

경북대학교 농학석사학위논문

몽골 사막화 지역 내 식재방법에
따른 조림수종의 활착률 및 생장특성

대학원 임학과

울지자르갈 다바수렌

2011年 6月

경북대학교 대학원

몽골 사막화 지역 내 식재방법에 따른 조림수종의 활착률 및 성장 특성

이 논문을 농학석사 학위논문으로 제출함

대학원 임학과

울지자르갈 다바수렌

지도교수 주 성 현

울지자르갈 다바수렌의 農學碩士學位論文을 認准함

2011년 6월

위원장

①인

①인

①인

경북대학교 대학원위원회

< 목 차 >

I. 서 론	1
II. 몽골의 자연환경	4
1. 일반개황	4
2. 산림현황	7
3. 사막화 및 사막화 방지를 위한 조림 현황	9
III. 재료 및 방법	11
제1절 조사지 개요	11
1. 조사지 개황	11
2. 기 상	12
3. 지형 및 지질	13
4. 토양	14
제2절 조사방법	17
1. 조사대상 수종	17
2. 방풍림 조성 및 식재방법	18
3. 조림수종의 활착률 및 생장 조사방법	21
IV. 결과 및 고찰	22
제1절 조림수종의 활착률 및 생장 특성	22
1. 활착률	22
2. 수고 생장	25
3. 근원경 생장	28
제2절 제언	31
V. 결론	32
참고문헌	34
Abstract	37

List of Tables

Table 1. Soil physical properties of the study sites	15
Table 2. Soil chemical properties of the study sites	16
Table 3. Survival rate of the species	23
Table 4. Growth rate of height (furrow)	25
Table 5. Growth rate of height (hole)	26
Table 6. Height growth between planted by the furrow method and planted by the hole method	27
Table 7. Growth rate of root collar diameter(RCD)(furrow)	28
Table 8. Growth rate of root collar diameter(RCD)(hole)	29
Table 9. Root collar diameter(RCD) growth between planted by the furrow method and planted by the hole method	30

List of Figure

Figure 1. The natural zones of Mongolia	5
Figure 2. The location map of afforestation area in the Lun soum	11
Figure 3. Representative climate-diagram of the Lun soum	12
Figure 4. Soil profile in the study site	14
Figure 5. Structure plan of the shelter belt	18
Figure 6. Mimetic diagram of the furrow method	19
Figure 7. Planted by the furrow method area	19
Figure 8. Mimetic diagram of the hole method	20
Figure 9. Planted by the hole method area	20

I. 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 정의하였다(Woo *et al*, 2001). 사막화로 인하여 지구상 육지의 25%, 전 세계 인구의 17%가 직·간접적인 영향을 받고 있다(이천용, 1996). 사막화원인은 매우 다양하고 복잡하지만, 「기후변화에 의한 자연적인 원인」과 「인간행위에 의한 인위적 원인」으로 구분된다(이천용, 1999; 2000a; 2000b).

몽골은 최근 지구온난화에 의한 기후변화로 자연생태계의 큰 변화를 가져와 평균기온이 1.56℃ 상승하였다. 이로 인해 전 국토의 25% 지역에서 가뭄이 2~3년에 1회, 50% 지역에서 4~5년에 1회 발생하고 있다. 고비 지역을 포함한 스텝(steppe) 지대에서 황사 발생횟수가 1960년과 비교하면 3~4배 증가하였다(한-몽 그린벨트사업 공동연구위원회, 2008). 투르크메니스탄 사막연구원과 몽골 지리생태연구소에서 공동 연구한 결과에 따르면 1990~2000년 동안 가뭄피해 면적은 3.4%, 사막화가 빠르게 진행되고 있는 면적은 5.4배, 사막화가 매우 빠르게 진행되고 있는 면적은 1.8배가 증가했다고 보고하였다. 이는 최근에 가축 사육두수가 4,300만 마리에 달하여 목축지의 70%를 훼손시키고 있는 것이 사막화의 큰 요인으로 보고 있다.

1974년 케냐 나이로비에서 채택한 사막화방지협약에서 사막화를 막기 위한 방법은 수목을 이용한 녹화와 조림방법의 다양화(agroforestry, deforestation, reforestation etc)를 활용하는 것이 바람직하다고 하였다. 또한 사막화진행 지역에서는 농지, 목초지 및 방목지 주위에 묘목을 식재하여 수림대를 조성하여 모래 침입을 방지하고, 풍식으로부터 농지와 방목지 보호가 필요하다고 하였다(Woo *et al*, 2000).

지구상의 사막화현상 및 사막화로 인한 피해방지 대책과 복원 등에 관한 연구는 19세기 중반부터 사막화가 발생하는 나라를 중심으로 활발하게 수행되기 시작하였으나, 아직까지도 확실한 복원 전망보다는 오히려 확대되고 있는 상황에 놓여 있다(과학기술부, 2000).

중국은 사막화로 인하여 가장 심각한 영향을 받는 나라중의 하나이다. 중국에서는 주로 1950년대 초부터 사막화방지에 관한 각종 시험연구를 국가 경제사회발전계획의 일환으로 적극적으로 추진하고 있다. 그러나 몽골의 사막화방지 조림기술에 대한 연구는 Davaajamts.Ts, Tsolmon.P 등이 모래이동을 방지하는데 적합한 수종으로 *Haloxylon ammodendron* BUNGE, *Ulmus pumila* L. *Caragana* BUNGE 등을 언급한 바 있고, 모래 이동을 방지하는데 적합한 수종에 대한 조사(Gal, 1975, Baasan, 1983년)가 있는 정도로 몽골에서 사막화방지 기술에 관한 연구는 매우 부족하다(Natsagdorj.L, 2004b).

몽골 정부는 사막화 문제를 해결하기 위해 2005년부터 30년간 추진되는 조림사업 계획을 수립하고, 국제기구와 주변 국가에 협력을 요청하였다. 동북아 지역의 몽골과 중국의 사막화 문제는 아시아 국가들에게 막대한 영향을 미치고 있다. 이에 따라 한국의 NGO와 여러 기관들이 2000년부터 소규모로 조림활동을 시작하여 면적이 매년 증가하고 있다(강민경, 2007). 최근에 와서는 몽골의 황사 및 사막화를 방지하는데 기여하고자 한국정부 차원의 국제협력 사업으로 2007년부터 한-몽 그린벨트사업을 실행하기 시작하였다. 한-몽 그린벨트사업은 2007년부터 2016년까지 움노고비(남고비) 아이막의 달란자드가드(Dalanzadgad)와 투브아이막의 룬숨(Lun Soum)지역(3000ha)에 조림하는 사업이다. 2010년까지 400ha 면적에 비술나무(*Ulmus pumila* LINN.), *Populus sibirica* L., 아몬드나무 (*Amygdalus mongolica* LINN.), 보리수나무(*Elaeagnus moorcroftii* LINN.), 살구나무(*Prunus armeniaca* var. *ansu* Maxim.), 갈매보리수 (*Hippophae rhamnoides* LINN.), 쯤골담초 (*Caragana microphylla* Lam), 노랑아카시아 (*Caragana arborescens* LINN.), 버드나무속 (*Salix spp*), 위성류 (*Tamarix ramossima* LINN.), Saxaul (*Haloxylon ammodendron* Bunge.) 등 11개의 수종을 조림하였다.

몽골 전국토의 76.7%를 차지하는 고비사막 및 스텝지대에 적합한 수종을 조성하는 것이 시급하지만, 수종선정과 식재방법에 대한 선행연구는 미비한 실정이다. 그러므로 고비 및 스텝지대 등의 사막화가 진행되고 있는 지역에 내건성이 강하고 생장이 빠른 수종선발과 수목 생장에 영향을 미칠 수 있는 조림방법에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 한-몽 그린벨트 사업 조림지를 대상으로 각 조림지에 식재한 수종들에 대하여 식재방법에 따른 활착률과 생장특성을 비교분석하여 사막화 지역의 효율적인 조림방법 선택에 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 몽골의 자연환경

1. 일반개황

몽골은 국토 면적으로는 아시아에서 7번째로 큰 대륙 국가이며, 평균 해발고도가 약 1,500m에 이르는 고원 지역으로 이루어져 있다(한-몽 그린벨트사업 공동연구위원회, 2008). 지형은 대체로 서고동저(西高東低)의 형상으로 최고점은 나이라마들린 오르길(Nairamdliin orgil, 4,374m)이며 최저점은 호흐누르(Hoh Nuur, 518m)이다.

국토 중앙부에서 동부에 걸쳐 목축에 알맞은 대초원이 전개되고, 서쪽으로 갈수록 높고 험준하지만 천혜(天惠)의 고원성 초원지대를 이루고 있다(한-몽 그린벨트사업 공동연구위원회, 2008). 국토에서 발생하는 강물의 연평균 보유량은 30.6km³이며, 러시아, 중국에서 흘러 들어오는 지류를 포함시키면 총 보유량은 34.6km³가 된다. 총 보유량의 49%인 16.9km³는 북극해 유역으로, 11%인 3.80km³는 태평양 유역으로, 40%인 13.9km³는 중앙아시아 유역으로 흐르고 있다. 평균적으로 60%의 물은 국토 밖으로 흘러 나가며, 40%는 토양에 스며들어 지하수에 공급되거나, 일부분은 고비지역 호수에 흘러들어가고, 적은 양은 증발하여 감소된다(한-몽 그린벨트사업 공동연구위원회, 2008).

