

## 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 관한 研究(Ⅲ)<sup>1\*</sup>

- 中國의 荒漠沙地 綠化技術分析 -

禹保命<sup>2\*</sup> · 李景俊<sup>2</sup> · 崔炯太<sup>3</sup> · 李相奐<sup>3</sup> · 朴珠原<sup>3</sup> · 王禮先<sup>4</sup> · 張克斌<sup>4</sup> · 孫保平<sup>4</sup>

## Studies on the Desertification Combating and Sand Industry Development(Ⅲ)<sup>1\*</sup>

- Revegetation and Soil Conservation Technology in Desertification-affected Sandy Land -

Bo-Myeong Woo<sup>2\*</sup>, Kyung-Joon Lee<sup>2</sup>, Hyung-Tae Choi<sup>3</sup>, Sang-Ho Lee<sup>3</sup>,  
Joo-Won Park<sup>3</sup>, Lixian Wang<sup>4</sup>, Kebin Zhang<sup>4</sup> and Baoping Sun<sup>4</sup>

### 요 약

이 연구는 지난 3년간 북경임업대학교와 공동연구과제로 중국의 사막화방지 및 방사기술개발을 위한 연구의 일환으로 사막화현황 및 녹화기술수준조사 및 평가를 위하여 수행되었으며, 특히 본고에서는 중국의 황막사지에 대한 녹화기술을 분석하고자 하였다.

사막화지역 식생분포의 일반적인 특징은 부분적으로 집중된 식생분포, 즉 사막의 저지대 또는 분지의 낮은 곳의 사구에 있는 사막식물, 염수호 주변의 내염성식물, 담수·염수호와 하천연안의 포플러 및 위성류의 군생, 사력퇴적지(고비)의 사퇴식생, 하천선상지의 초생지 및 오아시스(綠洲) 등이다. 일반적으로 사막화지역에는 中國植物名으로 檉柳(紅柳)(*Tamarix chinensis* Lour.), 梭梭(*Haloxylon ammodendron* Bunge.), 沙拐棗(*Calligonum* spp.), 胡楊(*Populus euphratica* Oliver.), 沙棗(*Elaeagnus angustifolia* L.), 榆(白榆)(*Ulmus pumila* L.), 柳類(*Salix* spp.), 岩黃耆(*Hedysarum* spp.), 錦雞兒(*Caragana* spp.), 文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.), 白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.), 胡枝子(*Lespedeza bicolor*), 駱駝刺(*Alhagi sparsifolia* Shap.), 刺山柑(*Capparis spinosa* L.), 沙蒿(*Artemisia arenaria* DC.) 등이 널리 분포하며, 이와 같은 사막화지역 자생식물에 관한 연구가 더욱 필요한 상황에 있다.

풍식지역에서는 합리적인 경작체계(지역계획, 방풍림체계 및 오아시스보호체계, 관개수로네트워크설치, 광대한 농지관리기술 등), 식물자원의 합리적 이용기술(연료림, 약용식물, 방목, 초지관리 등), 수자원이용(유역계획 및 관리, 수로건설, 절수관개기법 등), 방풍림조성, 인구증가의 조절, 농용림·연료림·사료증산기술 등에 관해서, 그리고 수식지역에서는 합리적인 토지이용기술, 식생이용기술, 공학적 기술, 농작물보호기술 개발 등에 관한 시험연구사업이 중점적으로 추진되고 있다. 또한, 사막화지역에서의 염성토양·알카리토양개량을 위한 수리적(관개, 배수, 세탈, 수도재배 등), 농업적(토지정리, 경작, 시비, 파종, 윤작, 혼작, 객토 등), 생물적(내염성 작물 및 녹비의 재배, 조립 등) 방법 등에 관한 시험연구도 활발하게 추진되고 있으며, 이와 같은 사막화지역의 녹화사업에 국제적인 협력을 절실하게 요망하고 있다.

<sup>1</sup> 接受 2000年 11月 28日 Received on November 28, 2000.

審查完了 2001年 1月 2日 Accepted on January 2, 2001.

<sup>2</sup> 서울대학교 농업생명과학대학 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

<sup>3</sup> 서울대학교 대학원 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

<sup>4</sup> 북경임업대학교 수토보전대학 College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, P. R. of China.

\* 이 연구는 과학기술부 특정연구개발사업(97 국제공동연구사업 과제번호 99-I-01-03-A-050 "사막화방지 및 방사기술개발")의 연구비 지원에 의하여 수행된 과제의 일부내용임.

\* 연락처자 E-mail: bmwoo@snu.ac.kr

ABSTRACT

This study is aimed to analyze and to evaluate the revegetation and soil conservation technology in desertification-affected sandy land, resulting from the project of "Studies on the desertification combating and sand industry development".

Main native plants for combating desertification : The general characteristics of vegetation distribution in desertified regions are partially concentrated vegetation distribution types including the a) desert plants in low zone of desert or sanddune of depressed basin, b) salt-resistant plants around saline lakes, c) grouped vegetation with Poplar and Chinese Tamarix of freshwater-lakes, saline-lakes and river-banks, d) gobi vegetation of gravel desert and e) grassland and oasis-woods around the alluvial fan of rivers, etc. Generally, *Tamarix chinensis* Lour., *Haloxylon ammodendron* Bunge., *Calligonum* spp., *Populus euphratica* Oliver., *Elaeagnus angustifolia* L., *Ulmus pumila* L., *Salix* spp., *Hedysarum* spp., *Caragana* spp., *Xanthoceras sorbifolia* Bunge., *Nitraria tangutorum* Bobr., *Lespedeza bicolor*, *Alhagi sparsifolia* Shap., *Capparis spinosa* L., *Artemisia arenaria* DC., etc. are widely distributed in desertified regions. It is necessary for conducting research in the native plants in desertified regions.

Analysis of intensive revegetation technology system for combating desertification : In the wind erosion region, the experimental research projects of rational farming systems (regional planning, shelterbelts system, protection system of oasis, establishment of irrigation-channel networks and management technology of enormous farmlands, etc.), rational utilization technology of plant resources (fuelwood, medicinal plants, grazing and grassland management, etc.), utilization technology of water resources (management and planning of watershed, construction of channel and technology of water saving and irrigation, etc.), establishment of shelterbelts, control of population increase and increased production technology of agricultural forest, fuelwood and feed, etc. are preponderantly being promoted. And in water erosion region, the experimental research projects of development of rational utilization technology of land and vegetation, engineering technology and protection technology of crops, etc. are being promoted in priority. And also, the experimental researches on the methods of utilization of water (irrigation, drainage, washing and rice cultivation, etc.), agricultural methods (reclamation of land, agronomy, fertilization, seeding, crop rotation, mixed-cultivation and soil dressing works, etc.) and biological methods (cultivation of salt-resistant crops and green manure and tree plantation, etc.) for improvement of saline soil and alkaline soil in desertified-lands are actively being promoted. And the international cooperations on the revegetation technology development projects of desertified-lands are sincerely being required.

Key words : Desertification-affected sandy land revegetation, plants in desertified-lands, desertification combating

서 론

유엔사막화방지협약(UNCCD)에서 '사막화(Desertification)'는 "기후변화 및 인간활동 등을 포함하는 여러 가지 요인에 의하여 건조지역(Arid), 반건조지역(Semi-arid), 건조 반습윤(Dry sub-humid) 지역에서 일어나는 토지퇴화(Land degradation) 현상"이라고 정의를 하였으며, 또한 "토지퇴화는 토지이용요인이나, 하나 혹은 몇 요인의 복합적인

작용으로 인하여 건조, 반건조, 건조 반습윤지역에서 천수담지역(Rain-fed land; 雨養農業地), 관개지, 목야지, 목초지, 산림 및 수림지의 손실, 혹은 생물학적 혹은 경제적 생산성 및 복잡성의 감소 등을 가리킨다." 라고 하였다. 주요 요인으로는 風蝕 및 水蝕에 의한 토양침식·유실, 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 혹은 경제적 특성의 악화, 장기간에 걸친 자연식생의 손실을 들고 있다(CCICCD, 1997; Ci, 1997). 여기에서 Arid,

Semi-arid, Dry sub-humid 지역이라는 것은, 연간 강수량과 증발산능간의 비율이 0.05~0.65의 범위에 있는 지역을 가리키는데, 한대(극)지방 및 아한대지방은 제외한다.

중국에서는 과도한 방목문제가 심각한 현실적 과제인데, 건조지에는 본래 강우량이 적기 때문에 그곳에서 생육할 수 있는 식물에 제한을 받게 된다. 그럼에도 불구하고 인구가 증가함에 따라 사육해야 하는 가축의 수가 증가할 수밖에 없고, 그렇게 되면 지금까지 사용하던 것보다 더 불량한 기상조건에 위치한 토지를 사용하지 않으면 안된다. 그곳에서 식물은 다시 생육이 불량해질 정도로 가축(양떼)들이 식물뿌리까지 뜯어먹어버리고 식물이 사라진 토지는 점점 건조해져 마침내 사막화(沙漠化)·황막화(荒漠化)·사지(沙地)·사막지역으로 악화되기에 이르는 것이다.

