나무( <i>Melia azedarach</i> )	4.4	0.3	0.77	12.7
야생대추( <i>Choerospondias axillaris</i> )	3.7	0.3	0.50	12.0

상지(대석향, 육광진, 사평향, 소청향) 총면적 중 방호림면적 : 경제림면적은 1,172.3ha : 149.6ha로 그 비율은 88.7 : 11.3을 나타내어 방호림이 경제림의 약 8배를 나타내었는데, 이는 사막화방지를 위한 조림이 우선적인 목적이며, 경제림은 그에 수반되는 부수적인 측면임을 파악할 수 있는 결과로 이 중에서 방호림이 가장 많은 면적을 차지한 곳은 육광진(93.9%)으로 이 지역은 다른 지역에 비해 토양침식 등이 높은 데 따른 결과로 사료된다(박재현 · 전재홍, 2008).

#### 5) 토지유형별 산림지대의 생물량

사업대상지의 산림은 2003년부터 조림한 단계로 조사시 유령림의 단계로 나타났으며, 이를 고려하여 산림지대 생물량을 계산한 결과는 표 6과

같다.

토지유형별 단위면적당 생물량은 2005년, 2006년 모두 잠재석막화경지 > 석막화경지 > 카르스트관총지 > 반석산지 > 백운질사석산지의 순으로 높았으며, 단위면적생물량 증가율은 백운질사석산지 > 반석산지 > 카르스트관총지 > 석막화경지 > 잠재석막화경지의 순으로 높게 나타났는데, 이는 2005년과 2006년의 단위면적 생물량의 차이에 따른 결과로 생각되며, 토지유형별 조림수종의 성장에 따른 차이에도 그 원인이 있다고 사료된다(박재현 · 전재홍, 2008; 張曉珊, 2001). 또한, 각 토지유형별총생물량은 석막화경지 > 잠재석막화경지 > 카르스트관총지 > 반석산지 > 백운질사석산지의 순으로 높게 나타나 이것도 토지유형별 조림수종의 성장에 따른 차이에 그 원인

표 5. 사업대상지에서 임종에 따른 조림면적 비교.

사업대상지	총면적(ha)	방호림면적 (ha)	경제림면적 (ha)	비율(%)	
				방호림	경제림
대석향	262.6	226.4	36.2	86.2	13.8
육광진	550.8	517.4	33.4	93.9	6.1
사평향	284.9	239.7	45.2	84.1	15.9
소청향	223.6	188.8	34.8	84.4	15.6
합 계	1,321.9	1,172.3	149.6	88.7	11.3

표 6. 토지유형별, 연도별 산림지대 생물량 측정 결과.

토지유형	표본 지역수	단위면적 생물량 (ton/ha)			조림면적 (ha)	각 토지유형 총생물량 (ton)	
		2005년	2006년	증가율(%)		2005년	2006년
카르스트관총지	1	3.19	3.84	16.9	201.5	642.8	773.8
반석산지	2	2.44	3.04	19.7	150.0	366.0	456.0
백운질사석산지	2	1.88	2.63	28.5	109.6	206.1	288.3
석막화경지	5	4.54	5.10	11.0	711.2	3,228.9	3,627.1
잠재석막화경지	2	5.12	5.57	8.08	149.6	766.0	833.3
합 계	12	17.17	20.18	84.18	1,321.9	5,209.6	5,978.4
평 균	2.4	3.40	4.04	16.9	-	-	-
황폐산지(대조구)	1	2.18	2.33	6.44	-	-	-

이 있다고 판단된다(박재현·전재홍, 2008; 張曉珊, 2001). 즉, 토지유형별 평균단위면적생물량은 2005년과 2006년 모두 황폐산지보다 약 1.22 ~ 1.71ton/ha 높게 나타나 조림에 따른 단위면적생물량의 증가가 산림생태계의 생물량을 증가시키는 것으로 분석되었다.

## 2. 토지유형별 토양의 보수량 및 침식량

### 1) 석막화방지 조림 후 산림토양의 저수량

산림토양은 수분 축적의 주요한 장소로 산림 토양의 저수량은 주로 토양의 총공극량의 크기에 영향이 크며(이천용, 1995), 산림토양의 저수량은 식 1(楊建波, 2003a; 2003b)에 의한 방법을 적용하여 계산하였다. 귀주성 수문현의 조림사업대상지

는 카르스트 지형이므로 각기 다른 지형과 토지 유형의 상이성 등에 의해 토양 두께의 변화가 크므로 표 1에서와 같이 토양의 평균두께의 각 조림 유형을 30cm로 계산하였으며, 잠재석막화경지 토양의 평균 두께는 45cm로 계산하였다(楊建波, 2003a; 2003b). 토지유형별 단위면적당 산림토양의 저수량은 표 7에서와 같다. 귀주성 수문현 조림대상지의 토지유형별로 구한 총공극률은 잠재석막화경지가 약 62%로 가장 높았고, 석막화경지(59%), 백운질사석산지(56%), 반석산지(55%), 카르스트관총지(53%)의 순으로 나타났다.

