

# 한-몽 그린벨트 프로젝트 공동연구팀 2023년 연구 보고서



한-몽 그린벨트프로젝트

2023년 12 월  
울란바타르시

### 학술 연구자 명단

Nyam-Osor Batkhuu (Ph.D)  
Byambadorj Ser-Oddamba (MSc)  
Byambasuren Oyunsanaa (Ph.D)  
Akhmadi Khaulenbek (Ph.D)  
Ochirbat Batkhishig (Ph.D)  
Ganbat Byambaa (MSc)  
Sukhbaatar Chinzorig (Ph.D)  
Dagvadorj Bayasgalan (Ph.D)  
Batlai Oyuntsetseg (Ph.D)  
Nanzaddorj Tsagaantsooj (Ph.D)  
Bayarsaikhan Udval (Ph.D)

몽골 국립대학교  
몽골 국립대학교  
몽골 산림청  
과학아카데미, 지리, 생태연구원  
과학 아카데미, 지리, 생태연구원  
과학 아카데미, 지리, 생태연구원  
과학 아카데미, 지리, 생태연구원  
과학 아카데미, 식물 연구원  
몽골 국립대학교  
과학 아카데미, 지리, 생태연구원  
과학 아카데미, 지리, 생태연구원

### 연구 대학생

Tsedensodnom Enkhchimeg (Ph.D)  
Byambasuren Otgonsaikhan (MSc)  
Garmaa (Ge Erma) (MSc)  
Lkhagvasuren Garmaa (MSc)

과학 아카데미, 지리, 생태연구원  
몽골국립대학교  
몽골국립대학교  
몽골국립대학교

### 번역

Tsogtbaatar Undrakhjargal (MSc)

서울시립대학교 도시공학과

## 차례

연구 목적 및 방법

공동 연구 목적

연구 대상지

### 1. 목본 식물의 생물학 관련 연구

엽록소 함량 측정 결과

우문고비 아이막 달란자드가드 숲 연구 결과

투브 아이막 룬 숲 연구 결과

수분 퍼텐셜 측정 결과

우문고비 아이막 달란자드가드 숲 연구 결과

투브 아이막 룬 숲 연구 결과

엽 형태 측정 결과

우문고비 아이막 달란자드가드 숲 연구 결과

투브 아이막 룬 숲 연구 결과

기공 기체 교환 조사결과

우문고비 아이막 달란자드가드 숲 연구 결과

투브 아이막 룬 숲 연구 결과

양묘장 조성 조사

우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲, 홉스쿨 아이막 무릉 숲 양묘장

산불피해지 복원 사업 대상지 선정

### 2. 종자업 관련 연구

3. 초종 연구

4. 공충 연구

5. 토양 연구

6. 산불 조사

7. 수질 분석 결과

## 연구 목적 및 연구 방법론

### 공동 연구 목적 및 목표

한-몽 공동 연구 그린벨트 사업은 몽골 전 영토의 기후, 자연, 환경에 대한 기초 연구를 하기 위한 한-몽 전문 학자들로 구성되었으며 2007년 5월부터 이 사업을 시작했다.

그린벨트 사업의 목적은 연구 및 조사로부터 얻어진 과학적인 결과에 의거하여, 효율적으로 사용하는데 있다.

그린벨트 사업의 공동 연구는 그린벨트 사업 실행에 촉매제가 되어, 산림 및 다른 모든 분야에서 활용 될 것이며, 타 대학, 연구원 및 지역 시민들과 공동으로 사막화 방지 및 토양 침식 등의 문제 해결을 도울 것이다. 공동 연구의 실행으로 지역 시민들에게 그린 벨트 사업의 홍보 및 정보 제공의 기회가 마련될 것이다. 또한 몽골 정부 사업인 ‘그린 벨트’ 프로그램의 성공을 위해 학자 및 연구원들의 참여 증대를 목적으로 하고 있다. 또한 한국의 산림과학원의 학자 및 연구팀과의 공동 학술 조사 실행, 제안 교환, 결과를 사업 범위 내에서 실행하는데 중점을 둘 것이다.

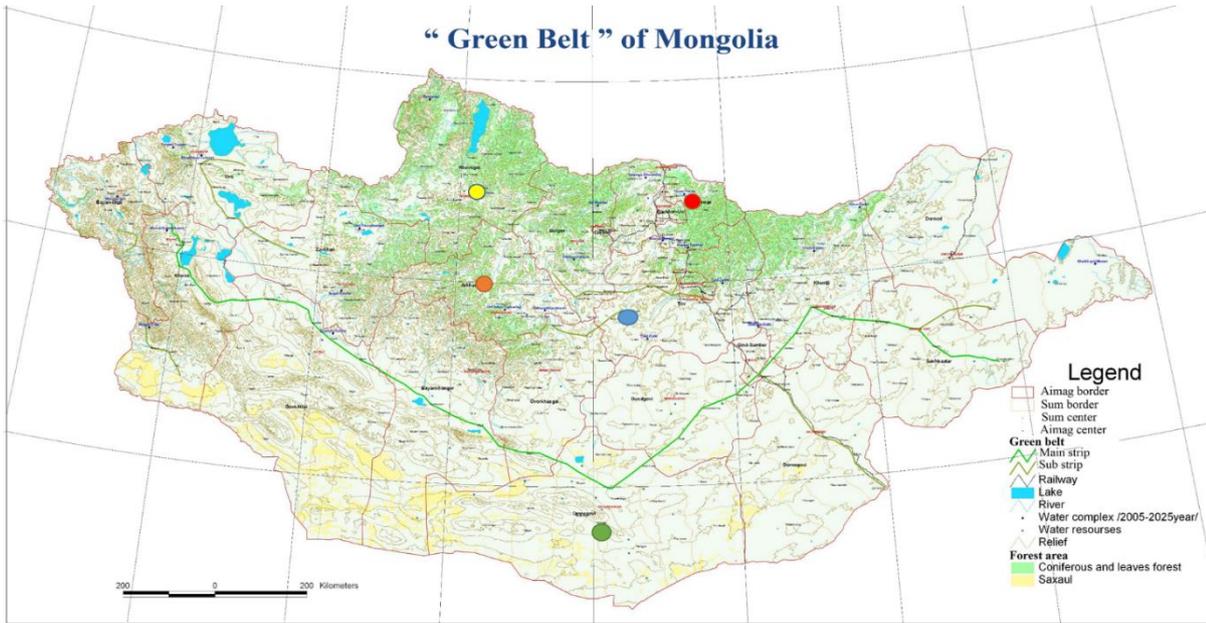
본 한-몽 공동 연구위원회의 연구 내용은 아래와 같다.

1. 관수 시스템 사용을 통한 적합한 급수 방법과 정도, 급수 시스템의 수종에 미치는 영향력 연구
2. 비료 및 토양개량제를 사용한 토질 개선, 비옥한 토양이 식물에 미치는 영향 연구
3. 고비 및 스텝 지역 조림과 양묘에 사용하는 목본 식물 선발
4. 산림종자 연구, 종자 결실과 재취 방법
5. 고비, 초원 지역 녹화용 식생으로 사용하는 초종 종 선발, 급수 조건 하에서 다년초를 재배하여 모래 이동 정지, 가축 사료용 초종 재배 요령 작성과 조림 사업 후에 종 다양성 확보
6. 다양한 종류의 다양한 먹이를 하는 곤충이 수종에 미치는 영향 연구.
7. 조림과 복원 사업을 실시하여 토양 성질에 어떠한 변화가 발생하는지에 대한 연구 수행
8. 산불과 산불 예방 방법
9. 수질 변화 및 설치 방법

### 연구 대상지

본 연구는 우문고비 아이막 달란자드가드 슴과 투브 아이막 룬 슴에 있는 조사구(plot)의 낙엽송 9 수종, 혹은 관수 4 개 처리, 비료 4 개 처리, 총 12 개 처리 (표 1, 그림 2-3)에서 식재한 수종을 대상으로 생물학적인 모니터링 조사를 실시하였다.

본 사업의 제 3 단계로 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슴, 홉스쿨 아이막 무룽 슴, 셀렝게 아이막 보강트 마을에서 신규 양묘장을 조성하여 이에 대한 기초 조사를 시행하였으며 그림 1 과 같다.



● Umnugovi Dalanzadgad ● Uvurkhangai Arvaikheer ● Tov Lun ● Khuvsgul Murun ● Selenge Bugant

그림 1. 연구 대상지 현황

### 공시 수목의 종류

연구를 위하여 2 년생 (비닐하우스에 재배하여 현장에서 양묘한) 9 종의 낙엽송 묘목을 선정하여 (표 1) 재배하여 이식하기 전에 묘목 수고 (H), 근원직경 (RCD), 뿌리 길이 (LGT)를 측정하여 미리 준비한 깊이 60-70 cm, 직경 (50-60cm) 구덩이에 토양과 비료를 잘 혼합하여 관수한 다음에 식재하였다.

표 1. 공시 수목 종류

Species name	Age	Lun soum			Dalanzadgad soum		
		H	RCD	LGT	H	RCD	LGT
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.-Олон цэцэгт сухай	2	69.59	0.36		83.63	0.77	34.48
<i>Ulmus pumila</i> L.-Одой хай лаас	2	51.08	0.33		51.35	0.44	37.15
<i>Caragana arborescens</i> Lam.-Шар хуай с	2	39.62	0.27		40.92	0.34	35.85
<i>Elaeagnus moorcroftii</i> Wall.-Муркрофтий н жигд	2	35.8	0.36		52.13	0.53	33.52
<i>Armeniaca sibirica</i> (L.) Lam-Сибир гүй лс	2	-*	-		85.18	0.37	24.71
<i>Amygdalus pedunculata</i> Pall.-Бариулт бүй лээс	2	26.3	0.13		37.28	0.56	29.03
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.-Яшилдуу чацаргана	2	22.09	0.2		39.43	0.38	21.9
<i>Populus sibirica</i> North ex Tausch-Улиас	2	68.34	0.51	-	-	-	-
<i>Caragana microphylla</i> Lam.-Бяцхан навчит харгана	2	32.2	0.2	-	-	-	-

Тай лбар: \*-туршилтанд хамрагдаагүй болно.

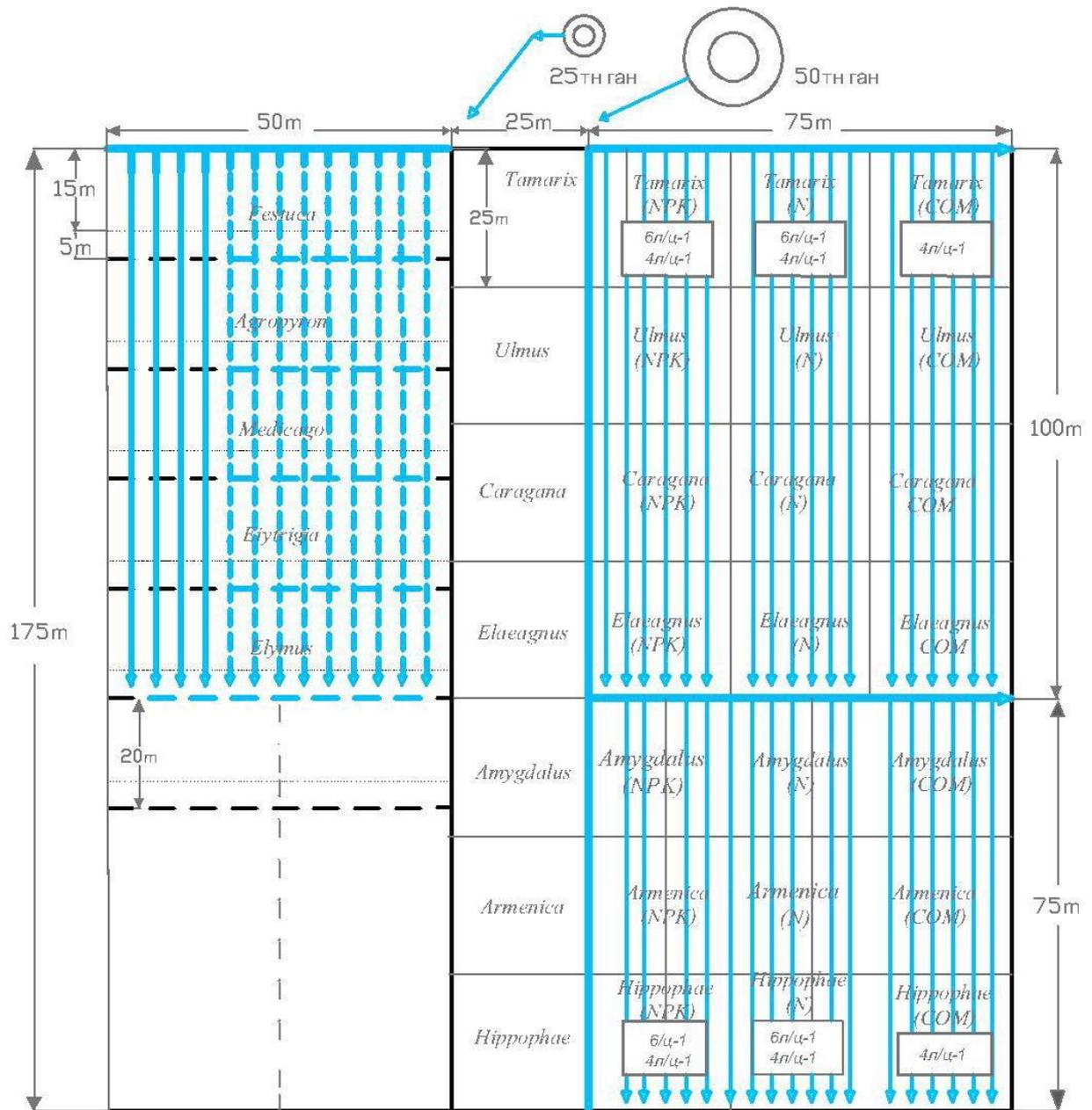


그림. 2. 시험지 도면 및 시험 방법 (달랑자드가드 숲)

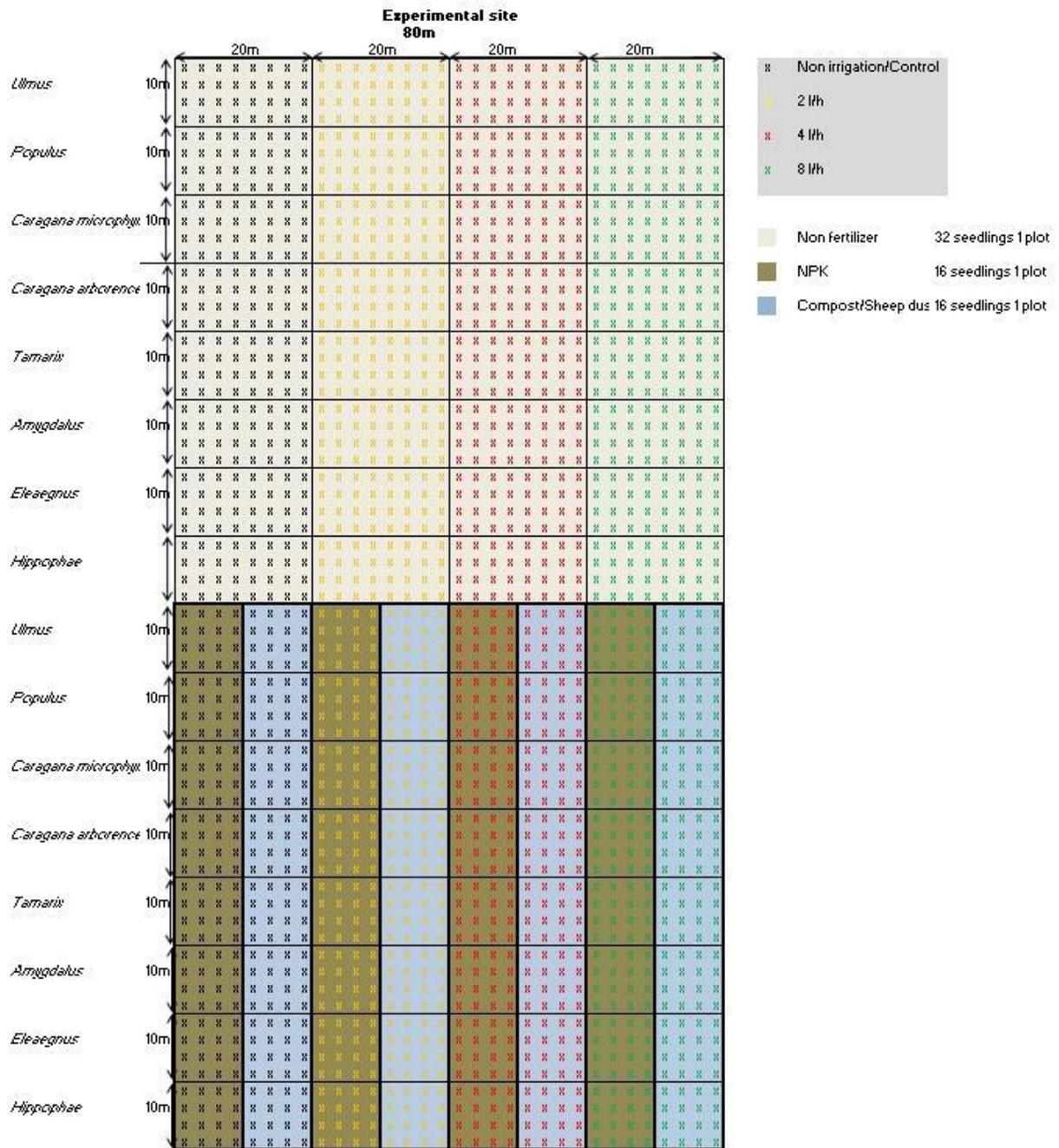


그림. 3. 시험지 도면 및 시험 방법 (분 솜)

# 1. 음노고비 아이막 달란자드가드 슝

조사구(plot)

엽형태 측정 결과:

조사구(plot)에 생육하고 있는 수종들의 엽건물중, 엽면, 엽면적비 지표 분산분석결과를 따르면 수종 종류에 따른 차이가 있는 것으로 나왔으며, 그 내용은 표 1 과 같다.

표 1. 분산분석 결과

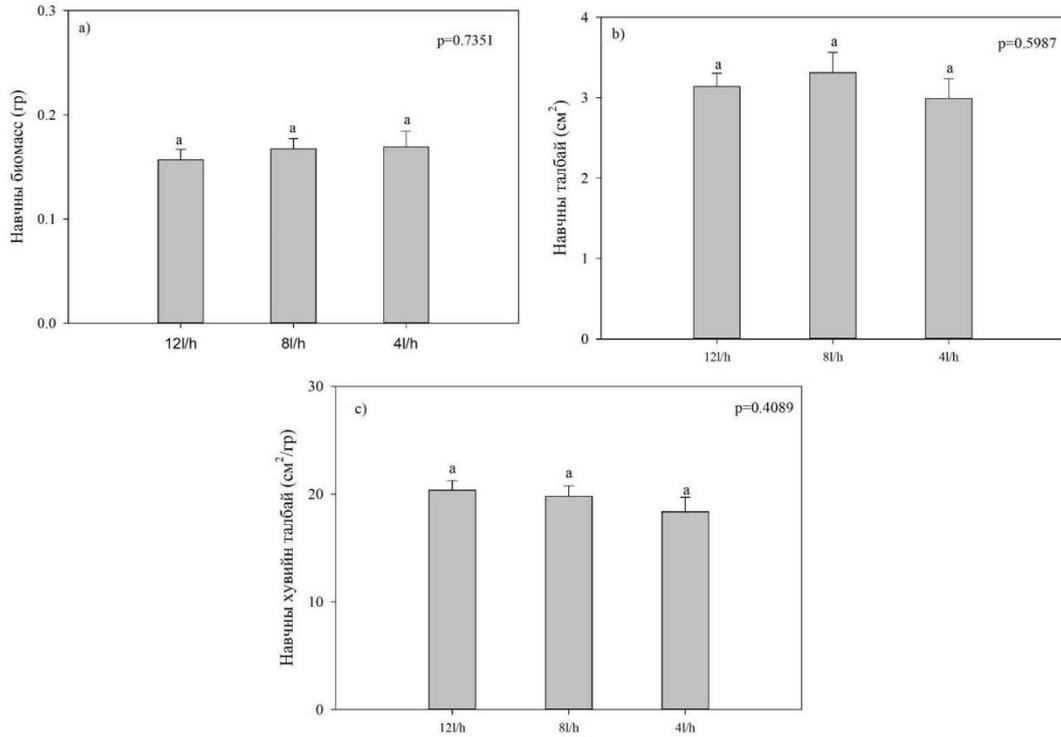
Source	DF	F Value	Pr>F
<b>Dry biomass (gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	0.31	0.7351
<b>Leaf Area (cm<sup>2</sup>)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	0.52	0.5987
<b>SLA (cm<sup>2</sup>/gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	0.92	0.4089

엽건물중 측정 지수:

식물잎 특성, 주변 환경 변화, 관수처리에 따라 미치는 영향에 대한 연구를 오랫동안 진행하고 있다. 고비 지역에 생육한 비술나무(*U. pumila*)의 엽형태 측정 지수를 관수처리별로 살펴보면 12 L/h 관수처리 시 생물량 (biomass)은 0.16±0.01gr, 엽면적 3.14±0.17 cm<sup>2</sup>, 엽면적비 20.38±0.86 cm<sup>2</sup>/gr, 8L/h 관수처리 시 생물량 (biomass)은 0.17±0.01 gr, 엽면적 3.31±0.25cm<sup>2</sup>, 엽면적비 19.79±0.99cm<sup>2</sup>/gr, 4L/h 관수처리 시 생물량 (biomass)은 0.17±0.01gr, 엽면적 2.99±0.07 cm<sup>2</sup>, 엽면적비 18.37±1.33 cm<sup>2</sup>/gr 로 나타났다 (표 2). 고비지역에 재배한 비술나무의 엽형태 측정 지수는 12L/h 관수처리 시 생물량은 4L/h 관수처리에 가장 높은 것으로 나타났다(그래프 1).

표 2. 비술나무 엽건물중 측정 지수

Treatments	Dry biomass (gr)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	SLA (cm <sup>2</sup> /gr)
12L/h	0.16±0.01	3.14±0.17	20.38±0.86
8 L/h	0.17±0.01	3.31±0.25	19.79±0.99
4 L/h	0.17±0.01	2.99±0.07	18.37±1.33



그래프 1. 비술나무 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

### 3 번 조림지

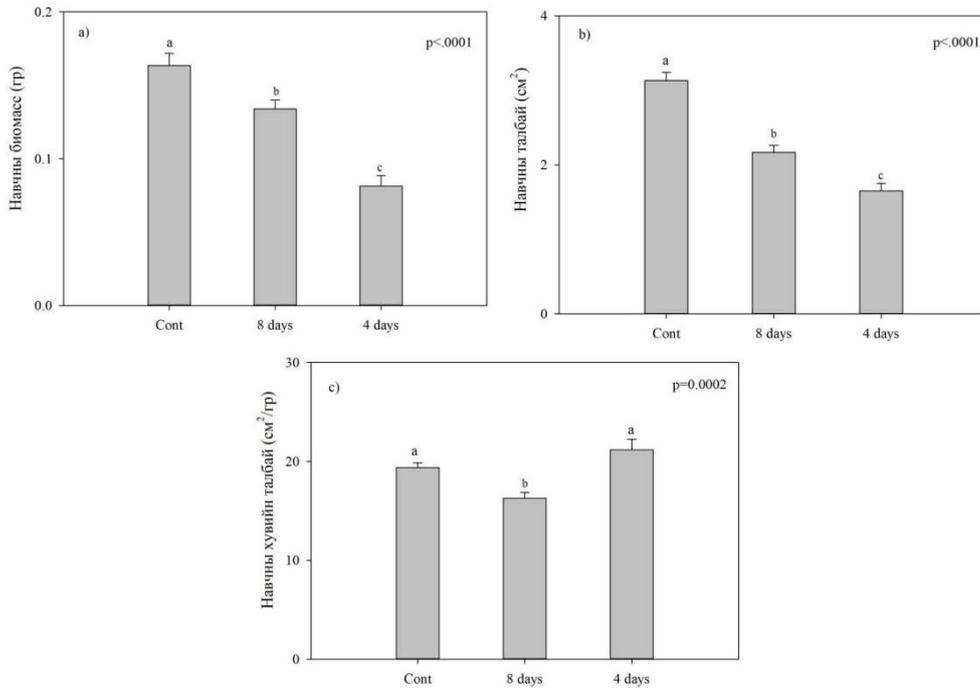
조림지에 생육하고 있는 수종들의 엽건물중, 엽면, 엽면적비 지표 분산분석결과를 따르면 비술나무의 엽건물중, 엽면, 엽면적비 지수는 차이가 있는 것으로 나왔으며, 그 내용은 표 3 과 같다.

표 3. 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<b>Dry biomass (gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	32.23	<.0001
<b>Leaf Area (gr<sup>2</sup>)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	53.99	<.0001
<b>SLA (cm<sup>2</sup>/gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	10.81	0.0002

조림지에 생육하고 있는 비술나무(*Ulmus pumila* L)의 엽건물중 측정 결과는 곡선 2 와 같다. 결과에 따르면 비술나무는 4 일 간격 관수처리에 생물량(biomass)

은  $0.08 \pm 0.01 \text{ gr}$ , 엽면적은  $1.65 \pm 0.10 \text{ cm}^2$ , 엽면적비  $21.18 \pm 1.06 \text{ cm}^2/\text{gr}$ , 8 일 간격 관수처리에 생물량 (biomass)은  $0.13 \pm 0.01 \text{ gr}$ , 엽면적  $2.17 \pm 0.10 \text{ cm}^2$ , 엽면적비  $6.28 \pm 0.58 \text{ cm}^2/\text{gr}$ , CONT 처리에 생물량은  $0.16 \pm 0.01 \text{ gr}$ , 엽면적은  $3.13 \pm 0.11 \text{ cm}^2$ , 엽면적비는  $19.37 \pm 1.47 \text{ cm}^2/\text{gr}$  으로 나타났다(그래프 2).



그래프 2. 비술나무 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

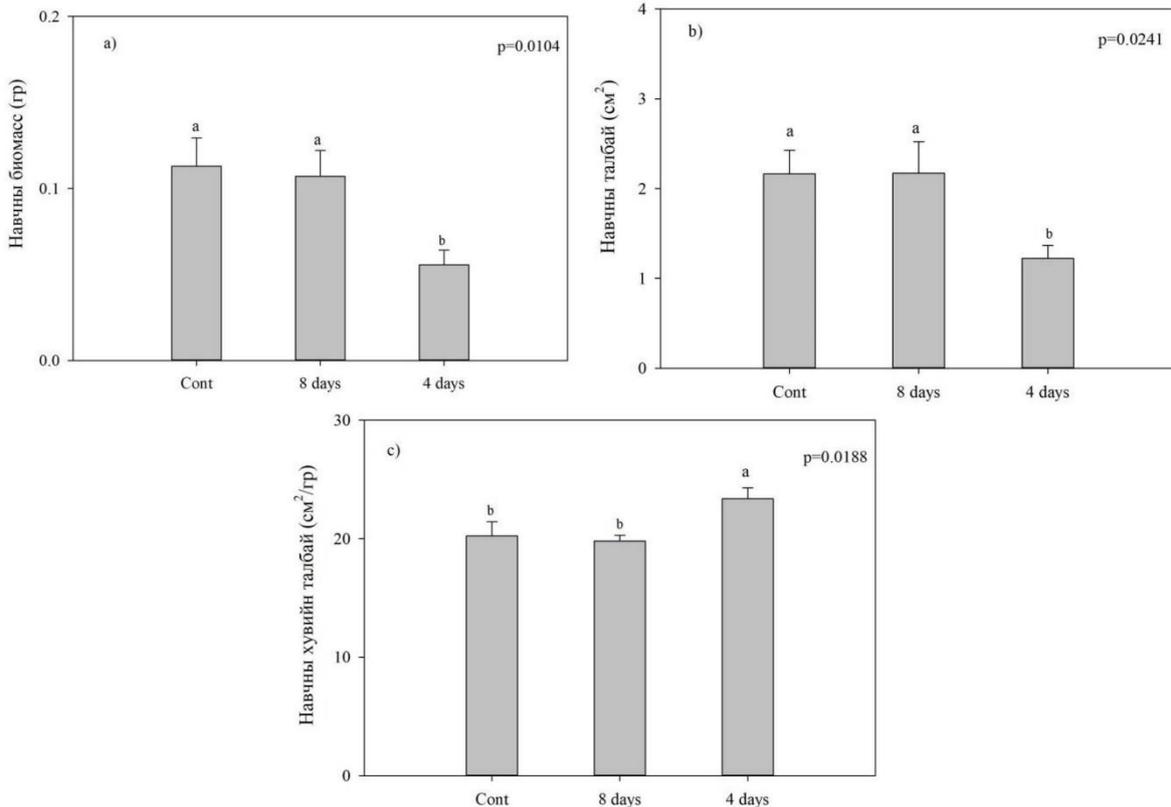
### 9 번 조림지

9 번 조림지에 생육하고 있는 수종들의 엽 건물중, 엽면적, 엽면적비 등의 분산분석 결과에 따르면 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 4).