중국의 산림(임지)면적은, 1949년에는 전국토면적의 약 8.6%(8,222만ha)로 매우 적었지만, 그 후 조림사업에 의하여 점차로 회복·증대되고 있으나, 그 진척도는 매우 저조한 편이다. 1978년에는 약 12.7%(12,186만ha)로 확대되고, 여기에 疎林면적 약 1.63%(1,563만ha)를 포함하면 전체 산림면적은 약 14.33% 정도가 된다. 1991년에는 산림면적은 약 13.0%(12,465만ha)로 1978년에 비하여 약 0.3% 정도로 증가하였다(中國國家林業局編, 1999). 최근의 자료(吳, 1998)에 의하면 임지면적은 약 17.97%인데, 이것은 유럽지 12.98%, 소림지 2.04%, 관목임지 2.93%로 구성된다.

사막화방지에 관한 연구는 아마도 인류역사와 같이 시작되었다고 볼 수 있을 것이다. 중국에서는 주로 1950년대 초부터 사막화방지에 관한 각종 시험연구를 적극적으로 국가경제사회발전계획의 일환으로 추진하고 있다. 과학원 산하에 난주사막연구소를 설치하고, 임업과학원 및 임업대학에도 연구부서를 설치하고, 국제기구의 협력사업 등 매우 다양하게 추진하고 있다. 중국의 사막화방지 및 사지녹화에 관한 주요한 연구자료에는 CCICCD(1997), CCICCD(1999), Ci(1997), Gao 등(1993), Wang(1999), Wang 등(1996), Zhang(1999), Zhou(1999), 孫 등(1997), 朱와 朱(1999), 朱 등(1980), 朱 등(1989) 등이 있다. 그리고 1980년대 중반에 일본에서는 중국의 사막조사 및 녹화·사막화방지 연구에, 특히 마우스사지 및 탕거리사지 녹화에 많은 투자를 하였는데, 일본 토요타 자동차회사의 지원하에 일본녹화공학회 교

수들이 주축이 되어 수행한 연구보고서(乾燥地綠化研究會, 1990; 科學技術廳, 1994; 小橋, 1987; 遠山, 1989; 吉野, 1997; 馬와 秦, 1992; 眞木, 1996) 등이 이 연구에 주로 인용되었다. 우리나라에서의 사막화방지 연구(Lee Jong-Hak, 1996, 1999; 이천용, 1996; Lee Cheon-Yong, 1999; Woo Bo-Myeong, 1999; 馬保命 등, 2000)는 매우 빈약한 실정에 있다.

이 연구수행의 목적은 중국토지에서의 사막화 현상문제는 중국 한 나라에 국한된 환경·생존권 문제한계를 넘어선 지구환경보전문제로 다루어져야 할 것이며, 특히 중국의 사막화·황막화현상의 결과로 한반도에 심각한 악영향을 미치고 있으므로 이와 같은 중국의 사막화의 현황, 그에 대한 과학기술적 대처방안 및 시책, 지속적인 농임업 생산기술적 토지이용방안, 황막지·사지녹화 이용방법 및 기술에 대한 개괄적인 조사·연구를 수행하고자 함에 있다. 이 연구과제는 ① 중국의 사막화현황 및 방지대책(馬保命 등, 2000e), ② 중국의 경관생태방호림 조성기술 및 효과분석(馬保命 등, 2000f), ③ 중국의 황막사지 녹화기술분석, ④ 중국의 사구고정 및 방사공법분석의 4편으로 구성되는데, 본고(중국의 황막사지 녹화기술분석)에서는 특히 中國의 荒漠沙地の 綠化技術에 관한 내용을 보고하고자 한다.

## 연구방법

중국에서는 사막을 지역에 따라, 일반적으로 서북부의 白色沙漠(白褐色 모래), 중동부의 黃色沙漠(黃土高原부근의 황색 모래), 남부의 紅色沙漠(라테라이트의 적갈색 모래)으로 나눈다. 또한 사막은 지표면의 물체에 의해서 모래사막(沙沙漠), 암석사막(岩石沙漠), 자갈사막(礫沙漠)으로 대별한다. 중국에서는 石礫沙漠을 고비사막·암석·자갈사막(岩石·礫沙漠)이라 하고, 흙(Loess: 미세한 흙 입자)으로 구성된 사막을 흙사막(土漠)이라 하며, 염(鹽)이 석출된 사막을 소금사막(鹽沙漠)이라고 한다. 姚 등(1998)의 沙漠學에서는 황막(荒漠)을 「石質荒漠(약칭 石漠 혹은 岩漠), 礫質荒漠(약칭 礫漠 혹은 戈壁), 沙質荒漠(약칭 沙漠), 粘土荒漠(약칭 泥漠), 塩土荒漠(약칭 塩漠)」으로 5대 구분한다. 사막의 분포비율은 모래사막과 사지(沙地)가 약 55.6%로 가장 많고, 고비사막이 약 43.5% 정도이다(遠山, 1989; 吉野와 社明遠,

1994; 吉野, 1997). 또, 다른 구분에 따르면, 중국에서는 모래사막 45.3%, 석력사막 43.5%, 나머지 11.2%는 반사막(半沙漠)이고 그 안의 약 8% 정도는 사막화한 황지(荒地)에 속한다.

이와 같이 사막화의 유형이 매우 다양하고 복잡하므로 수년간 중국의 사막화방지에 관한 연구를 세밀하게 추진하여 어떤 확실한 성과를 얻기는 매우 어려운 연구대상인 것이다. 그러므로, 이번 연구에서는 우선 중국의 사막화현황 및 사막화방지에 관한 각종 연구보고서 및 '中國 國家林業局 防治荒漠化管理中心'에서의 발간물 자료 등 각종 참고문헌을 구득하여 연구에 참고하였다. 그리고 연구진들이 중국의 사막화지역에 관한 주요 연구소 및 시험묘포장 등을 방문연구하였으며, 가능한 한 동부·중부·서부지역(三北: 東北·華北·西北)의 사막화지역을 실제로 현지답사하여 실황 조사를 수행하였다.

중국에서 학술적으로는 荒漠化(Desertification)와 沙漠化(Desertization)를 구분하고 있지만, 본 연구에서 사막화에는 이 두 유형을 포함한다. 또한, 「Desert」는 사막 또는 황막으로 공용한다. 때로는 沙質荒漠을 단순히 약칭하여 沙漠이라 한다(馬와 秦, 1992; 姚 등, 1998; 朱, 1997).

중국에서 사막화영향지역(Desertification-affected lands) 식생의 일반적인 특징은 식생들이 부분적으로 군생하고 부분적으로 나지화하는 식생형태를 이루는 것이다. 즉, 사막의 중심, 또는 분지의 낮은 곳의 사구에 사는 사막식물, 염수호의 주변에 사는 내염성 식물, 담수·염수호와 하천변에 식재된 포플러류·위성류숲의 식생분포, 사력퇴적지역(고비)에 사는 사퇴식생(沙堆植生) 등이 있다. 또한, 하천의 선상지에는 주로 목초지와 오아시스가 발달하기도 한다. 이와 같은 각종 식생분포유형은 사막·사지에 따라서 큰 차이가 있으며, 동일한 사지·사막에서도 국소지역에 따라서 분포양상이 크게 다르게 나타났다. 사막·사지에 많이 분포·생육하는 식물의 종류와 생육상태를 조사하고, 또한 녹화공법·토양보전기술 등을 조사하기 위하여 사막·사지를 직접 답사(중국에서는 사막·사지를 12개 대단지로 구분하고 있는데, 이번 연구수행을 위하여 5개 사막·사지 毛烏素沙地, 庫布齊沙漠, 烏蘭布和沙漠, 騰格里沙漠, 科爾沁沙地를 답사)하고, 또한 기존 연구논문들을 인용하여 본 연구를 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 사막화방지용 주요 식물 및 특징

#### 1) 사막화지역의 주요 자생식물

건초지, 특히 사막화지역 식생의 일반적인 특징으로는, 부분적으로 집중된 식생분포의 형태를 보여주는 것이다. 사막의 중심, 또는 분지의 낮은 곳의 사구에 돌아난 사막식물, 鹽水湖 주변의 耐鹽性植物, 淡水·鹽水湖와 하천의 포플러·위성류(Tamarix)숲의 식생분포 및 사력퇴적지역(고비)에는 사퇴식생(沙堆植生: 沙漠藪, 沙塚)이 발달하는 특징이 있다. 또한, 하천의 선상지에는 목초지 및 오아시스가 존재한다(治沙造林學編委會, 1984).

(1) 사막수목: 사막에는 梭梭가 가장 넓고, 많이 분포한다. 梭梭는 낙엽성 소지를 지탱하는 잎이 없는 수목이고, 수고는 7m 정도 성장하지만 일반적으로는 2~4m 정도이다. 타리무(塔里木)·준갈(准噶爾)·차이안담분지, 아라산고원에 분포한다. 모래사막(沙沙漠), 고비(石漠沙漠), 함염평탄지(含鹽平坦地) 등에 분포하고, 일부에서는 밀생한 純林을 형성하는 경우도 있다. 안정에서 약간 안정된 砂丘에서는 梭梭는 유사한 白梭梭와 혼생한다. 사막관목에는 沙拐棗, 麻黃, 霸王, 三弁薔薇, 白刺 등이 있다.

(2) 관목과 근간목본(根幹木本)·지엽초본식물: 사막식생은 주체로 하는 관목과 근간목본·지엽초본식물(근원이 나무, 목본에서 지상부가 풀, 초본의 식물)과 같은 것으로 구성된다. 중요한 사막식물은 膜果麻黃, 霸王, 球果白刺(泡泡刺), 裸果木, 崑崙沙拐棗이다. 沙拐棗는 사질사막에서 가장 중요한 관목이고, 또한 같은 종류의 白皮沙拐棗, 紅皮沙拐棗 등도 매우 중요한 식물이다.