전국토의 약 80%인 1,210천km²는 초지이며, 스텝 지대로 분류되는 이곳에는 약 600여종의 초본식물이 분포하며 이는 방목되는 가축사료로 이용된다(산림청, 2007). 기후는 전형적인 대륙성 기후로 겨울이 길고 추우며, 여름이 매우 짧다. 겨울철 1~2월 평균온도는 영하 20°C, 최하온도는 영하 40°C까지 내려가는 곳도 있다. 여름의 최고온도는 33~38°C까지 올라가 무더우며, 특히 고비사막의 한여름 최고온도는 40°C까지 올라간다. 봄은 5~6월의 2개월로 기압의 변화가 심하고 때때로 돌풍이 일어 추위가 심하다. 연중 구름 없는 날 257일, 평균기압 1036mb, 연평균 강수량 230.5mm이며, 특히

6-8월에 집중적(70%)으로 비가 내린다. 주풍향은 북풍과 서풍으로 평균 풍속은 2~5m/s로 오후 1시 전후가 가장 심하다.

기후대에 따라 구분하면 고산지대(high mountain zone), 침엽수림지대(taiga zone), 산림-스텝지대(forest steppe zone), 초원지대(steppe zone), 사막스텝지대(desert steppe zone), 사막지대(desert zone)로 다음과 같이 구분된다(Tsogtbaatar. J., 1995, 산림청, 2000).

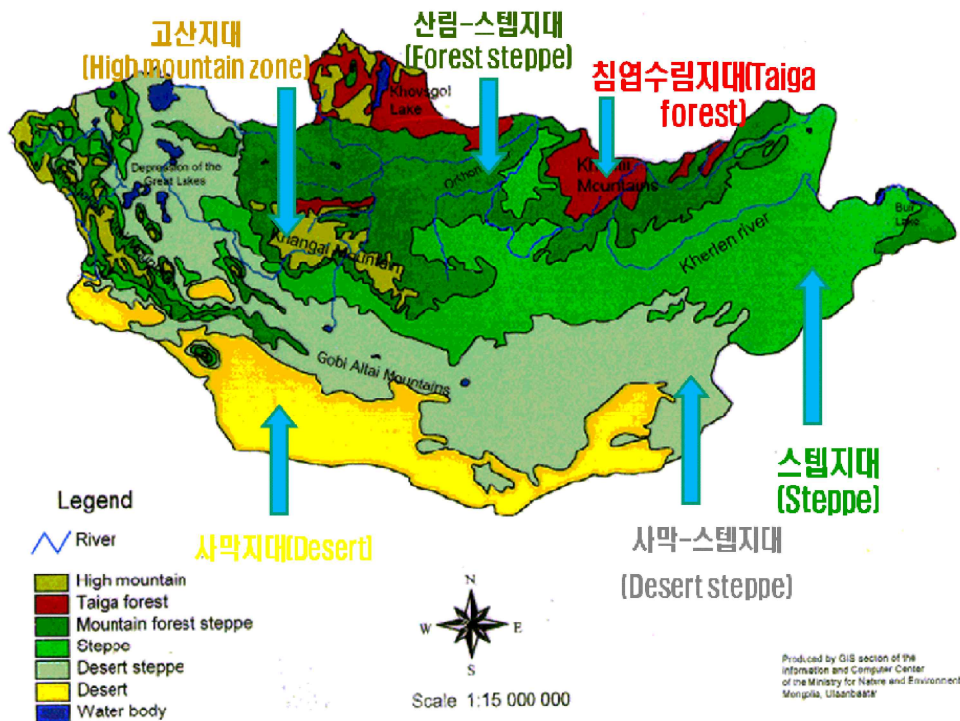


Figure 1. The natural zones of Mongolia.

※ Ministry of nature, environment and tourism of Mongolia, 2010.

1) 고산지대

몽골의 서부지역은 알타이산맥이 1,500km에 걸쳐 뻗어 있고, 이를 몽골 알타이와 고비 알타이로 구분하고 있다. 이곳의 평균 해발고는 1,580m이고 고산지대는 전체 국토면적의 5%에 불과하다. 주요 식물종은 자작나무속 (*Betula spp*), 눈잣나무(*Pinus pumila* (Pall.) Regel), 매자잎버드나무(*Salix*

berberifolia Pall) 등이 있다.

2) 침엽수림지대

몽골면적의 약 3.89%를 차지하는 침엽수림지대는 방대한 시베리아 침엽수림지대의 남쪽 끝부분과 북쪽 산림지역이 해당된다. 이 지역의 주요 수종은 약 70%를 차지하고 있는 *Larix sibirica*와 *Pinus sibirica* 이며, 이들 수종 외에도 종비나무(*Picea obovata* KOM), 구주소나무(*Pinus sylvestris* LINN), 자작나무(*Betula platyphylla* var. japonica(miq) H.hara) 등이 자생하고 있다. 이 지역 산림의 연 강수량은 300~400mm로 몽골의 타 지역에 비해 강수량이 풍부하고 사람의 접근이 힘든 지형적 특성으로 인위적인 교란이 적어서 임내에 이끼류와 지의류도 풍부하다.

3) 산림-스텝지대

시베리아의 침엽수림지대와 중앙아시아의 스텝지역이 서로 만나는 지역이다. 이 지역의 경우 사면에 따라 임분의 분포양상에서 차이를 보이는데, 침엽수림의 경우 습하고 냉한 북사면에 집중적으로 분포하고 있는 것을 볼 수 있다. 이 지역은 몽골 전체의 약 23.6%를 차지한다.

4) 스텝지대

스텝지대는 몽골 동쪽의 대부분을 차지하고 있으며, 국토의 약 26%를 차지하고 있다. 이 지역은 타 지역과 확연히 구분되는 동·식물상이 분포하며, 이 지역의 초지는 야생동물이나 가축의 방목에 있어 주요한 먹이자원 공급원이 된다. 그러나 가축의 과도한 방목이나 사람의 간섭에 의해 쉽게 영향을 받고 훼손될 우려가 있는 곳이다. 이 지역의 주요 식물종은 콩과 관목류인 좁골담초, *Caragana pygmaea* 등이 있으며, 벼과의 초본류 *Agropyron cristatum* 등이 있다.

5) 사막-스텝지대

이 지역은 몽골 국토의 20%를 넘게 차지하고 스텝지대와 사막지역을 가

로질러 분포하고 있다. 이 지역의 기후는 잦은 가뭄과 연 강우량이 100-125mm로 건조하며, 강한 바람과 모래폭풍은 식생의 분포에도 영향을 미친다. 중앙아시아 자생종들이 여기서 많이 발견되고 있으며, 일부 스텝지대나 사막지대 종들이 발견되기도 한다. 이 지역의 주요 식물종은 콩과 관목류 *Caragana bungei*, *Caragana leucophloea*가 있으며, Gobi Feathergrass (*Stipa gobica*, *Stipa glareosa*) 등이 있다.

6) 사막지대

고비지역은 몽골의 남쪽, 중국의 북동쪽에 걸쳐 분포하고 있으며, 식생이 매우 드문드문 분포한다. 이 지역에는 야생낙타, 야생곰(Mazaalai), 야생나귀 등 멸종위기종이 분포하고 있다. 기후는 연 강우량이 100mm이하로 매우 열악한 조건이며, 온도차도 커서 여름엔 최고 40°C 올라가고 겨울에는 최저 -40°C까지 내려간다. 특히 이 지역은 29~30m/s의 강한풍속이 관측된다. 이 지역의 주요 식물종은 포플러속(*Populus spp*), Saxaul (*Haloxylon ammodendron* BUNGE), *Tamarix* 속, Gobi Feathergrass (*Stipa glareosa*) 등이 있다.

2. 산림현황

몽골 산림은 북부지역에 주로 분포하고 있으며 바이칼-시베리아 대침엽수림 및 중앙아시아 스텝-사막 접경지대로 변화가 심한 기후환경에 자라 천연갱신이 매우 부족하고 산불, 병해충 및 인간파괴행위에 산림이 가지는 감수성이 높다. 몽골 산림지대의 면적은 18.5백만ha으로, 전체 국토면적의 11.87%를 차지하고 있으며, 산림으로 덮여있는 임목지는 12.9백만ha로 전체 국토면적(1,565,000km²)의 8.26%이다. 산림자원의 75.1%가 침엽수와 활엽수림이 차지하고 있으며, 그중에서 남부 사막지역의 주요 수종으로 목축의 사료로도 이용되는 관목 수종인 Saxaul (*Haloxylon ammodendron* BUNGE)이 24.9%를 차지하고 있다(몽골임업청, 2011). 산림의 주요 구성 수종은 *Larix sibirica* L이며 산림면적의 60.4%를 차지하고 있다. 침엽수는 Schotch

Pine(*Pinus silvestris* LINN), 종비나무(*Picea obovata* KOM) 등이 있고, 활엽수는 자작나무(*Betula platyphylla* var. japonica(miq) H.hara), 포플러속(*Populus spp*), 비술나무(*Ulmus pumila* LINN), 버드나무속(*Salix spp*)등 총 140수종이 분포되어 있다. 각 수종에 대한 수목학적 특성을 보면 가장 많은 면적을 차지하고 있는 낙엽송, Schotch Pine, 전나무 등이 모두 100년이 넘는 수령과 ha당 축적이 100m³를 넘는 울창한 산림을 구성하고 있다. 이 수종들의 전체 임분 재적량은 약 1335.9백만 m³이며 Schotch Pine의 경우 산업림에서는 199m³에 달하기도 하지만 너무 추운 기후로 인하여 연평균 임목성장량은 1~2m³에 불과하므로 나무의 생장은 빠르지 못하다. 활엽수는 자작나무, *Populus sibirica* L, 사시나무류가 가장 많은 면적을 차지하고 있으나 평균 연령은 50년 이내이고 평균재적도 60~70m³/ha에 불과하다. 몽골의 남부와 남서부에는 건조지역과 초본지역이 널리 분포한다. 통계에 의하면 의하면 이 지역은 90%(10.7백만 ha) Saxaul림과 10%의 Tamarix종으로 구성되어 있다 (World bank, 2006, 산림청, 2000). 몽골 산림지역은 행정적으로 다음의 2가지로 나누어진다.