표 4. 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<b>Dry biomass (gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	4.18	0.0104
<b>Leaf Area (cm<sup>2</sup>)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	5.63	0.0241
<b>SLA (cm<sup>2</sup>/gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	4.49	0.0188

조림지에 생육하고 있는 비술나무(*Ulmus pumila* L)의 엽건물중 측정 결과는 그래프 3 과 같다. 결과를 따르면 비술나무는 4 일 간격 관수에 생물량(biomass)은  $0.06 \pm 0.01$ gr, 엽면적  $1.22 \pm 0.14$  cm<sup>2</sup>, 엽면적비  $23.38 \pm 0.92$ cm<sup>2</sup>/gr, 8 일 간격 관수처리에 생물량(biomass)은  $0.11 \pm 0.02$ gr, 엽면적은  $2.17 \pm 0.35$ cm<sup>2</sup>, 엽면적비  $19.80 \pm 0.50$  cm<sup>2</sup>/gr, CONT 처리에 생물량(biomass)은  $0.11 \pm 0.02$ gr, 엽면적  $2.17 \pm 0.35$ cm<sup>2</sup>, 엽면적비  $20.23 \pm 1.21$  cm<sup>2</sup>/gr 으로 나타났다(그래프 3).



그래프 3. 비술나무 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

### 결론

우문고비아이막 달란자드가드숨에 위치한 연구대상지인 조림지에 식재한 비술나무(*U. pumila*)의 엽 형태 측정조사를 식생생육 기간인 7 월에 실행하였다. 엽 형태 특성 변화는 식생생육, 생산성 등의 큰 영향을 미친다. 연구대상지인 조림지에 비술나무(*U. pumila*)의 엽면적비 12L/h 관수 처리에 각각 높은 값을 보였다.

연구대상지인 3 번 조림지 및 9 번 조림지에 식재한 비술나무(*U. pumila*)의 생물량(biomass)은 다른 관수처리보다 높아 고비 지역 등의 건조한 지역에 적응하고 잘 성장하고 있다. 3 번 조림지의 CONT 관수처리, 9 번 조림지의 8 일 간격 관수처리에 엽면적이 높은 것으로 나타났으나 두 조림지에 4 일 간격 과수처리에 엽면적비가 높은 것으로 나타났다.

## 투브 아이막 른숨 조사구

건조한 steppe 지역에 식재한 나무 엽형태 측정 결과:

조사를 2023년 7월에 투브 아이막 른숨 조사구(plot)에 식재한 2개 수종의 성장 및 생육상태를 확인하기 위해 조사를 실시하였다. 엽형태 지표(dry biomass, leaf area, SLA)를 확인하기 위해 수종별로 3그룹(총 12그룹)을 선택하여 4회에 걸쳐 총 20개 잎시료를 채취하였다. 조사구(plot)에 식재한 2개 수종 엽건물중, 엽면, 엽면적비 지표 분산분석 결과를 따르면 수종 종류에 따른 차이가 있는 것으로 나왔으며, 그 내용은 표 1과 같다.

표 3. 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<b><i>Dry biomass (gr)</i></b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	8	1.23	0.3031
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	4	3.35	0.0238
<b><i>Leaf Area (cm<sup>2</sup>)</i></b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	11	9.13	<.0001
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	7	6.39	<.0001
<b><i>SLA (cm<sup>2</sup>/gr)</i></b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	8	3.03	0.0073
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
treatment	4	2.88	0.0414

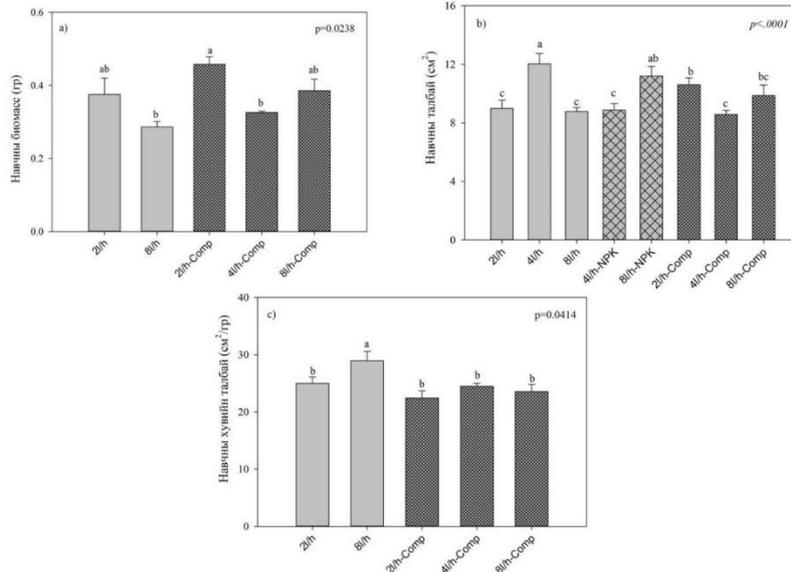
건조한 steppe 지역에 식재한 나무 엽형태 측정 평균을 살펴보면 포플러의 생물량(biomass), 엽면적, 엽면적비 등의 지수는 높은 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 건조한 steppe 지역에 식재한 나무 엽형태 측정 평균

수종	생물량 (gr)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	엽면적비 (cm <sup>2</sup> gr)
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch	0.37±0.02	9.87±0.51	24.88±1.16
<i>Ulmus pumila</i> L.	0.13±0.01	2.58±0.19	21.18±0.72

**조사 결과:**

**POPULUS SIBIRICA HORT. EX TAUSCH:** *P. sibirica*의 관수 및 비료 처리들을 비교하면 식생생육 기간인 7월에 8L/h 관수 및 비료 처리 내용 중 생물량 (biomass)  $0.29 \pm 0.01$  gr 으로 가장 낮았으며 2L/h+Comp 처리에 생물량 (biomass)  $0.46 \pm 0.02$ gr 으로 가장 높았다. 엽면적 같은 경우 4L/h+Comp 처리에  $8.57 \pm 0.28$  cm<sup>2</sup> 로 가장 낮았으며 4L/h 관수 처리에  $12.04 \pm 0.69$  cm<sup>2</sup> 가장 높았다. 엽면적비 같은 경우 2L/h+Comp 처리에  $22.47 \pm 1.23$  cm<sup>2</sup>/gr 으로 나타났고, 8L/h 관수처리에  $28.91 \pm 1.69$  cm<sup>2</sup>/gr 으로 가장 높은 것으로 나타났다. 조사 결과는 표 3 및 그래프 1 과 같다.



그래프 1. 포플러 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

엽면적은 식물 성장, 생육상태를 확인하는 중요한 지표 중 하나이며 조사결과를 보면 건조한 steppe 지역에 식재한 포플러는 8L/h 관수 처리에 가장 적합한 것으로 나타났다 (표 3).

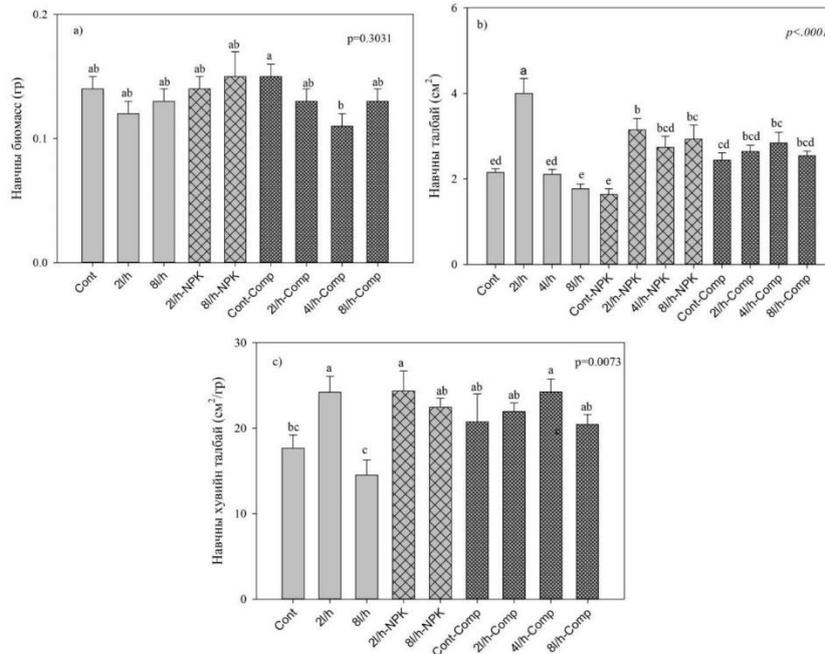
표 3. 포플러 관수 및 비료 처리의 엽형태 측정 결과

No	Treatments	Dry biomass	SLA	Leaf area
1	2l/h	$0.38 \pm 0.04$ ab	$24.99 \pm 1.11$ b	$8.98 \pm 0.56$ b
2	4l/h	-	-	$12.04 \pm 0.69$ a
3	8l/h	$0.29 \pm 0.01$ b	$28.91 \pm 1.69$ a	$8.78 \pm 0.27$ c
4	2l/h-NPK	-	-	-
5	4l/h-NPK	-	-	$8.88 \pm 0.43$ c
6	8l/h-NPK	-	-	$11.20 \pm 0.66$ ab
7	2l/h-Comp	$0.46 \pm 0.02$ a	$22.47 \pm 1.23$ b	$10.61 \pm 0.47$ b
8	4l/h-Comp	$0.33 \pm 0.00$ b	$24.48 \pm 0.51$ b	$8.57 \pm 0.28$ c
9	8l/h-Comp	$0.39 \pm 0.03$ ab	$23.53 \pm 1.27$ b	$9.86 \pm 0.73$ bc

*ULMUS PUMILA* L: 비술나무 엽형태 측정 결과를 관수 및 비료를 사용한 12 가지 실험을 실시하였다. 비술나무(*U. pumila*) 잎의 생물량(biomass)은  $0.11 \pm 0.01$  에서  $0.15 \pm 0.01$  gr 사이로 나타났으며 4L/h-COMP 관수 처리에 가장 낮게 나타났다. 엽면적 같은 경우 Cont-NPK 처리에 ( $1.64 \pm 0.13$ ) 가장 낮았으며, 2L/h 관수처리에 ( $4.00 \pm 0.35$ )으로 가장 높은 것으로 나타났다. 투브아이막 룬숨 조사구(plot)의 비술나무 엽형태 측정 조사 결과는 표 4 및 그래프 2 와 같다.

표 4. 포플러 관수 및 비료 처리의 엽형태 측정 결과

No	Treatments	Dry biomass	SLA	Leaf area
1	Control	$0.14 \pm 0.01$ ab	$17.67 \pm 1.53$ bc	$2.15 \pm 0.09$ ed
2	2l/h	$0.12 \pm 0.01$ ab	$24.20 \pm 1.87$ a	$4.00 \pm 0.35$ a
3	4l/h	-	-	$2.11 \pm 0.11$ ed
4	8l/h	$0.13 \pm 0.01$ ab	$14.53 \pm 1.77$ c	$1.77 \pm 0.11$ e
5	Cont-NPK	-	-	$1.64 \pm 0.13$ e
6	2l/h-NPK	$0.14 \pm 0.01$ ab	$24.36 \pm 2.33$ a	$3.15 \pm 0.26$ b
7	4l/h-NPK	-	-	$2.74 \pm 0.26$ bcd
8	8l/h-NPK	$0.15 \pm 0.02$ ab	$22.47 \pm 1.03$ ab	$2.93 \pm 0.33$ bc
9	Cont-COMP	$0.15 \pm 0.01$ a	$20.76 \pm 3.25$ ab	$2.44 \pm 0.17$ cd
10	2l/h-COMP	$0.13 \pm 0.01$ ab	$21.95 \pm 1.00$ ab	$2.64 \pm 0.15$ bcd
11	4l/h-COMP	$0.11 \pm 0.01$ b	$24.24 \pm 1.52$ a	$2.84 \pm 0.25$ bc
12	8l/h-COMP	$0.13 \pm 0.01$ ab	$20.45 \pm 1.15$ ab	$2.54 \pm 0.11$ bcd



그래프 2. 포플러 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

## 2 번 조림지

### 엽형태 측정 결과:

2 번 조림지에 식재한 나무 엽형태 측정 지표 분산분석결과는 표 5 와 같다.

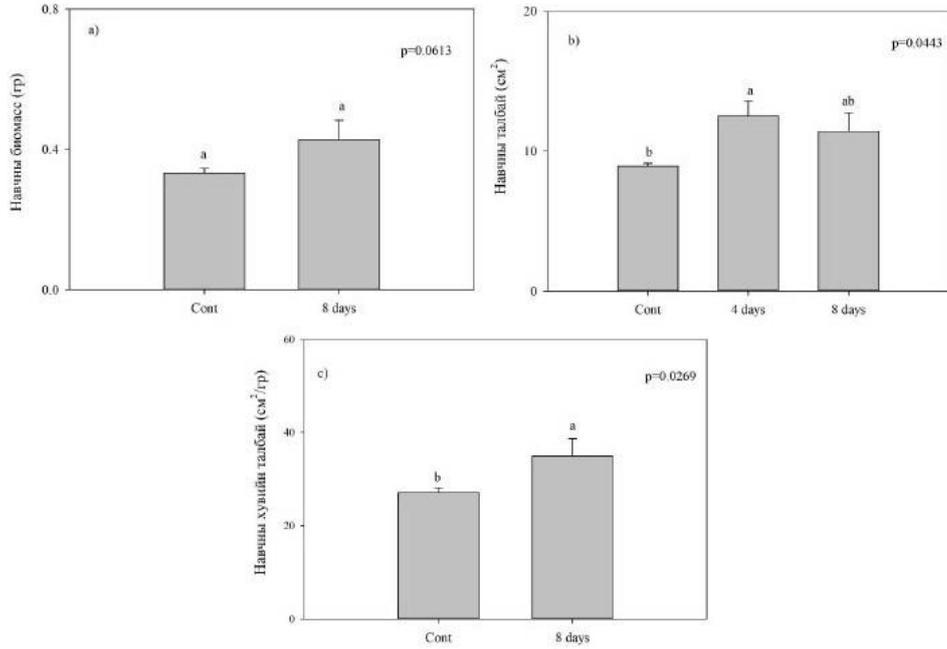
표 5. 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<b>Dry biomass (gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	2	6.57	0.0051
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	1	3.98	0.0613
<b>Leaf Area (cm<sup>2</sup>)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	2	2.24	0.1224
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	2	3.43	0.0443
<b>SLA (cm<sup>2</sup>/gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
treatment	2	1.77	0.1918
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
treatment	1	5.80	0.0269

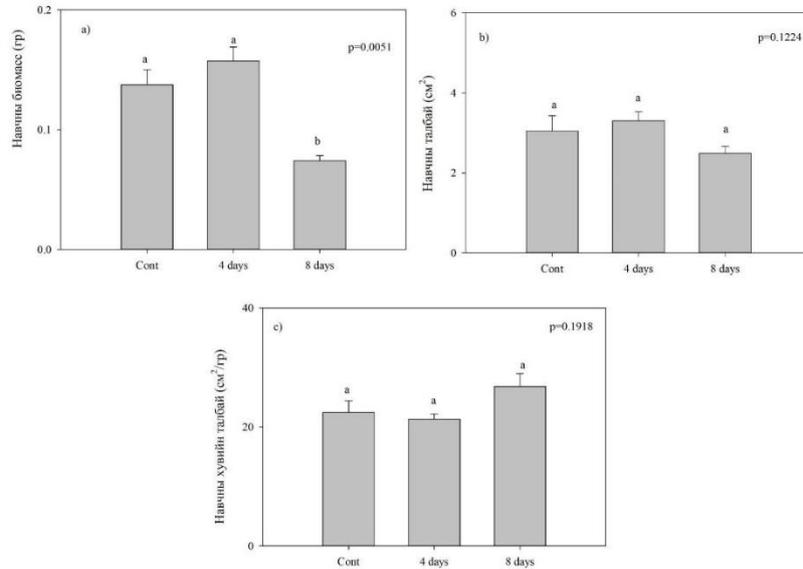
표 6. 엽형태 측정 평균

수종	생물량 (gr)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	엽면적비(cm <sup>2</sup> /gr)
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch	0.38 ± 0.03	10.94 ± 0.87	31.07 ± 2.37
<i>Ulmus pumila</i> L.	0.12 ± 0.01	2.95 ± 0.26	23.53 ± 1.65

분산분석결과를 보면 조사 대상지에 식재한 포플러의 생물량 및 엽면적 같은 경우 8 일 간격 관수 처리에 가장 높게 나타났다. *P. Sibirica* 의 엽형태 측정결과를 관수 처리별로 보면 Cont 처리에 생물량이 0.33±0.01 gr, 엽면적이 8.91±0.21cm<sup>2</sup>, 엽면적비가 27.14±0.66 cm<sup>2</sup>/gr 으로 나타났으며, 4 일 간격 관수 처리 같은 경우 엽면적이 12.51±1.08 cm<sup>2</sup> 로 나타났으며, 8 일 간격 관수처리 같은 경우 생물량이 0.42±0.06 gt, 엽면적이 11.42±1.33 cm<sup>2</sup>, 엽면적비가 34.99±3.76 cm<sup>2</sup>/gr (그래프 3)으로 나타났다.



그래프 3. 포플러 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA



그래프 4. 비술나무 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

조사 대상지에 식재한 비술나무의 엽형태 측정결과를 관수처리별로 살펴보면 Cont 관수처리 같은 경우 생물량이  $0.14 \pm 0.01\text{gr}$ , 엽면적이  $3.05 \pm 0.38\text{cm}^2$ , 엽면적 비가  $22.47 \pm 1.92\text{cm}^2/\text{gr}$  으로 나타났다. 4 일 간격 관수처리 같은 경우 생물량이  $0.16 \pm 0.01\text{gr}$ , 엽면적이  $3.30 \pm 0.23\text{cm}^2$ , 엽면적비가  $21.31 \pm 0.87\text{cm}^2/\text{gr}$  이었으며, 8 일 간격 관수처리 같은 경우 생물량이  $0.07 \pm 0.00\text{gr}$ , 엽면적이  $2.49 \pm 0.18\text{cm}^2$ , 엽면적비가  $26.80 \pm 2.16\text{cm}^2/\text{gr}$  으로 나타났다(그래프 4).

## 9 번 조림지

### 엽형태 측정 결과:

조사 대상지에 생육하고 있는 수종들의 엽건물중, 엽면, 엽면적비 지표 분산분석결과는 표 7 과 같다.

표 7. 분산분석결과

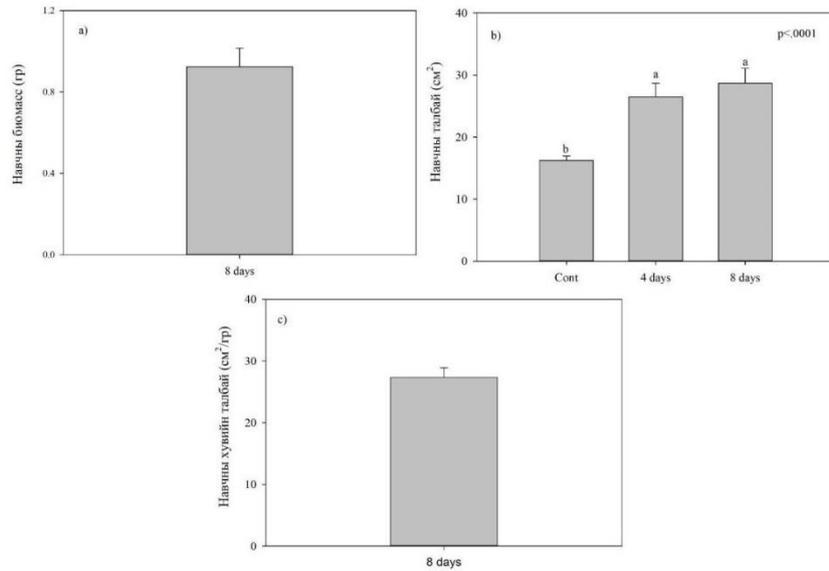
Source	DF	F Value	Pr>F
<b>Dry biomass (gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	2	21.04	<.0001
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	-	-	-
<b>Leaf Area (cm<sup>2</sup>)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	2	7.46	0.0021
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	2	13.87	<.0001
<b>SLA (cm<sup>2</sup>/gr)</b>			
<i>Ulmus pumila</i> L.			
Treatment	2	7.10	0.0082
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch			
Treatment	-	-	-

9 번 조림지 수종들의 엽형태 측정 결과 평균은 표 8 과 같다.

표 8. 엽형태 측정 결과 평균은 표 8 과 같다

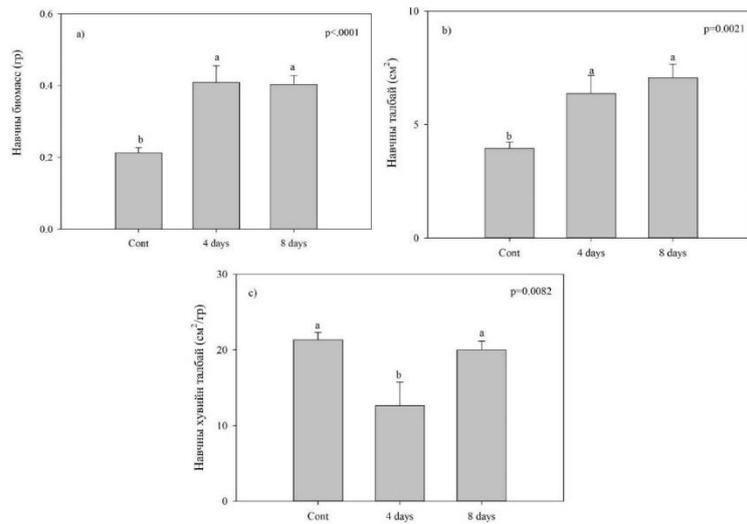
수종	생물량 (gr)	엽면적(cm <sup>2</sup> )	엽면적비 (cm <sup>2</sup> /gr)
<i>Populus sibirica</i> Hort. Ex Tausch	0.92 ± 0.09	23.80 ± 1.77	27.33 ± 1.85
<i>Ulmus pumila</i> L.	0.34 ± 0.03	5.79 ± 0.56	17.97 ± 1.77

조사 대상지에 식재한 *P. sibirica* 를 살보면 8 일 간격 관수 처리 같은 생물량이 0.92±0.09gr, 엽면적이 28.69±2.41cm<sup>2</sup>, 엽면적비가 27.33±1.56cm<sup>2</sup>/gr 으로 나타났으며, cont 관수 처리 같은 경우 엽면적이 16.24±0.70cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 4 일 간격 관수처리 같은 경우 엽면적이 26.47±2.20cm<sup>2</sup>로 나타났으며, *P. sibirica* 는 8 일 간격 관수처리에 엽면적이 가장 높은 것으로 나타났다(그래프 5).



그래프 2. 포플러 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

조사 대상지에 식재한 비술나무의 엽형태 측정결과를 관수처리별로 살펴보면 control 관수처리 같은 경우 생물량이  $0.21 \pm 0.02 \text{gr}$ , 엽면적이  $3.94 \pm 0.29 \text{cm}^2$ , 엽면적비가  $21.31 \pm 1.01 \text{cm}^2/\text{gr}$  으로 나타났다. 4 일 간격 관수처리 같은 경우 생물량이  $0.41 \pm 0.05 \text{gr}$ , 엽면적이  $6.37 \pm 0.80 \text{cm}^2$ , 엽면적비가  $12.62 \pm 3.13 \text{cm}^2/\text{gr}$  이었으며, 8 일 간격 관수 처리 같은 경우 생물량이  $0.40 \pm 0.02 \text{gr}$ , 엽면적이  $7.07 \pm 0.60 \text{cm}^2$ , 엽면적비가  $19.96 \pm 1.19 \text{cm}^2/\text{gr}$  으로 나타났다(그래프 6).



그래프 6. 비술나무 엽형태 측정 지수  
a). Dry biomass b). Leaf area c). SLA

## 결론

투브 아이막 룬숨 조사구에 식재한 2 개 수종의 엽형태 측정을 식생생육 기간인 7 월에 실행하였다. 조사결과를 보면 *U. pumila*, *P. sibirica* 의 엽형태 측정이 비료 처리에 가장 높은 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, 관수 및 비료 처리별로 차이가 있는 것으로 보였다. *P. sibirica* 는 엽면적이 4L/h 관수처리, 비료처리 8L/h+NPK 에 높은 것으로 나타났다. *U. pumila* 는 엽면적이 2L/h 관수처리, 비료처리 2L/h+NPK 에 높은 것으로 나타났다.

2 번 조림지 *U. Pumila* 는 엽면적비가 같은 경우 8 일 간격 관수처리, 9 번 조림지 *U. pumila* 는 control 처리에 가장 높은 것으로 나타났다. *P. sibirica* 는 엽면적비가 2 번 조림지에 4 일 간격 관수처리, 9 번 조림지에 8 일 간격 관수처리에 가장 높은 것으로 나타났다. 조사대상지에 식재한 수종들의 엽형태 측정결과가 토양 영양분과 상관관계가 있을 수 있다.