(3) 箬屬의 목본성 식물: 국화와 箬속은 중요한 사막식생을 구성한다. 모래사막에는 산箬(籽蒿)이 沙鞭(沙竹)과 혼생(混生)한다. 높이 1m의 籽蒿(산箬)은 활동사구와 모래평원의 낮은 곳에 있고, 높이 0.5~1m의 沙鞭은 사구의 높은 곳을 점유한다. 양쪽 모두 넓은 근계를 지니고 있고, 특히 沙鞭의 근계는 40m에 달하는 놀라운 정도로 길다. 이의 箬속에는 沙蒿, 苦艾蒿, 地白蒿, 博樂蒿, 喀什蒿 등 다수이다. 또한, 短舌菊屬, 果梳木屬, 亞菊屬의 수종이 있다.

(4) 근간목본·지엽초본관목과 다육·다즙관목: 사막분지의 중앙에는 광대한 염분·석회퇴적지역

이 있다. 근간목본·지엽초본관목과 다육다즙관목이 있고, 藜科(명아주)가 전형적인 식생이다. 목본초본식물로는 紅沙(枇杷柴, 琵琶柴), 駝絨藜, 猪毛菜, 合頭草, 戈壁藜, 小蓬, 假木賊屬 등이 있다. 다육·다즙관목에는 塩穗木, 濱藜, 咸蓬, 塩爪爪屬 등이 있다.

준갈(准噶爾) 분지의 구룬반통구토사막의 식생은 그 동부에는 梭梭, 蛇麻黃, 花棒이, 중·서부에는 白梭梭, 苦艾蒿, 白蒿, 囊果苔草가 분포하고, 반고정사막이 많다. 서부의 烏蘇沙漠에는 白梭梭, 沙拐棗, 苦艾蒿, 梭梭, 白蒿, 琵琶柴가 많고, 준갈 북부에는 梭梭, 紅(檉)柳(위성류), 沙芦草, 拐軸蒺藜, 沙拐棗, 優若藜, 蛇麻黃이 많다.

## 2) 사막화방지에 이용되는 주요 식물의 특징

중국내에서 일반적으로 적용하고 있는 사막화방지용 주요 식물은 Table 1에서의 같은 식물종들이 이용되고 있다(治沙造林學會編, 1984; 李, 1992; Zhang, 1999). 기후적인 영향을 많이 받지 않고 비교적 전 기후조건에 적합한 수종으로는 위성류와 비술나무 등이 가장 광범위하게 이용되고 있다. 또한 방풍림 등에 적용되는 수종으로는 포플러류 수종이 많이 이용되고 있다.

베이징시지역에서는 방호림 수림대의 조성용으로 주로 毛白楊(*Populus tomentosa*)이 많이 식재되고 있으며, 모백양 사이에 아까시나무 등의 일부 교목들이 혼식되고 있다. 농지방호림 뿐만 아니라 사구의 고정을 위하여 베이징시 용딩하 부근에는 아까시나무, 족제비싸리, 수수꽃다리 등이 조림되어 하안사구를 고정시키는 역할을 하고 있다(孫保平等, 1997).

### (1) 교목수종

① 檉柳(紅柳)(*Tamarix chinensis* Lour., 위성류류): 檉柳科 檉柳屬: 낙엽소교목~관목, 수고 3~5m, 최고 8~12m, 서북부전역에 분포, 耐乾·耐風·耐沙·耐寒·耐暑·耐鹽·耐濕·耐瘠薄성이 특히 강하다. 땅속에서 조밀하게 분지(分枝)하여 덩불모양이 되며, 잎은 작고, 비늘(鱗)모양의 잎자루이며 탁엽은 없다. 꽃의 색은 분홍색~보라색을 띤다. 지하수위가 높고 습윤성이며 鹽性化원沙地에서도 잘 자라지만 환경적응성이 매우 크고, 枝根의 신장성이 커서 모래에서 잘 뻗어 착근된다. 밀생한 枝葉과 分泌鹽分에 의한 모래면의 점착으로 流沙를 고정하여 사퇴(沙堆)를 형성한다. 목질이 단단하고 화력이 좋아, 薪炭用으로 적당하

다. 사막의 최전선의 녹화에 적합하며, 이 속에는 17종이 있다.

② 梭梭(*Haloxylon ammodendron* Bunge.): 藜科 梭梭屬: 낙엽소교목 혹은 대관목(大灌木), 내건·내풍·내사·내한·내서·내염·내습·내척박성이 강하다. 마디에 있는 어린 가지에서 광합성을 하며, 줄기는 비교적 명확하다. 風蝕·埋設에도 강하다. 생육에는 0.2% 이상의 염분이 필요하지만 6% 정도까지 가능하다. 재질은 단단하고 비중이 1 이상으로 「사막에서 생산되는 石炭」으로 연료에 적합하다. 가축의 먹이로 이용되며, 여기에는 2종이 있다.

\* 梭梭(梭梭柴)(*Haloxylon ammodendron* Bunge.): 수고 3~8m, 최고 10m, 北新疆에 분포, 북신장과 일부의 남·동신장의 사사막·고비사막에 분포, 줄기는 회갈색, 퇴화엽(退化葉)의 끝은 뾰족하고 짧고 작은 비늘모양이며, 어린가지는 굵으며 짙은 녹색이다.

\* 白梭梭(*Haloxylon persicum* Bunge.): 수고 2~5m, 북신장에 분포, 줄기는 회백색, 퇴화엽의 끝은 뾰족한 추형(錐型), 어린가지는 가늘고 엷은 녹색이다.

③ 沙拐棗類(*Calligonum* spp.): 藜科 沙拐棗: 관목, 수고 0.5~2m, 최고 4~5m, 내건·내풍·내사·내한·내서·내염·내습·내척박성이며, 가지는 완만하게 구부러지고, 마디에 있는 어린가지는 광합성을 한다. 잎은 퇴화되고 선상(線狀), 인상(鱗狀)이다. 신장(新疆)전역의 사지에 분포하고, 가축의 먹이로 이용된다. 여기에는 18종이 있다.

④ 胡楊(胡桐)(*Populus euphratica* Oliver., *Populus diversifolia* Schrenk, 포플러류): 楊柳科 楊屬: 교목(거목)에 수고 12~20m(흉고직경 30~40cm), 최고 30m(100cm), 신장전역, 간쑤(甘肅省), 내몽고 서부의 하천·선상지·호소 부근에 분포, 내건·내풍·내사·내한·내서·내염·내습성이며, 줄기는 회갈색, 어린나무와 벌채줄기에서 나오는 새싹은 유엽형(柳葉型), 성목은 환형(丸型), 중간목은 단풍나무형이다. 건축재에 적합하다.

⑤ 沙棗(*Elaeagnus angustifolia* L., 보리수나무류): 胡頹子科 胡頹子屬: 낙엽소교목, 최고 15m, 가지에 가시가 있으며, 신장전역에 분포, 내건·내풍·내사·내한·내서·내염·내습·내척박성, 근입균(根粒菌)이 착생하여 척지의 토양개량효과

Table 1. Main plants using for desertification-affected sandy lands.

Family name	Common name	Scientific name	中國名
Salicaceae	Simon Poplar	<i>Populus simonii</i> Carr.	小叶楊, 明楊, 山白楊
	Diversifolious Poplar	<i>P. euphratica</i> Oliver.	胡楊
	Greyishbark Black Poplar	<i>P. nigra</i> var. <i>thevestina</i> Bean.	箭杆楊
	White Poplar	<i>P. alba</i> L.	銀白楊·白楊
	Xinjiang Poplar	<i>P. bolleana</i> Lauche.	新疆楊
	Simoni Poplar	<i>P. simonigra</i> Cponlin.	小楊
	Hopei Poplar	<i>P. hopeiensis</i>	河北楊, 串楊
	Chinese White Poplar	<i>P. tomentosa</i> Carr.	毛白楊(大葉楊·響楊)
	Hankow Willow	<i>S. flavida</i>	黃柳
	Mongolian Willow	<i>S. mongolica</i> Stüz.	沙柳·蒙古柳
Sand Willow	<i>S. psammohylla</i> E. Y.	(西北)沙柳	
Leguminosae	Indigobush	<i>Amorpha fluticosa</i> L.	紫穗槐
	Korshinsk Peashrub	<i>Caragana korshinskii</i> Kom.	檉條·檉條錦雞兒
	Littleleaf Peashrub	<i>C. microphylla</i> Lam.	小叶錦雞兒(檉條)
	Slenderbranch Sweetvetch	<i>Hedysarum scoparium</i> Fish.	花棒(細枝岩黃耆)
	Mongolian Sweetvetch	<i>H. mongolicum</i> Turcz.	(蒙古岩黃耆, 楊柴)
	Shrub Lespedeza	<i>Lespedeza bicolor</i>	胡枝子
	Black Locust	<i>Robinia pseudoacacia</i>	刺槐
	Erect Milkvetch	<i>Astragalus adsurgens</i> Pall.	沙打旺(紫木黃耆)
	Daghestan Sweetclover	<i>Melilotus</i> spp.	
	Alfalfa	<i>Medicago</i> spp.	
Auriculate Acacia	<i>Acacia auriculaeformis</i>	耳叶相思	
Elaeagnaceae	Russian olive	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	沙棗(香柳, 紅豆)
	Seabuckthron	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	沙棘, 酸黑刺
Ulmaceae	Siberian Elm	<i>Ulmus pumila</i> L.	(榆)白榆
		<i>Ulmus laevis</i> Pall.	大葉榆
Tamaricaceae	Chinese Tamarisk	<i>Tamarix chinensis</i> Lour.	檉柳, 小葉楊(杠柳)
		<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	多枝檉柳
Chenopodiaceae	Saxoul	<i>Haloxylon ammodendron</i> Bunge.	梭梭, 梭梭柴
	Persican Saxoul	<i>H. persicum</i> Bunge.	白梭梭
Polygonaceae	Mongolian Calligonum	<i>Calligonum</i> spp.	
		· <i>caputmedusae</i>	沙拐棗
		· <i>arborescens</i>	
		· <i>ebinuncum</i>	
		· <i>mongolicum</i>	

Table 1. (Continued).