①보호산림지역(protected forests): 전체 산림지역의 82.9%로 벌채가 금지되며, 오아시스, Saxaul 등의 작은 숲을 포함하고 있다.

② 산업림(industrial forests): 전체산림지역의17.1%로 벌채가 허가된 지역이다(몽골 임업청, 2011).

지난 1974년부터 1994년까지의 산림상태가 악화되어 왔으며 임목지 면적이 1,201천ha 감소했고, 이중에서 산림지가 1,442천ha, 조림지가 23ha 감소했다. 반면에 무림목지는 소개림이 2,436천ha, 산림벌채가 166천ha 증가하여 전체적으로 2,742천ha가 증가했다.

UNDP통계에 따르면, 기후변화로 인해 가뭄이 심했던 1996년 한해에만 417건의 산불이 발생, 총 2.4백만ha의 산림이 산불로 훼손되었으며, 이는 국토에 비해 산림면적이 낮은 나라로서는 엄청난 손실이라고 할 수 있다(산

림청, 2000). 몽골임업청에 의하면 1971년에서 1997년까지 약 2,700여건의 크고 작은 산불이 발생하였고 이로 인해 14백만ha이상의 면적이 훼손되었다고 한다. 산림이 훼손되고 있는 원인은 주로 인간에 비롯된 행동으로 인한 산불, 병해충, 도벌 및 과도한 방목이다. 산불발생 원인은 기후변화로 인한 가뭄과 산림지역 주변 거주가수가 늘어나면서 과실나무 열매와 잣 채취, 도벌, 사냥 등의 목적으로 간 사람들의 버린 담배 등이 원인 되고 있다. 몽골임업청에 의하면 최근 5년간 평균 150건의 산불이 발생하여 1년에 34만 ha 면적이 훼손되고 있다. 또한 지구온난화로 35~80만ha 면적이 산불과 병해충으로 인하여 천연갱신이 불가능해졌다고 한다(산림청, 2000, 몽골 임업청, 2009).

3. 사막화 및 사막화방지를 위한 조립 현황

몽골은 건조 기후대에 위치해 있고 국토의 약 40%가 바람에 의해 쉽게 훼손되는 토지이기 때문에 국토의 94.7%가 사막화 영향을 받고 있다. 또한 온냉기류의 중심이며, 지구온난화에 따른 기후변화로 최근 60년 동안 평균 온도가 1.56℃ 상승하였다. 사막화로 인하여 전지역의 4%는 심각한 상태이고 21%는 보통이며, 75%는 약간 영향을 받고 있다. 기후 변화에 따른 몽골의 사막화 원인은 기온의 상승, 낮은 강수량, 과도한 방목으로 인하여 사막화가 확산되고 있다(한-몽 그린벨트 사업 공동연구위원회, 2009, 산림청, 2000). 또한 과도한 목축과 미숙한 농업기술, 산지전용, 도시 계획의 부재, 화재 및 병해충 등으로 인한 산림면적훼손 등으로 사막화가 더욱 확산되고 있다. 몽골의 사막화는 자연요인과 기후변화가 약 50%이고, 인위적 요인과 목축지 훼손에 의하여 약 50%가 진행되고 있는 것으로 추정하고 있다(Natsagdorj.L, 2004b). 몽골은 지리적과 기후적으로 사막화가 되기 쉬운 조건을 가지고 있으며 전 국토의 84.7%가 해발 1,000m 이상의 고지대이다. 지구온난화로 인한 황사는 2000년에 들어서 1960년대에 비해 3~4배로 증가하고 있는 추세이다. 축산업은 몽골경제에 미치는 영향이 매우 큰 반면 효율적인 관리체계를 이루지 못하여 가축 두수가 늘어나면서 과도한

방목으로 일반 초원지역 초지의 훼손이 심각해졌다. 지난 40년 간 지나친 방목으로 인해 초지의 약 70%가 훼손되었다고 한다. 그러므로 몽골 정부는 사막화를 방지하기 위한 조림사업을 시작하였으나 옛날부터 조림을 위한 묘목을 양묘하는 전통이 없기 때문에 묘목의 구입이 불가능했고 조림에 대한 주민의 이해가 충분치 않아 초기에 많은 어려움을 겪었다. 특히 어린 묘목을 조림하고 난 뒤 가축으로부터 보호하기 위한 울타리 설치 등에 대한 비용이 매우 높았다.

2000년대 들어서 그린벨트 조성 사업뿐만 아니라 산림복구 사업이 곳곳에 일어나기 시작했다. 이러한 사업은 국제협력사업이 대부분이었으며 특히 한국의 시민단체 등이 적극적으로 참여해온 사례가 많았다. 동북아산림포럼이 한국정부의 녹색자금과 유한킴벌리(주)의 지원으로 산림복구 사업을 2003년부터 추진하였고, 한국 로타리 클럽에서 2005년부터 5년 계획으로 남고비아이막, 하라호름섬 등에서 "몽골을 푸르게" 사업을 추진하였다. 또한 시민정보미디어센터에서 2000년부터 울란바타르시에 소나무 200그루로 시작하여 조림사업을 추진 중이며, 대구은행에서 몽금머리트섬에 2009년부터 사막화 방지를 위해 60ha에 약 28만 그루의 나무를 심어 조림지을 조성하였다. 2006년에는 황사 및 사막화 방지를 위한 국가적인 지원에 합의하고 몽골 그린벨트 조림사업에 대하여 한국 산림청과 몽골 자연환경부 간에 양해각서를 체결하였다. 본 사업은 2007년부터 2016년까지 10년간 그린벨트 조림사업을 통한 황사피해 저감 및 사막화 방지에 기여하기 위해 사업이 추진되고 있다.

Ⅲ. 자료 및 방법

제1절 조사지 개요

1. 조사지 개황

본 조사대상지는 수도 울란바타르에서 서쪽으로 140km 떨어진 곳에 위치하고 있고 행정구역상으로 툽아이막 룬숨 지역에 포함되어 있다(Figure 2). 룬숨을 중심으로 토울강이 흐르고 있다. 조사대상지는 룬숨지역의 조립지로서 조사지 1은 동경 105° 09' 12.0" ~105° 10' 00.3", 북위 47°50' 59.9" 에 위치하고 있고, 조사지 2는 조사지 1과 약 300m 떨어진 곳으로 동경 105° 08' 15.0" ~105° 09' 06.4", 북위 47° 51' 05.4" ~47° 51' 32.1" 에 위치하고 있다.

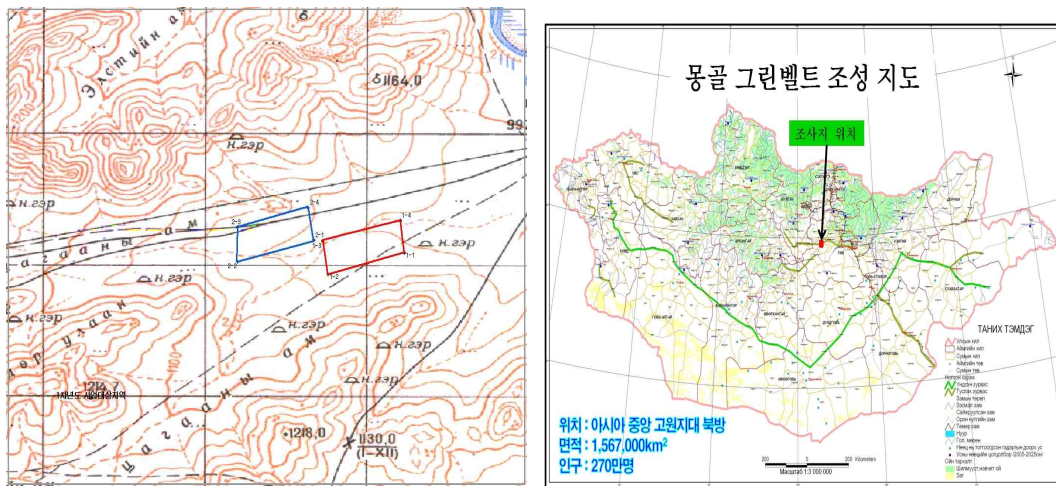


Figure 2. The location map of afforestation area in the Lun soum.

2. 기상

룬숨기상대의 최근 10년간(1999~2010) 기상자료를 이용하여 climate diagram을 작성하였다(Figure 3). 룬숨은 토울강 서쪽 강가에 위치하기 때문에 기후는 동쪽과 다르며, 여름에는 고온건조하고 겨울은 춥다. 연평균 기온은 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$ 이고, 평균 강수량은 200~250mm로 대부분이 6~8월에 집중되며 이 기간 동안 연 강수량의 약 70%가 내린다. 여름철 습도는 50~60%이고, 최고 기온은 39°C (여름 7월), 최저기온은 -22.8°C (겨울 1월)이다. 평균풍속은 15m/s이며, 봄철 황사 발생 일수는 10~20일이다.