한편, 황폐산지의 총공극률은 약 50%로 나타났다. 즉, 식 1에 의한 방법으로 계산한 토지유형별 단위면적당 산림토양의 저수량은 잠재석막화

표 7. 토지유형별 단위면적당 산림토양의 저수량.

토지유형	임종	표본지역수	총공극률 (%)	산림토양의 단위면적당 저수량 (ton/ha)
카르스트관총지	인공조림	1	53	1,590
반석산지	인공조림	2	55	1,650
백운질사석산지	인공조림	2	56	1,680
석막화경지	인공조림	5	59	2,655
잠재석막화경지	인공조림	2	62	2,790
황폐산지	-	1	50	1,500

경지가 2,790ton/ha로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 석막화경지(2,655ton/ha)의 순으로 나타나 총공극률과 단위면적당 저수량은 비례하는 것으로 분석되었다. 즉, 한국에서 임상별 토양의 최대저수량은 활엽수림지에서는 4,999ton/ha, 침엽수림은 4,353ton/ha, 사방지는 2,151ton/ha로 나타나(박재현, 1998a; 1998b) 중국 귀주성에서의 토양 저수량은 한국에서의 임상에서보다 약 1/2 정도로 적어 석막화로 인한 토양의 저수량이 열악한 것으로 사료된다. 그러나 총공극률에 대한 저수량의 판정은 과대치를 나타낼 수 있으므로 pF2.7에서의 토양수분량 등 보다 정확한 자료를 얻기 위한 세부적인 실험이 필요할 것으로 사료된다(이천용, 1995).

2) 석막화방지 조립 후 침식량 변화

석막화방지를 위한 조립 전후의 토지유형별 토양침식량은 식 2(楊建波, 2003a)의 방식으로 구하였으며, 표 8에서와 같다. 조사대상지에서 평균토양침식량은 조립 전에는 2,174.8ton/km<sup>2</sup>이었으나, 조립 후에는 약 1,285.0ton/km<sup>2</sup>으로 약 889.8ton/km<sup>2</sup>이 감소한 것으로 분석되었다. 즉, 석막화 방지를 위한 조립이 귀주성 수문현 조사대상지에서 토양침식을 억제하는 효과적인 방법으로 작용하는 것으로 사료된다. 특히 석막화 방

지를 위한 조립 후 토양침식량의 감소량이 가장 많은 토지유형은 석막화경지(1,161.7ton/km<sup>2</sup>)로 나타났으며, 가장 높은 토양침식 감소율을 나타낸 토지유형은 잠재석막화경지(45%)로 나타났다. 즉, 1년에 토사유출량은 활엽수림지의 경우 70ton/km<sup>2</sup>, 침엽수림지에서는 100ton/km<sup>2</sup>, 사방지에서는 220ton/km<sup>2</sup>이고, 황폐지에서의 토사유출량은 1년에 11,830ton/km<sup>2</sup>으로 양호한 산림보다 130배 가량이나 많다(박재현, 1998a; 1998b)는 연구결과와 비교해 볼 때 중국 귀주성 석막화 지역의 토사유출량은 한국에서의 토사유출량보다 조립 전에는 약 22배~31배로 많은 것으로 나타났으며, 조립 후에는 약 13배~18배로 많은 것으로 나타나 중국 귀주성의 석막화로 인한 토양 침식량은 심각한 수준인 것으로 사료된다. 따라서 귀주성 석막화 지역의 석막화를 억제할 수 있도록 지속적인 조립 및 조립 후 관리 등이 적극적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

이 연구는 중국 귀주성 석막화 지역에서 석막화 방지를 위한 조립 후 환경변화 즉, 토지유형별 산림자원의 변화 및 토양의 수원함양능력을 분석함으로써 석막화 방지를 위한 대책을 수립하기

표 8. 토지유형별 석막화방지 조립 전후의 침식량 변화.