Family name	Common name	Scientific name	中國名
Compositae	Ordos Wormwood	<i>Artemisia orosica</i> Krasch.	油蒿(黑沙蒿)
	Russianthistle-like Wormwood	<i>A. sphaerocephalla</i> Krasch.	白沙蒿(籽蒿)
		<i>A. halodendron</i> Turcz.	差巴嘎蒿
		<i>A. terae-alhae</i>	地白蒿
Pinaceae	Mongolian Scotch Pine	<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>mongolica</i> Litv.	蒙古赤松·樟子松
	Chinese Pine	<i>P. tabulaeformis</i> Carr.	油松
	Japanese Black Pine	<i>P. thunbergii</i>	黑松
	Slash Pine	<i>P. elliotii</i>	濕地松
	Caribbean Pine	<i>P. icaribaea</i>	
Casuarinaceae	Horsetail Beefwood	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	木麻黃
Myrtaceae	Protruding Eucalyptus	<i>Eucalyptus exserta</i>	窿緣桉(桉樹)
		F. Muell.	
Verbenaceae	Simpleleaf Shrub	<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	蔓荊
	Chaste tree	<i>Vitex rotundifolia</i> L.	單葉蔓荊
Capparaceae	Common Caper	<i>Capparis spinosa</i>	
Cupressaceae	Savin	<i>Platycladus orientalis</i> (L.)	側柏
		Franco.	
Sapindaceae		<i>Xanthoceras sorbifolia</i> Bunge.	文冠果, 木瓜

가 있다.

⑥ 榆(白榆)(*Ulmus pumila* L., 느릅나무류):  
榆科 榆屬: 교목, 최고 15m, 북부전역, 내건·내  
풍·내사·내한·내서성이며, 층해가 있다.

⑦ 柳類(*Salix* spp., 버드나무류) 楊柳科 柳  
屬: 관목~교목, 내풍·내사·내한성이 있으며,  
중국에는 200종, 건조지에는 약 30종이 있다.

\* 沙柳(蒙古柳): *Salix mongolica* Siuzev.

\* 西北沙柳(沙柳)(*S. psammophila* C. Wang):  
관목, 수고 2~3m, 최고 4m, 북부전역에 분포,  
내건·내사·내염·내습성이 좋다.

\* 黃柳(*S. gordejewii* Chang, *S. flavida*  
Chang): 관목, 수고 2~3m, 동북부지역에 분포,  
내건·내척박성이 있으며, 반고정사구·사구지  
(沙丘地)에서 자란다.

⑧ 岩黃耆(*Hedysarum* L., 황기류): 豆科 岩  
黃耆屬: 서북부지역에 분포, 내건·내풍·내사·  
내한·내서성이 좋으며, 여기에는 5종이 있다.

\* (花棒)細枝岩黃耆(*H. scoparium* Fisch. et  
May.): 낙엽대관목, 수고 4~5m

\* 蒙古岩黃耆(楊柴)(*H. mongolicum* Turcz.):

소관목, 수고 1~2m

⑨ 綿鷄兒類(*Caragana* spp.): 豆科 綿鷄兒  
屬: 북부전역에 분포, 내건·내풍·내사·내한·  
내서성이며, 여기에는 32종이 있다.

\* 樺條綿鷄兒(*C. korshinskii* Kom.): 대관목,  
수고 3~4m, 최고 6m

\* 小葉綿鷄兒(樺條)(*C. microphylla* Lam.):  
관목, 수고 1~2m, 최고 3m

⑩ 沙棘(酸刺)(*Hippophae rhamnoides* L.): 胡  
頹子科 沙棘屬: 관목~낙엽소교목, 수고 1~4m,  
최고 10m, 중국전역에 분포, 내건·내풍·내사·  
내한·내척박성이다.

⑪ 文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bge.): 無  
患子科 文冠果屬: 관목~소교목, 수고 2~5m, 최  
고 8m, 북부지역에 분포, 내건·내한·내척박성  
이며, 유묘수종(油料樹種)이다.

(2) 저목수종 및 초종

① 白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.): 蒺藜科  
白刺屬: 소관목, 1m 정도, 쉐장전역에 분포, 내  
건·내풍·내사·내한·내서성, 모래에 잘 뻗고,  
부정근(不定根)·부정아(不定芽)가 나와 모래가 쌓

이게 하며, 가지는 연료, 잎은 사료용으로 쓰인다.

② 胡枝子(*Lespedeza bicola* Turcz., 싸리류): 豆科 胡枝子屬: 소관목, 수고 1~2m, 동북부지역에 분포, 내사·내한·내서·내염·내척박성이다.

③ 駱駝刺(*Alhagi sparsifolia* Shap.): 豆科 駱駝刺屬: 반관목(半灌木), 수고 0.5~1m, 썩장전역에 분포, 내건·내풍·내사·내한·내서성이며, 지엽(枝葉)은 덩불모양으로 밀생, 모래에 잘 묻히는 부정아·부정근이 나와 사퇴(沙堆)를 만든다. 지엽은 연료, 잎은 사료용이다.

④ 刺山柑(老鼠瓜)(*Capparis spinosa* L.): 山柑科 山柑屬: 반관목의 방사상의 덩굴성, 길이 1~3m, 최고 5m, 신장전역에 분포, 내건·내풍·내사·내한·내서성이다.

⑤ 沙蒿(*Artemisia arenaria* DC., 쭉쭉): 菊科 蒿屬: 반관목, 0.3~0.8m, 북부지역에 분포, 내건·내풍·내사·내한·내서성이다. 沙蒿에는 반관목~관목, 수고 0.3~1.5m의 籽蒿(白沙蒿) (*A. sphaerocephala* Krasch.), 差巴夏蒿(鹽蒿) (*A. halodendron* Turcz.), 苦艾蒿(*A. santolina* Schrenk)이 사구고정용으로, 여기에는 51종이 있다.

⑥ 沙蓬(沙米)(*Agriophyllum squarrosum*(L.) Meq.): 藜科 沙蓬屬: 초본식물, 초장 0.5~0.7m, 신장(新疆)전역의 반고정(半固定)·유동사구지(流動沙丘地)에 분포, 내건·내풍·내사·내한·내서성이다.

⑦ 羽茅三芒草(*Aristida pennata* Trin.): 禾本科 三芒草屬: 다년생 초본식물, 초장 20~30cm, 북신장(北新疆)의 반고정·유동사구지에 분포, 내건·내풍·내사·내한성이며, 풍식·사막에 강하다. 사막의 사지에 양호한 초종이다.

2. 황막화방지 및 녹화기술체계

1) 풍식(風蝕)지역의 荒漠綠化 및 토지이용기술체계

사막화된 지역의 이용뿐만 아니라 사막화방지 및 대책은 체계적인 공학기술의 응용대상이 되며, 이와 같은 기술은 생물학적, 공학적, 화학적 방법 등으로 나눌 수 있다(眞木, 1996; 朱, 1997).

(1) 합리적인 경작체계기술

중국에서는 인구가 증가함에 따라, 국민의 식량에 대한 요구에 대응하기 위해 더 많은 경작이 불가피하였다. 중국의 건조한 곳에서는 실제로

많은 사지면적이 농장으로 이용된다. 연구결과에 따르면, 농장으로 사용될 수 있는 건조한 지역은 약 1억ha가 된다. 지난 40년 동안 지역의 자연조건에 기초를 둔 전반적인 계획, 방풍림체계 및 오아시스 보호체계의 설치, 전반적인 관개수로의 설치, 그리고 광대한 농장관리기술 등에 관한 과학기술연구가 수행되었다.

(2) 식물자원의 합리적인 이용기술

여기에는 합리적인 관목림 자원의 이용, 연료림의 조성 및 채취, 약용식물의 재배, 방목기법 개발 등을 포함한다. 지역에 따라서는 연료목의 과벌채를 중단하기 위하여 연료용 연탄을 개발하고, 어떤 곳에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 연료림이 추가로 조성되기도 한다. 두루팡(敦煌)은 이런 유형지역의 좋은 예가 된다. 1981년 이래 지방정부는 관목림벌채를 폐쇄하고 정부의 도움으로 연료목을 절약하기 위해 그들의 요리용 곤로를 개량해주고 지방정부는 농민들에게 연료로서 연탄 등을 공급하였는데, 이러한 모든 조치들이 사막화지역에서 식물자원의 재생을 촉진시켰다. 과방목의 문제에 관해서는 합리적인 정책이 수립되어야 하고, 지역조건에 기초하여 사육하는 가축수의 적정 양을 정해야 하며, 또한 초지 조성 및 방목을 번갈아 가며 실시해야 하는데, 그 실현이 매우 곤란한 상황에 있다.