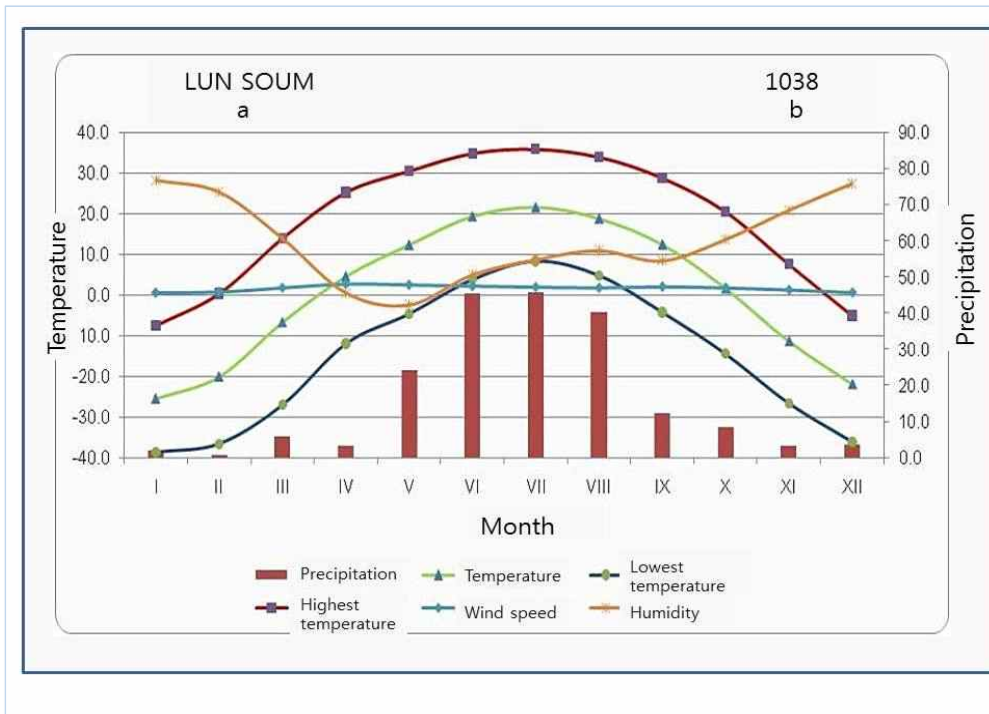


Figure 3. Representative climate-diagram of the Lun soum.

a : Station

b : Height above sea level(m)

3. 지형 및 지질

몽골의 지형은 고산침엽수림대(high mountain taiga), 산악임지(mountain forest), 산림초원(forest steppe), 초원(steppe) 및 사막지대(desert) 등으로 구분되어 있다. 전 지역의 80%이상이 표고 1,000m 이상이며 4계절이 있고 건조한 대륙성 기후이다.

조사지는 경사가 완만한 야산들이 분포하고 충적층의 표면을 가지는 지역으로 산 사이로 한천(토울강)이 흐르고 있다. 셀렝게-토울 영역의 토울-타리니의 토사는 부식된 맥반석이 바람에 의해 퇴적되고, 이동해 골짜기에 쌓여 생겼다. 룬숨 지역의 지질은 고생대의 침적-화산기원의 복합체로서 사암이 주를 이루고 가변성 점판암, 역암(conglomerate)이 분포하며, 응회암(tuff)이 간헐적으로 나타난다. 그리고 여러 방향과 깊이로 분열하여 고생대 지층이 변형되었다.

토양은 모래가 대부분인 반고정사지로 보수력이 매우 낮고 표토로부터 17 ~ 78cm에 석회질이 집적된 층이 부분적으로 나타나며, 토양단면내 직경 2cm내외 크기의 자갈이 많은 곳은 50%이상 분포한다(룬숨지리정보, 2010).

4. 토양

1) 토양단면

룬숨 지역의 토양은 스텝토양(steppe soils)으로 토양형은 Dark Kastanozen에 해당되며, 퇴적성 미숙토양으로서 토양단면 내에 자갈이 많이 나타나는 곳이 있다. 본 연구 조사지 토양은 모래가 대부분인 반 고정사지로 표토로부터 140cm 깊이까지 입자 크기가 작은 세사(fine sand)층이고 층계는 점변하며 토양단면 내 자갈이 거의 없다. 토양층은 바람에 의해 쌓인 I층(표토층)이 0 ~ 38cm내외이고, II층(석회질층)이 38 ~ 88cm까지 나타나며, III층(심토층, 88cm이하)부터는 모래로 구성된 층적층이다. 염류가 집적된 II층은 지역에 따라 출현하는 부위가 다르며, 폭이 얇게 부분적이거나 반점의 형태로 나타나는 곳도 있다.

토색은 I층은 10YR 5/6~6/6의 황갈색(yellowish brown)토양이고, II층은 석회질이 집적된 층으로 10YR 8/2~10YR 8/3의 회백색(light gray) ~ 밝은 황등색(light yellow orange)이 나타나며, III층은 10YR 6/6의 명갈색(bright yellowish brown)이다. 토양은 매우 단단하여 견밀도는 I층이 22mm (9kg/cm²)로 높고, 석회질이 섞인 II층은 27mm (20kg/cm²)로 매우 높아 I층과 III층보다 단단하며, III층은 23mm (20kg/cm²)이다. 토양건습도는 토양입자가 바람에 흩날릴 정도로 매우 과건하며 보수력이 낮은 토양이다. 토양단면 내 지피식생중에서 가장 많이 출현하는 쯤골담초(*Caragana microphylla*)의 뿌리가 68cm 깊이까지 분포하나 양은 매우 적다.

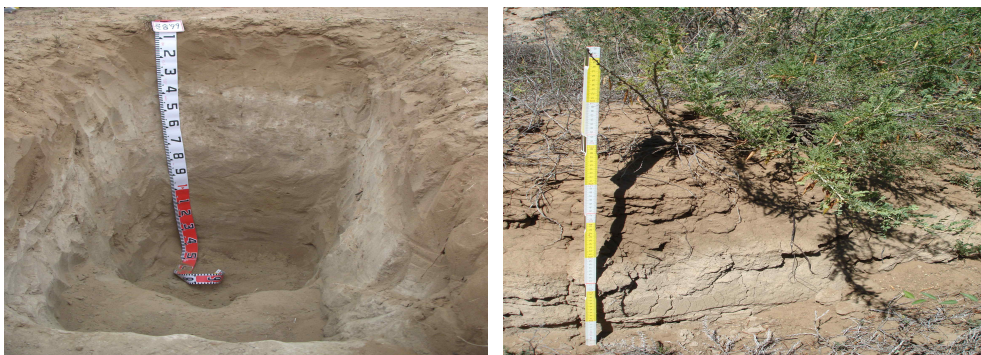


Figure 4. Soil profile in the study site.

2) 토양의 물리적 성질

조사지의 토성은 표토(5~10cm)의 경우 모래함량 85%, 미사함량 11%, 점토함량 4%의 양질사토(Loamy Sand)이었고, 심토(50~55cm)는 모래함량 60%, 미사함량 29%, 점토함량 10%인 사질양토(Sandy Loam)로 나타났다. 토양삼상은 표토층이 심토층보다 모래함량이 높아 고상의 비율이 56%로 높게 나타났고, 기상은 37%인 반면에 액상은 7%로 공극률과 함수율이 매우 적어 물리성이 열악한 토양이다. 조사지의 가비중(Bulk density)은 표토층이 1.49g/cm³로 매우 높은 편이며, 심토층은 1.27g/cm³로 표토층이 심토층보다 높다. 표토층의 투수속도는 0.0042cm/sec로 투수성이 양호하나 심토층의 투수속도는 표토층보다 2 ~ 4배 더 느린 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. Soil physical properties of the study sites

Sample	Mechanical analysis			Soil texture	Three phase			Bulk density (g/cm ³)	Water permeability time (sec)	Water permeability speed (cm/sec)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)		Liquid (%)	Solid (%)	Air (%)			
5~10cm	84.6	11.0	4.4	LS	7.0	56.0	37.0	1.49	25.0	0.0042
50~55cm	60.5	29.3	10.2	SL	13.7	48.0	38.3	1.27	80.7	0.0013

※국립산림과학원, 2007.

3) 토양의 화학적 성질

표토(5~10cm)의 토양산도는 pH 8.1인 알카리성이고 30~35cm 깊이는 pH 8.6, 110~120cm는 pH 9.2인 강알카리성으로 나타나 토심 아래로 내려 갈수록 pH가 더 높아졌다. 이와 같은 결과는 심토층에 칼슘함량이 높은 석고(CaSO₄)층이 나타나고 있기 때문인 것으로 보인다. 유기물함량은 표토층은 1.7~2.4%이었고 30~35cm 부위는 1.1%로 나타났다. 양이온치환용량(CEC)이 낮은 반면에 칼륨, 나트륨 및 칼슘함량 등 치환성양이온 함량이 높아 염기포화도가 매우 높다. 또한 전기전도도(EC)와 염분(NaCl) 함량도 매우 높게 나타나 시험지 토양의 화학성은 수목이 생육하는데 매우 열악한 조건을 갖고 있는 것으로 나타났다.

Table 2. Soil chemical properties of the study sites

Sample	pH	O.M (%)	T.N (%)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	C.E.C (cmolc kg ⁻¹)	Cation exchangeable capacity (cmolc kg ⁻¹)				EC (dS/m)	NaCl (%)	
						K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺			
5~10cm	7.1	1.7	0.16	19	9.00	0.31	0.11	7.73	1.34	0.78	0.01	
Furrow	30~35cm	8.3	1.1	0.11	5	6.02	0.10	0.13	22.6	1.87	0.45	0.01
	115~120cm	9.1	0.1	0.03	67	3.72	0.08	0.44	8.40	2.31	0.61	0.01
5~10cm	8.4	2.9	0.25	23	14.63	0.43	0.14	31.9	1.58	0.68	0.01	
Hole	30~35cm	8.8	1.1	0.10	4	7.40	0.12	1.69	25.2	4.85	3.17	0.08
	115~120cm	9.1	0.3	0.04	55	3.11	0.17	1.63	22.6	4.20	4.71	0.07

※ 국립산림과학원, 2007.