## 참고문헌

- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*. <http://doi.org/10.1071/BT02124>
- Craufurd, P. Q., Wheeler, T. R., Ellis, R. H., Summerfield, R. J., & Williams, J. H. (1999). Effect of temperature and water deficit on water-use efficiency, carbon isotope discrimination, and specific leaf area in peanut. *Crop Science*, 39(1), 136-142.  
<http://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X003900010022x>
- Ehab Azab. 2016. Effect of water stress and biological fertilization on Maize growth, chemical composition and productivity in calcareous soil. *American Journal of Plant Physiology* 11: 1-11.
- Evans, J.R. and Poorter, H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant Cell Environ.* Vol24: 755-767.
- Kozlowskii, T. ., & Pallardy, S. . (1997). *Growth Control in Woody Plants*. San Diego.
- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., & Goudriaan, J. (1998). Modelling biomass production and yield of horticultural crops: A review. *Scientia Horticulturae*. [http://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00083-1](http://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00083-1)
- Niamjit Das. 2014. Modeling develops to estimate leaf area and leaf biomass of *Lagerstroemia speciosa* in west vanugach reserve forest of Bangladesh. Hindawi Publishing Corporation, ISRN Forestry, Article ID 486478. 9 pages.
- Selzer L.J., Busso C.A. 2016. Pigments and photosynthesis of understory grasses: Light irradiance and soil moisture effects. *Russian Journal of Plant Physiology*, Vol. 63. No28 pp. 224-234.
- Wright, G. C., Rao, R. C. N., & Farquhar, G. D. (1994). Water-use efficiency and carbon isotope discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Science*, 34(1), 92-97.  
<http://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400010016x>

## 우문고비 아이막 달란자드가드 숲

### 조사구(plot)

양묘장에 있는 조사구(plot)에 비술나무, 사막보리수, 비타민나무, *Tamarix ramosissima* Ldb 등의 수종을 식재하였으며, 2023 년에 비술나무를 선택하고 식생생육 기간에 leaf water potential 을 24 시간 기준으로 조사하였다. 선택한 비술나무의 낮 수분 포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량 (soil moisture content)를 조사하였다. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)을 동트기 전(Predawn-05:00), 정오(Midday-13:00)인 햇빛이 가장 강한 시간에 조사를 실시하였다. 조사구(plot)에 3 종류의 관수처리를 실험해 보았다 (2L/h, 8L/h, 4L/h).

비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.31 \pm 0.09$  MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.67 \pm 0.15$ MPa 로 나타났다. 따라서 8L/h 관수 처리에 수분포텐셜 (leaf water potential)이 가장 낮게 나타났으며 수분스트레스(water stress)에 가장 적게 노출되었고, 4L/h 관수 처리에 수분포텐셜(leaf water potential)이 가장 높게 나타났으며 수분 스트레스 (water stress)에 가장 많이 노출되었다(표 1). 토양수분함량(soil moisture content) 같은 경우 8L/h 관수처리에 가장 높게 나타났으나 4L/h 관수처리에 가장 적게 나타났다. 따라서, 관수량이 적을수록 수분포텐셜(leaf water potential)이 낮아 수분 스트레스(water stress)에 노출될 확률이 높다.

표 1. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) (Mean±Standart error)

Treatment	Leaf water potential, ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content, (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
12L h <sup>-1</sup>	$-1.34 \pm 0.03$	$-1.70 \pm 0.09$	$1.67 \pm 0.39$	$4.40 \pm 2.84$
8L h <sup>-1</sup>	$-1.28 \pm 0.09$	$-1.57 \pm 0.22$	$3.57 \pm 1.37$	$3.77 \pm 0.54$
4L h <sup>-1</sup>	$-1.31 \pm 0.15$	$-1.72 \pm 0.15$	$1.07 \pm 0.03$	$2.70 \pm 0.60$

## 투브 아이막 른숨

### 조사구(plot)

조사구(plot)에 비술나무, 포플러를 선택하고 식생생육기간에 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content)를 조사하였다. 조사를 동트기 전(Predawn-05:00), 정오(Midday-13:00) 인 햇빛이 가장 강한 시간에 조사를 실시하였다. 조사구(plot)에 12 까지 관수처리 및 강수량 등을 실험해 보았다. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.27 \pm 0.91$  MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.96 \pm 1.03$ MPa 로 나타났다. 따라서 COMP+ 2L h<sup>-1</sup> 관수 처리에 수분포텐셜(leaf water potential)이 가장 낮게 나타났으며, 수분스트레스(water stress)에 가장 적게 노출되었고, 2L h<sup>-1</sup> 관수 처리에 수분 포텐셜(leaf water potential)이 가장 높게 나타났으며 수분스트레스 (water stress)에 가장 많이 노출되었다(표 2). 토양수분함량(soil moisture content) 같은 경우 COMP+ 2L h<sup>-1</sup> 관수 처리에 동트기 전(05:00)에 가장 높게 나타났으나, 정오(13:00)에 급감소하였다.

수분스트레스 (water stress)에 가장 많이 노출된 2L h<sup>-1</sup> 관수 처리에 토양수분함량(soil moisture content) 총 함량과 비슷하지만 이러한 관수처리에 식재한 나무의 관수 이용 효율이 감소할 수 있다.

표 2. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error)

Treatment	Leaf water potential, ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content, (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	$-1.42 \pm 1.76$	$-2.13 \pm 1.31$	$9.53 \pm 0.94$	$8.27 \pm 0.75$
2L h <sup>-1</sup>	$-1.69 \pm 1.30$	$-2.58 \pm 0.79$	$9.47 \pm 1.26$	$8.77 \pm 1.52$
4L h <sup>-1</sup>	$-1.19 \pm 0.32$	$-1.95 \pm 1.24$	$9.03 \pm 0.82$	$10.67 \pm 1.84$
8L h <sup>-1</sup>	$-1.03 \pm 1.04$	$-1.86 \pm 0.96$	$10.27 \pm 0.29$	$8.93 \pm 0.33$
NPK	$-1.14 \pm 0.44$	$-2.30 \pm 1.16$	$10.23 \pm 0.97$	$8.67 \pm 0.90$
NPK+ 2L h <sup>-1</sup>	$-1.66 \pm 2.49$	$-1.13 \pm 1.31$	$10.63 \pm 0.58$	$8.93 \pm 0.52$
NPK+ 4L h <sup>-1</sup>	$-0.98 \pm 0.24$	$-1.71 \pm 0.53$	$8.20 \pm 0.50$	$7.23 \pm 0.27$
NPK+ 8L h <sup>-1</sup>	$-1.13 \pm 0.57$	$-1.57 \pm 0.33$	$9.83 \pm 0.73$	$6.87 \pm 1.13$
COMP	$-1.12 \pm 0.17$	$-2.34 \pm 0.71$	$10.00 \pm 0.70$	$8.50 \pm 0.06$
COMP+ 2L h <sup>-1</sup>	$-0.91 \pm 0.70$	$-1.56 \pm 0.35$	$12.30 \pm 0.87$	$7.47 \pm 0.43$
COMP+ 4L h <sup>-1</sup>	$-1.62 \pm 1.11$	$-2.00 \pm 1.04$	$9.53 \pm 0.78$	$8.03 \pm 0.48$
COMP+ 8L h <sup>-1</sup>	$-1.37 \pm 0.71$	$-1.85 \pm 1.42$	$8.27 \pm 1.33$	$7.53 \pm 0.71$

포플러의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.18 \pm 1.01$  MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-2.08 \pm 1.33$ MPa 로 나타났다. 따라서 NPK+ 8L h<sup>-1</sup> 관수 처리에 수분포텐셜(leaf water potential)이 가장 낮게 나타났으며 수분스트레스(water stress)에 가장 적게 노출되었고, 2L h<sup>-1</sup> 관수 처리에 수분포텐셜(leaf water potential)이 가장 높게 나타났으며 수분스트레스 (water stress)에 가장 많이 노출되었다(표 3). 토양수분함량(soil moisture content) 같은 경우 수분포텐셜(leaf water

potential)이 낮게 나타난 관수처리에 토양수분함량(soil moisture content)이 낮게 나타났고 따라서, 나무의 관수 효율이 감소할 수 있다. 비술나무 측정결과와 비슷하게 나타났다.

표 3. 포플러 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error)

Treatment	Leaf water potential, ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content, (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	-	-	10.93 $\pm$ 0.46	10.50 $\pm$ 0.00
2L h <sup>-1</sup>	-1.24 $\pm$ 0.42	-2.69 $\pm$ 1.06	11.07 $\pm$ 0.32	11.47 $\pm$ 1.67
4L h <sup>-1</sup>	-0.85 $\pm$ 0.67	-2.05 $\pm$ 3.02	7.40 $\pm$ 2.07	6.07 $\pm$ 1.65
8L h <sup>-1</sup>	-0.92 $\pm$ 0.77	-2.23 $\pm$ 2.14	7.13 $\pm$ 0.23	6.90 $\pm$ 0.25
NPK	-	-	-	-
NPK+ 2L h <sup>-1</sup>	-1.29 $\pm$ 0.86	-2.17 $\pm$ 0.84	9.47 $\pm$ 0.09	8.67 $\pm$ 0.34
NPK+ 4L h <sup>-1</sup>	-1.10 $\pm$ 3.52	-2.16 $\pm$ 1.19	12.47 $\pm$ 0.41	8.37 $\pm$ 0.53
NPK+ 8L h <sup>-1</sup>	-0.63 $\pm$ 1.07	-1.69 $\pm$ 0.58	7.13 $\pm$ 1.39	7.27 $\pm$ 1.13
COMP	-	-	-	-
COMP+ 2L h <sup>-1</sup>	-1.16 $\pm$ 0.89	-1.82 $\pm$ 0.53	9.20 $\pm$ 0.86	8.10 $\pm$ 0.93
COMP+ 4L h <sup>-1</sup>	-1.73 $\pm$ 0.52	-2.09 $\pm$ 0.80	12.47 $\pm$ 0.41	7.67 $\pm$ 0.63
COMP+ 8L h <sup>-1</sup>	-1.65 $\pm$ 0.79	-1.75 $\pm$ 1.84	7.13 $\pm$ 1.39	8.13 $\pm$ 1.16

## 우문고비 아이막 달란자드가드 숲

### 3 번 조림지(2009 년)

3 번 조림지(S-3)에 식재한 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential)을 조사하였다. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.28 \pm 0.09 \text{MPa}$  로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.90 \pm 0.08 \text{MPa}$  로 나타났다. 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential)은 8 일 간격 관수 처리에 가장 적게 나타났으며 수분스트레스(water stress)에 가장 적게 노출되었다. 그러나 Cont 관수처리에 수분포텐셜(leaf water potential)이 가장 높으며 수분스트레스(water stress)에 가장 많이 노출되었다(표 4).

표 4. 3 번 조림지(S-3) 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error)

Treatment	Leaf water potential, ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content, (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	$-1.23 \pm 0.03$	$-2.12 \pm 0.08$	$5.37 \pm 1.09$	$2.40 \pm 0.84$
8 days	$-1.37 \pm 0.05$	$-1.76 \pm 0.09$	$5.20 \pm 1.17$	$3.60 \pm 1.40$
4 days	$-1.25 \pm 0.18$	$-1.83 \pm 0.06$	$4.67 \pm 0.52$	$2.83 \pm 0.62$

### 9 번 조림지

9 번 조림지(S-9)에 식재한 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential)을 조사하였다.. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-2.25 \pm 0.12 \text{MPa}$  로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.75 \pm 0.12 \text{MPa}$  로 나타났다. 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential)은 8 일 간격 관수 처리에 가장 적게 나타났으며 수분스트레스(water stress)에 가장 적게 노출되었다. 그러나 Cont 관수처리에 수분포텐셜(leaf water potential)이 가장 높으며 수분스트레스(water stress)에 가장 많이 노출되었다(표 5).

표 5. 9 번 조림지(S-3) 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error)

Treatment	Leaf water potential, ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content, (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	$-2.27 \pm 0.22$	$-1.90 \pm 0.05$	$1.13 \pm 0.01$	$4.70 \pm 0.92$
8 days	$-2.11 \pm 0.00$	$-1.52 \pm 0.29$	$1.15 \pm 0.02$	$5.37 \pm 1.47$
4 days	$-2.35 \pm 0.15$	$-1.80 \pm 0.03$	$1.13 \pm 0.02$	$5.13 \pm 0.67$

## 투브 아이막 른 슝

### 2 번 조립지

2 번 조립지(S-2)에 식재한 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential)을 조사하였다. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.32 \pm 1.09$ MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.48 \pm 0.46$ MPa 로 나타났다. Cont 관수처리를 2L 및 4L 랑 비교하면 수분포텐셜(leaf water potential)은 높으며 수분스트레스(water stress)에 많이 노출되었다(표 6). 토양수분함량(soil moisture content)은 동트기 전(05:00)에 높으나 정오(13:00)에 급감소한 것으로 나타났다.

표 6. 2 번 조립지(S-2) 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error)

Treatment	Leaf water potential ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	$-1.24 \pm 2.20$	$-1.42 \pm 0.14$	$14.30 \pm 1.23$	$7.83 \pm 0.88$
8 days	$-1.25 \pm 0.89$	$-1.53 \pm 0.71$	$12.43 \pm 2.77$	$7.67 \pm 0.38$
4 days	$-1.49 \pm 0.18$	$-1.48 \pm 0.52$	$12.47 \pm 1.49$	$5.67 \pm 0.70$

2 번 조립지(S-2)에 식재한 포플러 수분포텐셜(leaf water potential)을 조사하였다. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.31 \pm 1.09$ MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.75 \pm 1.00$ MPa 로 나타났다. Cont 관수처리를 2L 및 4L 랑 비교하면 수분포텐셜(leaf water potential)은 높으며 수분스트레스(water stress)에 많이 노출되었다(표 7). 토양수분함량(soil moisture content)은 동트기 전(05:00)에 높으나 정오(13:00)에 급감소한 것으로 나타났다. 2 번째 조립지(S-2)에 식재한 포플러, 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) 변화가 비슷한 것으로 보인다.

표 7. 2 번 조립지(S-2) 포플러 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error

Treatment	Leaf water potential, ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content, (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	$-1.27 \pm 0.94$	$-1.65 \pm 1.15$	$16.20 \pm 3.34$	$15.53 \pm 3.16$
8 days	$-1.25 \pm 1.75$	$-1.89 \pm 1.00$	$10.43 \pm 1.84$	$9.93 \pm 2.16$
4 days	$-1.42 \pm 0.69$	$-1.71 \pm 0.83$	$13.40 \pm 1.73$	$6.97 \pm 0.69$

### 9 번 조립지

9 번 조립지(S-9)에 식재한 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential)을 조사하였다. 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.55 \pm 0.83$ MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-1.76 \pm 1.60$  MPa 로 나타났다. Cont 관수 처리 및 2L 관수 처리에 수분포텐셜(leaf water potential)은 높으며 수분스트레스(water stress)에 많이

노출되었다(표 8). 토양수분함량(soil moisture content)은 동트기 전(05:00)에 높으나 정오 (13:00)에 급감소한 것으로 나타났다.

표 8. 9 번 조림지(S-9) 비술나무 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error

Treatment	Leaf water potential ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	-1.53 ±0.40	-1.67±1.37	8.10 ±1.84	12.77 ±1.74
8 days	-1.69 ±1.92	-2.01 ±3.01	8.57 ±0.09	8.60 ±1.33
4 days	-1.42±0.16	-1.58 ±0.41	6.77 ±0.32	7.63 ±1.44

9 번째 조림지(S-9)에 식재한 포플러 수분포텐셜(leaf water potential)을 조사하였다. 포플러의 수분포텐셜(leaf water potential)은 동트기 전(05:00)에  $-1.75\pm 0.86$ MPa 로 나타났으며, 정오(13:00)에  $-2.06\pm 1.18$ MPa 로 나타났다. Cont 관수처리 및 2L 관수 처리에 수분포텐셜(leaf water potential)은 높으며 수분스트레스(water stress)에 많이 노출되었다(표 9). 토양수분함량(soil moisture content)은 동트기 전(05:00)에 높으나 정오(13:00)에 급감소한 것으로 나타났다. 9 번째 조림지(S-9)에 식재한 포플러, 비술나무의 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) 변화가 비슷한 것으로 보인다.

표 9. 9 번 조림지(S-9) 포플러 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) Mean±Standart error

Treatment	Leaf water potential ( $\phi$ ) MPa		Soil moisture content (%)	
	Predawn	Midday	Predawn	Midday
Cont	-2.06 ±1.03	-1.87±1.22	11.70 ±1.42	12.43 ±2.51
8 days	-1.87 ±1.42	-2.09 ±0.94	11.07 ±3.27	6.93 ±1.17
4 days	-1.32±0.14	-2.21 ±1.37	6.60 ±0.64	10.10 ±1.32

## 결론

고비, steppe 지역에 식재한 비술나무 및 포플러의 수분포텐셜(leaf water potential), 토양수분함량(soil moisture content) 측정을 보면정오(13:00)에 수분스트레스(water stress)에 많이 노출되었다. 또한, 동트기 전(05:00)에 수분포텐셜(leaf water potential)이 높고, 햇빛이 가장 강한 시간에 낮아지고 있다. 조사에 토양수분함량(soil moisture content)이 높을 때 수분포텐셜(leaf water potential) 낮은 경우가 비교적 많이 보였다. 따라서, 이 관수 처리에 나무 환경 적응 정도, 나무의 관수 효율이 감소하는 것들이 영향을 미칠 수 있다.

## 엽록소 함유량 조사

### 우문고비 아이막 달란자드가드 숲

엽록소 형광 (Chlorophyll fluorescence) 조사:

한-몽 그린벨트 사업단에서 2009, 2015 년에 조립한 조사구(plot) 및 조립지 식재한 비술나무 (*Ulmus pumila* L.)의 적응력을 평가하기 위해 식생생육 기간인 7 월에 조사를 하였다.

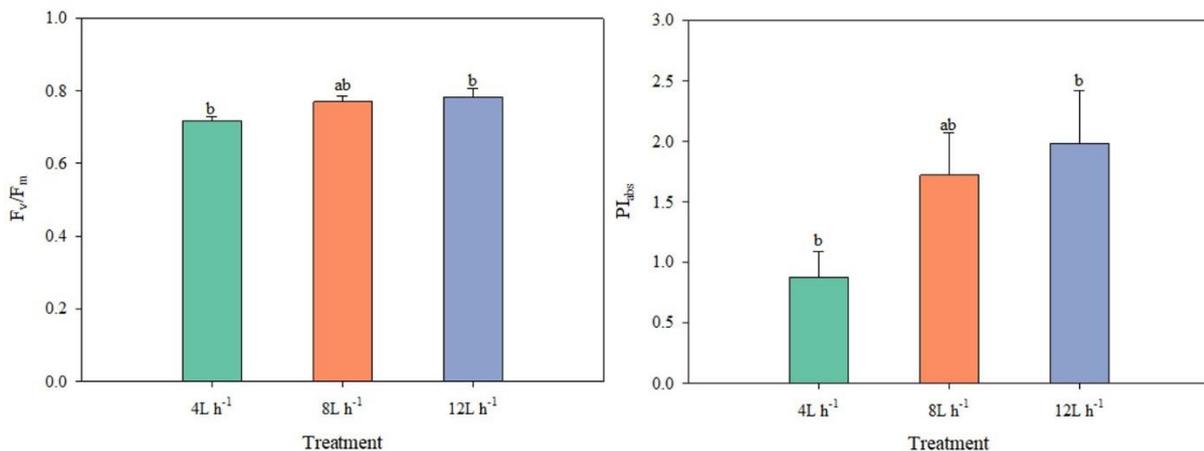
### 조사구(plot)

엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)의 지표들 중에서 가장 효율적인 형광 (PSII ( $F_v/F_m$ )) 및 평가 함수( $PI_{abs}$ ) 등의 2 개 지표를 관수처리로 조사하였다. 분산분석 결과를 살펴보면 2 개의 지표가 차이가 있는 것으로 나타났다(표 1).

표 1. 엽록 형광 ( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ ) 분산분석결과

지표	DF	F Value	Pr>F
$F_v/F_m$			
관수처리	2	3.72	0.0391
$PI_{abs}$			
관수처리	2	2.75	0.0844

조사한 비술나무 (*Ulmus pumila* L.)의 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)을 살펴보면 4L/h 관수처리에 ( $0.71 \pm 0.01$ ), 8L/h 관수처리에 ( $0.76 \pm 0.01$ )으며, 12L/h 관수처리에 ( $0.78 \pm 0.02$ )으로 나타났으며, 관수처리가 올라갈수록 효율적인 형광이 증가하고 평가 함수 또한 증가하는 것으로 나타났다(그래프 1).



그래프 1. 조사구(plot) 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)  $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$  지표

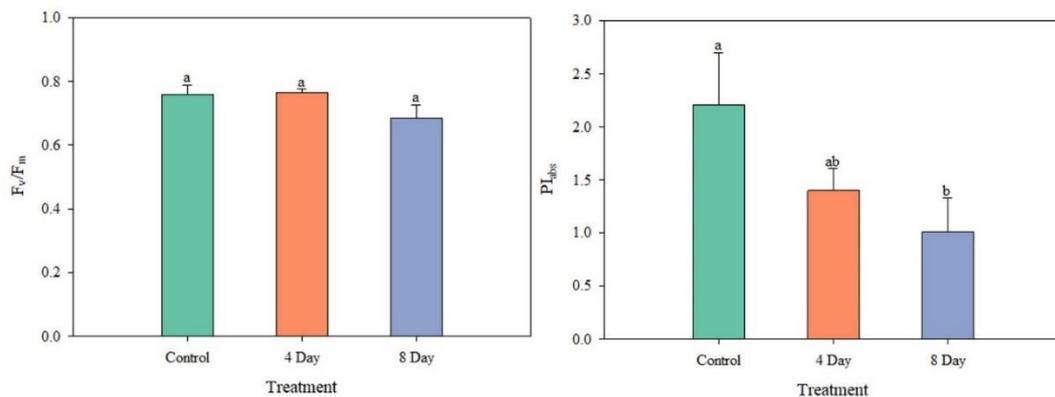
## 조림지

우문고비 아이막 달란자드가드 숲 3 번, 9 번 조림지 분산분석결과를 살펴보면 3 번 조림지는 형광(PSII ( $F_v/F_m$ )) 및 관수처리가 차이가 없는 것으로 보였으나 평가 함수는 차이가 있는 것으로 나타났다(표 2). 그러나 9 번 조림지는 엽록소 형광 (Chlorophyll fluorescence) 지표는 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 2. 엽록 형광 ( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ ) 분산분석결과

지표	DF	F Value	Pr>F
3 번 조림지			
Fv/Fm			
관수처리	2	0.03	0.9736
PI abs			
관수처리	2	1.96	0.1624
9 번 조림지			
Fv/Fm			
관수처리	2	8.11	0.0022
PI abs			
관수처리	2	5.98	0.0081

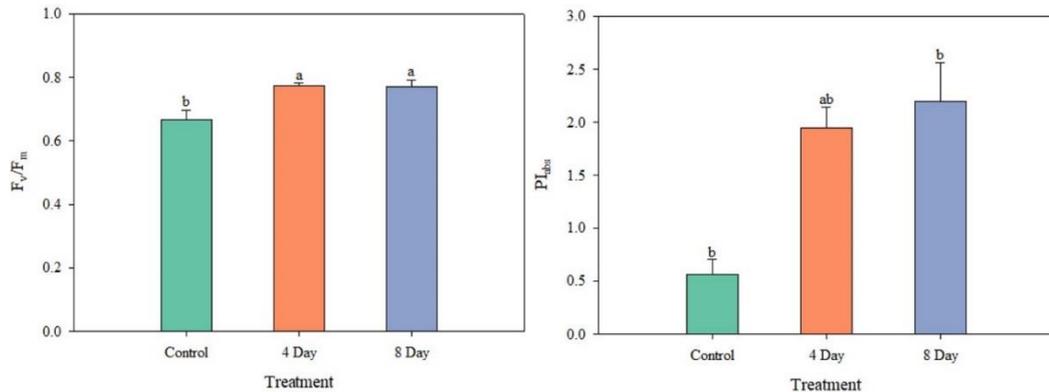
조림지 별로 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence) 지표들을 살펴보면 3 번 조림지에 식재한 비술나무에 가장 효율적인 형광은 무관수(자연)처리 ( $0.76 \pm 0.01$ )으로 나타났으며, 4 일 간격 관수처리에 가장 효율적인 형광이 ( $0.75 \pm 0.03$ )으로 나타났으며, 8 일 간격 관수처리에 가장 효율적인 형광이( $0.68 \pm 0.04$ )으로 나타났다. 평가 함수 같은 경우 무관수(자연)처리에 ( $2.20 \pm 0.49$ )으로 가장 높게 나타났으나, 8 일 간격 관수처리에 ( $1.01 \pm 0.32$ )로 가장 적게 나타났다. 이러한 결과에서 비술나무의 적응력을 볼 수 있다 (표 2).



그래프 2. 3 번 조림지엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)  $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$  지표

3 번 조림지에 식재한 비술나무에 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence) 지표들은 무관수 (자연)처리에 ( $0.66 \pm 0.03$ ,  $0.56 \pm 0.14$ )으로 가장 작게 나타났는데 반면에 8 일 간격

관수처리에 ( $0.77 \pm 0.01$ ,  $1.94 \pm 0.19$ )으로 가장 높게 나타났다. 그리고 4 일 간격 관수처리에 ( $0.76 \pm 0.01$ ,  $2.19 \pm 0.56$ ) 으로 이조림에 가장 적합한 것으로 나타났다(그래프 3).



그래프 3. 9 번 조림지 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence) Fv/Fm, PIabs 지표

## 투브 아이막 른 솨

### 조사구(plot)

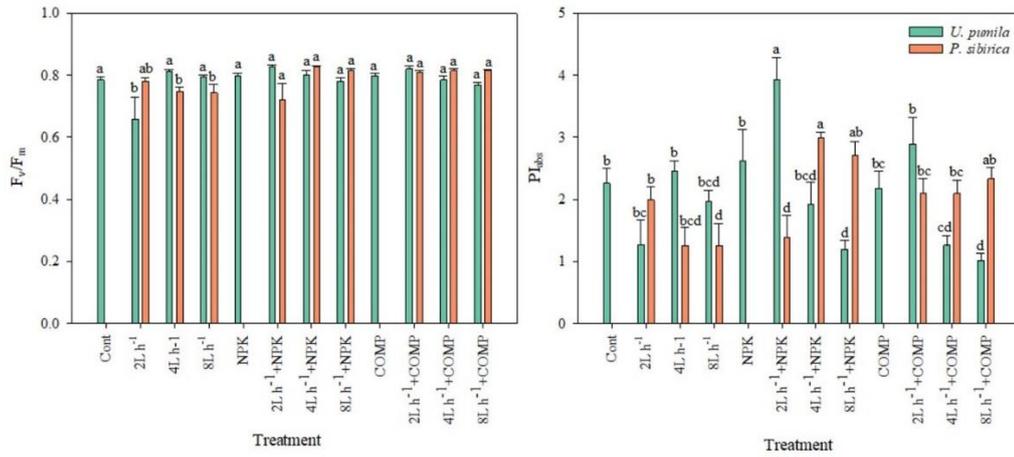
조사를 투브 아이막 른 솨에 2008, 2015 년에 조성한 조사구(plot)에 식재한 비술나무 (*Ulmus pumila* L.), 포플러(*Populus sibirica* Horth ex Tausch) 수종의 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)의 지표들 중에서 가장 효율적인 형광(PSII ( $F_v/F_m$ )) 및 평가 함수( $PI_{abs}$ ) 등의 2 개 지표를 관수처리로 조사하였다. 2 개의 수종의 분산분석 결과를 살펴보면 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence) 및 관수처리 간 차이가 있는 것으로 나타났다(표 3).

표 3. 엽록 형광 ( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ ) 분산분석결과

지표	DF	F Value	Pr>F
<b>비술나무(<i>Ulmus pumila</i> L.)</b>			
Fv/Fm			
관수처리	11	3.91	0.0001
PI abs			
관수처리	11	7.72	<.0001
<b>포플러(<i>Populus sibirica</i> Horth ex Tausch )-</b>			
Fv/Fm			
관수처리	8	3.45	0.0021
PI abs			
관수처리	8	6.14	<.0001

엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)의 지표들을 관수처리별로 살펴보면 비술나무의 가장 효율적인 형광은 2L/h 관수처리에 ( $0.65 \pm 0.07$ )으로 가장 적게 나타났으며, 비료관수인 2L/h+ NPK, 2L/h+ COMP 처리들에 ( $0.82 \pm 0.01$ ,  $0.82 \pm 0.07$ ) 등으로 가장

높게 나타났다 (그래프 4). 그러나, 포플러 같은 경우 가장 효율적인 형광은 2L/h 관수처리에 ( $0.78 \pm 0.01$ )으로 가장 높았고, 비료 2L/h+NPK 관수처리에 ( $0.72 \pm 0.05$ ), 2L/h+COMP 관수처리에 ( $0.81 \pm 0.01$ )으로 가장 작게 나타났다. 수종별로 보면 효율적인 형광인  $F_v/F_m$ 가 비슷하지만, 평가함수인  $PI_{abs}$ 가 포플러보다 비술나무가 높은 것으로 나타났다(그래프 4).