(3) 수자원의 합리적인 이용기술

건조한 지역에서의 수자원의 합리적인 이용기술은 유역 계획과 관리, 수분손실을 방지하기 위한 양질의 수로 건설, 물절약 관개방법의 개발 등을 포함한다. 중국 북서 지역의 내륙에 있는 강의 유역 계획과 관리는 주목되어 왔다. 이것은 얼마나 많은 양의 물이 사용될 수 있는가, 또 언제 수자원이 이용될 수 있는가 등의 것을 포함한다. 이러한 지역에서는 지방정부가 발달함에 따라 양질의 수로가 건설되어야 하고, 點滴灌溉(Dripping irrigation)와 같은 새로운 관개방법이 이용되어야 한다.

(4) 방풍림 조성기술

방풍림은 농장을 보호할 뿐만 아니라 風蝕을 감소하고, 토양의 2차 鹽化를 방지하는데, 그 좋은 예를 썩장에 있는 트르펜에서 볼 수 있다. 1961년 5월 31일에 강한 바람이 이 지역에서 발생하였고, 당시에는 방풍림이 없었기 때문에 이 지역의 농장의 65%가 피해를 입었다. 그 후에, 지역주민들은 방풍림을 조성하기 시작하여 약 1,500km의 방풍



림이 조성되었다. 이러한 방호림은 風蝕으로부터 농장을 보호하여 사막화지역에서의 작물재배를 가능하게 해주는 좋은 실례가 되고 있다.

#### (5) 환금작물 생산을 위한 방호림조성기술

주 방호림과 부 방호림은 각각 100m와 600m 간격으로 10~15m와 8~10m의 폭으로 수직으로 설치하고, 수목의 피복도가 15%~18%, 50%인 방호림의 안쪽에는 수박과 알파파를 재배하는 시험을 한 결과에서는, 종자생산을 위한 수박과 알파파의 방호림은 경제적이고, 생태적이며, 사회적 이익이 집적된 토양개량을 위해 효과적인 생물학적 방법이고, 사막지역의 토양자원을 효과적으로 이용하기 위한 이상적인 시스템이라고 볼 수 있다.

#### (6) 연료목-목초생산을 위한 농용림 조성기술

북서지역은 연료와 사료가 심각할 정도로 부족한 실정에 있다. 이 지역은 가축의 분뇨와 연료를 위한 작물의 짚과 초류의 이용이 지배적이며, 연료목의 심한 부족은 농업식생의 심각한 쇠퇴를 초래하였다. 토양의 염화와 토양침식은 농업과 목축업의 발달에도 불리하게 작용하였다. 그러므로 이러한 심각한 문제를 해결하기 위해서는 염-알칼리에 강하고 빨리 자라는 잡목숲, 가뭄에 강하고 다목적적인 교목과 관목으로 조성하는 것이 핵심 전략인 것이다.

연료목을 생산하고, 목초를 보호하기 위한 수종에는 *Calligonum mongolicum*, *Hippophae rhamnoides*, *Elaeagnus angustifolia*, *Hedysarum scoparium*, *Lespedeza bicolor*, *Caragan microphylla*, *Haloxylon ammondendron*, *Tamarix ramosissima*, *Caranga korshinskii* 등이 있는데, 이러한 수종들은 대부분 밀원식물이며, 질소고정식물이다.

#### (7) 방호림안에서의 다목적 단기소득원 조성기술

*Hippophae rhamnoides*는 비타민, 아미노산, 지방산, 미량원소들이 풍부하고, 영양분이 풍부하여 먹을 수 있고, 의료용으로도 이용된다. *Hippophae rhamnoides*는 점점 더 물과 토양을 보전하는데 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 현재의 이용가능한 자연적인 생산물은 많은 수요에 충족하지 못하고 있으므로, 대규모적인 생산이 요구되고 있다.

#### (8) 목초지 생울타리시스템 조성기술

목초지에 울타리를 치고 이를 보호하기 위한 장벽(울타리)을 사용하는 것은 환경을 개선하고, 목초의 생산성을 향상시키는 핵심 기술이 된다.

바람과 전기에너지를 이용하는 벨트, 그물망, 전기 장벽은 매우 효과적이거나 이 방법은 너무 고가이고, 적용하기가 어렵고, 내구성이 짧으며, 심지어는 목초지 환경을 직접적으로 파괴하기도 한다. 오랜 기간의 보호를 위해 목초지 주변에 교목과 관목을 식재한 살아있는 장벽(생울타리)은 비용이 적게 들고, 환경을 보호하는 효과적인 방법이며, 사료와 연료목을 제공하고, 목초의 생산성을 향상시킨다. 다목적이기 때문에 살아있는 장벽은 북서지역에는 매우 유망한 체계인 것이다.

도랑식재방법은 살아있는 장벽을 건설하는데 널리 이용된다. 수종은 토착종이고, 내환경성이 강해야 하며, 빨리 자라고, 쉽게 우거져야 한다. 이러한 목적에 부합되는 수종으로는 *Hippophae rhamnoides*, *Elaeagnus angustifolia*, *Nitaria sibirica* 등의 가시가 있는 수종들이 포함된다. 살아있는 장벽의 더 좋은 형태는 교목과 관목을 1m 정도의 간격으로 심어서 그 사이에 환금작물을 재배하는 것이다. 경제적인 가치를 높이기 위해서는 살아있는 나무울타리가 더욱 지속가능하고 생산적이 되도록 관리해야 한다.

#### (9) 과속적인 인구증가의 조절

중국은 세계에서 가장 인구가 많은 국가이고, 인구의 증가 속도도 빨라 지난 30년 전에 비해 인구가 두 배로 증가했다. 그러나 경제는 세계의 선진화된 수준에 비해 아직 뒤떨어져 있다. 중국에 와서 보면, 이 나라에서 왜 가족계획 정책이 시행되고 있는지 이해할 수 있을 것이다. 중국의 인구는 세계인구의 약 1/4을 구성하지만, 경작가능한 경작지는 단지 세계의 약 7%에 불과한 상황이다. 인구증가와 사막화방지문제는 매우 관련성이 높다고 볼 수 있다.

## 2) 수식(水飮)지역의 荒漠綠化 및 토지이용기술체계

토양침식을 방지하기 위한 4가지 주요 기법에는 ① 합리적인 토지이용, ② 식생을 이용한 기법, ③ 공학적인 기법, ④ 농작물 보호 기법 등이 있는데, 이중에 어느 한가지 방법에만 의존하는 것은 효과적이기 어렵다. 따라서 모든 기법이 동등하게 적용되고 다루어져야 하며, 어느 것도 무시할 수 없다. 즉, 종합적인 조절 시스템이 적용됨으로써 공동의 보호기능이 이루어지는 것이다. 이러한 기법들의 요지는 다음과 같다(眞木, 1996; 王, 1994; 朱, 1997).

(1) 합리적인 토지이용기법

농업생산의 발전과 다양한 토지이용을 위해서는 토지가 합리적으로 배분되어야 한다. 현재의 이익에 대한 실현이 새로운 토양의 손실을 가져와서는 안 된다. 목표는 합리적인 토지이용을 극대화하고, 토양손실을 최소화하며, 토지생산성을 증진시키도록 해야 한다. 다양한 이용을 위한 토지의 배분은 다음과 같은 조건에 달려 있다.

① 농경지 보전기법

가. 중국에서는 자급자족에 충분하도록 곡물 공급이 요구되고 있다.

나. 인구수에 대한 농장면적은 농경지의 질과 집약적인 영농의 정도에 달려 있다.

다. 농경지의 전체 면적 또한 인구에 의존한다.

라. 농경지는 국토의 13~20%에 해당한다. 북서쪽의 황토 고원 지대와 중국 북동쪽의 흑토 지대에서는 많은 면적과 적은 인구로 인하여 농경지의 비율이 높다.

농경지는 주로 두꺼운 표토를 가지는 넓고 평평한 지대와 경사가 20°(인구 과밀지역에서는 25°) 이하여서 마을과 인접하여 관개가 용이한 곳에 할당된다. 농경지를 만들기 위해 두꺼운 표토로 단을 설치한다. 북서부의 황토 고원 지대에서는 Check dam의 뒤에 있는 작은 구멍이 좋은 농경지로 변환될 수 있다.

② 산림지 보전기법 : 산림지가 침식되는 지역에서는 주로 인공적으로 水土保持造林이 행해진다. 조성된 보호림은 그 후 교목, 관목, 초류 등의 혼식에 의해 특성화되는데, 이와 같이 산림지에 식재를 하는데 있어서 고려되어야 할 점은 다음과 같다.

가. 농경지와 목초지로 부적합한 곳은 조림에 이용되어 숲을 조성해야 한다.

나. 산림지의 면적은 토지면적의 약 60%(인구가 과밀한 곳에서는 비율이 낮다)가 적정할 것이다.

다. 지역조건과 필요성에 따라 보호림, 연료림, 경계림, 목초림 등으로 분류·조성한다.

라. 빨리 자라고 더욱 이로운 수종을 선정·조림하여야 한다.

③ 목초지 보전기법 : 좋은 토착 초종 또는 도입된 초종의 적합한 변종이 목초를 공급하는 작물의 경작에 부적합한 토지에 식재된다. 목초지는 대부분 완만한 경사지에 위치하게 되는데, 목초지를 조성하는 데에는 다음과 같은 사항들이 고려

되어야 할 것이다.

가. 방목되는 가축의 수가 목초의 양을 초과해서는 안될 것이다. 새로 개발된 초지에서는 과도한 방목에 의해서 초지가 쉽게 파괴되기도 한다. 중국의 북부에서는 염소의 사육이 조절되어야 할 것이다.

나. 일반적으로 목초지의 면적은 토지 면적의 약 5~10% 정도로 조성한다.