제2절 조사방법

1. 조사대상 수종

조사 대상 수종은 울란바타르시 인근 담브다르자 지역에 있는 양묘장에서 생산된 *Populus sibirica* L., 비술나무, 갈매보리수나무, 쯤골담초, 노랑아카시아를 선정하였다.

- 1) *Populus sibirica* L. : 교목으로서 수고는 12~20m이고, 최고 30m(흉고직경 30~40cm, 최고 100cm까지 자란다). 몽골 북부전역에 분포하고, 내건·내풍·내사·내한·내습·내서성이며 연료와 건축재, 조경용으로 사용하고 있다(Enkhsaihan.D.,2010).
- 2) *Ulmus pumila* L.(비술나무) : 교목으로 최고 15m까지 자란다. 몽골 북부전역 및 고비 일부지역에 분포한다. 내건·내풍·내사·내한·내서성이며, 층해가 있다(Woo *et al.*, 2001).
- 3) *Hippophae rhamnoides* L.(갈매보리수나무): 관목~소교목으로 수고 1~4m이고, 최고 10m까지 자란다. 몽골 서북부전역 분포, 내건·내한·내척박성이다(Woo *et al.*, 2001).
- 4) *Caragana microphylla* Lam(쯤골담초): 관목~교목으로 수고 1~6m까지 자란다. 아시아 원산의 콩과(科)로 골담초 속(屬) 잎은 우상 복엽(羽狀複葉)이고, 주로 노란색 꽃이 핀다. 몽골 북부전지역에 분포하고, 내건·내풍·내사·내한·내서성이다(Woo *et al.*, 2001)
- 5) *Caragana arborescens* L_{INN}(노랑아카시아): 관목으로 1~5m, 몽골북부지역에 분포한다. 내건·내한·내습·내척박성이며, 콩과식물로 질소 고정수종이다(Enkhsaihan.D.,2010).

2. 방풍림 조성 및 식재방법

1) 방풍림 조성

조사지는 시설물이 거의 없는 초원지대가 대부분으로 농전방호림 형태의 방풍림(Figure 5)으로 조성하였다. 본 조사지에서는 주림대(main forest belt)와 주림대 사이의 거리를 500m로 하였다. 그리고 주림대와 직각되게 설치하는 부림대(secondary forest belt)는 1,000m로 설치하였다(국립산림과학원, 2007, Korea-Mongolia Greenbelt project, 2009).

주림대(main forest belt)와 부림대(secondary forest belt)에는 각각 평행하게 보조림대(auxiliary main forest belt)가 설치되어 있다. 식재 폭은 주림대 60m, 보조림대 30m, 부림대 30m, 보조부림대(auxiliary secondary forest belt) 15m로 설치되어 있다.

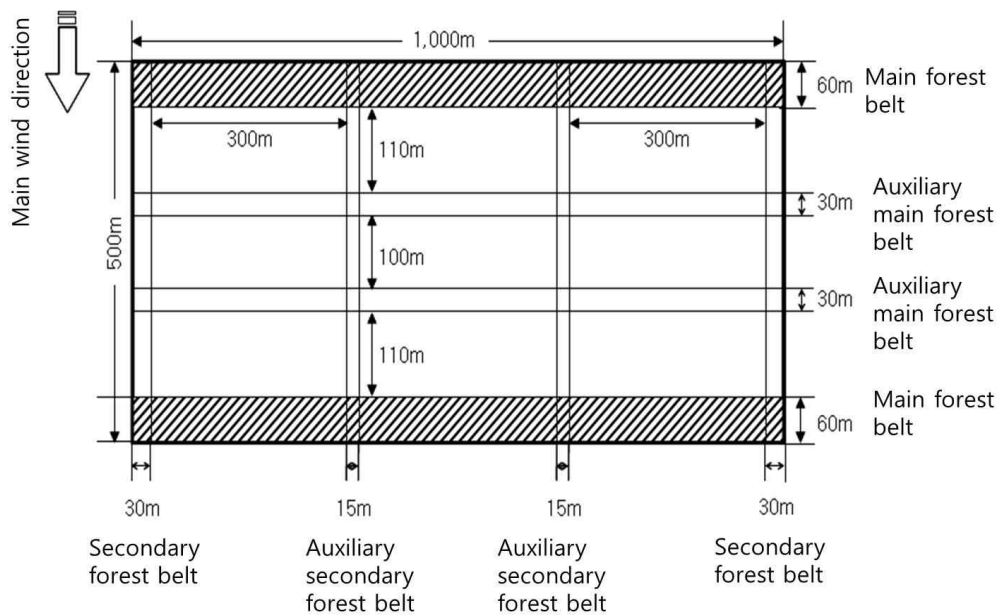


Figure 5. Structure plan of the shelter belt.

※ Korea-Mongolia Greenbelt project, 2009.

2) 식재방법

식재는 저식조림방법과 일반조림방법으로 구분하여 실시하였다. 저식조림방법은 폭 100cm, 깊이 60cm의 고랑을 파고 다시 그 안에 폭 40cm, 깊이 40cm 크기의 식재구덩이를 파낸 다음 식재하였다(Figure 6 및 7). 일반조림방법은 보통 관행적으로 조림하는 방법으로, 지표면에 폭 40cm, 깊이 40cm 크기의 식재구덩이를 파고 식재하였다(Figure 8 및 9).

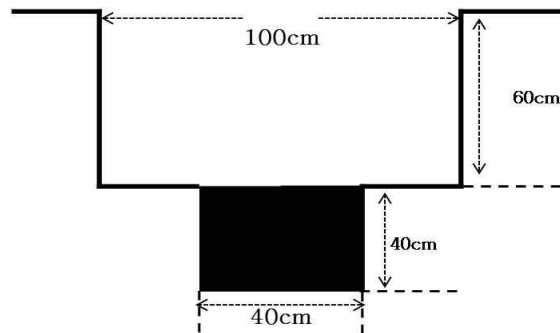


Figure 6. Mimetic diagram of furrow method.



Figure 7. Planted by the furrow method area.

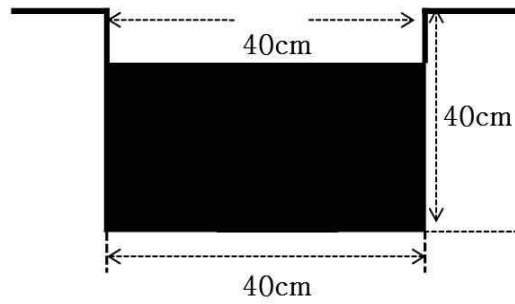


Figure 8. Mimetic diagram of hole method.



Figure 9. Planted by the hole method area.

3. 조림수종의 활착률 및 성장 조사방법

2008년 6월 1년생(1-0)묘목으로 식재한 총 10개 수종 중에서 양쪽 조사지에 있는 비술나무(*Ulmus pumila* L_{INN.}), *Populus sibirica* L., 쯤골담초(*Caragana microphylla* Lam), 갈매보리수나무(*Hippophae rhamnoides* L.), 노랑아카시나무(*Caragana arborescens* L_{INN.})를 대상으로 활착률과 성장을 조사하였다. 성장조사는 근원경 및 수고 성장을 3회(2008년 9월, 2009년 9월, 2010년 8월) 측정하였다. 수종별 조사본수는 저식조림방법과 일반조림방법 2개 지역에서 5개 수종을 대상으로 각 수종별로 50본씩 총 500본을 조사하였다.

수고는 줄자를 사용하여 cm단위로 측정하였으며, 근원경은 디지털 캘리퍼스(mitutoyo)를 이용하여 소수 둘째의 mm단위까지 측정하였다.

저식조림방법과 일반조림방법 간에 따른 수종별 성장량차이를 비교하기 위해 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 t-test를 실시하였다(유의성 여부 판단기준 : $P = 0.05$).

IV. 결과 및 고찰

제1절 조립수종의 활착률 및 성장 특성

1. 활착률

수종별 활착률은 저식조립방법에서는 쯤골담초(*Caragana microphylla* Lam) 85%, 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 80.7%, *Populus sibirica* L. 80.4%, 버드나무속(*Salix spp.*) 70.2%, 노랑아카시아(*Caragana arborescens* LINN) 70%, 갈매보리수나무(*Hippophae rhamnoides* L.) 64.4%, 위성류(*Tamarix ramosissima*) 64%, 사시나무(*Populus tremula*) 38.6% 순으로 나타났다 (Table 3). 일반조립방법에서의 수종별 활착률은 비술나무가 86.8%로 가장 높았으며, 쯤골담초 81.8%, 노랑아카시아 79.1%, *Populus sibirica* L. 54.6%, 갈매보리수나무 60.2%, 사막보리수나무(*Elaeagnus moorcroftii* LINN) 42.3%, 살구나무(*Armeniaca sibirica*) 39.6%의 순이었다. 저식조립방법과 일반조립방법에 있어 활착률이 가장 높은 수종은 쯤골담초와 비술나무로 활착률이 80%가 넘어 환경에 잘 적응하는 수종으로 보인다. 활착률이 가장 낮은 수종은 저식조립방법에서는 갈매보리수나무이었고 일반조립방법에서는 *Populus sibirica* L. 이었다. 특히 *Populus sibirica* L.의 경우 활착률 차이가 가장 많이 나타난 수종으로 저식조립방법이 일반조립방법에 비해 무려 25.8% 높았다. 한편 비술나무와 노랑아카시아의 경우 일반조립방법이 저식조립방법에 비하여 각각 6.1%, 9.1% 활착률이 높았다. 저식조립방법과 일반조립방법 2가지 조립방법에 모두 식재된 쯤골담초, 비술나무, 노랑아카시아, 갈매보리수나무, *Populus sibirica* L. 등 5개 수종의 평균 활착률은 저식조립방법이 76.1%, 일반조립방법이 72.5%로 저식조립방법이 3.6% 높았다.