그래프 4. 비술나무, 포플러 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)  $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$  지표

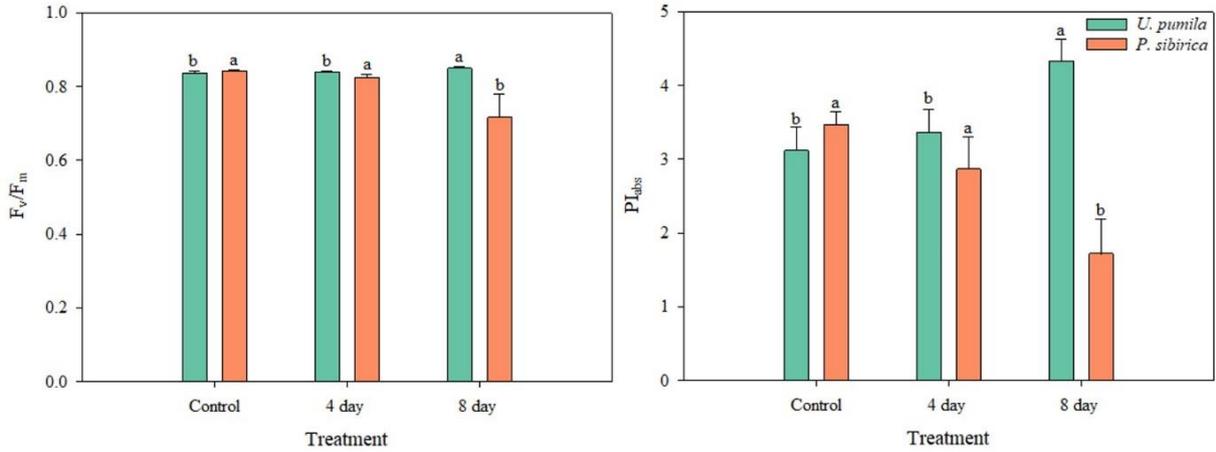
### 조립지

2 번 조립지, 9 번 조립지 분산분석결과를 살펴보면 9 번째 조립지에 식재한 포플러의 관수처리별로 차이가 없으나, 비술나무 및 2 번 조립지 2 개의 수종들은 관수처리별로 차이가 있는 것으로 나타났다(표 4).

표 4. 엽록 형광 ( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ ) 분산분석결과

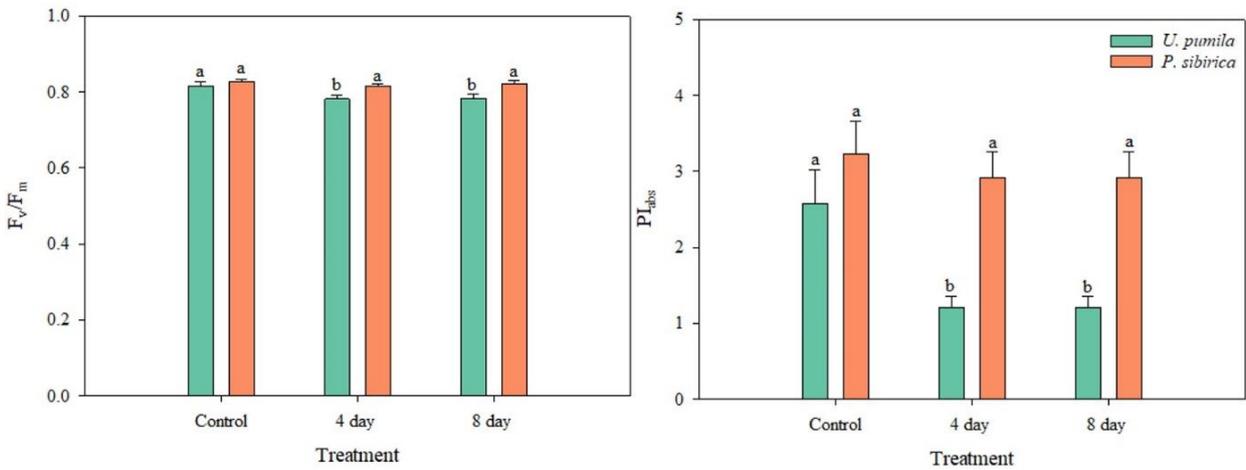
대상지	수종	지표	DF	F Value	Pr>F
2 번 조립지	비술나무	Fv/Fm			
		관수처리	2	5.58	0.0102
		PI abs			
	포플러	관수처리	2	4.38	0.0238
		Fv/Fm			
		관수처리	2	3.39	0.0504
9 번째 조립지	비술나무	관수처리	2	5.35	0.0120
		PI abs			
		Fv/Fm			
		관수처리	2	3.49	0.0468
	포플러	관수처리	2	7.72	0.0026
		PI abs			
		Fv/Fm			
		관수처리	2	0.86	0.4350
		관수처리	2	0.49	0.6213

엽록 형광( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ )을 대상지별로 살펴보면 2 번 조림지 같은 경우 8 일간격 관수처리에 비술나무는 ( $0.85 \pm 0.01$ )으로 가장 높게 나타났으며, 포플러는 ( $0.71 \pm 0.06$ ) 으로 가장 적게 나타났다(그래프 5).



그래프 5. 2 번 조림지 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)  $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$  지표

엽록 형광( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ )을 대상지별로 살펴보면 9 번 조림지 같은 경우 평균으로 나타났으며, 비술나무는 2 번 조림지 비술나무보다 작게 나타났으나 포플러는 높게 나타났다.



그래프 6. 9 번 조림지 엽록소 형광(Chlorophyll fluorescence)  $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$  지표

수종별로 살펴보면 9 번째 조림지에 식재한 비술나무는 무관수(자연)에 효율적인 형광인  $F_v/F_m$  이 ( $0.81 \pm 0.01$ )으로 가장 높게 나타났다. 포플러는 관수처리별로 비슷하게 나타났다(그래프 6).

## 결론

고비, steppe 지역에 조성한 양묘장 및 조림지에 식재한 비술나무, 포플러 엽록형관( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ )에 관수 및 비료의 미치는 영향을 조사하였다.

우문고비 아이막 달란자드가드숨 조사구(plot)에 식재한 비술나무(*Ulmus pumila* L.)같은 경우 12L/h 관수처리에 가장 적합한 것으로 나타났으며, 조림지에 식재한 비술나무는 환경에 적응하고 있는 것으로 보였다.

투브 아이막 룬숨 조림지에 식재한 비술나무(*Ulmus pumila* L.), 포플러(*Populus sibirica* Horth ex Tausch)의 엽록형관( $F_v/F_m$ ,  $PI_{abs}$ ) 조사결과를 보면 조사구(plot) 및 조림지에 식재한 수종들이 비슷한 것으로 나타났다.

## 공변세포 가스 교환 조사

### 우문고비 아이막 달란자드가드 숲

한-몽 그린벨트 사업단에서 2009, 2015 년에 조립한 사업지별로 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 의 공변세포 가스 교환에 관수처리가 미치는 영향을 식생생육 기간에 조사를 실행하였다.

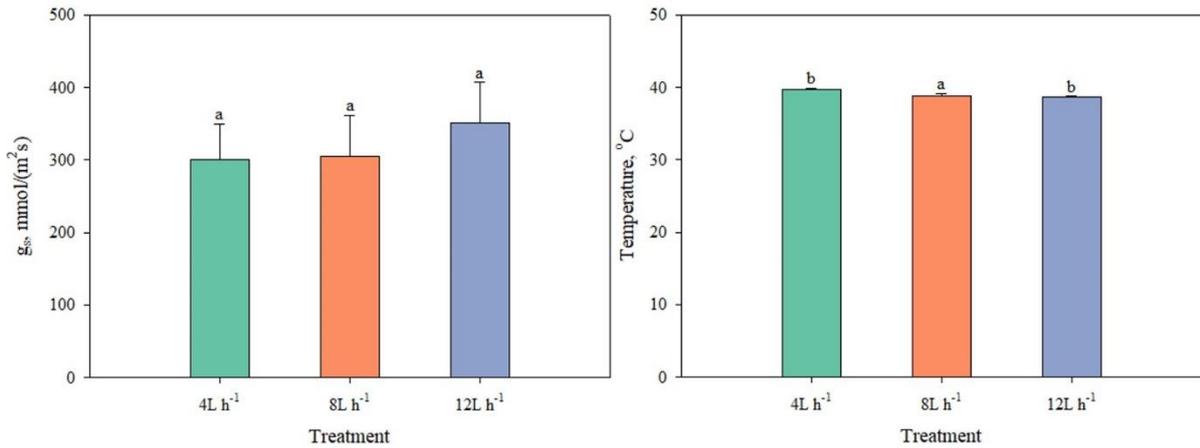
### 조사구(plot)

공변세포 가스 교환 분선분석결과를 보면 사업지별로 공변세포 가스 교환, 관수처리 차이가 없으나 단위면적에 해당하는 엽온(leaf temperature)은 차이가 있는 것으로 나타났다(표 1).

표 1. 공변세포 가스교환 분산분석 결과

대상지	지표	DF	F Value	Pr>F
조사수(plot)	공변세포 가스 교환			
	관수 처리	2	0.26	0.7719
	엽온			
3 번째 조립지	관수 처리	2	9.31	0.0010
	공변세포 가스 교환			
	관수 처리	2	0.99	0.3851
9 번째 조립지	관수 처리	2	17.32	<.0001
	공변세포 가스 교환			
	관수 처리	2	1.33	0.2844
9 번째 조립지	엽온			
	관수 처리	2	11.76	0.0003

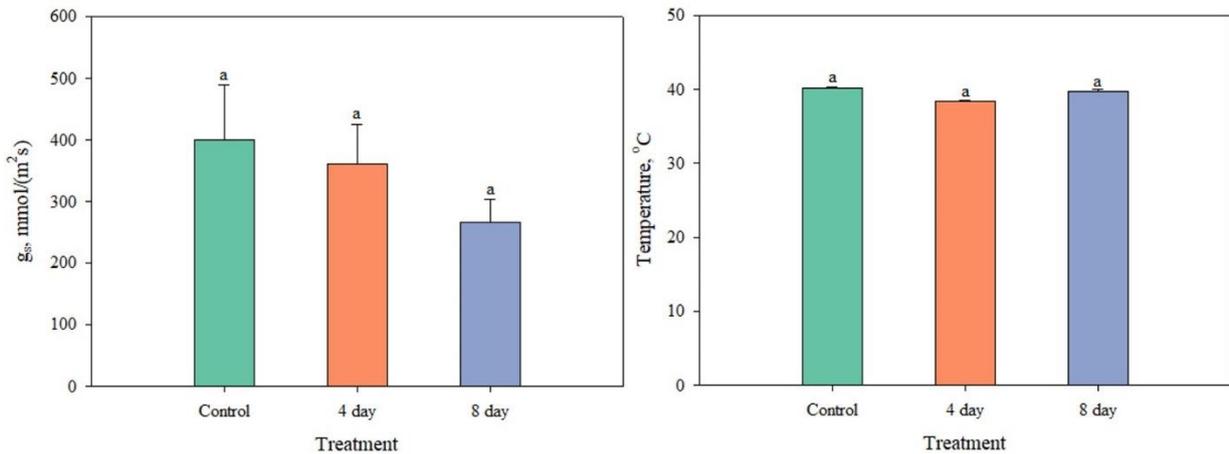
대상지별로 공변세포 가스교환을 살펴보면 조사구(plot)에 식재한 비술나무(*Ulmus pumila* L.) 같은 경우 12L/h 관수처리에 ( $350 \pm 5.63$ ,  $39^\circ\text{C}$ )으로 가장 높게 나타으며, 4L/h 관수처리에 ( $301 \pm 4.81$ ,  $38^\circ\text{C}$ )으로 가장 낮게 나타났지만 엽온 leaf temperature)이 차이가 없는 결로 나타났다. 따라서, 수분스트레스(water stress)에 노출된 것으로 보인다 (그래프 1).



그래프 1. 조사구(plot) 공변세포 가스교환 조사

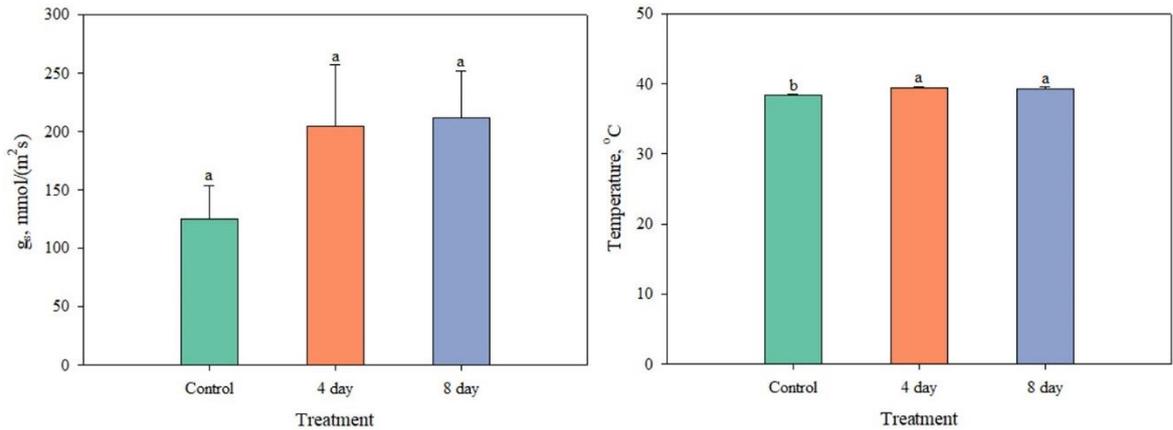
### 조림지

3 번 조림지의 공변세포 가스교환은 8 일 간격 관수처리에 ( $265.64 \pm 3.87$ ,  $39^\circ\text{C}$ )으로 가장 적고, cont 관수처리에 ( $400.39 \pm 8.92$ ,  $40^\circ\text{C}$ )으로 가장 높게 나타났다 (그래프 2).



그래프 2. 3 번째 조림지 공변세포 가스교환 조사

9 번 조림지의 공변세포 가스교환 같은 경우 3 번 조림지랑 반대로 나타났다. Cont 관수처리에 ( $124.57 \pm 2.95$ ,  $38^\circ\text{C}$ )으로 가장 낮은 것으로 나타났으며, 8 일 간격 관수처리에 ( $211.73 \pm 4.03$ ,  $39^\circ\text{C}$ )으로 가장 높으면서 단위면적에 해당하는 엽온(leaf temperature)이 또 높게 나타나 수분스트레스(water stress)에 노출된 것으로 보인다 (그래프 3).

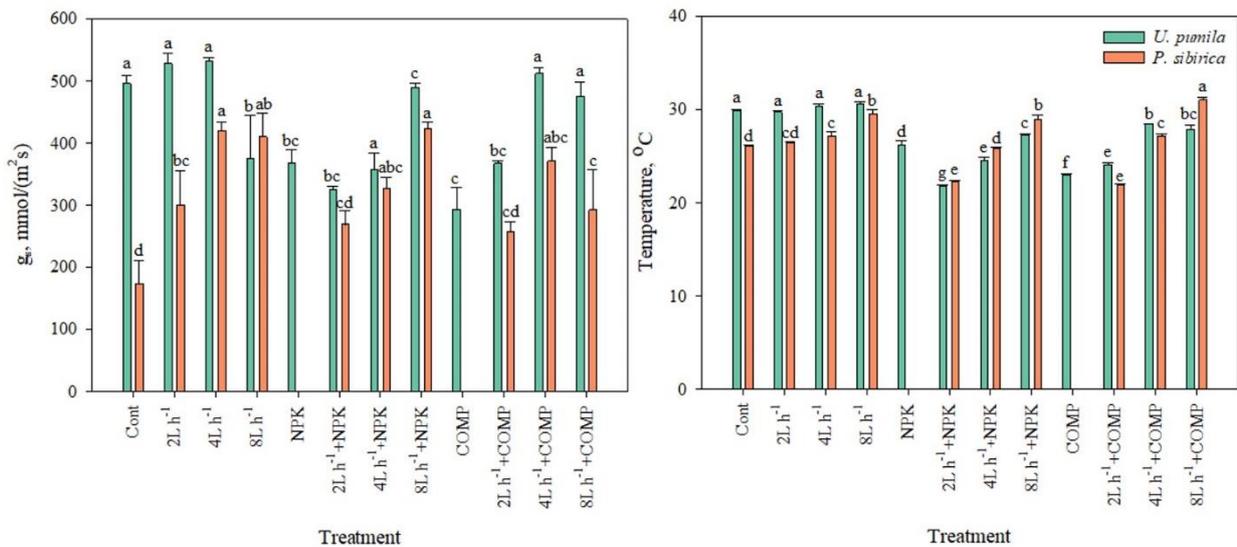


그래프 3. 9 번 조림지 공변세포 가스교환 조사

### 투브 아이막 립 숲

#### 조사구(plot)

비솔나무(*Ulmus pumila* L.), 포플러(*Populus sibirica* Horth ex Tausch) 등 총 2 수종의 공변세포 가스교환 평균을 살펴보면 비솔나무는 (426577±1.94, 26.9oC), 포플러가 (324.59±2.93, 26.6oC)으로 나타났다(그래프 4).

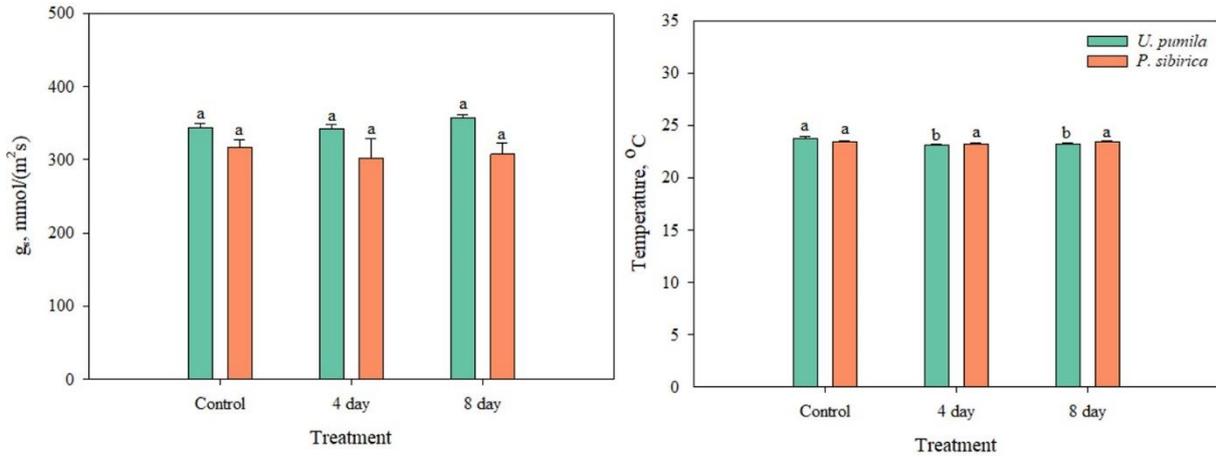


그래프 4. 비솔나무, 포플러 공변세포 가스교환 조사

관수처리별로 살펴보면 비솔나무 및 포플러 둘다 4L/h 관수처리에 (531.86±5.38, 420.17±1.43)으로 공변세포 가스교환이 가장 높게 나타났고, 비료 관수처리에 비솔나무 같은 경우 8L/h+NPK 관수처리에 (489.58±6.98)으러 나타났으며, 포플러는 4L/h+COMP 관수처리에 (370.81±2.12)으로 가장 높게 나타났다(그래프 4).

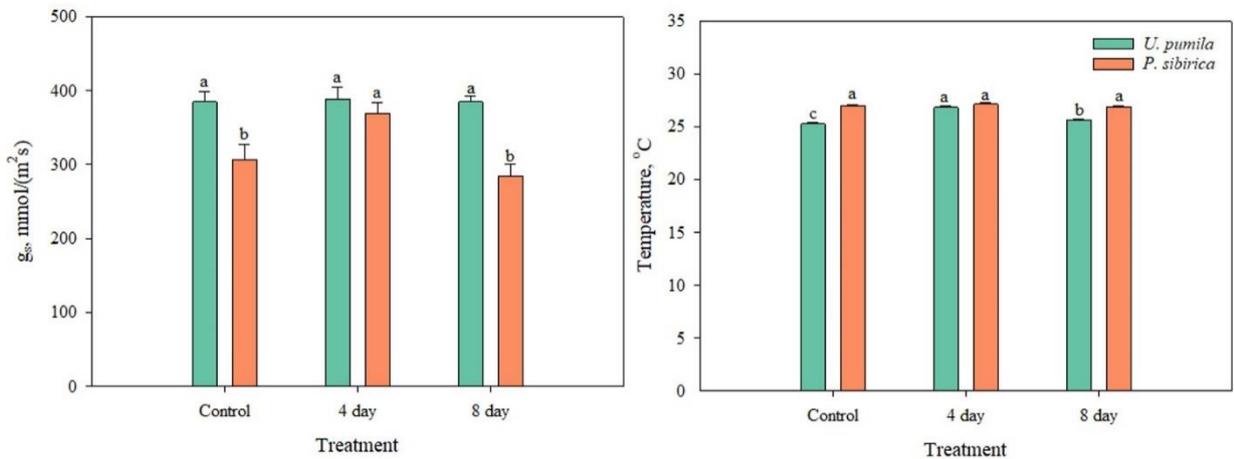
## 조림지

2 번, 9 번 조림지의 공변세포 가스교환 조사를 식생생육 기간인 7 월에 실시하였으며 2 번, 9 번 조림지가 비슷하게 나타났다(그래프 5, 6).



그래프 5. 2 번 조림지 공변세포 가스교환 조사

조림지별로 살펴보면 2 번 조림지의 비술나무 같은 경우 8 일 간격 관수처리에 (357.53±4.10)으로 가장 높게 나타났으며, 같은 관수처리에 포플러는 (307.70±1.46) 으로 가장 적게 나타났다. 그러나, 단위면적에 해당하는 엽온(leaf temperature)은 둘다 (23°C)으로 똑같은 것으로 나타났다 (그래프 5).



그래프 6. 9 번 조림지 공변세포 가스교환 조사

2015 년에 조성된 9 번 조림지 비술나무, 포플러 같은 경우 4 일 간격 관수처리에 (388.82±1.57, 369.41±1.43)으로 가장 높게 나타났다(그래프 6).

## 결론

고비, steppe 지역에 식재한 비술나무(*Ulmus pumila* L.), 포플러(*Populus sibirica* Horth ex Tausch) 등 2 수종의 공변세포 가스교환 조사를 양묘장(조사구) 및 조림별로 실시하였다.

조사구(plot)의 포플러, 비술나무의 수종의 공변세포 가스교환 조사결과를 살펴보면, 달란자드가드 숲 같은 경우 12L/h 관수처리에 ( $350 \pm 5.63$ ,  $39^\circ\text{C}$ ) 으로 가장 높게 나타났다. 룬 숲 같은 경우 4L/h 관수처리에 가장 높고, 비료 관수는 비술나무가 8L/h+ NPK 관수처리에 ( $489.58 \pm 6.98$ ), 포플러가 4L/h+ COMP 관수처리에 ( $370.81 \pm 2.12$ )등으로 이 두까지 관수처리에 가장 높게 나타났다.

조림지 같은 경우 달란자드가드 숲 3 번 조림지의 공변세포 가스교환은 8 일 간격 관수처리에( $265.64 \pm 3.87$ ,  $39^\circ\text{C}$ )으로 가장 적고, cont 관수처리에 ( $400.39 \pm 8.92$ ,  $40^\circ\text{C}$ )으로 가장 높게 나타났으나 9 번 조림지가 반대로 나타났다. 룬숲 조림지 같은 경우 2 번 조림지의 비술나무는 8 일 간격 관수처리에 ( $357.53 \pm 4.10$ )으로 가장 높게 나타났으며, 같은 관수처리에 포플러는 ( $307.70 \pm 1.46$ )으로 가장 적게 나타났다. 9 번 조림지 비술나무, 포플러는 4 일 간격 관수처리에 가장 높게 나타났다. 대표적으로 조림지에 공변세포 가스교환이 비교적 높은 것으로 나타났지만 단위면적에 해당하는 엽온(leaf temperature)은 내려가지 않았다. 그 원인은 조사하기 전 6 월 기상 상황에 관련이 있을 수 있다.

## 양묘장 조성 조사

### 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 솜, 홉스골 아이막 무릉 솜 양묘장

한-몽 그린벨트 프로젝트 제 3 단계 사업으로 우부르항가이 아이막, 홉스골 아이막에 각각 15ha 양묘장을 조성하기 위해 2023 년부터 시작하였다. 양묘장과 함께 기반시설, 관수 시스템, 저류지, 퇴비 저장고, 묘목 지하장고 등이 건설되었다.

2012 년에는 중국에서 도입된 포플러 (*Populus nigra+*)를 양묘장에서 삼목으로 재배하여, 우부르항가이 아이막과 홉스골 아이막의 노지에 총 50 만 본을 식재하였다(사진 1A).



사진 1. 우부르항가이아이막 양묘장 노지에 식재한 포플러, 버드나무, 하양 포플러, A  
사진 1. 하양 포플러, B



사진 2. 홉스골 아이막 양묘장 노지에 식재한 포플러, 버드나무

또한, 버드나무 10 만 그루와 하양 포플러 2,500 그루의 삼목을 동일한 절차로 식재하였다. 지면에 멀칭을 적용하였다. 이로써 식재된 버드나무는 96%의 생존율을

보였으나 하양 포플러의 생존율은 10% 미만으로 저조하게 나타났다. 따라서, 포플러와 버드나무는 이 지역에서 식재가 가능한 것으로 나타났으나 하양 포플러의 생존율이 낮아 이 지역에서의 식재가 어려운 것으로 판단된다. "Khogno Khan" 산에서 채취한 비술나무 종자를 노지에 파종하였으며, 이들은 우부르항가이 아이막 양묘장에서 성공적으로 자랐다. 비술나무 묘목의 평균 수고는 15-20cm 로 조사된다. 그러나 홉스콜 아이막 양묘장의 경우 동일한 비술나무 종자를 식재했음에도 불구하고, 이 묘목들의 평균 수고는 10-15cm 로, 우부르항가이 아이막 양묘장보다 50% 작은 것으로 확인되었다.



3. 우부르항가이 아이막 양묘장 노지에 식재한 1년생 비술나무 묘목 사진





사진 4. 홉스콜 아이막 양묘장 노지에 식재한 1년생 다양한 나무 묘목

홉스콜 아이막 양묘장 노지에는 살구나무, 사막보리수, 몽골 복사나무, 노랑아까시 등의 나무를 식재하였으나, 토양개량 작업으로 인해 1년생 묘목의 성장이 표준에 미치지 못하였다. 이는 토양에 calcium carbonate, 파종 시기의 지연 등의 문제로 인한 것으로 추정된다. 실험적으로 양묘장의 작은 부분에 식재를 시도하였지만, 월동 준비가 필요함을 강조하고 있다. 또한, 교목 특성 및 환경 변화에 대비하여, 첫 서리가 내린 후에는 칼륨 비료를 단계적으로 사용하여 동면을 준비하는 것이 내년 봄에 묘목의 생존율을 높일 가능성이 크다. 비술나무는 여름에 생장이 충분하여 동아(겨울눈)를 달고 월동 준비를 하지 않아도 되는 특성을 가지고 있다. 그러나, 다른 지역에서 채취한 비술나무 종자는 겨울철(가을)에 고사할 가능성이 10~20% 정도로 나타났다.