다. 초류와 곡물의 윤작체계는 토양을 개량하고 토양의 비옥도를 증진시키기 위하여 필요하다.

라. 삼림지에서는 토지의 전체적인 이용을 위해 일부 초류가 식재되어야 할 것이다.

(2) 토양침식방지를 위한 식생조성기술

토양침식 방지를 위한 식생조성기법에는 산복지역의 조림, 침식방지를 위한 조림, 환금수목의 식재, 목초류의 파종 등을 포함한다(王, 1994; 朱와 朱, 1999).

① 산복지역의 조림기술 : 침식이 격렬한 곳에서는 1차적으로 식생피복을 증진시키기 위하여 초류와 관목을 식재하고, 조건이 맞는 곳에는 교목을 식재한다. 해마다 산복지역의 조림면적은 인구밀도, 산복면적, 연료목의 수요와 공급, 가축의 전체 수에 따라 조정한다.

② 침식방지를 위한 사방조림기술 : 수토보전림은 대면적 피복 및 다목적과 고밀도의 특성을 지녀야 한다. 선택된 수종은 가뭄, 얇은 표토, 강한 바람, 춥고 더운 날씨, 수식 등의 조건하에서도 자랄 수 있어야 하며, 근계는 표토층을 강화하기 위하여 매우 발달되어야 한다. 또한, 낙엽은 사료, 비료, 연료로 사용될 수 있어야 하며, 특히 과일이나 주요한 음식을 대신할 수 있거나 씨에 기름이 있으면 더욱 바람직하다.

침식방지를 위한 조림을 시행하기 위해서는 먼저 조림대상지역에 대한 정지작업 및 단끊기 작업이 선행되어야 한다. 단을 고르는 것은 균형있는 절토, 성토에 의해 등고선을 따라 이루어진다. 단의 바깥쪽 끝은 안쪽 끝보다 9~18cm 정도 높아야 하며, 단의 폭은 0.6~1.2m, 높이는 1.2~1.8m가 적당하다. 건설하는 동안 기름진 토양이 단의 중앙에 재성토 되어야 하고 여기에 수목이 식재되어야 한다.

수평한 도랑은 35°보다 완만한 경사지에 적합하다. 중국 북부지방에서는 일반적으로 폭과 길이가 30cm 정도인 정사각형의 단면형상을 가진 수평 수로가 시설된다. 도랑의 길이는 지형에 따

라 다르며, 복잡한 지형의 경우 짧은 도랑이 선호된다. 일반적으로 도랑의 간격은 3.0~5.0m이다.

한편, 침식방지를 위해 조립되는 목본식물은 관목과 교목으로 나뉘어진다. 건조한 토양침식 지역에서는 저항성이 강한 관목이 주로 식재되며, 습한 지역에서는 교목이 주로 식재된다. 중국에서는 수토보전림(水土保全林)의 식재를 위해 교목과 활엽수를 혼식하여 피복도를 증가시킨다.

③ 환금소득되는 수목의 식재기술 : 사막화방지의 경제적인 이익을 위해 중국의 상류 유역관리에 있어서는 보통 5종(油茶(Tea-oil tree), Tung-oil tree, 차나무, 대나무, 뽕나무)의 환금수목을 식재한다.

④ 목초류의 파종기술 : 일년생 목초류와 다년생 목초류의 혼합방식 및 보통 목초류와 콩과 목초류의 혼합방식과 더불어 목초지 및 목초제거지의 혼합방식이 침식방지를 위해 효과적인 방법이다. 척박한 표토지대에서 자랄 수 있는 속성 초류 및 한발에 대한 저항성이 큰 초류가 침식이 심각한 지역 및 봉피가 진행되는 지역에 적합하다. 목초류는 토양 및 물을 보전하기 위한 식생공법에 있어서 중요한 구성요소이다. 빨리 자라고 갱신기간이 짧은 목초류는 토양 및 물 보전, 토양 개량, 마초의 공급, 퇴비 및 연료로의 사용을 위해서도 경작된다. 목초류의 종자는 불리한 자연조건에 대해서도 높은 저항력을 가지고 있으며, 다양한 초류가 중국 각지에서 이용되고 있다.

### (3) 공학적인 녹화공법 및 기술

공학적인 공법으로는 비탈면에 대한 공학적 안정공법, 구곡(溝谷 : 谷坊, Gully)에서의 공학적 안정공법, 소규모 저류공법 및 비탈면의 풍화를 조절하기 위한 공법 등이 있다(姚 등, 1998; 王 등, 1994; 朱, 1997).

#### ① 비탈면에 대한 녹화공학공법

가. 테라스 만들기(Terracing) : 테라스에는 Bench terraced farmlands(段丘形 耕作地), Sloping terraced farmlands(斜面形 耕作地), 평면 테라스 경작지 및 자연사면의 조합형 등 3종류가 있다.

나. 홍수의 차단 및 우회 공법(Flood interception and diversion works) : 언덕비탈주위에 홍수차단溝(Flood interception ditches)를 설치하는 것이다.

다. Gully head protection works : 비탈면 하부에서 상향하는 구곡침식방지를 위한 각종 구곡막이공사를 한다.

② 구곡에 대한 사방공학공법 : 산지비탈에서 구곡침식이 매우 심각하기 때문에, 구곡에 대한 공학적 방지공법은 매우 중요하게 널리 이용되고 있다. 주요한 공법에는 구곡막이(Check dam)와 저사댐(유사저지댐, Sediment-trapping dam)이 사용된다.

가. 구곡막이(Check dam) : 중국에서 구곡막이는 일반적으로 계곡이나 구곡을 가로질러 건설되는 높이 5m 이하의 작은 댐을 말한다. 이것은 주로 미사유출을 저지하고 구곡 바닥을 고정하며, 구곡바닥의 하류쪽으로의 침식을 저지하고, 사면붕괴를 방지하기 위하여 사용된다. 구곡막이는 지류 구곡이 본류 구곡에 합류하는 지점 또는 상류에서 하류로의 작은 낙차지점에 놓여진다. 넓고 편평한 지형을 배후로 가진 좁은 지역에 건설된 댐은 더 많은 홍수 및 유사를 저지하는데 효과적이다. 사면붕괴는 사막지역에서 뿐만 아니라 중국 남부지방에서도 빈번히 발생한다. 댐의 위치는 사면붕괴지점의 하류에 선정되어야 하며, 구곡막이간의 간격은 구곡을 따라 연속적인 층계 모양으로 합리적으로 선택되어야 한다. 구곡막이의 높이는 그 재료에 따라 결정한다. 일반적으로 흙댐은 5m 이내로, 잡석댐은 4m 이내로, 전조잡석댐은 2m 이내로, 나무가지댐은 1m 보다 낮게 만든다.

나. 저사댐 : 유사저지댐(Sediment-trapping dams) : 중국 북서부의 산악지역, 특히 황하의 중류지역에서는 유사저지댐이 경작지의 건설을 위해 중요한 공학적 기술인데, 이 댐은 보통 5~10m 혹은 그 이상의 높이로 축조한다. 소유역에서는 주댐과 보조댐으로 구성되는 유사저지댐의 시스템을 갖추기 위해서 전체 계통적인 계획이 필수적인데, 일반적으로, 주댐은 보조댐의 후방에 건설되어 있는 경작지를 보호하기 위하여 홍수를 저지하는 저류능력이 높은 구곡의 출구 또는 합류점에 건설된다. 댐간의 간격은 댐의 높이, 구곡의 경사 및 형상에 따라 달라지는데, 일반적으로 작은 폭포와 같은 낙차 형성지점에 배치된다.

다. 소규모 저수시설(Small water storage works) : 북부 건조지대와 남부 산악지역에, 저수지, 둑 등과 같은 소규모 저수 공법이 지표유출을 저류하기 위한 목적으로 지역적인 조건에 따라 건설된다. 쓰촨성같이 강우가 많은 남서부지역에서는 소규모 홍수방지공법(Small flood prevention works)을 촌락 및 경작지를 보호하기 위하여 산

악지 비탈면이나 비탈경작지에 건설한다.

라. 구곡사면붕괴를 방지하기 위한 공법 : 사면붕괴는 남부지역에서 구곡침식의 특이한 유형이 많으며, 대부분 비탈면에서 매우 얇은 화강암의 풍화 지표에서 발생한다. 이것의 발생은 중력침식과 물침식의 상호작용에 의한 것으로서, 지역주민의 생존과 재산에 매우 치명적인 피해를 입히며, 개별적으로, 혹은 집단적으로 발생한다.

사면붕괴를 방지하기 위한 기술요체는 (a) 갈라진 지표층으로 물이 유입되는 것을 방지하기 위하여 경사지의 정상부 및 주변부에 차단 배수로를 건설, (b) 미사와 사력을 포착하고 구곡 바닥을 안정시키기 위하여 구곡의 출구에 구곡막이를 건설, (c) 폭 0.5~1m, 깊이 0.8~1m 정도로 배수로 양사면을 굴착한다. 이와 더불어, 수목의 종자를 비옥토와 거름 등으로 채운 종이 혹은 플라스틱 주머니(지름 7cm, 길이 10cm)안에 파종한다. 묘목은 배수로 마루에 용기묘로 이식된다. 1980년대에, 속성, 경제 유실수가 사면에서 미사를 포착하는데 효과적으로 사용된 바 있다.