Table 3. Survival rate of the species.

Scientific name	Furrow			Hole		
	Planting quantity	Growth quantity	Survival rate (%)	Planting quantity	Growth quantity	Survival rate (%)
<i>Populus sibirica</i>	7,526	6,055	80.4	10,270	5,614	54.6
<i>Ulmus pumila</i>	8,270	6,675	80.7	8,117	7,048	86.8
<i>Caragana microphylla</i>	1,504	1,278	85.0	1,875	1,535	81.8
<i>Caragana arborescens</i>	6,869	4,805	70.0	121	96	79.3
<i>Hippophae rhamnoides</i>	1,163	749	64.4	161	97	60.2
<i>Salix spp.</i>	567	398	70.2			
<i>Populus tremula</i>	145	56	38.6			
<i>Armeniaca sibirica</i>				3,288	1,290	36.6
<i>Elaeagnus moorcroftii</i>				1,774	703	39.6
<i>Tamarix rassosima</i>	89	57	64.0			
Total	26,133	20,073	76.8	25,606	16,383	64.0

※ Korea-Mongolia Greenbelt project, 2009.

조사지 10개 수종의 활착률은 저식조림방법 76.8%, 일반조림방법 64.0%로 나타나 저식조림지의 활착률이 12.8% 높았다(Table 3). 따라서 저식조림방법이 수목의 활착 증진에 영향을 줄 수 있다는 것을 볼 수 있다.

이 지역에는 들쥐, 설치류 등이 많이 있어 묘목을 갉아 먹어 피해를 주는 경우가(한-몽 그린벨트 현지 보고서, 2010) 많다고 보고되고 있다. 따라서 저식조림방법으로 조림을 하면 초식동물과 설치류 등 동물들에 의한 묘목 손상이나 피해도 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 또한 저식조림방법이 일반

조림방법으로 식재한 것보다 활착률이 높은 이유는 식재구덩이 주변의 토양수분 증발량을 억제시키고, 낮은 곳에 식재되어 수간이 바람의 피해도 덜 받을 뿐만 아니라 겨울철 지온도 더 높게 유지되기 때문인 것으로 생각된다.

2. 수고 생장

Table 4와 5는 저식조림방법과 일반조림방법별 5개 수종에 대한 수고 생장률을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 저식조림방법의 수고 생장률은 1년차(2008.06~2009.09)의 경우 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 120.4% > 노랑아카시아(*Caragana arborescens* L_{INN}) 62.6% > 좁골담초(*Caragana microphylla* Lam) 35.4% > *Populus sibirica* L. 30.1% > 갈매보리수나무(*Hippophae rhamnoides* L.) 24.2% 순으로 비술나무가 가장 높은 생장률을 보였다. 저식조림방법 2년차는 비술나무 205.8% > 노랑아카시아 103.3% > *Populus sibirica* L. 96.2% > 좁골담초 52.8% > 갈매보리수나무 51.7% 순으로 1년차에 서와 같이 비술나무가 가장 높은 생장률을 보였으며, 갈매보리수나무의 생장률이 가장 낮았다. *Populus sibirica* L.는 1년차 30.1%로 좁골담초보다 생장률이 낮았으나 2년차에서는 96.2%로 생장률이 3배 정도 크게 높아졌다. 모든 수종의 생장이 식재 2년차부터 활발해 진 것을 볼 수 있었다 (Table 4).

Table 4. Growth rate of height (furrow).

Scientific name	Tree height (cm)			Height growth (cm)		Height growth ratio (%)	
	2008.06 (A)	2009.09 (B)	2010.09 (C)	2009.09 (B-A)	2010.09 (C-A)	$(\frac{B-A}{A} \times 100)$	$(\frac{C-A}{A} \times 100)$
<i>Populus sibirica</i>	110.2	143.4	216.2	33.2	106.0	30.1	96.2
<i>Ulmus pumila</i>	65.8	145.0	201.2	79.2	135.4	120.4	205.8
<i>Caragana arborescens</i>	79.3	128.9	161.2	49.6	81.9	62.6	103.3
<i>Hippophae rhamnoides</i>	57.4	71.3	87.1	13.9	29.7	24.2	51.7
<i>Caragana microphylla</i>	65.0	88.0	99.3	23.0	34.3	35.4	52.8

일반조림방법의 1년차(2008. 06~2009. 09) 수고 생장률은 비술나무 70.5% > 좁골담초 47.6% > 갈매보리수나무 42.0% > *Populus sibirica* L. 21.

1% > 노랑아카시아 19.9% 순으로 저식조림방법과 마찬가지로 비술나무의 수고생장률이 가장 높았다. 일반조림방법에서는 생장률이 가장 낮은 수종은 저식조림방법과 달리 노랑아카시아로 나타났다.

일반조림방법의 2년차 수고생장률은 비술나무 129.3% > 갈매보리수나무 80.6% > 쯤골담초 73.8% > *Populus sibirica* L. 58.1% > 노랑아카시아 39.1% 순으로 1년차와 같이 비술나무가 가장 높은 생장률을 보였으며, 노랑아카시아가 가장 낮았다(Table 5).

Table 5. Growth rate of height (hole).

Scientific name	Tree height (cm)			Height growth (cm)		Height growth ratio (%)	
	2008.06 (A)	2009.09 (B)	2010.09 (C)	2009.09 (B-A)	2010.09 (C-A)	2009.09 ($\frac{B-A}{A} \times 100$)	2010.09 ($\frac{C-A}{A} \times 100$)
<i>Populus sibirica</i>	130.1	157.5	205.7	27.4	75.6	21.1	58.1
<i>Ulmus pumila</i>	67.5	115.1	154.8	47.6	87.3	70.5	129.3
<i>Caragana arborescens</i>	47.6	57.1	66.2	9.5	18.6	19.9	39.1
<i>Hippophae rhamnoides</i>	37.6	53.4	67.9	15.8	30.3	42.0	80.6
<i>Caragana microphylla</i>	50.0	73.8	86.9	23.8	36.9	47.6	73.8

한편 저식조림방법과 일반조림방법간에 가장 많은 수고 생장률 차이를 보인 수종은 비술나무로 저식조림방법 205.8%에 비하여 일반조림방법에 있어 129.3%로 무려 76.5% 차이를 보였다. 노랑아카시아도 저식조림방법 103.3%에 비하여 일반조림방법은 39.1%로 64.2% 생장률 차이를 보였으며, *Populus sibirica* L.는 저식조림방법과 일반조림방법 간에 38.1%의 생장률 차이를 보였다.

Table 6. Height growth between planted by the furrow method and planted by hole method.

Scientific name	Afforestation methods	N	df	Mean	SD	t-value
<i>Populus sibirica</i>	Furrow	50	98	104.0	40.9	3.986**
	Hole	50		73.7	34.8	
<i>Ulmus pumila</i>	Furrow	50	98	135.4	45.9	5.964**
	Hole	50		87.2	33.9	
<i>Caragana arborescens</i>	Furrow	50	98	89.9	32.3	15.128**
	Hole	50		18.5	8.0	
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Furrow	30	58	37.5	11.0	-1.942**
	Hole	30		55.1	48.4	
<i>Caragana microphylla</i>	Furrow	50	98	34.3	7.2	-1.670**
	Hole	50		38.9	18.4	

*: significant at 5% level, **: significant at 1% level

저식조림방법과 일반조림방법에서 조사한 5개 조림수종의 수고생장량을 비교한 결과는 Table 6과 같다. 비술나무, *Populus sibirica* L., 노랑아카시아의 수고생장량은 저식조림방법이 일반조림방법보다 더 높게 나타났다($p < 0.01$). 그러나 갈매보리수나무, 쯤골담초는 일반조림방법이 저식조림방법보다 높게 나타났다($p < 0.01$).

비술나무, *Populus sibirica* L. 및 노랑아카시아가 저식조림방법이 일반조림방법보다 좋은 생장을 보인 것은 식재 후 초기 성장시에 바람을 방지하고 식재구덩이 주변 토양수분의 증발량을 억제시켜 수목 생장에 영향을 미친 결과라 판단된다.

그러나 갈매보리수나무, 쯤골담초가 일반조림방법이 저식조림방법보다 통계적인 높은 생장량을 보인 것은 수종특성상 나타난 결과인지, 토양에 문제점은 없는지 또는 식재당시 묘목 품질에 문제가 없었는지 앞으로도 지속적으로 관찰해야 할 것으로 생각된다.

3. 근원경 생장

Table 7과 8은 저식조림방법과 일반조림방법별 5개 수종의 근원경 생장률을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 저식조림방법의 근원경 생장률은 1년차(2008. 06~2009. 09)의 경우 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 128.5% > 노랑아카시아(*Caragana arborescens* L_{INN}) 71.4% > 좁골담초(*Caragana microphylla* Lam) 66.6% > *Populus sibirica* L. 54.5% > 갈매보리수나무(*Hippophae rhamnoides* L.) 40.0% 순으로 수고생장과 마찬가지로 비술나무가 생장률이 가장 높았고, 갈매보리수나무가 가장 낮았다. 저식조림방법 2년차는 비술나무 328.6% > *Populus sibirica* L. 209.1% > 노랑아카시아 114.3% > 좁골담초(*Caragana microphylla* Lam) 83.3% > 갈매보리수나무 80.0% 순으로 1년차에서와 같이 비술나무가 높은 생장률을 보였다. 한편 *Populus sibirica* L.의 생장률은 1년차 54.5%에 비해 2년차에서는 209.1%로 약 4배 정도 크게 높아졌으며, 비술나무도 1년차에 128.5%에 비해 2년차 328.6%로 약 2.5배 높아졌다.