**조언:**

사진 5 와 같이 양묘장 노지에 식재한 포플러, 버드나무, 하양 포플러의 동아(겨울눈)가 달리기 시작되었으나, 잎은 진한 여전히 녹색을 유지하고 있으며, 줄기는 아직 가늘고 딱딱하지 않은 것으로 보인다.



사진 5. 포플러, 버드나무 동아

먼저 관수를 중단하고, 월동 준비를 위해 칼륨 비료를 적용하여 묘목의 줄기를 더 단단하게 발달시키는 것이 바람직하다. 그렇지 않으면, 동아(겨울눈)가 이미 달렸지만 묘목의 줄기가 약하다면 동해(凍害)피해가 심각할 수 있습니다. 양묘장 노지에 식재된 포플러와 버드나무 묘목의 줄기가 단단해지는 과정에서 색깔이 변하지 않아, 동아가 이미 달렸음에도 불구하고 다시 새싹이 나타나는 현상도 관찰되었다(사진 5).

비슬나무 묘목의 줄기가 단단해지는 과정이 오래 걸리기 때문에 겨울 동해(凍害) 피해가 심각해질 가능성이 높다고 예측한다. 또한, 우부르항가이 아이막, 홉스골 아이막의 양묘장은 2023 년부터 활용한 온실에서 산림용 종자를 파종하였으나, 이 과정이 시기적으로 늦어진 것으로 보인다.





사진 6. 우부르항가이 아이막 양묘장 온실에 파종한 묘목



사진 7. 홉스골 아이막 양묘장 온실에 파종한 묘목

우부르항가이 아이막 양묘장의 온실에 있는 묘목들은 아직 성장이 완료되지 않았으며, 겨울 동안 식물의 성장이 늦어지고 있다. 따라서 날씨가 추워지기 전에는 칼륨 비료를 단계적으로 적용하여 월동 준비를 해야 한다. 반면에, 홉스골 아이막 양묘장의 온실에 있는 묘목들은 아직 동아(겨울눈)이 달리지 않은 상태다.

또한, 홉스골 아이막 양묘장 노지에 식재한 비술나무, 사막보리수 등의 묘목 수고는 우부르항가이 아이막 양묘장 노지 묘목과 비교하여 10~15cm 작은 것으로 나타났다. 이는 토양개량을 적절하게 수행하지 않았을 가능성이 있다. 홉스골 아이막 양묘장의 토양에는 많은 양의 calcium carbonate 가 발견되어, 묘목의 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것이 확인되었다. 따라서, 토양개량에는 퇴비를 활용하여 calcium carbonate 를 낮추는 것이 적합한 방법으로 보인다. 이를 위해 가을철에 퇴비를 준비하고 숙성시킨 후, 토양개량에 사용한 다음에 식재를 하는 것이 권장된다.

**해결 방안:**

1. 우부르항가이 아이막과 홉스골 아이막 양묘장들의 기본 계획을 수립하여 구역별로 나누고, 토양개량을 선행한 후에 식재를 진행해야 하고, 매년 구역별로 계획에 따라 묘목을 식재할 준비를 해야 한다.

2. 흡스골 아이막 양묘장의 토양에는 석회석 함량이 높고, 우부르항가이 아이막 양묘장의 토양에는 calcium carbonate 함량이 높고, 돌이 많이 포함되어 있다. 따라서, 내년 식재할 구역에는 퇴비를 활용한 토양개량을 수행하는 것이 좋다.
3. 양묘장의 기본 계획에 포함된 활동들을 매년 재계획하고, 우량묘목을 대량으로 생산하기 위해 토양의 비옥도를 향상시키는 방향으로 작업하는 것이 바람직하다.
4. 지방 지자체 및 시민의 참여를 촉진하고, 꾸준한 교육을 실시하여 "10억 그루" 국민 운동을 선도적으로 실행하는 데 기여할 수 있도록 한-몽 그린벨트 사업단이 지역의 역량을 강화하는 것이 바람직하다.

### 산불피해지 복원 사업 대상지 선정

한-몽 그린벨트 프로젝트의 제 3 단계 사업으로 630ha 를 복원하는 계획이 있으며, 셀렝게 아이막 유루شم 보간트 마을에 위치한 'Jargalant', 'Doit', 'Gezeg tolgoi' 등의 총 3 개 지역이 대상지로 선정되었다. 먼저, 'Doit' 지역에는 150ha 가 선정되었고, 이곳은 소나무림이었으나 2023 년에 산불이 발생한 지역이다. 'Gezeg tolgoi' 지역에는 30ha 가 선정되었고, 여기에는 울타리를 설치하고 소나무를 심어 조림을 진행했다. 'Jargalant' 지역에는 450ha 가 선정되었으며, 이곳은 산불 발생 후 자작나무류와 사시나무림으로 자연적으로 복구되었다. 조림 대상지에는 2023 년에 산림경영 계획을 수립하여 다음과 같은 작업이 진행될 예정이다.

대상지에는 산불 후에 자작나무류와 사시나무림으로 자연적으로 복구하는 과정을 이해하고, 벌채 구역 및 조림지 면적을 파악하며 간벌(thinning) 구역을 세부적으로 정하는 것이 중요하다. 이를 위해 다음과 같은 작업이 필요하다.

1. 산림 지역의 나무 수종과 연령을 분류
2. 산림측정 기술을 활용하여 나무의 성장 상태와 분포를 측정
3. 자작나무류와 사시나무림으로의 자연 복구 분포도 및 자원을 파악
4. 햇빛이 잘 들어오도록 간벌(thinning) 작업을 계획하고 수행하는 방법을 개발
5. 잡목을 제거한 후 조림할 방법을 계획
6. 조림지의 경사도와 나무 수종에 따라구역 면적을 파악
7. 산림경영 계획 보고서를 작성
8. 산림 분포도를 1:10,000 스케일로 작성

이러한 작업들은 산림경영계획 업체에서 공식적으로 수행하는 것이 좋다. 이를 통해 산불 피해지 복원 사업 대상지의 적절한 관리와 복구가 가능해진다.



사진 8. 산불피해지 복원 사업 대상지

부록

보간트마을에 만들 예정 산불타워 예시



사진 9. 30 미터 산불타워



사진 10. 50 미터 산불타워

## 2. 종자업 관련 연구

### 시베리아 낙엽송(*Larix sibirica* Ldb.) 종자 품질

#### 총론

몽골의 북부 지역에 분포하는 침엽수림은 식생 피복에서 주요한 기능을 하며, 일부 지역에서는 적절하지 않은 이용으로 인해 발생하는 부정적인 영향과 관련된 많은 연구 데이터를 통해 숲을 보전해야 하는 이유와 중요성을 더욱 명확히 알 수 있다. 현재 몽골의 산림 생태계는 인류의 부정적인 영향으로 인해 파괴되고 있으며, 산림 자원의 약 40~50%가 이에 포함되어 있다(Korotkow 외 1990). 연구 결과에 의하면, 조림 및 복원이 필요한 산림 지역이 200 만 ha 이상이며, 그 중 11 만 ha는 벌채, 6 만 ha는 산불과 병해충으로 인한 피해를 입었다. 또한, 최근 100 년간 진행된 기후변화 및 자연과 인간의 활동에 의한 부정적인 영향으로 훼손된 산림을 복원하고 조림하는 것은 환경 분야의 직면한 주요 문제 중 하나다. 몽골의 산림은 극한의 대륙성 기후 조건에 위치하기 때문에 생산성이 낮고, 성장 속도가 느리고, 가뭄, 산불, 병해충 등의 자연적인 요인과 인간의 활동으로 인해 쉽게 생태계 균형을 잃을 수 있으며, 자연복구 및 확장 능력이 비교적 낮은 특징을 가지고 있다(Gombosuren, 2000). 또한, 기후의 직·간접적인 영향으로 최근 풍년(good harvest year)의 반복도가 길어지면서 종자의 품질이 하락하고 생산량도 감소하고 있다. 즉, 기후변화로 인해 일부 교목과 관목에서는 종자 생산이 전혀 없거나, 생산된 종자의 품질이 부족한 경우가 늘고 있다. 몽골은 조림과 복원을 위해 사용되는 종자의 품질 저하, 다른 지역에서 가져온 종자 사용, Seed resource 가 부족 등의 다양한 문제에 직면하고 있다. 따라서, 종자 품질 향상을 위해 우량임분 종자 사용, 유전자선택설의 기반으로 산림종자생산 개발, 종자 채취 임시 구역 및 채종림 선정, 종자 출처(종자산지), 성장, 특성, 환경 등의 조건을 연구하고, 종자 품질검사를 해야 한다.

#### 연구의 목적

한-몽 그린벨트 프로젝트 제 3 단계 사업 대상지 중 하나인 홉스쿨 아이막(도)에 채종림을 조성하고 종자 생산량을 평가하며, 종자 시료를 준비하여 검사하는 것이 본 연구의 목적이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 목표를 설정하였다.

1. 종자를 채취할 수 있는 산지를 선정
2. 종자 생산량 평가
3. 종자 시료 준비
4. 실험실에서 종자 품질 검사

#### 몽골 낙엽송림의 종자에 대한 산행연구

몽골에서는 1980 년 울란바토르시에 국내 최초의 산림용 종자 연구소가 설립되었다. 이전에는 1969 년에 구과 건조 작업실이 개입되어 10 년간 소련 이르쿠츠크시에서 종자검사를 하였으며 천립중, 발아율, 성정률, 병충해 유무 등을 검증하여 종자의 등급을 정하였다.

1981~1990 년도에 L I Milyutin; A V Suntsov; S Jamiyansuren 이 몽골 러시아 공동 생물 연구팀(The Russia-Mongolia Comprehensive Biological Expedition)의 산림연구에 참여하면서 몽골 산림 종자 분포도를 확정하여 낙엽송림 종자의 13 개 산지, 잣나무림 종자의 4 개의 산지를 선정하여 조림사업을 더 효과적으로 하는데 큰 도움 되었다. 또한, 산지별로 유전자선택설의 기반으로 채종림을 조성하는 일이 시작되었다.

즉, Dornod Khentii 지역의 낙엽송 수종의 내적 형질전환을 연구하고, 종자 품질을 검사하여 지표를 표시해 낙엽송 종자 산지시험을 진행하기 위해(산림 종자 분포도) 지역을 정하는 연구를 하였다. 다양한 낙엽송 개체군(population)의 형태학적 조사결과는 환경의 특정 및 개체군 분포에 크게 영향을 받는 것으로 밝혀졌으며, 낙엽송(Сибирь шинэс/*Larix*

sibirica), 다호리아이깔나무(Дагуур шинэс/*Larix gmelinii* LEDEB.), *Larix Chekankoskii* (Чекановский и Шинэс /*Larix Chekankoskii*)로 이루어지는 Khentii 지역의 산림식생 지역에 낙엽송 종자 분포도를 선정하는 새로운 연구를 하였다(Леса МНР, 1983; 1988; Jamyansuren S., 1992).

몽골에 소나무 (*Pinus silvestris* L.), 낙엽송 (*Larix sibirica*)의 분포하는 총 16 개의 지역에서 종자 시료를 채취하고, 노지 및 시설 양묘장에 식재한 묘목의 성장 및 발달, 바이오매스 축적, 생존율, 광합성, 증산, 관수 효율성 등의 지표들을 조사하였다. 연구 결과에 따르면, 소나무(*Pinus silvestris* L.), 낙엽송(*Larix sibirica*)의 종자 품질 지표는 산지에 따라 다른 것으로 나타났으며, 종자 품질은 해발고도와 직접적인 상관이 있는 것으로 보였다(Batkhuu N., 2009). “DEVELOPMENT OF FORESTS AND THE GENE POOL OF LOCAL FOREST TREE ECOTYPES IN MONGOLIA” 프로젝트는 몽골 산림의 지속가능한 관리를 통한 산림개발의 장기계획과 국내 산림유전자원 보호 및 재현을 위한 신뢰성이 있는 체계를 구축한다. 체코 공화국의 경험을 기반으로 체코 공화국 전문가들과 함께 산림복원, 산림유전자원보호을 위한 연구를 실시하고 있다. 산림복원 연구에 몽골 기후 환경에 맞는 수종인 토착종의 생식물질이 사용되고 있다. 이 프로젝트를 통해 몽골 산림의 자생종을 복원하는 것 뿐만 아니라 원산국 산림유전자원을 보호하여 개발하기 위해 산지를 찾아 기록하는 시스템을 구축하였다.

자연환경부가 의뢰하고 ADB 가 자금을 지원한 TA-9233 사업: “산림유전자원보호” 프로젝트는 산림용 종자 관리 체계를 개발, 우량 산림유전자원보호, 산림에서 종자 생산 및 보관, 묘목 생산 등의 문제점을 해결하였고, 산림용 종자 분포도를 낙엽송(*Larix sibirica*), 다호리아이깔나무(*Larix dahurica*), *Larix Chekankoskii* (*Larix Chekanowskii*)의 19 개의 산지, 소나무(*Pinus sylvestris*) 12 개의 산지, 잣나무(*Pinus sibirica*) 9 개의 산지, 가문비나무(*Picea obovata*) 9 개의 산지, 시베리아 전나무(*Abies sibirica*) 6 개의 산지들로 선정하였다(Jamyansuren S., Udval B, 2018).

### 재료 및 방법

**연구대상지.** 홉스굴 아이막 시베리아 낙엽송림/*Larix Sibirica* Ldb./ 으로 이루어져 있는 산림 면적은 2,976,4605ha 다. 채종림을 조성하기 위해 홉스굴 아이막(도) ‘Ulaan-uul soum Ereenii khoshuu’, ‘Ulaan-uul soum Galbirgiin gol’, ‘Ulaan-uul soum Biluutiin davaa’에 위치한 시베리아 낙엽송림에 3 개의 산지를 분리해 샘플을 수집하였다. 채종림을 조성 예정 조사구(plot)의 좌표는 표 1 과 같다.

표 1. 조사구 위치

조사구	좌표		해발고도 (m)
	위도	경도	
‘Ulaan-uul soum Tomiin davaa, Ereenii khoshuu’	50°27’53.62”	99°08’04.22”	2035
‘Ulaan-uul soum Galbirgiin gol’	50°28’03.85”	99°09’34.98”	2072
‘Ulaan-uul soum Biluutiin davaa’	50°28’10.28”	99°07’07.35”	2005

**종자 생산량.** 종자생산을 적절하게 조직하기 위해 당해년도의 결실량이 중요하다. 종자 생산량을 파악하는 여러가지 방법이 있다. 시각으로 파악하는 방법, 표본목, 가지 등의 방법 중에서 가장 쉬운 방법은 시각으로 보고 파악하는 것이다. 채종림에 V. G. Kapper(В.Г.Каппер)의 종자 결실량을 시각으로 확인하는 방법을 활용하여 종자 수확량을 파악하였다.

V.G. Kapper 의 시각으로 종자 결실량을 확인하는 방법

등급		결실, 구과 상태
점수	결실	
0	구과, 종자 없음	결실, 구과 없음
1	매우 안 좋음	임연 (林緣, forest edge border of forest]에 자란 수목에 구과 소량으로 달려 보이고 숲 속 수목에서 겨우 보인다.
2	안 좋음	임연 (林緣)에 자란 수목에 결실, 구과 달려 있으며 숲 속 수목에 조금 달려 있는 걸로 보임
3	보통	임연 (林緣)에 자란 수목에 결실, 구과가 충분히 보이고, 숲 속에 자란 수목에 조금 보임
4	좋음	임연 (林緣)에 자란 수목에 결실, 구과 많이 달려 있으며 Middle aged stand, mature stand 에 결실, 구과 많이 달려 있음
5	매우 좋음	임연 (林緣)에 자란 수목, mature stand 에 결실, 구과 충분히 달려 있음.

**종자, 구과 시료를 준비한 방법:** 종자 시료를 ‘Ulaan-uul Tomiin davaa Ereenii khoshuu’, ‘Ulaan-uul Galbirgiin gol’, ‘Ulaan-uul Biluutiin davaa’ 등의 총 3 개의 산지에서 종자 시료를 준비하였다. 종자를 채취할 때 바닥에 천을 깔아 성숙 구과를 도구를 이용하여 채취한다.



사진. 채종림 조성 지역의 측정

**종자 품질 지표 선정.** 종자 품질 분석을 “National University of Mongolia, Laboratory of Forest Genetics and Ecophysiology”, “Mongolian Academy of Science, Laboratory of Forest growth”에서 International Rule on Seed Testing, 몽골 교목 및 관목의 종자를 검사하는 기준(MNS 2430:2009; MNS 2432:2009; MNS 2887:2009; MNS 5994:2009) 등을 기반으로 조사 대상지에서 채취한 종자에 품질 검사를 하였다(ISTA, 1999; 임업 표준, 2012).

천립중을 대상지별로 3 번 반복하여 9 개의 시료에 실험을 하였다. 적합한 조건에서 일정 기간 내에 정상적으로 발아된 새싹이 싹을 틔우는 능력을 종자발아라 하고, 짧은 시간에 균일하게 종자가 싹을 틔우는 능력을 성장강도라 한다. 종자의 발아 및 성장강도를 판단할 때에는 실험에서 얻은 전체 종자의 수를 정상적으로 발아된 종자의 수와 비교하여 백분율로 표시하였다.

씨앗, 포자, 꽃가루 및 삼수 등에서 생긴 싹이 발생 또는 성장을 시작하는 현상을 종자 발아라고 한다. 종자 발아율 및 성장율을 계산할 때 전체종자에 대한 발아한 종자의 백분율이다.

종자 발아는 100 립 종자가 있는 샘플로 시험하며, 총 3 개의 조사구(plot)별로 3 번 반복하여 900 개의 시료에 종자 발아시험을 실행하였다. 종자를 발아 기계에 넣은 날부터 시작하여 3 일, 5 일, 7 일, 10 일, 15 일에 계수를 확인하고, 7 일째에 발아된 종자의 백분율로 계산한다. 종자 품질 지표의 결과는 각 시료 조사구(plot)별로 검정하였다.

## 조사 결과.

**종자 생산량 검정.** 교목 및 관목의 종자생산량은 기후 환경, 재배 환경 특성, 생물학적 특성에 따라 달라진다. 같은 수종의 종자도 유전적, 환경적 요인에 따라 동시에 성숙하지 않는다. 이 연구에서 종자 수확량을 시각으로 평가하는 러시아 과학자 V.G. Kapper 의 방법을 사용하였다. 2023 년 종자 수확량은 2 점으로 '안 좋은' 것으로 나타났다. 즉, 종자를 채취한 임연(forest edge)에 자란 낙엽송 (*Larix sibirica*)에는 구과가 달려 있으나, 숲 속에 조금 달려 있는 것으로 확인되었다.



사진 2. 종자 달린 모습

**종자 품질 지표.** 종자 무게 지수는 임목의 유전적 특성 및 종자 생육 품질을 결정하는 중요한 지표 중 하나다. 종자생육 환경이 적절하지 않는 경우에 천립중이 변화가 상당하며 수관(crown)에 달려 있는 구과의 위치, 연령(age), 수권밀도(crown density) 기후 특성

등으로 인해 파동한다. 종자 무게 지수는 종자 발아(Schaal 1980, Weis 1982), 입묘율(Weis 1982) 등의 종자 품질 지표에 큰 영향을 미치고, 또한 유전적 특성인 외부환경 요인으로 인한 파동이 작은 만큼 작업령(resilience) 지수가 나타난다.

홉스굴 아이막(도) 울란올숨 3 개 대상지의 종자 시료의 천립중 같은 경우 "Galbiragiin gol"은 (7.4±2.2)gr 이 가장 높고, "Biluugiin davaa"는 (5.6±0.9)이 가장 낮다. 그러나, "Tomiin davaa, Ereenii davaa"에서 채취한 종자 시료의 천립중 6.7gr 으로 나타났다(표 2.).

몽골에 낙엽송(Larix sibirica)의 평균 천립중은 7.0gr 이며, "Galbirgiin gol" 근처 종자 시료 같은 경우 몽골 평균에서 높지만, "Tomiin davaa, Ereenii davaa", "Biluutiin davaa"에서 채취한 종자 시료는 몽골 평균보다 낮은 것으로 보였다.

선행연구 결과들을 보면 종자천립중 파동은 환경, 기후로 부터 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. (Pravdin, 1964; Azniev, 1972; Abaimov et al., 1998, Bazarsad, 1996; Udval B., 2014).

종자 발아(germination)는 씨앗, 포자, 꽃가루 및 삽수 등에서 생긴 싹이 발생 또는 생장을 시작하는 현상이며 발아율(germination rate)은 전체종자에 대한 발아한 종자의 백분율이다. 종자 생육 품질 및 발아율은 저장 기간, 환경에 따라 달라진다. 발아시험 결과를 보면 "Tomiin davaa Ereenii khoshuu" 에서 채취한 종자 시료 발아율은 91 %로 가장 높고, "Galbirgiin gol" 종자 시료 발아율은 58 % 로 가장 낮았다(표 2.).

표 2. 종자 품질 조사 결과

조사구	천립중 (gram)	입묘율 growth rate increment(%)	발아율, %
'Ulaan-uul soum Tomiin davaa Ereenii khoshuu'	6.7 ±0.6	64	81
'Ulaan-uul soum Galbirgiin gol'	7.4 ±2.2	43	58
'Ulaan-uul soum Biluutiin davaa'	5.9 ±0.9	38	67

입묘율(growth rate increment)은 성장속도 및 단위시간에 있어서의 체량의 증가분을 뜻하는 지수다. 천제종자에 대한 시험기간의 1/3 이내에 발아된 종자의 백분율이다. 낙엽송(Larix sibirica) 같은 경우 7 일 이내에 발아된 종자의 백분율이며, 대상지 시험결과를 보면 "Tomiin davaa, Ereenii khoshuu" 종자 시료 입묘율이 64%,로 가장 높고, "Biluutiin davaa" 종자 시료는 38%로 가장 낮으며 (p=0.001) 대상지들은 성장율이 차이가 있는 걸로 나타났다(표 2.). 입묘율이 높을 수록 균일한 발아, 작업령(resilience) 높다. 종자 품질 시험을 통해 구축된 기초 데이터를 토대로 종자 품질 지표에 대한 대상지별로 차이가 유의한지를 살펴보기 위해 분산분석(One-Way Anova)을 실시하였다. 분산분석 결과는 발아율, 입묘율, 천립중 항목에서 유의미한 평균 차이가 있는 것으로 나타났다(p=0.001).

**파종 품질**

종자 등급은 "Tomiin davaa, Ereenii davaa"에서 채취한 종자 시료는 I 등급, "Galbirgiin gol" 및 "Biluutiin davaa"에서 채취한 종자 시료는 II 등급 (MNS 5994:2009)으로 나타났다(표 3.).

표 3. 종자 등급 지표

대상지	발아율, %	종자 특성	등급
“Ulaan-uul soum, Tomiin davaa, Ereenii khoshuu”	81	성숙 종자, 종자 색깔에 이상 없음	I
“Ulaan-uul soum, Galbirgiin gol”	58	성숙 종자, 종자 색깔에 이상 없음	II
“Ulaan-uul soum, Biluutiin davaa”	67	성숙 종자, 종자 색깔에 이상 없음	II

종자를 등급으로 나눌 때 몽골에서 적용하고 있는 MNS 5994:2009 표준을 토대로 낙엽송(*Larix sibirica*)의 I 등급 종자의 발아율은 70%, II 등급 종자의 발아율은 55%, III 등급 종자의 발아율은 40% 이상으로 정해져 있다.

## 결론

1. “Ulaan-uul soum”에 위치한 조사구에서 채취한 종자 시료 같은 경우 2023 년 종자 수확량은 2 점으로 '안 좋은' 것으로 나타났고, 임연부(forest edge) 에 자란 낙엽송 (*Larix sibirica*)의 종자 등급은 중급으로, 숲 속에 자란 수목에 종자가 조금 달려 있는 것으로 확인되었다.
2. 천립중은 "Galbirgiin gol"에서 채취한 종자 시료가(7.4±2.2)gr 으로 가장 높고, "Biluugiin davaa"에서 채취한 종자 시료가(5.6±0.9)gr 으로 가장 낮은 것으로 나타났다.
3. 발아율은 "Tomiin davaa Ereenii khoshuu"에서 채취한 종자가 91%로 가장 높고, "Galbirgiin gol"의 종자가 58%로 가장 낮은 것으로 나타났다.
4. 입묘율은 " Tomiin davaa Ereenii khoshuu"의 종자 입묘율이 64%로 가장 높게 나타났으며 "Biluutiin davaa"에서 채취한 종자 입묘율이 38%로 가장 낮은 것으로 나타났다.
5. 따라서, 3 개의 대상지 종자 시험 결과를 보면 종자 품질이 좋은 것으로 나타났다.
6. "Tomiin davaa Ereenii khoshuu"의 종자는 I 등급, "Galbirgiin gol", "Biluutiin davaa"의 종자는 II 등급으로 나타났으며 종자 품질이 좋은 것으로 보인다.

## 참고문헌

1. Азниеу Ю.Н. 1970. Полодоношение сосны обыкновенной в Белоруссии.”Лесная генетика и семеноводство”. Карелия Петрозаводск, с. 405-410
2. Азниеу Ю.Н. 1972. Влияние возраста и положение дерева в древостое на урожай и качество семян сосны обыкновенной . -Лесоведение и лесное хозяйство, с.15-20
3. Bazarsad Ch. 1996. 낙엽송 생식주기, 개화 시기에 관한연구. Institute of Forestry and Hunting Research №2, Ulaanbaatar, p. 126
4. Жамъянсүрэн С. 1992. Внутривидовая изменчивость, качество семян и лесосеменное районирование лиственниц в Восточном Хэнтэе Монголии. - Автореф. диссер. канд. сельхоз. наук, Улан-Батор, - 28 с.