(4) 토양보전 경작기법

중국의 산악지대에서 경작되는 비탈지대는 거의 33백만ha 이상에 이른다. 최근 40년 동안에 7.73백만ha의 테라스 경작지가 개발되었다. 경작지에서의 토양침식은 여전히 심각한 수준이며, 특히, 경사도 20° 이상의 비탈지에서 매우 심하다. 주요한 토양보전경작방법(Conservation tillage measures)은 다음과 같으며, 보다 더 과학기술적인 이론정립이 요망된다.

① 등고선 경작기법(Contour farming) : 이것은 모든 지방에서 적합한 것으로서, 밭고랑을 등고선에 나란하게 쟁기질하는 것이다. 유출수는 단계적으로 차단되며, 이에 따라 침식이 감소되고, 작물의 생장에 필요한 토양수분이 공급된다.

② 이랑 및 고랑 경작지법(Ridges and furrows farmlands) : 밭이랑 및 고랑은 등고선에 따라서 반복적으로 배열된다. 1~2m 간격 안에서 낮은 밭이랑의 횡단은 지표유출수를 차단·저지함으로써 토양 침식을 방지할 수 있도록 한다.

③ 등고선에 간작기법(Contour belts intercropping) : 모든 지역에서 적합한 방법으로, 벨트는 등고선을 따라 배열되며, 서로 다른 작물의 조합으로 조밀하고 성기게, 키가 큰 것과 작은 것, 곡물류와 목초류 등의 조합을 간작한다. 벨트의 폭은 사면경사도, 총강우량 및 토성에 따라 다양하다.

④ 식혈식재기법(Pit planting) : 지름 70cm, 깊이 50cm 정도의 식혈은 사면상의 Stagger pattern으로 만들어진다. 식혈은 본격적인 식재전에 비료를 포함한 흙으로 채운다. 각 구덩이에는 1~2개의 종자를 파종한다. 구덩이간의 간격은 작물의 종류에 따라 다르다.

⑤ 작물 및 목초류의 윤작기법(Rotation cropping) : 인구에 비해 땅이 넓은 지역에서 적합하며, 콩과 목초류를 휴경지에 재배하는 것이다. 그리고 목초류를 수확한 후 작물을 경작한다. 이 방법은 토양 및 물의 손실을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 양료를 회복할 수 있다.

⑥ 깊은 경운(Deep ploughing) 및 밀식기법(Close planting) : 이 기법은 모든 지역에 적합하며, 토양의 침투성 및 식생피복도를 증가시킬 수 있기 때문에, 지표유출 및 토양침식을 감소시킨다.

3) 사막화지역의 염화(鹽化)토양 개량기술

(1) 염성토양의 개량

염성토를 농경지로서 이용하기 위해서는, 토양중의 염류(鹽類)를 제거하는 탈염이 필요하다. 즉, ① 수리적(水利的) : 관개, 배수, 세탈, 수도재배, ② 농업적(토지정리, 경작, 시비, 파종, 윤작, 혼작, 객토), ③ 생물적(내염성 작물과 녹비의 재배와 조립), ④ 화학적(개량물질의 시용) 방법 등이 있다(朱와 朱, 1999). 염성토가 작물에 해를 끼치는 주요인은, 토양중의 염(알카리)분이 지표에 집적하기 때문이다. 지하수위가 높은 곳에서, 염분을 함유한 물이 토양중에서 지표면으로 이동하게 되면 염류가 집적되어, 지표면에 염이 석출한다.

배수시설은 수분의 하방으로의 이동을 촉진하고, 토양중의 염분의 이동을 조절한다. 배수시스템의 개량과 지하수위의 제어는 염성토의 개량과 이차적 염류집적(염성화)을 막아준다. 배수시스템의 역할은 지하수량의 평형을 유지하고, 지하수위의 상승을 막아주므로, 간선배수로를 깊이 파서 지하수위를 제어해야 한다. 양수펌프에 의한 관개·배수법을 다른 배수시스템과 조합하면 염류의 세탈(洗脫)은 신속하고 탈염효과도 크게 된다. 관개수에 의해서 염분을 토양하층에 씻어 보낸 유세염(流洗鹽)은 염집적이 많은 지역의 개간에서 불가결한 것이다. 용해된 염분은 배수로를 따라서 배수한다. 염류는 소량이라도 대량의 관

개수를 사용하여 토양중의 염분을 제거한다. 수도배는 생육기에 표면수위를 일정하게 유지해야 하므로 세탈작용이 지속적으로 진행되어 탈염층은 차체에 깊어진다.

경지의 평균화는 균일한 침투를 가능하게 하고, 염류의 세탈효과를 높여주고, 불균일한 염성화를 막는다. 화학비료를 연용하는 토양은 단단하게 굳어지므로 염성토의 개량에 유효한 유기질 비료를 많이 사용해야 한다. 합리적인 윤작, 혼작과 초생멀칭, 녹비목초재배, 사력개토에 의한 지표면피복은 수분의 증발을 감소하고, 염류의 표면집적을 억제한다. 식재조성립과 방풍림은 배수를 촉진한다.

염류화의 방지법에는, ① 합리적인 관개와 배수시스템에 의한 지하수위의 억제, ② 지하수위의 상승을 피하는 합리적인 관개, ③ 우물물의 관개와 배수시스템의 도입, ④ 배수로의 누수·침수의 방지, ⑤ 멀칭, 김매기, 유기물사용에 의한 토양물리성 개량, 지력증강, 증발억제 등이 있다. 염성 토양의 개량방법은 토양 염도의 저감, 지하수위의 저하, 얇은 지하수대의 탈염, 토양에 비료공급 등을 포함한다. 구체적인 개량기법은 다음과 같다.

① 물 관리를 통한 개량기법 : 이것은 주로 관개, 세척 및 여과, 미사토지대 및 쌀재배지에 대한 홍수, 배수 등이 포함된다.

② 농업을 통한 개량기법 : 여기에는 주로 경운, 유기질 비료 투입, 윤작, 목초류 재배 등이 포함된다.

가. 경운 : 합리적인 경운방법은 토양의 유실을 방지하게 되고 따라서 강우 또는 관개수는 토양속으로 빨리 침투하게 되고 유출을 감소시킨다.

나. 비료공급 : 토양의 유기물질을 증가시키는 유기질 비료의 공급 및 목초류의 재배를 통하여 토양구조를 개량하고, 토양비옥도를 증가시킨다.

다. 윤작 및 간작 : 이 방법은 토지자원의 이용 효율을 높일 뿐만 아니라, 토양 비옥도를 증가시키고 식물병해의 발생을 방지하기도 한다. 또한, 토양 표면의 피복도를 증대시키기 때문에 지표면으로부터의 증발을 감소시킨다.

③ 임업적 방법에 의한 개량기법 : 지역적 특성에 따라 나무를 식재하고 수림대를 조성하는 방법 역시 지표면의 식생피복도를 증가시키는 방법이 된다. 따라서, 지역적인 미기후가 조절될 수 있

고, 지면 풍속이 감소하며, 토양수의 증발이 억제된다. 식물에 의한 증산으로 지하수위가 토양염화를 억제할 수 있도록 낮아진다.

## (2) 알카리토의 개량

治水事業에 의해서 한발해를 방지할 때에, 관개수를 이용하여, 그 물로서 알카리(鹽)분을 씻어 보내는 것이 가장 신속한 방법인 것이다. 이때에는 다량의 물이 필요하지만, 관개를 실시하는 물은 상부에, 지하수는 하부에 가도록 배수로를 정비해서 배수하도록 해야 한다. 또한, 좋은 정호수(井戶水)관개에 의해서 알카리분을 씻어내서, 지하수위를 내리고, 피해도 감소한다. 물이 풍부하고 농도가 그다지 높지 않으면 벼재배에 의해서 토양개량을 할 수 있는데, 이때에는 관개·배수로의 정비가 필요하다. 벼재배에서는 벼-녹비작물-벼-밀 등과 같이하고, 동계에는 벳취, 연 등을 도입하면 효과적이다. 이것은 토양을 비옥화할 수 있고, 지하수위를 낮추게 되며, 지표면으로부터 증발량을 감소하는 효과가 있으므로, 결국은 알카리화를 방지하게 된다. 작물재배체계로서 벼, 밀, 옥수수, 고구마, 목화, 사탕무, 해바라기 등 합리적인 작물의 조합·도입이 필요할 것이다.

배수, 토지의 정리, 농도정비 등 기반정비가 불가결하며, 이와 함께 農道에는 방풍림을 조성할 필요가 있다. 방풍림은 물을 흡수하고, 앞에서 증산하므로 지하수위를 저하시킨다. 또 기상개량으로서의 감풍과 증발량의 감소에 의해서 지표면에서의 알카리 집적을 방지한다.

## 결론

사막화방지용 주요 적응식물 및 식생 : 사막화 지역 식생분포의 일반적인 특징은 부분적으로 집중된 식생분포, 즉 사막의 저지대 또는 분지의 낮은 곳의 사구에 있는 사막식물, 염수호 주변의 내염성식물, 담수·염수호와 하천연안의 포플러 및 위성류의 군생, 사력퇴적지(고비)의 사퇴식생, 하천선상지의 초생지 및 오아시스(綠洲)숲 등이다. 일반적으로 사막화지역에는 中國植物名으로 檉柳(紅柳)(*Tamarix chinensis* Lour.), 梭梭(*Haloxylon ammodendron* Bunge.), 沙拐棗(*Calligonum* spp.), 胡楊(*Populus euphratica* Oliver.), 沙棗(*Elaeagnus angustifolia* L.), 榆(白榆)(*Ulmus pumila* L.), 柳類(*Salix* spp.), 岩黃耆(*Hedysarum*

spp.), 錦雞兒(*Caragana* spp.), 文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.), 白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.), 胡枝子(*Lespedeza bicolor*), 駱駝刺(*Alhagi sparsifolia* Shap.), 刺山柑(*Capparis spinosa* L.), 沙蒿(*Artemisia arenaria* DC.) 등이 널리 분포하며, 이와 같은 사막화지역 자생식물에 관한 연구가 더욱 필요한 상황에 있다.