Table 7. Growth rate of root collar diameter(RCD)(furrow).

Scientific name	Tree root collar diameter (cm)			Root collar diameter growth (cm)		Root collar diameter growth ratio (%)	
	2008.06 (A)	2009.09 (B)	2010.09 (C)	2009.09 (B-A)	2010.09 (C-A)	$(\frac{B-A}{A} \times 100)$	$(\frac{C-A}{A} \times 100)$
<i>Populus sibirica</i>	1.1	1.7	3.4	0.6	2.3	54.5	209.1
<i>Ulmus pumila</i>	0.7	1.6	3.0	0.9	2.3	128.5	328.6
<i>Caragana arborescens</i>	0.7	1.2	2.0	0.5	1.3	71.4	114.3
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.5	0.7	0.9	0.2	0.4	40.0	80.0
<i>Caragana microphylla</i>	0.6	1.0	1.1	0.4	0.5	66.6	83.3

일반조림방법의 1년차(2008.06~2009.09) 근원경 생장률은 저식조림방법과 마찬가지로 비술나무가 77.7%로 가장 높았고 좁골담초는 33.3%이었다. 갈매

보리수나무와 *Populus sibirica* L. 및 노랑아카시아 등 3수종은 똑같이 25%를 나타내었다.

일반조림방법 2년차의 근원경 성장률은 비술나무 200% > *Populus sibirica* L. 112.5% > 갈매보리수나무 및 좁골담초 100.0% > 노랑아카시아 25.0% 순으로 비술나무의 성장률이 가장 높았다. *Populus sibirica* L. 와 갈매보리수나무는 1년차에 25% 성장하였으나 2년차는 각각 112.5%, 100%로 약 4배의 성장률을 보였다. 그러나 노랑아카시아는 2년차에서 자라지 않아 1년차와 성장률이 같았다.

Table 8. Growth rate of root collar diameter(RCD)(hole).

Scientific name	Tree root collar diameter (cm)			Root collar diameter growth (cm)		Root collar diameter growth ratio (%)	
	2008.06 (A)	2009.09 (B)	2010.09 (C)	2009.09 (B-A)	2010.09 (C-A)	$(\frac{B-A}{A} \times 100)$	$(\frac{C-A}{A} \times 100)$
<i>Populus sibirica</i>	1.6	2.0	3.4	0.4	1.8	25.0	112.5
<i>Ulmus pumila</i>	0.9	1.6	2.7	0.7	1.8	77.8	200.0
<i>Caragana arborescens</i>	0.4	0.5	0.5	0.1	0.1	25.0	25.0
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.4	0.5	0.8	0.1	0.4	25.0	100.0
<i>Caragana microphylla</i>	0.3	0.4	0.7	0.1	0.3	33.3	100.0

한편 저식조림방법과 일반조림방법간에 가장 많은 근원경 성장률 차이를 보인 수종은 비술나무로 저식조림방법 328.6%에 비하여 일반조림방법은 200%로 무려 128.6% 차이를 보였다. 그 다음은 *Populus sibirica* L.로 저식조림방법 209.1%에 비하여 일반조림방법 112.5%의 차이를 보였으며, 노랑아카시아도 저식조림방법과 일반조림방법간에 89.3%의 성장률 차이를 보

였다.

Table 9는 조사한 5개 수종의 근원경 성장량을 비교한 결과이다. 근원경 성장량은 비술나무, 노랑아카시아, 좁골담초 및 *Populus sibirica* L. 등 4개 수종이 저식조림방법이 일반조림방법보다 통계적으로 성장량이 높은 것으로 나타났다($p < 0.01$). 따라서 수고 성장과 마찬가지로 저식조림방법이 근원경 성장 증대에 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 갈매보리수나무의 근원경 성장량은 통계적 성장차이가 없었다.

Table 9. Root collar diameter(RCD) growth between planted by the furrow methods and planted by the hole method.

Scientific name	Afforestation methods	N	df	Mean	SD	t-value
<i>Populus sibirica</i>	Furrow	50	98	2.32	0.761	3.294**
	Hole	50		1.85	0.654	
<i>Ulmus pumila</i>	Furrow	50	98	2.34	0.864	3.760**
	Hole	50		1.80	0.529	
<i>Caragana arborescens</i>	Furrow	50	98	1.33	0.358	23.508**
	Hole	50		0.09	0.097	
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Furrow	30	58	0.43	0.342	-0.165
	Hole	30		0.44	0.393	
<i>Caragana mycrophylla</i>	Furrow	50	98	0.51	0.367	1.304**
	Hole	50		0.43	0.221	

*: significant at 5% level, **: significant at 1% level

제 2 절 제언

사막화는 선진국이나 개발도상국의 구별 없이 지구적 규모로 넓어지고 있다. 몽골과 같은 내륙 지역에 위치하고 있는 나라는 사막화가 더 심각하게 진행되고 있어 환경과 생존권 문제를 넘어선 지구적인 환경보전 문제로 다루어야 할 것이다. 특히 몽골의 사막화 확산은 한국에 심각한 영향을 미치고 있기 때문에 사막화 지역의 녹화방법 및 기술에 대한 연구개발이 필요하다(강호덕, 2006). 이에 따라 최근 몽골의 사막 및 사막화 진행 지역에 한국의 여러 시민단체와 기관에서 조림사업 참여가 많이 이루어지고 있다. 이들 사막화 진행지역에 조림을 할 때 조림 성과를 얻기 위해서는 다음과 같은 조림방법과 관리방안이 필요할 것으로 생각된다.

사막화 방지 목적으로 스텝 지대에 조림하는 경우, 물론 다양한 입지환경에 대한 요건들에 대해 조사해야 하지만 묘목 활착률이 높고 초기 생장이 양호한 조림방법을 적용해야 할 것으로 판단된다.

그동안 몽골에서 조림을 할 때 대부분 구덩이를 파고 식재하는 일반조림 방법으로 조림을 해왔으나 강수량이 적고, 건조한 바람, 추운 날씨 등 환경적 요인에 의해 식재목의 활착률이 매우 낮았다. 그러나 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 저식조림방법이 일반조림방법보다 활착률과 생장이 높게 나타난 것은 몽골 사막화방지에 효과가 있다는 의미로 해석된다.

일반 조림방법은 수목 생장률이 저조할 뿐 만 아니라 고사율이 높아 보식에 따른 묘목 구입비, 인건비 등, 비용과 시간이 많이 소요된다. 따라서 저식조림방법의 경우 초기에 비용이 많이 드는 단점이 있지만, 활착률 증가로 인한 사후 비용을 감소시키고 생장이 양호하여 조기에 녹화되므로 사막화 방지에 많은 효과가 있다고 생각된다.

그리고 조림하고 난 뒤의 사후 관리가 중요하며 수목이 어느 정도 생장할 때까지는 꾸준한 관리가 필요하다.

또한 조림수목이 장기적으로 우수한 생장과 건강한 방풍림으로 육성되기 위해서는 조림방법에 따른 생존율 및 수목생장 상태의 지속적인 모니터링이 실시되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 사막화방지 목적으로 조성되고 있는 한-몽 그린벨트 사업 조림지를 대상으로 조림방법에 따른 수종들 간의 활착률과 성장특성을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 조사지 전체의 활착률은 저식조림방법에서 76.8%, 일반조림방법에서 64.0%로 나타나 저식조림방법이 일반조림방법보다 활착률이 12.8% 높았다.
2. 수고 성장률은 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 205.8% > 노랑아카시아 (*Caragana arborescens* L_{INN}) 103.3% > *Populus sibirica* L. 96.2% > 좁골담초(*Caragana microphylla* Lam) 52.8% > 갈매보리수나무(*Hippophae rhamnoides* L.) 51.7% 순이었다. 5개 수종 중에서 저식조림방법과 일반조림방법에서 수고성장률이 가장 높은 수종은 비술나무 이었다. 그리고 비술나무, *Populus sibirica* L., 노랑아카시아의 수고성장량은 저식조림방법이 일반조림방법보다 통계적으로 높게 나타났다($p < 0.01$).
3. 근원경 성장률은 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 328.6% > *Populus sibirica* L. 209.1% > 노랑아카시아(*Caragana arborescens* L_{INN}) 114.3% > 좁골담초 (*Caragana microphylla* Lam) 83.3% > 갈매보리수나무(*Hippophae rhamnoides* L.) 80.0% 순이었다. 5개 수종 중 저식조림방법과 일반조림방법에서 성장률이 가장 높은 수종은 비술나무이었다. 비술나무, 노랑아카시아, 좁골담초, *Populus sibirica* L. 등 4개 수종에 있어서 저식조림방법의 근원경성장량이 일반조림방법보다 통계적으로 높은 것으로 나타났다($p < 0.01$). 그러나 갈매보리수나무의 경우 근원경 성장량은 통계적으로 차이가 없었다.
4. 저식조림방법이 일반조림방법보다 활착률이 높고 수고와 근원경 생장이

양호한 것은 식재구덩이 주변의 토양수분 증발량을 억제시키고 수간에 바람의 피해도 덜 받을 뿐만 아니라 겨울철 지온도 더 높게 유지되기 때문인 것으로 생각된다.