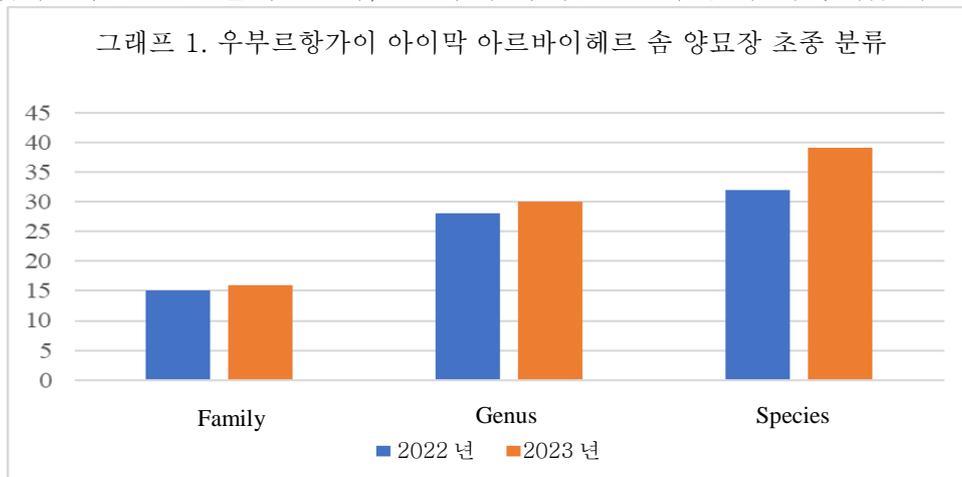
5. Жамъянсүрэн С., Л.И. Милютин. 2011. Изменчивость показателей качества семян в монгольских популяциях *Larix sibirica* и *Pinus sylvestris*. Сохранение лесных генетических ресурсов сибиря. Красноярск, с.45-46.
6. Правдин Л.Ф. 1963. Задачи и методы современного лесного семеноводства, Гослбумиздат, М, 52р.
7. Правдин Л.Ф. 1964. Сосны обыкновенная.- М.: Наука, 191 с.
8. Udval B. 낙엽송(*Pinus sylvestris* L.) 산림용 종자 생장 특성, 종자 생산, 종자 품질. 울란바토르. 2014, 98р.
9. “종자 발아율 시험 방법” MNS 2887:2009
- 10.“종자 천립중 시험 방법” MNS 2430:2009
- 11.“종자 생존율 시험 방법” MNS 2432:2009
- 12.Bathkuu N. 2009. Seed quality and growth performance of seed sources of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ldb.) and Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Mongolia, Ph.D. Dissertation. Seoul, p.193
- 13.Jamiyansuren S., Udval B., Bathkuu N., Bat-Erdene J., Michael Fischer. Result of developing forest seed region. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences. vol. 59 №02 (230), Ulaanbaatar, 2019. p. 18-31

### 3. 초종 연구

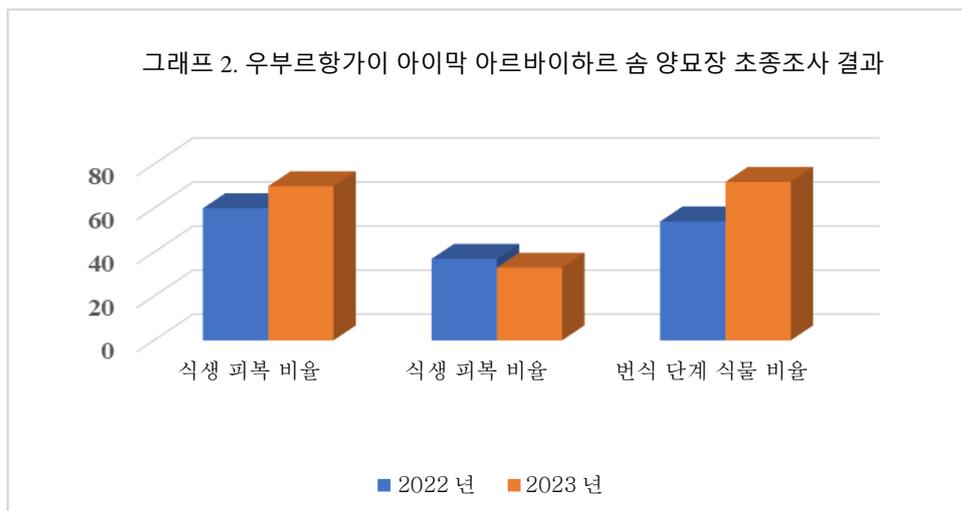
#### 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습

우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습에 위치한 양묘장 초종은 2022년에는 *Carex duriuscula*-*Artemisia absinthium*-*Artemisia annua* 대부분이었지만 2023년에 *Agropyron cristatum*-*Stipa baicalensis*-*Artemisia annua* 로 변했다. 따라서 자연식물의 출현을 나타내고 있다.

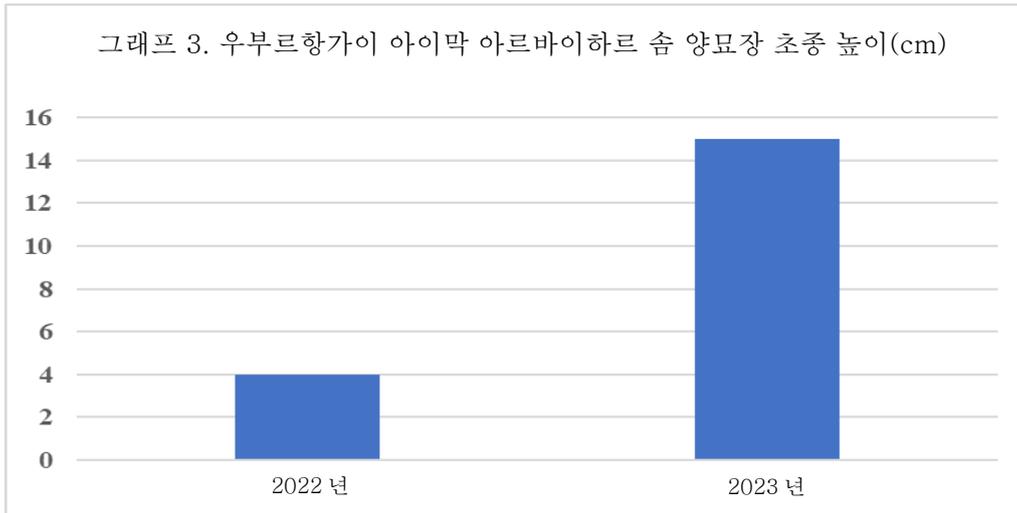
2023년에 양묘장 피복과 관해 시행된 조사 결과는 14과, 30속의 총 39수종의 식물이 기록되었다. 식생 피복 비율이 33% (2022년에 37%), 번식 단계의 식물 수종의 72%(2022년에 54%)를 차지한다. 2022년에 초본 식물의 수종과 비교하면(그래프 1) 2023년에 1과, 2속이 추가되었다. 피복식물은 70%, 식물 높이는 15cm로 2022년에서 식물피복은 10%, 식물 높이는 4배 높아졌다. 이러한 지표들을 살펴보면 2년부터 초종이 많아지고 있다. 지난 2년 안에 16과, 34속이 속하는 41수종이 기록되었다.



2023년에 초본 피복이 2022년보다 10%로 증가, 기준의 식물 종은 4%로 감소하였으나 번식 단계의 식물 수종의 18%로 증가하였다(그래프 2).



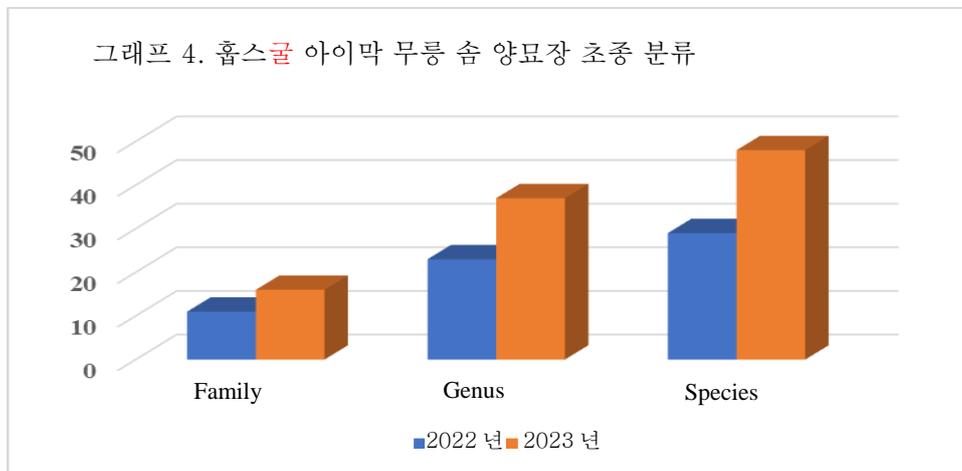
초본 일반 높이는 2023년에 2022년보다 4배 증가하여 15cm 높아졌다.



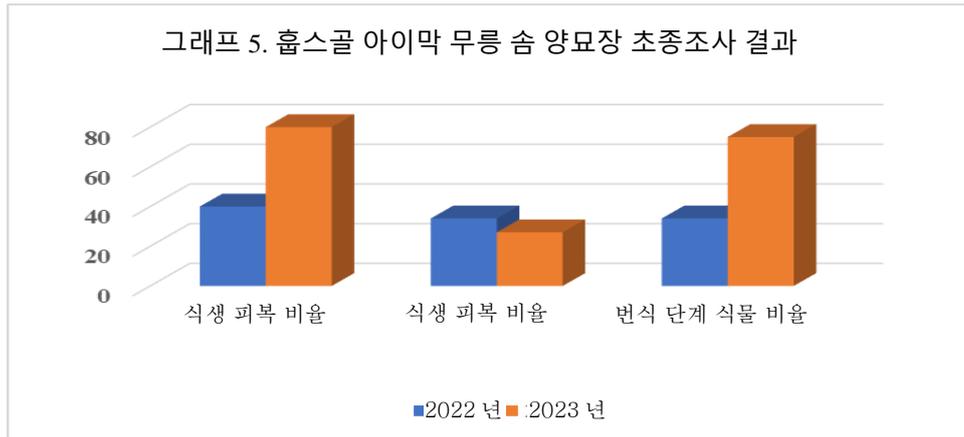
### 홉스굴 아이막 무릉 솜

홉스굴 아이막 무릉 솜에 위치한 양묘장의 초종은 2022년에 *Artemisia absinthium*-*Astragalus mongolicus* 이었으나 2023년에 *Artemisia absinthium* 로 변했다.

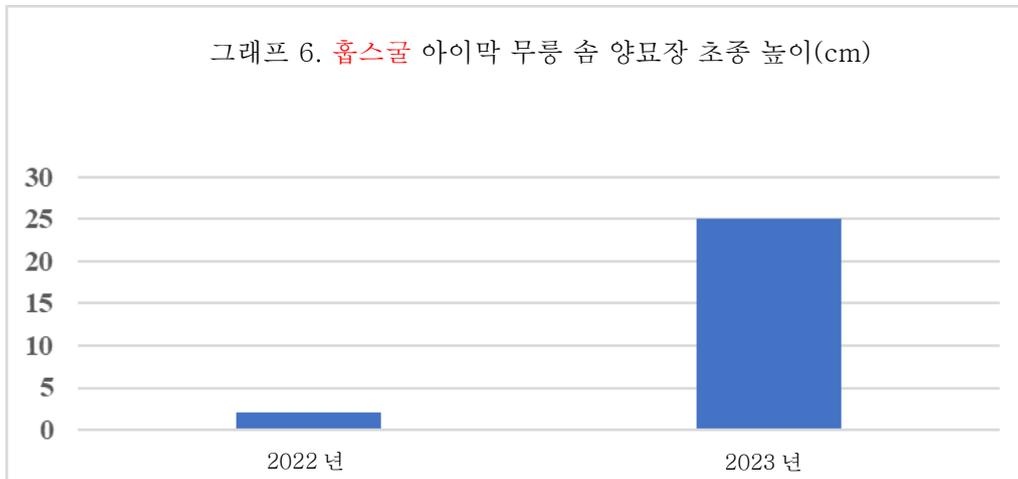
2023년에 양묘장 피복과 관련한 한 조사 결과는 16 과, 37 속의 48 수종의 식물이 기록되었다. 2022년과 비교하면 5 과, 14 속, 19 수종의 추가되었다. 피복식물은 80%, 식물 높이는 25cm로 나타났으며 2022년과 비교하면 피복식물이 2 배, 식물 높이는 12.5 배 높아진 것으로 보였다. 2023 식생 피복 비율이 27%로 나타났고, 번식 단계의 식물 수종의 75%로 좋은 것으로 나타났다. 또한 식생 피복 비율이 7%로 감소, 번식 단계의 식물 수준이 41%로 증가한 걸로 나타났다. 지난 2 안에 16 과, 39 속이 속하는 52 수종이 기록되었다.



양묘장 내 식생 피복 비율, 식생 피복 비율, 번식 단계 식물 비율 등은 그래프 5 와 같다.



식물 높이는 2022년에는 2cm 이었다가 2023년에 25cm 로 나타나 식물 생장이 좋은 것으로 나타났다.



### 결론

우부르항가이 아이막 아르바이헤르솜 양묘장, 흙스굴 아이막 무릉 솜 양묘장들은 2022년부터 울타리를 설치하여 식생을 보호하고, 초종의 유형은 물론 식생 피복 면적, 새싹의 성장, 번식력 등이 향상되었다. 그러나 식생 저하의 기준이 되는 식생 비율의 감소와 관련하여서는 울타리 내 초종의 생존율이 2년차부터 좋아지고 있는 것을 볼 수 있다.

또한, 이 양묘장들의 초종의 과, 종, 수종의 유형이 증가한 원인으로는 사람 및 가축에 의해 토양이 악화됨에도 불구하고, 땅에 남아 있던 다년생, 일년생 식물이 싹을 틔운 것으로 보였다.

2022년부터 2023년까지조사한 결과는 아르바이헤르 솜 양묘장에는 총 16 과, 34 속에 속하는 41 수종; 무릉솜 양묘장에는 16 과, 39 속에 속하는 52 수종의 초종의 기록되어 앞으로도 종수가 더 늘어날 가능성이 있는 것으로 나타났다.

부록 1. 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습 양묘장 초종 조사 결과

№	지표 (아르바이헤르)	2022 년			2023 년		
		피복	점수	번식 증인 수종	피복	점수	번식 증인 수종
	피복,%	60%			70%		
	수고, cm	4 cm			15 cm		
<i>Poaceae</i>							
1	<i>Agropyron cristatum</i>	8		+	12		+
2	<i>Cleistogenes squarrosa</i>	6		+	2		+
3	<i>Eragrostis minor</i>	+		+	+		+
4	<i>Leymus chinensis</i>	1	+		1	+	
5	<i>Stipa gobica</i>	-			3		
6	<i>Stipa krylovii</i>	2		+	4		+
<i>Cyperaceae</i>							
7	<i>Carex duriuscula</i>	12	+	+	2	+	
<i>Alliaceae</i>							
8	<i>Allium anisopodium</i>	+		+	+		+
9	<i>Allium odorum</i>	-			+		+
<i>Iridaceae</i>							
10	<i>Iris tigrida</i>	+			+		
<i>Urticaceae</i>							
11	<i>Urtica cannabina</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chenopodiaceae</i>							
12	<i>Chenopodium acuminatum</i>	-			2	+	+
13	<i>Chenopodium album</i>	+	+	+	1	+	+
14	<i>Chenopodium aristatum</i>	3	+	+	1	+	+
15	<i>Corispermum mongolicum</i>	+			1		
16	<i>Salsola collina</i>	+	+		2	+	
17	<i>Kochia prostrata</i>	+		+			
<i>Caryophyllaceae</i>							
18	<i>Arenaria capillaris</i>	4		+	4		+
<i>Cruciferae</i>							
19	<i>Dontostemon integrifolia</i>	+		+	+		+

20	<i>Lepidum densiflorum</i>	+	+		+	+	+
<i>Rosaceae</i>							
21	<i>Potentilla bifurca</i>	+	+	+	+	+	+
22	<i>Sibbaldianthe adpressa</i>	+		+	+		+
<i>Fabaceae</i>							
23	<i>Astragalus galactides</i>	+	+			+	+
24	<i>Caragana stenophylla</i>	1			+		
25	<i>Oxytropis bungei</i>	-			+		+
<i>Umbelliferae /Apiaceae</i>							
26	<i>Bupleurum bicaule</i>	+			1		+
<i>Convolvulaceae</i>							
27	<i>Convolvulus ammanii</i>	-			1	+	+
<i>Linaceae</i>							
28	<i>Linaria acutiloba</i>	+			1		+
<i>Labiatae</i>							
29	<i>Dracocephalum foetidum</i>	+		+	2	+	+
30	<i>Panzeria lanata</i>	+		+	1		+
31	<i>Thymus gobicus</i>	-			+		+
<i>Plantaginaceae</i>							
32	<i>Plantago major</i>	+			+		
<i>Compositae</i>							
33	<i>Artemisia adamsii</i>	15	+		15	+	+
34	<i>Artemisia frigida</i>	9	+		1	+	+
35	<i>Artemisia scoparia</i>	+	+		+		
36	<i>Heteropappus altaicus</i>	+		+	1		+
37	<i>Taraxacum collinum</i>	+			+		
38	<i>Taraxacum officinale</i>	-			+		
39	<i>Scorzoneria austriaca</i>	+			+		
40	<i>Serratula centauroides</i>	-			+		
41	<i>Soncus oleraceus</i>	-			1		+

41	<i>Youngia tenuicaulis</i>	-			1		+
	Family=16	15			16		
	Genus= 34	28			30		
	Species=41	32			39		
	Criteria species		12 / 37 %			13 / 33 %	
	번식 단계 수종			17 / 54 %			28 / 72%

점수: 5-아주 충분, 4-충분, 3-평균, 2-적음, 1-아주 적음, +-거의 없음

식물의 과 및 종의 학명은 V. I. Grubov (1982) 및 I. A. Gubanov (1996)을 참조하였다.

부록 2. 홉스굴 아이막 무릉 습 양묘장 초종 조사 결과

구분	지표 (무릉)	2022 년			2023 년		
		피복	점수	번식 중인 수종	피복	점수	번식 중인 수종
	피복, %	40%	-	-	80%	-	-
	수고, cm	2 cm	-	-	25 cm	-	-
<i>Poaceae</i>							
1	<i>Achnatherum splendens</i>	1	-	-	1	-	+
2	<i>Agropyron cristatum</i>	1	-	-	1	-	+
3	<i>Cleistogenes squarrosa</i>	1	-	+	2	-	-
4	<i>Eragrostis minor</i>	2	-	-	4	-	+
5	<i>Leymus chinensis</i>	4	+	-	+	+	-
6	<i>Setaria viridis</i>	-	-	-	+	-	+
7	<i>Stipa krylovii</i>	3	-	-	+	-	+
<i>Cyperaceae</i>							
8	<i>Carex duriuscula</i>	5	+	-	1	+	-
<i>Iridaceae</i>							
9	<i>Iris lactea</i>	+	-	-	+	-	-
<i>Chenopodiaceae</i>							
10	<i>Chenopodium acuminatum</i>	-	-	-	+	+	+
11	<i>Chenopodium aristatum</i>	-	-	-	+	+	+
12	<i>Chenopodium album</i>	1	+	+	+		+
13	<i>Corispermum mongolicum</i>	-	-	-	+	-	-
14	<i>Kochia prostrata</i>	1	-	-	+	-	-
15	<i>Salsola collina</i>	-	-	-	+	+	+
<i>Caryophyllaceae</i>							
16	<i>Arenaria capillaris</i>	1	-	+	1	-	+
<i>Cruciferae / Brassicaceae</i>							
17	<i>Dontostemon senilis</i>	-	-	-	+	-	+
18	<i>Dontostemon integrifolia</i>	+	-	-	+	-	-
19	<i>Draba nemoralis</i>	-	-	+	+	-	+
<i>Urticaceae</i>							
20	<i>Urtica cannabina</i>	+	+	-	-	+	+
<i>Rosaceae</i>							
21	<i>Potentilla bifurca</i>	-	+	+	+	+	+
22	<i>Potentilla multifida</i>	+	-	-	-	-	-

23	<i>Potentilla anserina</i>	-	-	-	-	-	+
24	<i>Potentilla strigosa</i>	-	-	-	-	-	+
25	<i>Chamaerhodos erecta</i>	-	-	-	+	-	+
26	<i>Chamaerhodos altaica</i>	-	-	-	+	-	+
27	<i>Chamaerodos trifida</i>	+	-	-	+	-	-
28	<i>Sibbaldianthe adpressa</i>	1		+	+		+
<i>Fabaceae</i>							
29	<i>Astragalus galactides</i>	5	+	-	3	+	+
30	<i>Medicago ruthenica</i>	-	-	-	+	-	+
31	<i>Oxytropis bungei</i>	-	-	-	+	-	+
<i>Euphorbiaceae</i>							
32	<i>Euphorbia humifusa</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Apiaceae</i>							
33	<i>Bupleurum bicaule</i>	+	-	+	3	-	+
34	<i>Bupleurum scorzonerifolium</i>	-	-	-	+	-	+
<i>Convolvulaceae</i>							
35	<i>Convolvulus ammanii</i>	-	+	-	+	+	+
<i>Boraginaceae</i>							
36	<i>Lappula intermedia</i>	-	-	-	+	+	-
<i>Labiatae</i>							
37	<i>Amethystea coerulea</i>	-	-	-	+	-	+
38	<i>Dracocephalum foetidum</i>	+	-	-	+	-	-
39	<i>Leonurus sibiricus</i>	-	-	-	+	-	-
40	<i>Panzeria lanata</i>	1	-	-	+	-	+
41	<i>Thymus gobicus</i>	-	-	-	+	-	+
<i>Plantaginaceae</i>							
42	<i>Plantago major</i>	+	-	-	+	-	+
<i>Compositae</i>							
43	<i>Artemisia adamsii</i>	+	+	-	-	-	-
44	<i>Artemisia frigida</i>	4	+	+	5	+	+
45	<i>Artemisia macrocephala</i>	+	+	-	+	+	+
46	<i>Artemisia mongolica</i>				+		+
47	<i>Artemisia pectinata</i>	1	+	+	1	+	+
48	<i>Heteropappus altaicus</i>	1	-	-	+	-	+

49	<i>Scorzoneria austriaca</i>	-	-	-	+	-	
50	<i>Sonchus oleraceus</i>	-	-	-	+	-	+
51	<i>Taraxacum collinum</i>	+	-	-	+	-	-
52	<i>Taraxacum officinale</i>	-	-	-	+	-	-
53	<i>Youngea tenuicaulis</i>	-	-	-	+	-	+
	Family=16	11	-	-	16	-	-
	Genus=39	23	-	-	37	-	-
	Species=52	29	-	-	48	-	-
	Criteria species		10 / 34 %			13 / 27%	
	번식 단계 수종			10 /34 %			36 / 75 %

### 참고문헌

Грубов В.А. 1982. Определитель сосудистых растений Монголии (с атласом). Л.: Наука. 442 с.

Губанов И.А. 1996. Конспект флоры Внешней Монголии (Сосудистые растения). Москва. Изд-во <<Валанг>> 136 с.

## 5. 공충 연구

### 서론

몽골에서 가뭄으로 인한 황사 발생과 건조 초원지역에 사막화를 방지할 목적으로 “그린벨트”사업을 시행하게 되었다. 국가 프로젝트 일환으로 “그린벨트”사업을 계획하였다. 투브 아이막 룬 슴 초원지역에 보조 주립대 조성과 우문고비 아이막 달란자드가드 슴 고비 스텝지역에 “그린벨트” 보조 주립대를 조성하기로 각각 지정하였다. 이와 같이 “그린벨트” 프로젝트를 실시함으로써 몽골의 산림면적을 1.6%로 확대되어, 황사발생 빈도를 줄이고 기후를 완화시켜 생태균형을 유지할 수 있는 환경이 마련된다. “그린벨트” 사업을 통하여 상기 2개 주립대를 조성하기 위하여 조립장에 식재할 수종 종류를 선정할 것이다. 따라서 선정된 수종에 사용하는 관수, 토양, 병해충으로부터 방지할 수 있는 방안을 마련하기 위하여 본 연구를 시행하고 있다.

### 연구 배경 및 필요성:

건조한 스텝지역에 분포된 곤충은 생물군집과 농업에 중요한 영향을 미친다. 특히 개각충에게는 건조한 초원과 사막지역에 적응하는 생태적인 유연성이 더 발달되어 있다. 아울러 다양한 토양과 생물 비오톱에서 사는 곤충 종류 구성, 분포, 번식 등 중요한 지표로 사용할 수 있다(Tsendsuren et al,1997). 땅속에 사는 포유동물은 생물에 피해를 끼치거나 방목지의 야생 및 재배 식물의 뿌리를 해쳐 수확량을 크게 감소시키는 경우가 많다. 특히 건조한 지역의 물기가 많은 식물뿌리는 그들의 먹이가 되기 때문에 피해가 높다(Gilyarav,

토양에서 생존하는 대부분의 개각충과 애벌레의 몸집은 토양 입자와 입자 사이에 생긴 틈보다 크기 때문에 먹이를 찾아 움직일 때 토양과 접촉하여 토양의 경도 정도를 낮게 하는 등 직접적인 영향을 준다. 따라서 물과 공기 흐름이 높아져 토양 유기물이 분해되는 데에 적지 않은 영향을 미치게 된다. 곤충수는 토양의 메카닉 구조와 물리성분으로부터 크게 좌우된다(Dorj, 1997 ). 이와 같이 토양이 척박하거나 건조하고 가뭄이 자주 드는 지역의 곤충에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이며 특히 딱정벌레의 생태학적 특징, 자연에 미치는 역할 등 문제를 자세히 연구해야 할 필요가 있다.

따라서 한-몽 그린벨트 프로젝트에서 사업을 시행하고 있는 대상지로 혹은 건조하고 가뭄이 자주 드는 스텝지역의 토양 및 지피조성에서 생존하는 곤충의 종 구성 및 풍부성 그리고 다양성을 조사함으로써 조립지역 내 분포되어 피해를 끼치고 있는 일부 종의 생물-생태학적인 조사 결과를 토대로 해충의 피해 및 보호하는 차원에서 본 연구를 실시하였다.

### 연구 목적

- ❖ 홉스쿨 아이막 무룽 슴, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슴 양묘장에서 발견된 곤충 성질
- ❖ 홉스쿨 아이막 무룽 슴, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슴 양묘장에서 발견된 곤충 다양성
- ❖ 홉스쿨 아이막 무룽 슴, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슴 양묘장에서 발견된 곤충의 생존 환경의 특징 및 분포
- ❖ 홉스쿨 아이막 무룽 슴, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슴 양묘장에서 발견된 곤충 피해를 방지하기 위한 실험

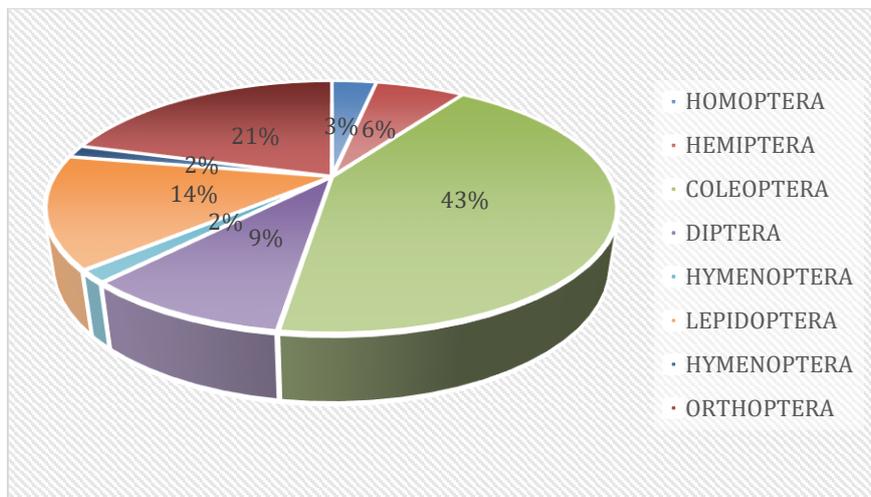
## 연구 방법

홉스굴 아이막 무릉 숲, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 양묘장을 대상으로 시행된 곤충 조사를 위해 직경이 30cm 썬기꼴을 이용하여 트란섹트 따라 100m 걸어가고 100 회 쓸어잡기를 3번 반복하여 시료들을 채취하였다. 또한 일정한 교목과 관목을 선정하여 털어잡기 방법을 이용하여 곤충 조사를 하였다.