사막화방지에 대한 집약적 녹화생산기술체계분석: 풍식지역에서는 합리적인 경작체계(지역계획, 방풍림체계 및 오아시스보호체계, 관개수로네트워크설치, 광대한 농지관리기술 등), 식물자원의 합리적 이용기술(연료림, 약용식물, 방목, 초지관리 등), 수자원이용(유역계획 및 관리, 수로건설, 절수관개기법 등), 방풍림조성, 인구증가의 조절, 농용림·연료목·사료생산기술 등에 관해서, 그리고 수식지역에서는 합리적인 토지이용기술, 식생이용기술, 공학적 기술, 농작물보호기술 개발 등에 관한 시험연구사업이 중점적으로 추진되고 있다. 또한, 사막화지역에서의 염성토양·알카리토양개량을 위한 수리적(관개, 배수, 세탈, 수도재배 등), 농업적(토지정리, 경작, 시비, 파종, 윤작, 혼작, 객토 등), 생물적(내염성작물 및 녹비의 재배, 조림 등)방법 등에 관한 시험연구도 활발하게 추진되고 있으며, 이와 같은 사막화지역의 녹화사업에 국제적인 협력을 절실하게 요망하고 있다.

사 사

지난 3년간 중국의 사막화방지에 관한 이 연구과제를 수행할 수 있도록 연구비를 지원해준 과학기술부, 한국과학기술평가원에 심심한 감사를 드리고자 한다. 또한, 한·중 국제공동연구의 중국측 연구자인 북경임업대학교(中國北京林業大學 水土保持學院)의 왕리산(王禮先)교수, 선바오핑(孫保平)교수, 장계빈(張克斌)교수, 허강탕(賀慶棠)교수(전임 교장)님들과 황파시험장(黃堡苗圃) 직원님들, 그밖에도 이 연구수행에 많은 협조를 해주신 분들께 깊은 감사를 드린다.

인 용 문 헌

1. 이천용. 1999. 사막화협약의 개요와 대처방안. 동북아지역의 사막화방지 및 한발완화에 관한 세미나 발표문집. 동북아산림포럼 129-144.

2. 禹保命·全起成·金慶勳·崔炯太·李承炫·李炳權·金素蓮. 2000a. 中國의 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 關한 研究(I) - 沙漠化現狀이 지구환경에 미치는 영향 -. 韓國林學會 2000年 定期總會學術發表文集 pp. 149-153.

3. 禹保命·全起成·金慶勳·崔炯太·李承炫·李炳權·金素蓮. 2000b. 中國의 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 關한 研究(II) - 內蒙古自治區毛烏素-庫布齊-烏蘭布和沙漠의 綠化技術 -. 韓國環境復元綠化技術學會 2000年 定期總會學術發表文集 pp. 17-19.

4. 禹保命·全起成·金慶勳·崔炯太·李承炫·李炳權·金素蓮. 2000c. 中國의 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 關한 研究(III) - 건조·반습윤지역 사지의 녹화 및 이용 -. 韓國林學會 2000年 夏季總會學術發表文集 pp. 185-188.

5. 禹保命·崔炯太·李相昊·李承炫. 2000d. 中國의 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 關한 研究(IV) - 中國의 沙漠化防止對策 -. 韓國環境復元綠化技術學會 2000年 夏季總會學術發表文集 pp. 85-88.

6. 禹保命·李景俊·全起成·金慶勳·崔炯太·李承炫·李炳權·金素蓮·李相昊·全正壹. 2000e. 中國의 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 關한 研究(I) - 中國의 沙漠化現況 및 防止對策 -. 韓國環境復元綠化技術學會誌 3(3) : 45-76.

7. 禹保命·李景俊·全起成·金慶勳·崔炯太·李承炫·李炳權·金素蓮·李相昊·全正壹. 2000f. 中國의 沙漠化防止 및 防沙技術開發에 關한 研究(II) - 中國의 景觀-生態 防護林造成技術 및 效果分析 -. 韓國環境復元綠化技術學會誌 3(3) : 81-99.

8. 乾燥地綠化研究部會/日本綠化工學會. 1990. 沙漠綠化研究의 現狀及問題點에 關するシンポジウム. 日本綠化工學會誌 15(4) : 63-71.

9. 科學技術廳研究開發局(日本). 1994. Proc. Japan-China Inter. Symp. on Study of Mechanism of Desertification. 538pp.

10. 吉野正敏·社明遠. 1994. 中國沙漠化とその防止. 愛知大學. 79pp.

11. 吉野正敏. 1997. 中國의 沙漠化. 大明堂. 300pp.

12. 小橋澄治. 1987. 中國內蒙古自治區毛烏素沙漠의 綠化研究について. 綠化工技術 13(1) : 13-18.

13. 眞木太一. 1996. 中國の沙漠化・綠化と食料危機. 信山社. 190pp.
14. 遠山枉雄. 1989. 沙漠綠化への挑戰. 讀賣新聞社. 228pp.
15. 馬世威, 秦詮. 1992. 治沙學. 內蒙古教育出版社. 295pp.
16. 孫保平, 岳德鵬, 趙廷寧, 程堂仁. 1997. 北京市大興縣北藏鄉農田林網景觀結構的度量與評價. 北京林業大學學報 19(1): 18-50.
17. 王禮先 主編. 1994. 水土保持學(Soil and Water Conservation). 中國林業出版社. 612pp.
18. 姚云峰, 王林和, 姚洪林, 馬玉明, 馬世威. 1998. 沙漠學. 內蒙古人民出版社. 441pp.
19. 吳傳鈞主編. 1998. 中國經濟地理. 科學出版社. 482pp.
20. 李濱生主編. 1992. 治沙造林學. 中國林業出版社. 243pp.
21. 張克斌. 1996. 永定河沿岸沙地改造利用研究. 北京林業大學學報 18(1): 15-21.
22. 張林源. 1994. 中國的沙漠和綠洲. 甘肅教育出版社. 280pp.
23. 張志達. 1997. 全國10大林業生態建設工程. 中國林業出版社. 190pp.
24. 朱俊風, 朱震達. 1999. 中國沙漠化防治. 495pp.
25. 朱震達. 1997. 治沙工程學. 中國環境科學出版社. 380pp.
26. 朱震達, 吳正, 劉恕. 1980. 中國沙漠概論(修訂版). 科學出版社. 107pp.
27. 朱震達, 劉恕, 邱醒民. 1989. 中國的沙漠化及其治理. 科學出版社. 126pp.
28. 朱震達, 陳廣庭 等. 1994. 中國土地沙質荒漠化. 科學出版社. 250pp.
29. 中國國家林業局編. 1999. 中國林業五十年(1949~1999). 中國林業出版社. 868pp.
30. 治沙造林學編委會. 1984. 治沙造林學. 中國林業出版社. 323pp.
31. CCICCD. 1997. China Country Paper to Combat Desertification. China National Committee for the Implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification. China Forestry Publishing House. 40pp.
32. CCICCD. 1999. Desertification Rehabilitation and Ecology Restoration in China-Highlight. 21pp.
33. Ci Longjun. 1997. Land Evaluation and Expert System for Combating Desertification. China Forestry Publishing House. 201pp.
34. Gao Shangwu, Zhou Shiwei et al edited. 1993. The Desertification Control in China. Beijing Science and Technology Press. 285pp.
35. Lee Cheon-Yong. 1996. Correspondence to United Nations Convention to Combat Desertification of Japan. Journal of Forestry Information No.67: 10-14.
36. Lee Jong-Hak. 1996. Desertification of China and its Counterplans. Journal of Forestry Information No.65: 47-49.
37. Lee Jong-Hak. 1999. Yellow Sand Fixation by Control Works. In Proc. China-Korea Joint Seminar on Desertification Combating and Sand Industry Development. pp. 67-84.
38. Wang Lixian. 1999. Important Problems and Solutions of Desertification in China. In Proc. of China-Korea Joint Seminar on Desertification Combating and Sand Industry Development. pp. 1-10.
39. Wang Lixian edited. 1996. Combating Desertification in China. China Forestry Publishing House. 408pp.
40. Woo Bo-Myeong. 1999. Korea's Role for Combating Desertification in Northeast Asian Region, and Future Cooperation between Korea and UN System. In Proc. of Seminar on Combating Desertification and Mitigating Drought in Northeast Asia. Northeast Asian Forest Forum pp. 45-60.
41. Woo Bo-Myeong. 1999. Importance of China-Korea Joint Research Project for Combating Desertification in view point of Global Environment Conservation. In Proc. China-Korea Joint Seminar on Desertification Combating and Sand Industry Development. pp. 37-66.
42. Zhang Kebin. 1999. Results and Prospects of the China-Korea Joint Research Project for the Desertification Combating and Sand Industry Development. In Proc. of China-Korea Joint Seminar on Desertification Combating and Sand Industry Development. pp. 11-28.
43. Zhou Guolin. 1999. China's Current Desertification Status and its Combat Method. In Proc. of Seminar on Combating Desertification and Mitigating Drought in Northeast Asia. Northeast Asian Forest Forum. pp. 21-35.