토지유형	토양침식량(ton/km <sup>2</sup> )				조립면적 (km <sup>2</sup> )
	조립 전	조립 후	감소량	감소율 (%)	
카르스트관총지	1,853.0	1,111.8	741.2	40	2.02
반석산지	1,845.0	1,070.1	774.9	42	1.50
백운질사석산지	1,939.0	1,279.7	659.3	34	1.09
잠재석막화경지	2,471.0	1,359.1	1,111.9	45	7.12
석막화경지	2,766.0	1,604.3	1,161.7	42	1.49
합 계	10,874.0	6,425.0	4,449.0	-	13.22
평 균	2,174.8	1,285.0	889.8	40.6	2.64

위하여 2003년부터 2006년까지 수행하였다.

1. 평균직경생장증가량은 멸구슬나무(*Melia azedarach*)가 가장 높았고, 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 금은화(*Lonicera fulvotomentosa*), 야생대추(*Choerospondias axillaris*), 온남백(*Cupressus duclouxiana*), 두충나무(*Eucommia uimoides Oliv*) 순이었으며, 평균신장생장증가량은 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 고정차(*Ilex kudinchia*), 멸구슬나무(*Melia azedarach*), 온남백(*Cupressus duclouxiana*), 야생대추(*Choerospondias axillaris*), 두충나무(*Eucommia uimoides Oliv*), 산초나무(*Zanthoxylum bungeanum*), 금은화(*Lonicera fulvotomentosa*) 순이었다.

2. 토지유형별 평균단위면적당생물량은 황폐산지보다 약 1.22 ~ 1.71ton/ha 높게 나타나 조림에 따른 평균단위면적당생물량의 증가가 산림생태계의 생물량을 증가시키는 것으로 분석되었다.

3. 토지유형별 단위면적당 산림토양의 저수량은 잠재석막화경지가 2,790ton/ha로 가장 높게 나타났으며, 석막화경지(2,655ton/ha), 백운질사석산지(1,680ton/ha), 반석산지(1,650ton/ha), 카르스트관총지(1,590ton/ha)의 순으로 나타났다.

4. 석막화 방지를 위한 평균토양침식량은 조림 전에는 2,174.8ton/km<sup>2</sup>이었으나, 조림 후에는 약 1,285.0ton/km<sup>2</sup>으로 약 889.8ton/km<sup>2</sup>이 감소한 것으로 분석되어 석막화 방지를 위한 조림이 지속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

## 인용문헌

박재현. 1998a. 생태적, 환경적 관점에서 본 인공담과 녹색댐. 자연보존 101 : 33-39.  
 박재현. 1998b. 수원함양보안림의 중요성과 발전방향. 자연보존 103 : 38-43.  
 박재현 · 전재홍. 2008. 중국 귀주성 석막화 방지를 위한 실험적 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 11(2) : 28-39.  
 이천용. 1995. 산림환경토양학. 진성문화사 45-

88pp.

한국국제협력단. 2006. 중국 서부지역 녹화사업 종합보고서 89pp.  
 朱守謙. 1992. 喀斯特森林生態研究(I). 貴州省林業廳. 貴州科技出版社 164pp.  
 朱守謙. 1997. 喀斯特森林生態研究(II). 貴州省林業廳. 貴州科技出版社 197pp.  
 朱守謙. 2002. 喀斯特森林生態研究(III). 貴州省林業廳. 貴州科技出版社 413pp.  
 中共貴州省委院公廳. 2004. 今日貴州 85pp.  
 張曉珊. 2001. 貴州省長防林體系生態經濟效益計量與評價. 貴州林業科技 4.  
 李世東. 2002. 中西部地區退耕還林還草模式探討. 林業科學 38(3) : 154-159.  
 楊建波. 2003a. 退耕還林生態效益評價方法. 中國土地科學 17(5) : 54-58.  
 楊建波. 2003b. 退耕還林生態效益評價方法. 中國土地科學 17(2) : 122-126.  
 Gao Guilong, Deng Zimin, Xiong Kangning and Su Xiaoliang. 2003. An Appeal for and the Hope of Karst-Karst Environment and Sustainable Development in Guizhou. Guizhou Science and Technology Press, Guiyang, China (In Chinese).  
 Huang, Qiu-Hao and Yun-Long Cail. 2007. Spatial pattern of Karst rock desertification in the Middle of Guizhou Province, Southwestern China. Environmental Geology, 52 : 1325-1330.  
 Karst Research Group of the Institute of Geology of Chinese Academy of Sciences. 1979. Studies on the Karst in China. Beijing, Science Press (In Chinese).  
 Xiong Kangning. 2002. Remote-Sensing and GIS-Based Typical Study of Rock Desertification in Karst Areas. Geological Press, Beijing, China (In Chinese).