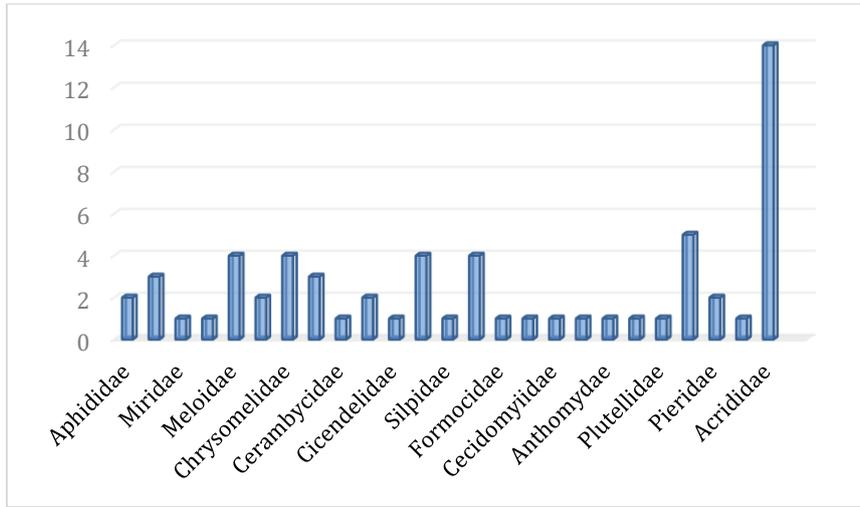
## 연구 결론

현장조사를 2023년에 홉스굴 아이막 무릉 숲, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 양묘장에 실행하였다. 양묘장에 분포하는 곤충, 나무에 미치는 영향을 조사하였다. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장 노지, 방풍림, 온실에서 7목, 25과, 62종의 곤충의 기록되었고, 곤충을 목으로 분류하였다(그래프 1).

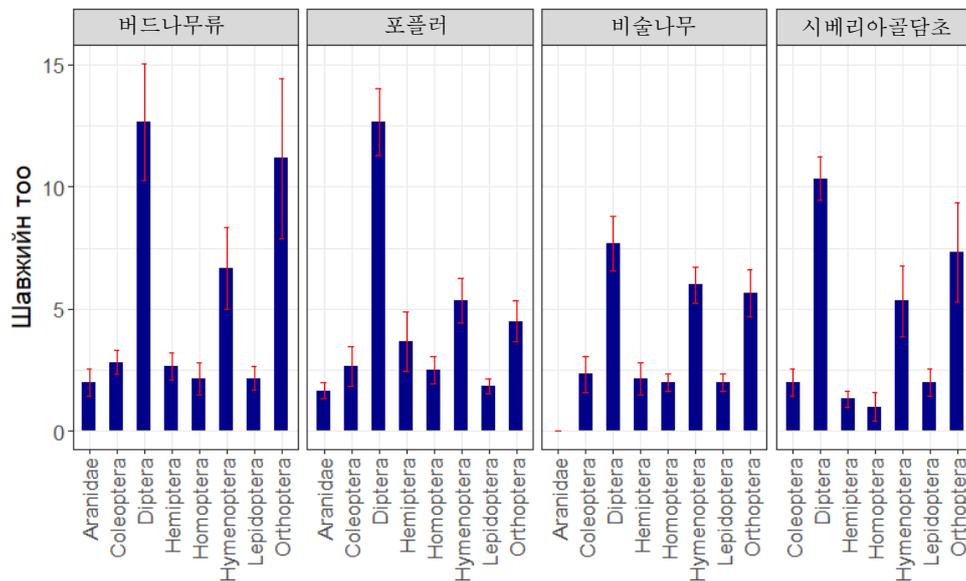
곤충을 목으로 나누면 나비목(Lepidoptera)이 2%, 딱정벌레목(Coleoptera)이 43%, 파리목(Diptera)이 6%, 다른 목이 2-3 %를 차지하고 있다(그래프 2). 메뚜기과(Acrididae)가 곤충이 많은 과수를 나타내었으며 가뢰과(meliodae), 무당벌레과(Lady bugs), 배추좀나방과(Plutella xylostella)의 곤충이 비교적 적은 것으로 조사되었다. 이러한 곤충과 중에서 *Aeropus sibiricus* L, *Epicauta sibirica* P, *Epicauta megaloccephala* G 등의 곤충종이 나무, 묘목에 가장 큰 피해를 입힌다. 양묘장 방풍림 나무에서 출현하는 곤충의 수를 세는 조사를 하였다(그래프 3).



그래프 1. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장에 서식하는 곤충 목수

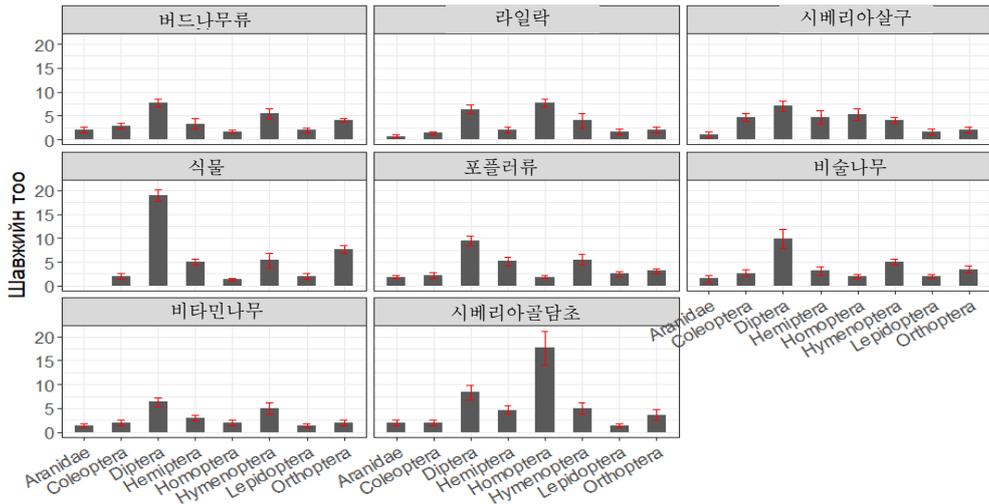


그래프 2. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장에 서식하는 곤충 과수



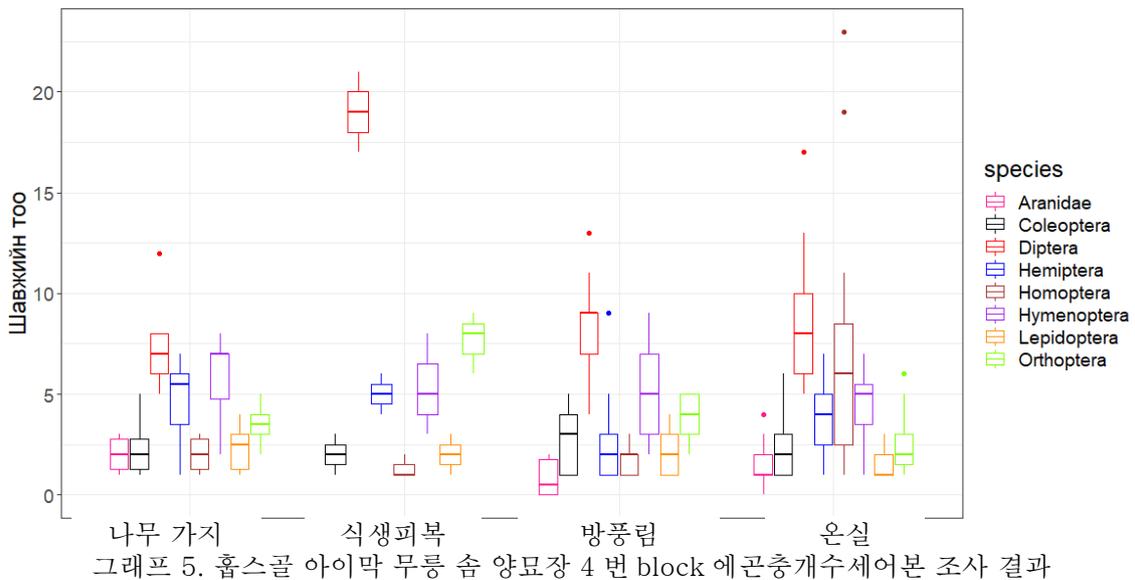
그래프 3. 방풍림 나무에서 출현하는 곤충의 수 세는 조사 결과

곤충개수를 세어본 조사 결과 포플러, 비술나무, 시베리아골담초, 버드나무에서 Diptera 목, Hymenoptera 목이 비교적 많이 출현하였으며 식생피복에서 Orthoptera 목이 많이 나타났다. 양묘장 방풍림 임목 수종에 따라 곤충개수를 세어본 조사 결과가 그래프 4 와 같다.



그래프 4. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장 식생 입목, 묘목에 곤충개수를 세어본 조사 결과

방풍림 입목에 Diptera 목이 비교적 많이 출현하였고 라일락, 시베리아골담초에 Homoptera 목이 많이 나타났으며, 식생피복에는 Orthoptera 목이 나타나는 결과를 보였다. 양묘장에 삼목으로 식재한 묘목, 식생피복, 방풍림 입목, 온실 묘목에 곤충개수 조사 결과는 그래프 5 와 같다.



그래프 5. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장 4 번 block 에 곤충개수 세어본 조사 결과

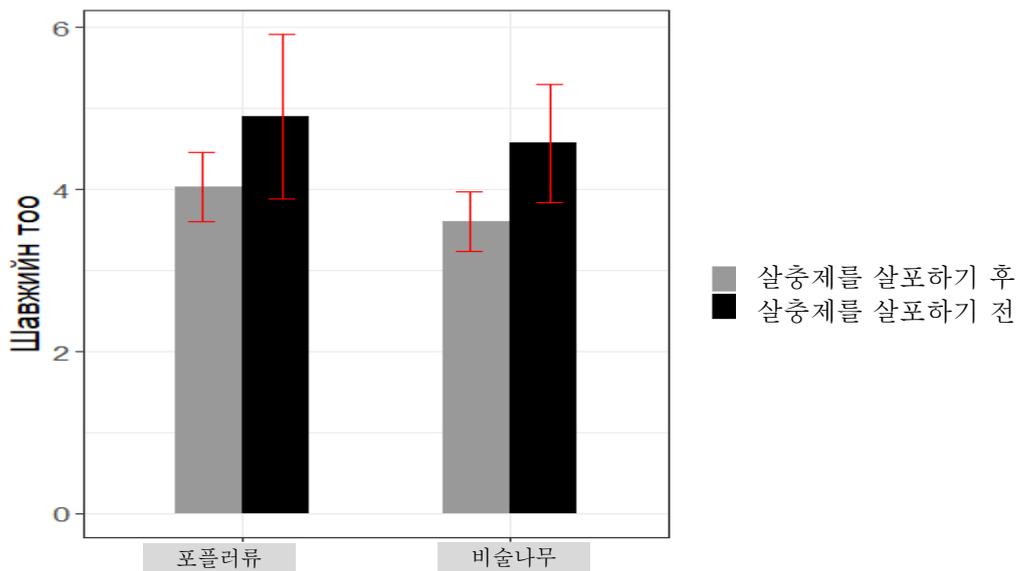
4 번 block 에 Diptera 목이 비교적 많이 출현하였으며 방풍림에 식재한 포플러, 비술나무에 새로 띄우는 싹 및 잎에 Coleoptera 목이 많은 피해를 입혔음으로 방제를 위해 살충제를 부려 실험을 하였다.

산림해충의 방제용 살충제로 사이플루트린(Karate)을 실험해 보았다. 사이플루트린 (Karate)는 유제(2.5%), 분자식  $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$  이다. 사이플루트린 (Karate)유제(2.5%) 0.2L/ ha 액을 살포하였다(사진 1).



그림 1. 방풍림 포플러 방제를 위해 살충제를 살포함

방풍림 포플러 방제를 위해 살충제를 뿌린 결과 그래프 6 와 같다.

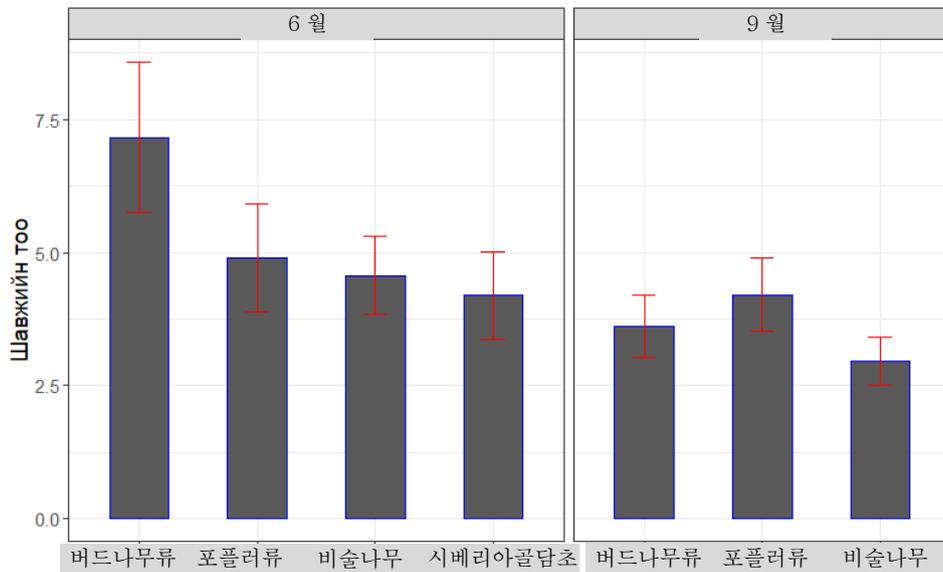


그래프 6. 방풍림 포플러, 비술나무에 살충제를 살포하기 전후 비교

조사결과를 보면 사이플루트린(Karate)액을 살포하기 전에 곤충평균 개수가  $4.7 \pm 4$  마리였다가 살포한 후에 곤충평균 개수가  $3.8 \pm 2.2$  마리로 감소하였다. 식재한 나무의 그루별로 곤충평균 개수가 사이플루트린(Karate)액을 살포하기 전 비술나무에  $4.6 \pm 3.3$  마리, 포플러에  $4.9 \pm 4.6$  마리가 출현하였다. 사이플루트린(Karate)액을 살포하기 한 후에 비술나무 곤충평균 개수가  $3.6 \pm 2$  마리, 포플러 곤충평균 개수가  $4.0 \pm 2.3$  마리가 나타났으며 곤충 개수가 감소하였다( $df=1, p=0.14$ ).

사이플루트린(Karate)액은 곤충에 외부 및 먹이를 통해 영향을 미친다. 사이플루트린(Karate)액을 일주일에 1 회, 바람 없고 비가 안오는 날 아침 6 시 전, 저녁 5 시 후에 살포한다. 살포한 후 24 시간, 일주일 간격으로 곤충 개수를 확인한 결과 치명적인 생물학적

활성의 79%로 나타났다. 여름철에 관찰하고 가을 9 월에 양묘장 입목에 곤충개수를 반복적으로 확인해 비교한 결과가 그래프 7 과 같다.



그래프 7. 홉스쿨 아이막 무릉 솜 양묘장 수종에 따라 분포된 곤충의 개수 조사결과

가을에 실행한 조사결과를 따르면 9 월에 6 월보다 적은 곤충의 나타난 것으로 보였다. 9 월에 온실에 파종한 시베리아골담초에 Homoptera 목 Aphididae 과의 곤충이 분 포되어 피해를 많이 입혀 화학적 방제법을 사용하였다.

시베리아골담초 진딧물은 부드러운 껍질이 몸을 갖고 날개 있는, 날개 없는 경우 움직이지 않다. 곤충의 머리, 몸, 가슴을 분리하기는 어렵고 겹눈으로 갖고 있다. 눈밑에 일반 눈을 갖고 있으며, 긴 수염은 3~6 마디로 이루어져 있으며 처음 두마디는 튼튼하다. 진딧물 몸 성충은 몸길이는 1.6-1.8mm 검은색다. 재배한 진딧물 시베리아골담초의 식생 기간에는 6~8 세대를 걸쳐 번식하며 8~12 일 내에 선정과정이 완료된다. 일년 동안 시베리아골담초의 잎 수액을 먹고, 다년생 식물로 이동하고, 날개 없는 다음 세대의 진딧물에서 날개 있는 진딧물이 되어 목본 식물로 이동한다. 시베리아골담초 진딧물 분포가 사진 2 와 같다.



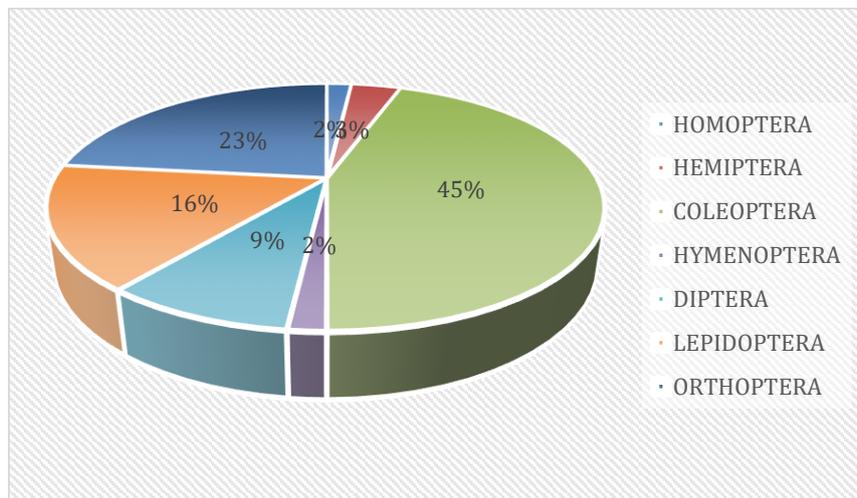
사진 2. 온실에 분포한 시베리아골담초 진딧물

온실에 분포한 시베리아골담초 진딧물 개수를 세어 본 결과 Homoptera 목 Aphididae 과의 곤충에 피해를 많이 입혀 화학적 방제법을 사용하였다(그림 3).



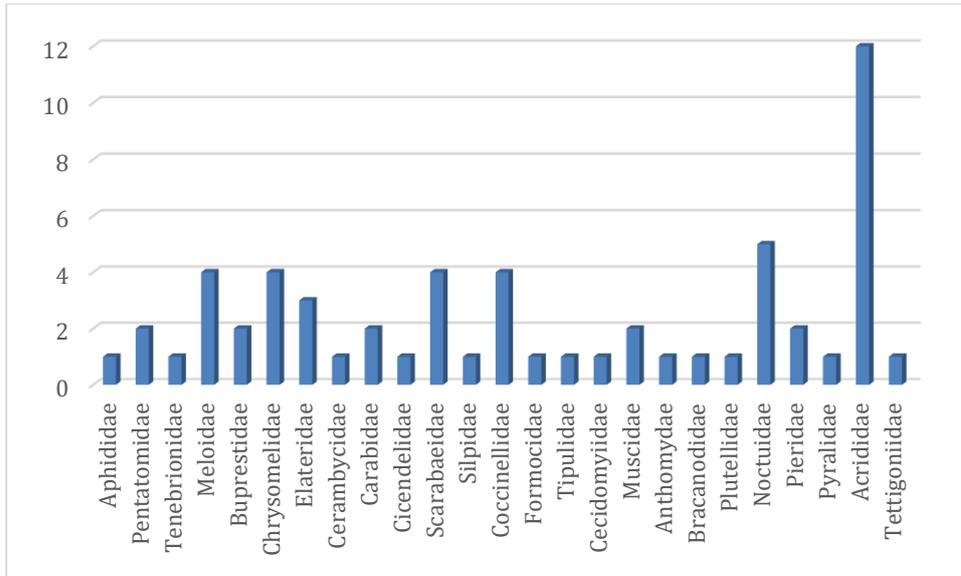
그림 3. 온실에 분포한 시베리아골담초 진딧물에 수액을 살포

현장조사를 2023년에 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장에 실행하였다. 나무에 미치는 영향을 조사하였다. 홉스굴 아이막 무릉 슝 노지, 방풍림, 온실에서 7목, 25과, 54종의 곤충의 기록되었다(부록 2). 양묘장에 분포하는 곤충, 양묘장에 재배한 6수종의 곤충을 목으로 분류하였다(그래프 8). 곤충종의 구성을 목의 백분율로 나타내면 Lepidoptera목이 16%, Coleoptera목이 45%, Diptera목 이 9%, 기타 목이 2~3%로 각각 나타났다.



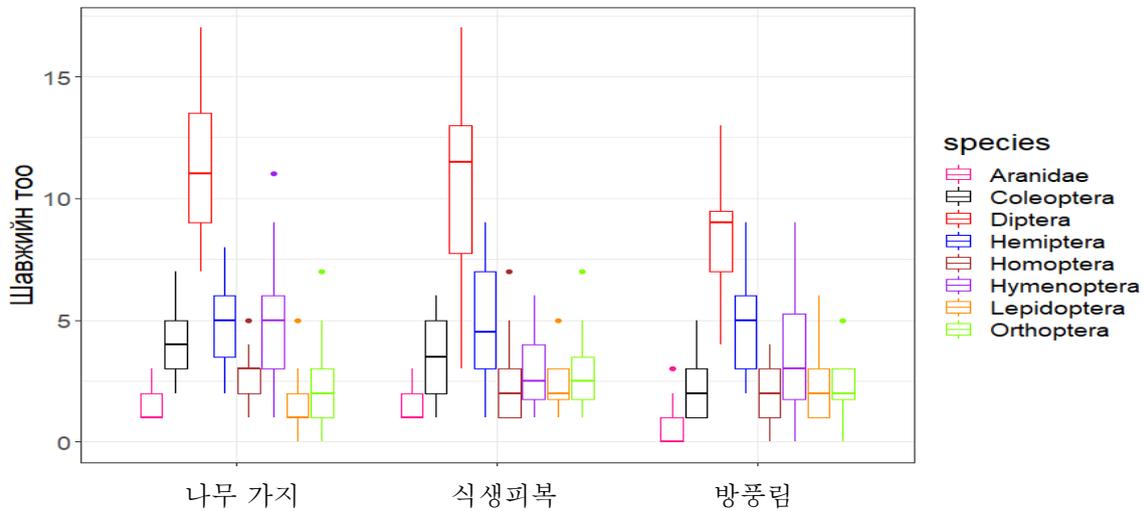
그래프 8. 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장 곤충목 분류

Lepidoptera 목에서 *Mylabris speciosa*, *Colaphellus alpinus* G, Acrididae 목에서 *Omocestus viridulus* Linnaeus, 1758, *Acryptera fusca fusca*, Pallas, 1773 등의 곤충이 대표적으로 나타났다. 양묘장 곤충을 과로 나누어 보면 그래프 9 와 같다.



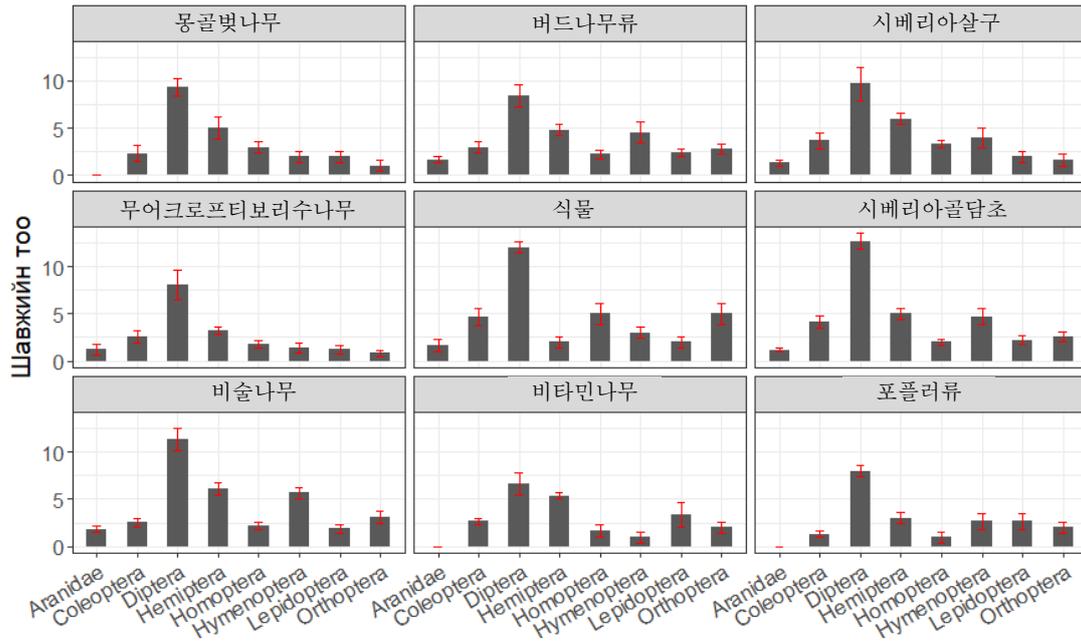
그래프 9. 양묘장 곤충을 과 분류

양묘장에서 Acrididae 과 곤충이 대표적으로 많이 나타났으며, Lepidoptera 목의 가뢰과(meliodae), 무당벌레과 (Ladybugs) 등의 비교적 적게 나타났으며, 양묘장 방풍림, 묘목, 식생피복 등에 한 곤충 개수 조사는 그래프 10 과 같다.



그래프 10. 양묘장 곤충 개수

양묘장 방풍림, 묘목, 식생피복 등에 한 곤충 개수 조사한 결과 Diptera 목의 곤충이 대표적으로 많이 나타났으며, 나무 수종별로 곤충 개수를 조사한 결과는 그래프 11 과 같다.



그래프 11. 수종별로 곤충 개수 조사한 결과

나무 수종별로 곤충 개수를 조사한 결과를 보면 Diptera 목, Hemiptera 목, Homoptera 목 곤충이 대표적으로 많이 나타났다. 온실 묘목에 병해충 조사를 한 결과 시베리아골담초에 ‘*Uncinula caraganais*’ 질병이 나타났다(그림 4).

여름철에 감염된 잎의 표면에 곰팡이의 흰 반점이 나타나고, 초가을에는 공 모양 또는 길쭉한 공 모양의 갈색 종자체-클레스토테시아가 형성되어 분생포자의 도움으로 퍼진다.

가을철에 손상된 잎에 갈색 공 또는 타원형 공 모양의 cleistothecia 를 생기고, 몸체에는 무색의 무수히 많은 가지가 있고 끝에 포크 모양의 가지가 있고 끝이 꼬여 닫혀진다. 병원체는 낭종 단계에서 동면한다. 봉지 크기는 55-90x35-60 $\mu$ m 이고, 포자의 크기는 20-30x14-15 $\mu$ m 이다.



그림 4. 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 온실 시베리아골담초의 ”*Uncinula caraganais*” 질병

시베리아골담초의 "Ucinula caraganais"병을 예방하기 위해서는 항병원체를 뿌려 버섯 종자체를 파괴하고 토양을 살균하는 작업이 필요하다. 양묘장 직원들에게 소독제와 권장 사항이 제공되었다.

### 결론

1. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장에 Meliodae 과 *Epicauta megaloccephala* Gebl 종, *Epicauta sibirica* Pall 종이 발견되어 피해를 많이 주는 것으로 보였다.
2. 나무 수종별로 Diptera 목 곤충이 많았고, 라일락 및 시베리아골담초에서는 Homoptera 목 곤충이 많았으며, 식생피복에는 Orthoptera 목 곤충이 비교적 많았다.
3. 식재한 나무의 그루별로 곤충평균 개수가 사이플루트린(Karate)액을 살포하기 전에 비술나무에  $4.6 \pm 3.3$  마리, 포플리에  $4.9 \pm 4.6$  마리가 출현하였다. 사이플루트린(Karate)액을 살포하기 한 후에 비술나무 곤충평균 개수가  $3.6 \pm 2$  마리, 포플리 곤충평균 개수가  $4.0 \pm 2.3$  마리가 나타났으며 곤충 개수가 감소하였다( $df=1, p=0.14$ ).
4. 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 양묘장에 Lepidoptera 목의 곤충이 16%, Coleoptera 목의 곤충이 45%, Diptera 목의 곤충이 9%, 기타 목의 곤충이 2-3%로 나타났다.
5. 양묘장에 Lepidoptera 목의 *Mylabris speciosa*\*, *Colaphellus alpinus* G, Acrididae 목에서 *Omocestus viridulus* Linnaeus, 1758, Acryptera fusca fusca, Pallas, 1773 등의 곤충이 대표적으로 나타났다.
6. 온실에 파종한 시베리아골담초에 (*Caragana microphylla*) гуалах өвчин 발견되었다.