5. 저식조립방법은 활착률의 증가로 인한 사후 비용을 감소시키고 사막화 방지에 많은 효과가 있다고 판단된다. 조립수종이 장기적으로 우수한 생장과 건강한 방풍림으로 육성되기 위해서는 조립방법에 따른 수목생장 상태와 생리적인 변화를 지속적으로 모니터링 해야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 강민경. 2007. 몽골 조림 지원 사업의 성과분석과 발전방향. 석사학위논문. 국민대학교대학원. pp 1-6.
- 강호덕. 2006. 사막에서 자라는 초고속 성장 포플러나무 개발. 동국대학교. pp77.
- 경지현. 손요환. 노남진, 이명종, 이천용, 윤호중. 2006. 중국 건조지역에서 시비와 보수제 처리에 의한 신강포플러의 성장 및 묘목의 양분 함량 변화. 한국임학회지. 95(6) : 751-758.
- 경진현. 손요환, 이명종, 이천용, 윤호중. 2004. 중국 내몽골 사막지역에서 시비와 토양개량제가 신강포플러의 성장 양분에 미치는 영향. 임산에너지. 23(2) : 9-20.
- 과학기술부. 2000. 사막화방지 및 방사기술개발. p218
- 국립산림과학원. 2007. 몽골 그린벨트 조성사업 조사 보고서, pp8-21; 47-49;
- 문숨청. 2010. 문숨지리정보. 문숨. pp 1
- 몽골임업청. 2011. 몽골산림 자원 보고서. 울란바타르. pp1-24.
- 박병배. 변재경, 김우성, 성주환. 2010. 묘포에서 질소, 인, 칼륨 비료주기가 물푸레나무, 들메나무, 잣나무, 전나무의 성장 및 양분에 미치는 영향. 한국임학회지. 99(1). pp90.
- 박재현. 2010. 중국 귀주성 석막화 방지 조림 후 환경변화 분석.
- 산림청. 2007. 황사 및 사막화방지를 위한 몽골 그린벨트 조림사업 기본계획. pp89-99.
- 산림청. 2000. 동북아 3개국의 산림현황 및 임업교류 협력방안에 관한 연구(최종 보고서) GOVP1200100396. pp 1-26.
- 원태연, 정성원. 2010. 통계조사분석 SPSS(PASW Statistics 18.0).한나래출판사.

- 윤석희. 2004. 내몽골 지역에 식재한 교잡종 포플러의 월동 생장 특성 pp112.
- 이천용. 1999. 사막화협약의 개요와 대처방안. 동북아 지역의 사막화방지 및 한 발완화에 관한 세미나 발표문집. 동북아산림포럼. pp. 129-144.
- 이천용. 1996. 일본의 사막화 방지 협약 대응 . 임업정보지. 67: 10-14.
- 조인호. 2010. SAS 강좌와 통계컨설팅 Second Edition.
- 한-몽 그린벨트 사업 공동연구위원회. 2008. 연구보고서 .pp142.
- 한-몽 그린벨트 사업단 2010. 현지보고서. pp1-10.
- Choonsig Kim, Jae-Kyung Byun. 2002. Soil properties of a Proposed Afforestation Area in Horqin Sandy Land of inner Mongolia, China¹.pp18.
- Enkhsaihan.D., 2010. Major trees and shrubs of Mongolia. Ulaanbaatar. pp35, 79.
- Jin-Hong Park, Kwang-In Oh, Ki-Wan An and Choonsig Kim. 2004.Growth Characteristics of *Quercus acutissima* Seedlings Planted in Various Levels of Strip Clear-cutting of *Pinus rigida* Plantations. Jour. Korean Forest Society 93(5): 360-3712010.
- Natsagdorj.L, 2004b. Monitoring of nature environment. Ulaanbaatar printed by BCI. pp347. 2010. Major trees and shrubs of Mongolia. Ulaanbaatar. pp35, 79.
- Natsagdorj.L, 2009. Drought and Zoud. Ulaanbaatar. pp55.
- Natsagdorj.L. 2010. Climate change and desertification of Mongolia. Ulaanbaatar. pp14.
- McConnell. J.L. 1992. The use of tree shelter and underplanting for oak regeneration. Loftis D.L. and C.E. McGee(eds). Oak Regenerations. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. SE-84. pp298-305.
- Ministry of nature, environment and tourism of Mongolia, 2010. Section

of the information and computer center.

Tsogtbaatar, J. 1995. Trends of forest resources of Mongolia. Resional seminar on income generation through community forestry. Bangkok. October 18-20.

World bank. 2006. Lessons from tree planting initiatives (in Mongolia).

Woo, B.M. Lee, K.J., Jeon, G.S., Kim, K.H., Choi, H.T., Lee, S.H., Lee, B.K., Kim, S.Y., Lee, S.H., and Jeon, J.I. 2000. Studies on the Desertification and Sand Industry Development(II)¹⁾ : analysis of silvicultural techniques and effects of landscape-eco shelterbelt establishment. Journal of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation technology 3(3): pp82.

Woo, B.M., Lee, K.J., Choi, H.T., Lee, S.H., Park, J.W. Wang, L., Zhang, K., and Sun, B. 2001. Studies on the Desertification combating and Sand Industry Development(III)¹⁾: revegetation and soil conservation technology in desertification-affected sandy land. Journal of Korean Forest Society 90(1): pp91-96

**Survival Rate and Growth Characteristics of
Plantation Species by Planting Methods of
Desertified-area in Mongolia ***

Ulziijargal Davaasuren

*Department of Forestry
Graduate School, Kyungpook National University
Taegu, Korea
(Supervised by Professor Sung Hyun Joo)*

(Abstract)

This study was conducted on the survival rate and growth characteristics of plantation species by planting methods - planting in a hole and planting in a furrow - on the territory afforested within the framework of the Korea-Mongolia Greenbelt project in 2008 located in Lun soum, Mongolia.

Survival rate and growth characteristics of *Ulmus pumila* L., *Populus sibirica* L., *Caragana microphylla* Lam., *Hippophae rhamnoides* L., *Caragana arborescens* L_{INN} were measured 3 times during the period of June 2008 through September 2010.

Survival rate of all species planted using the furrow method was 76.8% and that of the species planted using the hole method was 64.0%. The survival rate of the species planted using the furrow method was 12.8% higher compared to that of the species planted using the hole method.

The height growths of *Ulmus pumila* L., *Populus sibirica* L., *Caragana arborescens* L_{INN} planted using the furrow method was statistically significantly higher than that of the species planted by the hole method ($p < 0.01$). However, the height growth of *Hippophae rhamnoides* L. and *Caragana microphylla* Lam. planted by the hole method were higher than that of the species planted by the furrow method.

The root collar diameter growths of *Ulmus pumila* L., *Caragana arborescens* L_{INN}, *Caragana microphylla* Lam, *Populus sibirica* L. planted by the furrow method was statistically significantly higher than that of the species planted by the hole method ($p < 0.01$).

* A thesis submitted to the Council of the Graduate School of Kyungpook National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Agriculture in June 2011

The survival rate of the species planted by the furrow method is statistically significantly higher than that of the species planted by the hole method. In conclusion, the use of the furrow method in afforestation shall help reduce the maintenance costs and is a more effective method of combating desertification.

Therefore, there is a need to explore effective methods of planting and continue in-depth studies of the effectiveness of different planting methods.

감사의 글

부족한 저에게 항상 학문과 연구에 접하는 올바른 자세를 일깨워 주시고 본 논문을 지도해 주신 주성현 지도교수님께 깊이 감사드립니다.

바쁘신 가운데 심사를 맡아 논문의 첫 단계부터 세심한 지도와 조언을 해 주신 한상열 교수님과 박상준 교수님께 감사드립니다. 석사과정 내내 관심을 가지고 지켜봐주신 최관 교수님과 퇴임하신 박용구 교수님께도 감사드립니다.

또한 몽골에 있을 때부터 부족한 저에게 조언과 가르침을 주신 이장호 한-몽 그린벨트 전임 단장님과 최준석 단장님, 임학에 대한 많은 이야기와 논문에 대한 자문에 응해 주신 김종관 원장님, 몽골의 그린벨트 조림지 선정과 조사 및 분석자료 정리와 한국 생활에 잘 적응하도록 조언해주신 국립산림과학원 변재경 박사님과 윤호중 박사님께도 감사드립니다.

한국에서 석사과정을 무사히 마칠 수 있도록 지원해 주신 녹색사업단 조현재 단장님과 관계자 분들께도 감사드립니다.

연구실에 처음 들어와 항상 모든 일에 조언을 아끼지 않으셨던 정성철 박사님, 논문 작성하는데 많은 도움을 주신 천광일 선배님, 낯선 나라에서 유학생생활을 하는데 항상 챙겨주고 옆에 있어 준 조은경 선배님, 산림공학실험실 박사과정 우스크바야르씨, 지금은 연구실에 없지만 많은 시간을 같이 보낸 중국인 스ZIA 민에게도 감사드립니다. 또한 석사과정 동안 많은 도움을 주신 학과 선·후배님과 조교 선생님께도 감사드립니다.

부족한 저를 몽골에서 항상 도와 주셨던 바양히식 언니, 바트후 교수님, 하올 랑배크 박사님, 현장조사 할 때 많이 도와 준 덜거르자브 관리인, 한-몽 그린벨트 사업단 직원들께도 고맙습니다.

끝으로 부족한 딸 항상 믿어주시는 아버지, 어머니 그리고 언니 동생들과 친한 친구들께 사랑한다는 말로 감사의 마음을 전하며, 이 작은 결실의 기쁨을 함께 나누고자 합니다.