### 참고문헌

- 몽골 건조지역에 조림사업 조성 기초 연구, 연구결과 보고서, 2018 년.  
김종관. 몽골의 사막화방지 조림 그린벨트 조성 나무심기 실제, 2014 년.  
Нарцук Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны). Зоологический институт РАН, 2003, СПб, 253 с.

부록 1.

한-몽 그린벨트 사업단 흡스쿨 아이막 무릉 솜 양묘장에서 출현된 곤충 수종

HOMOPTERA	Aphididae	<i>Aphis grossulariae</i>
		<i>Aphis brassicae</i> L
HEMIPTERA	Pentatomidae	<i>Eurydema gebleri</i> K
		<i>Eurygaster maura</i> L
		<i>Aelia sibirica</i> R
	Miridae	<i>Lygus pratensis</i> L
COLEOPTERA	Tenebrionidae	<i>Opatrum subaratum</i> F
	Meloidae	<i>Epicauta sibirica</i> P
		<i>Epicauta megalcephala</i> G
		<i>Lytta caragana</i> P
		<i>Mylabris speciosa</i> *
	Buprestidae	<i>Tanymecus palliatus</i> L
		<i>Sphenoptera potanini</i>
	Chrysomelidae	<i>Phyllotreta vittula</i> R
		<i>Phyllotreta striolata</i> F
		<i>Phyllotreta undulata</i> K
		<i>Colaphellus alpinus</i> G
	Elateridae	<i>Agriotes lineatus</i> L
		<i>Chromoderus fasciatus</i>
		<i>Cassida viridis</i> L
	Cerambycidae	<i>Eodorcadion</i> sp
	Carabidae	<i>Poecilus fortipes</i>
		<i>Poecilus gebleri</i>
	Cicindelidae	<i>Cicindela coerulea</i>
	Scarabaeidae	<i>Protaetia brevitarsis seulensis</i>
		<i>Protaetia ungarica sibirica</i>
		<i>Orthophagus scabriusculus</i>
		<i>Orthophagus marginalis</i>
	Silpidae	<i>Necrophorus germanica</i>
Coccinellidae	<i>Adonia variegata</i> Goeze, 1777	
	<i>Coccinella septempunctata</i>	
	<i>Coccinella transversogutata</i>	
	<i>Coccinella</i> sp	
HYMENOPTERA	Formocidae	<i>Formocid</i> sp
DIPTERA	Tipulidae	<i>Tipuli</i> sp
	Cecidomyiidae	<i>Cecidomyii</i> sp
	Muscidae	<i>Delia antiqua</i> Megl
		<i>Musca</i> sp
	Anthomyidae	<i>Hylemia floralis</i> F
	Bracnoididae	

<i>LEPIDOPTERA</i>	<i>Plutellidae</i>	<i>Plutella Maculipennis Curt</i>
	<i>Noctuidae</i>	<i>Mamestra brassicaeL</i>
		<i>Agrotis sejetum Schiff</i>
		<i>Cardepia irrisora nigriesceus</i>
		<i>Eudlemma ostina</i>
		<i>Haderonia sp</i>
	<i>Pieridae</i>	<i>Pieris Rapae L</i>
		<i>Aporia crataegi*</i>
	<i>Pyralidae</i>	<i>Loxostege sticticalis L</i>
<i>ORTHOPTERA</i>	<i>Acrididae</i>	<i>Aeropus sibiricus L</i>
		<i>Acryptera fusca fusca ,Pallas,1773</i>
		<i>Omocestus viridulus Linnaeus, 1758</i>
		<i>Omocestus haemorrhoidalis haemorrhoidalis, Charpentier,1825</i>
		<i>Chopthippus biguttulus Linnaeus, 1758</i>
		<i>Chopthippus intermedius Bey Bienko ,1926</i>
		<i>Chopthippus albomarginatus albomarginatus ,De geer,1773</i>
		<i>Oedaleus asiaticus, Bey Bienko ,1941</i>
		<i>Bryodema holdereri holdereri Krauss,1901</i>
		<i>Bryodema tuberculatum dilutum,Stoll,1813</i>
		<i>Bryodema gebleri mongolicum Zubowsky,1899</i>
		<i>Angaracris barabensis Pallas,1773</i>
		<i>Campsocleis sedakovi, Fischer Waldheim,1836</i>

부록 2.

한-몽 그린벨트 사업단 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장에서 출현된 곤충 수종

COLEOPTERA	Buprestidae	<i>Sphenoptera potanini</i>
	Meloidae	<i>Epicauta sibirica</i> P
		<i>Mylabris speciosa</i> *
	Chrysomelidae	<i>Phyllotreta vittula</i> R
		<i>Phyllotreta striolata</i> F
		<i>Phyllotreta undulata</i> K
		<i>Colaphellus alpinus</i> G
	Elateridae	<i>Agriotes lineatus</i> L
		<i>Chromoderus fasciatus</i>
		<i>Cassida viridis</i> L
	Cerambycidae	<i>Eodorcadion</i> sp
	Carabidae	<i>Poecilus fortipes</i>
		<i>Poecilus gebleri</i>
	Cicindelidae	<i>Cicindela coerulea</i>
	Scarabaeidae	<i>Protaetia brevitarsis seulensis</i>
		<i>Protaetia ungarica sibirica</i>
		<i>Orthophagus scabriusculus</i>
		<i>Orthophagus marginalis</i>
	Silpidae	<i>Necrophorus germanica</i>
Coccinellidae	<i>Adonia variegata</i> Goeze, 1777	
	<i>Coccinella septempunctata</i>	
	<i>Coccinella transversogutata</i>	
	<i>Coccinella</i> sp	
HYMENOPTERA	Formocidae	<i>Formocid</i> sp
DIPTERA	Tipulidae	<i>Tipuli</i> sp
	Cecidomyiidae	<i>Cecidomyii</i> sp
	Muscidae	<i>Delia antiqua</i> Megl
		<i>Musca</i> sp
	Anthomyidae	<i>Hylemia floralis</i> F
LEPIDOPTERA	Plutellidae	<i>Plutella Maculipennis</i> Curt
	Noctuidae	<i>Mamestra brassicae</i> L
		<i>Agrotis sejetum</i> Schiff
		<i>Cardepiia irrisora nigriesceus</i>
		<i>Eudlemma ostina</i>
		<i>Haderonia</i> sp
	Pieridae	<i>Pieris Rapae</i> L
		<i>Aporia crataegi</i> *
Pyralidae	<i>Loxostege sticticalis</i> L	
ORTHOPTERA	Acrididae	<i>Aeropus sibiricus</i> L
		<i>Acryptera fusca fusca</i> ,Pallas,1773

		<i>Omocestus viridulus</i> Linnaeus, 1758
		<i>Omocestus haemorrhoidalis</i> Charpentier, 1825
		<i>Chopthippus biguttulus</i> Linnaeus, 1758
		<i>Chopthippus intermedius</i> Bey Bienko, 1926
		<i>Chopthippus albomarginatus</i> De geer, 1773
		<i>Oedaleus asiaticus</i> , Bey Bienko, 1941
		<i>Bryodema holdereri holdereri</i> Krauss, 1901
		<i>Bryodema tuberculatum dilutum</i> , Stoll, 1813
		<i>Bryodema gebleri mongolicum</i> Zubowsky, 1899
		<i>Angaracris barabensis</i> Pallas, 1773
	<i>Tettigoniidae</i>	<i>Campsocleis sedakovi</i> , Fischer Waldheim, 1836
<i>HOMOPTERA</i>	<i>Aphididae</i>	<i>Aphis brassicae</i> L
<i>HEMIPTERA</i>	<i>Pentatomidae</i>	<i>Eurygaster maura</i> L
		<i>Aelia sibirica</i> R

## 5. 토양 연구

### 서론

한-몽 그린벨트 프로젝트 제 3 단계 사업지인 홉스굴 아이막 무릉 숲, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲, 셸렝게 아이막 유루숨 보간트 마을에 조성한 3 개의 양묘장, 테를지 참여숲에 토양 분석을 실시하였다. 토양분석 대상지들은 지형, 토지피복 측면에서 다른 특징을 갖고 있고 토지피복은 taiga forest, forest steppe, steppe, desert steppe 지역에 속한다(Figure 1). 테를지 참여숲 외 나머지 양묘장들은 2023 년부터 운영하기 시작하였다. 2022 년에 홉스굴 아이막 무릉 숲, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 양묘장들에 토양조사를 처음으로 실시하였고 2023 년에 토양습도복원 실험을 시작하였다. 셸렝게 아이막 유로 숨 보간트 마을 양묘장, 테를지 참여숲에 토양 분석, 토지피복조사를 실시하였다. 셸렝게 아이막 유로 숨 보간트 마을 양묘장까지 가는 길은 비포장 도로로 길은 험난하고, 양묘장 근처는 진흙 습지가 있으므로 접근성이 안 좋다. 홉스굴 아이막 무릉 숲 양묘장, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 양묘장, 테를지 참여숲 사업지들은 포장도로 바로 옆에 위치한다.

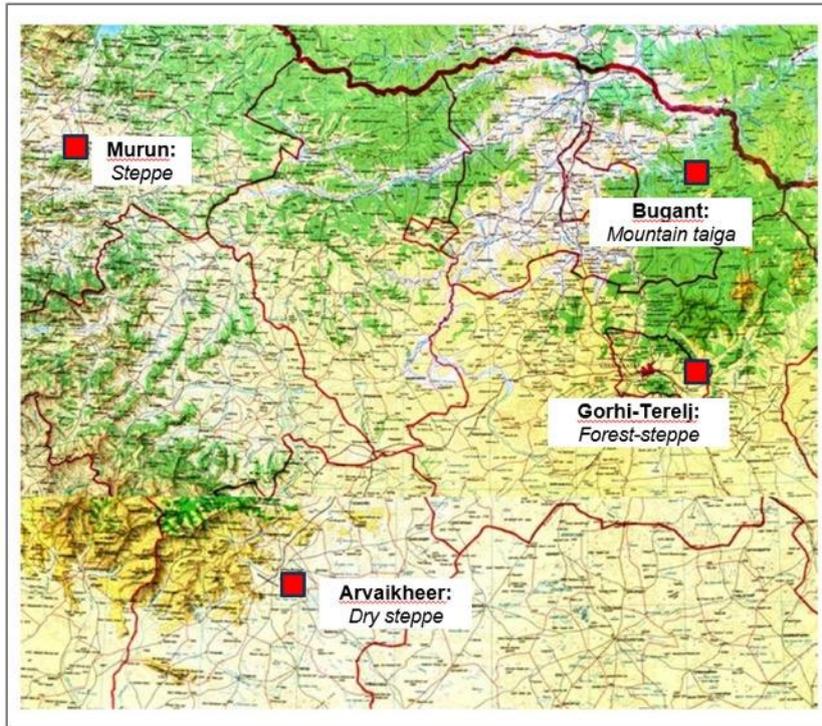


Figure 1. Study area

## 연구방법론

셀렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을 양묘장에 2023년 9월, 테를지 참여숲에 2023년 4월에 토양조사를 실시하였다. 총 9개 토양단면(토심), 9개 토양시료를 채취하였다. 실험실 분석을 통해 토양 화학, 물리적 특성, 염도를 포함한 19가지 지표를 실험하였다.

토양습도복원 실험을 홉스굴 아이막 무릉 슝 양묘장, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장에 2023년 9월에 실시하였다. 현지에서 구할 수 있는 저렴한 재료인 퇴비, 모래, 자갈, 식생 등을 활용하여 멀칭(mulching) 용도로 사용하였다. 실험을 manure mulch, sand mulch, gravel mulch, vegetation mulch, control 등의 단계로 실행하였다(Figure 2). 비술나무(Ulmus pumila) 구덩이에 안에 5cm 멀칭으로 토양을 덮었다. 토양 A 층인 0-20에 토양의 용적 수분 함량(VWC), 전기전도도(EC)를 TDR 측정기를 사용, 나무 수고를 측정하였다.

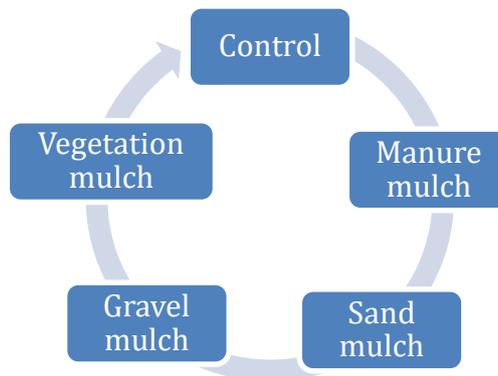


Figure 2. Mulch experiment variables

홉스굴 아이막 무릉 슝 양묘장, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장에 나무를 식재한 토양특성 변화를 비교한 조사를 2023년 9월에 실행하였다. 비술나무, 포플러, 버드나무, control 등을 비교해 6회로 실행하였다(Figure 3). 토양시료를 0-20cm, 20-40cm 깊이에서 72개 시료를 채취하여 토양의 용적 수분 함량(VWC), 전기전도도(EC)를 TDR 측정기를 사용, 나무 수고를 측정하였다.

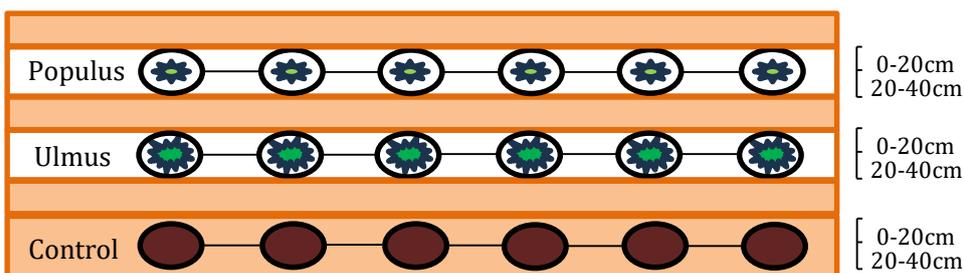


Figure 3. Soil comparative study

“Mongolian Academy of Science, Institute of Geology, Soil Science Lab”에 토양 분석을 실시하였다. 토양 시료를 검토시키고 2mm로 체질하여 국제적 표준(ISO 11464:2006)을 따라 분석준비하였다. 토양 화학적 특성의 지수를 분석하기 위해 “MNS3310:1991” 표준 및 “ISO 11277:2009” 표준 방법이 사용하였다. 토양분석으로 아래와 같은 지료를 분석:

- 토양 유기물(SOM): Walkly-Blake method
- 토양의 수소이온농도 (pH): pH-meter, 1 : 2.5

- 탄산 칼슘 ( $\text{CaCO}_3$ ): Volumetric method
- 전기전도도 (EC): Electrical conductivity meter
- 인산 (AP -  $\text{P}_2\text{O}_5$ ): 1% Ammonium carbonate- $\text{NH}_4\text{CO}_3$
- 산화 칼륨 (AP -  $\text{K}_2\text{O}$ ): Flame spectrometer
- 토성 (sand, silt, clay): Pipette methods
- 입경 ( $> 2 \text{ mm}$ ): Gravimetric method
- 염도 및 이온조성( $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ): Titration and spectrometric methods

MS Excell, SPSS 23 를 활용하여 통계분석을 실시하였다. 토양 색상을 조사할때 Muncel Soil Color Charts 를 활용하였다(MSCC, 2000).

### 셀렝게 아이막 유로 솜 보간트 마을 양묘장 토양

셀렝게 아이막 유로 솜 보간트 마을 양묘장은 마을에서 4km 떨어져 있고, 유로강 동쪽에 위치하고 해발고도는 735~750m 로 나타났다.



Figure 4. Bugant forestation field and soil sampling points

양묘장의 표면은 평평하고 일부 움푹 들어간 부분이 있으며 forb- smooth meadow-grass 피복이 100%이고 버드나무, 포플러 등이 나무가 있다. 양묘장 면적은 15ha, 크기는 300m x 600m 이며 총 5 회 토양단면을 하였다(Figure 4).



토양: Cambisols  
phaeozems(BU1)

토양단면 BU1. 셀렝게 아이막 유로 슴 보간트 마을 양묘장  
좌표 x:107,23990<sup>0</sup>,y: 49,452121<sup>0</sup>, 해발고도: 749 m  
2023 년 9 월 19 일 quaking-grass sedge, 식생피복 100 %.  
AO 0-5 cm. 수분이 있고 검은색(7.5YR 4/2), 돌 없는 미사질  
양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조  
A 5-20 cm. 수분이 있고 검은색 (7.5YR 4/3), 돌 없는  
미사질 양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조  
AB 20-50 cm. 수분이 있고 갈색(7.5YR 5/3), 돌 없는 미사질  
양토, 식물뿌리 거의없음, 10 % HCl 용출 없음  
C 50-100 cm. 갈색 (7.5YR 5/4), 사질양토, 돌이 없고 식물  
뿌리가 거의 없음



토양: Cambisols  
phaeozems (BU2)

토양단면 BU2. 셀렝게 아이막 유로 슴 보간트 마을 양묘장  
좌표 x: 107,23798<sup>0</sup>, y: 49,451743<sup>0</sup>, 해발고도: 743m  
2023 년 9 월 19 일. quaking-grass sedge, 식생피복 100 %.  
AO 0-10 cm. 수분이 있고 검은색(5YR 4/3), 돌 없는 미사질  
양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조  
A 10-20 cm. 수분이 있고 검은색(5YR 3/3), 돌 없는 미사질  
양토, 식물 뿌리가 많음, 희박하고 큰 구형 구조  
AB 25-50 cm. 수분이 있고 갈색 (5YR 5/3), 돌 없는 미사질  
양토, 식물 뿌리가 거의 없고, 10 % HCl 용출 없음  
C 50-100 cm. 갈색 (5YR 5/4), 돌 없는 미사질 양토, 식물  
뿌리가 거의 없음



토양: Cambisols  
phaeozems (BU1)

토양단면 BU3. 셀렝게 아이막 유로 슴 보간트 마을 양묘장 좌표 x: 107,23874<sup>0</sup>, y: 49,45305<sup>0</sup>, 해발고도: 739m  
2023 년 9 월 20 일. quaking-grass sedge, 식생피복 100 %.  
AO 0-5 cm. 수분이 있고 검은색(5YR 4/2), 돌 없는 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조  
A 5-20 cm. 수분이 있고 갈색(5YR 4/3), 돌 없는 미사질 양토, 식물 뿌리가 많음, 희박하고 큰 구형 구조  
AB 20-40 cm. 수분이 있고 갈색(7.5YR 5/3), 돌 없는 미사질 양토, 식물 뿌리가 없음, 탄산 칼슘 없음  
Bg 40-60 cm. 수분이 있고 갈색(7.5YR 4/3), 돌 없는 미사질 양토, 돌 없는 미사질 양토, 식물 뿌리가 거의 없음, 10 % HCl 용출 없음  
Cg 60-100 cm. 갈색(7.5YR 5/4), 사질양토, 돌 없고, 식물뿌리가 거의 없음



토양: Cambisols  
phaeozems (BU2)

토양단면 BU4. 셀렝게 아이막 유로 슴 보간트 마을 양묘장 좌표 x:107,237009<sup>0</sup>, y:49,453106<sup>0</sup>, 해발고도: 741m  
2023 년 9 월 20 일. quaking-grass sedge, 식생피복 100 %.  
AO 0-5 cm. 수분이 있고 갈색(5YR 4/3), 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조  
A 5-20 cm. 수분이 있고 갈색(5YR 4/2), 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조  
ABg 20-40 cm 수분이 있고 갈색(5YR 5/2), 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 거의 없음, 희박하고 큰 구형 구조  
Bg 40-60 cm. 수분이 있고 갈색(5YR 4/3), 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 거의 없음, 10 % HCl 용출 없음  
C 60-100 cm. 갈색 (5YR 5/4) 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 거의 없음

토양단면 BU5. 셀렝게 아이막 유로 슴 보간트 마을 양묘장 좌표 x:107,237009<sup>0</sup>, y:49,453106<sup>0</sup>, 해발고도: 741m, 2023 년 9 월 20 일. 오목한 땅. quaking-grass sedge, 자작, prickly wild rose, 식생피복 100 %.

AO 0-5 cm. 수분이 있고 검은색(5YR 4/2) 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 희박하고 큰 구형 구조

A 5-15 cm. 수분이 있고 검은색(5YR 4/3), 돌 없고 미사질 양토, 식물리 발달희박하고 큰 구형 구조

ABg 15-45 cm. 수분이 있고 검은색(5YR 5/3), 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌 거의 없음, 10 % HCl 용출 없음

Bg 45-70 cm. 수분이 있고 회색, 갈색 반점이 있음 (5YR 5/4) 돌 없고 미사질 양토, 식물뿌리 거의 없음, 10 % HCl 용출 없음

C 70-100 cm. 자갈 모래 충적층(alluvium)

토양: Cambisols phaeozems (BU1)

**Table 1.** Soil chemical properties of Bugant forestation field

Soil profile #	Depth cm	pH (1:2.5)	CaCO <sub>3</sub> %	SOM %	EC dS m <sup>-1</sup>	Available, mg 100 g <sup>-1</sup>	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
BU1	0-20	5.9	0.0	11.5	0.05	1.16	1.4
	20-40	5.5	0.0	4.6	0.02	0.98	1.4
	40-60	5.6	0.0	2.8	0.02	0.70	0.5
	60-100	5.7	0.0	4.3	0.02	1.01	9.0
BU2	0-20	5.6	0.0	11.1	0.04	1.41	0.5
	20-40	5.7	0.0	5.0	0.04	1.19	2.4
	40-60	5.7	0.0	4.0	0.03	0.92	1.4
	60-100	6.0	0.0	4.0	0.03	1.01	1.4
BU3	0-20	5.8	0.0	12.0	0.06	2.27	4.2
	20-40	5.5	0.0	5.0	0.03	1.26	0.5
	40-60	5.7	0.0	5.3	0.03	0.98	0.1
	60-100	5.9	0.0	4.8	0.03	0.86	0.1
BU4	0-20	5.5	0.0	8.7	0.04	1.47	4.2
	20-40	5.6	0.0	5.6	0.03	1.38	0.8
	40-60	5.5	0.0	3.1	0.02	1.44	0.5
	60-100	5.4	0.0	2.4	0.02	1.26	0.5
BU5	0-20	5.2	0.0	5.9	0.03	1.29	3.3
	20-40	5.2	0.0	3.3	0.02	0.67	0.5
	40-60	5.4	0.0	1.3	0.04	1.66	0.5
	60-100	5.5	0.0	2.6	0.03	1.10	0.5
Mean (n=20)		5.6	0.0	5.4	0.03	1.20	1.7
STD		0.2	0.0	3.1	0.01	0.36	2.1
Topsoil mean (0-40 cm)		5.5	0.0	7.3	0.04	1.31	1.9
Subsoil mean (40-100cm)		5.6	0.0	4.1	0.03	1.22	1.4

대상지 대부분이 이탄 갈색 토양으로 이루어져 토양은 평균 pH 5.6 의 약산성이며 모든 토양층에 거의 차이가 없다(Table 1). 토양에는 탄산칼슘 및 염분이 없으며 평균 전기전도도(EC)가 0,03 dS m<sup>-1</sup> 으로 나타났다. 토양의 유기물 함량은 상층(0~40cm)이 평균 7.3%로 높고 하층은 평균 4,1 %로 나타났다. 영양원소 공급이 적당하고 알칼리성원소가 부족한 것으로 보인다. 이탄 갈색 토양은 1m 까지 들 없고(Table 2) 토양 단면 BU5 에만 하층 60-100 층에 자갈 모래 충적층(alluvium)이 발견되었다.

**Table 2.** Soil texture and gravel content of Bugant forestation field

Soil profile #	Depth cm	Particles, % ( size by mm)			Gravel % (>2mm)
		Sand (2-0.05mm)	Silt (0.05-0.002mm)	Clay (<0.002mm)	
BU1	0-20	30.7	51.2	18.1	0.0
	20-40	36.5	46.8	16.6	0.0
	40-60	42.4	42.4	15.2	0.0
	60-100	43.9	39.2	16.9	0.0
BU2	0-20	35.1	46.1	18.8	0.0

	20-40	46.8	37.8	15.5	0.0
	40-60	54.1	32.2	13.7	0.0
	60-100	52.6	30.7	16.6	0.0
BU3	0-20	42.4	46.8	10.8	0.0
	20-40	45.3	42.4	12.2	0.0
	40-60	43.9	45.2	10.9	0.0
	60-100	32.1	54.1	13.7	0.0
BU4	0-20	36.5	50.5	13.0	0.0
	20-40	29.2	60.0	10.8	0.0
	40-60	40.9	47.9	11.2	0.0
	60-100	43.9	44.6	11.5	0.0
BU5	0-20	46.8	43.9	9.3	0.0
	20-40	42.4	45.9	11.7	0.0
	40-60	54.1	34.8	11.1	0.0
	60-100	65.8	24.1	10.1	64.3
Mean (n=20)		43.3	43.3	13.4	3.2
STD		65.8	60.0	18.8	64.3
Topsoil mean (0-40 cm)		39.2	47.1	13.7	0.0
Subsoil mean (40-100cm)		47.4	39.5	12.7	12.9

이탄갈색 토양에 수분 공급이 충분한 9 월에 조사를 하였으며 토양 상층 43,2-51,8 % (VWC)로 수분이 충분하였으나 하층에 수분공급이 26,1-28,1 % 까지 감소하였다(Table 3). Steppe 지역 토양에 비해 토양수분은 충분한 수준이다.

**Table 3.** Soil water content and electrical conductivity (2023. Sept 19-20)

Soil #	BU1		BU2		BU3		BU4		BU5		
	Depth cm	VWC %	EC mS/cm								
10		43.6	0.10	44.9	0.11	51.8	0.13	50.9	0.14	43.2	0.07
30		31.0	0.02	39.2	0.06	40.5	0.07	38.3	0.11	37.3	0.06
60		27.7	0.02	41.1	0.06	26.1	0.07	26.7	0.06	28.1	0.01

셀렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을 양묘장의 토양 피복은 상대적으로 균일하며 유기물 함량이 높고 약산성인 이탄갈색 토양이다. 토양은 탄산이 있고 염분이 없기 때문에 과목은 염분에 의해 부정적인 영향을 받지 않을 것으로 보인다. 돌이 없는 온대토양으로 관수로 인한 악영향이 없는 것으로 보인다. 건조한 환경에서 재배한 비술나무, 비타민 나무, Caragana 등의 과목을 식재하기에 적합하지 않다. 침엽수, 활엽수, 과실수 등에 적합한 것으로 보인다. 알칼리성 토양에 묘목을 이식할 때는 주의할 필요가 있으며, 토양개량을 위해 알칼리성 비료를 사용하는 것을 추천한다.

### 테를지 국립공원 '참여숲' 토양

토양분석 대상지는 테를지 국립공원 남쪽에 위치한다(Figure 4). 1 번 사업지 면적은 8.5ha, 2 번 사업지면적은 4.4ha 이다. 표면은 산 사이의 계곡 아래 부분에 위치하며 forb-grass 식생피복, 모래 갈색 토양, 강 근처 forb-carex riprian 식생피복, 이탄 갈색 토양으로 이루어진다. 대상지 해발고도는 1390-1410m 이며 서남쪽으로 경사가 있다.

현장조사를 2023 년 4 월에, 총 2 개의 대상지에서 4 개 단면에서 16 개의 토양시료를 채취하였으며(Figure 5) Mongolian Academy of Science, Institute of Geology, Soil Science Lab 에 토양 분석을 실시하였다.



Figure 4. Terelj forestation field (2023.04.22)

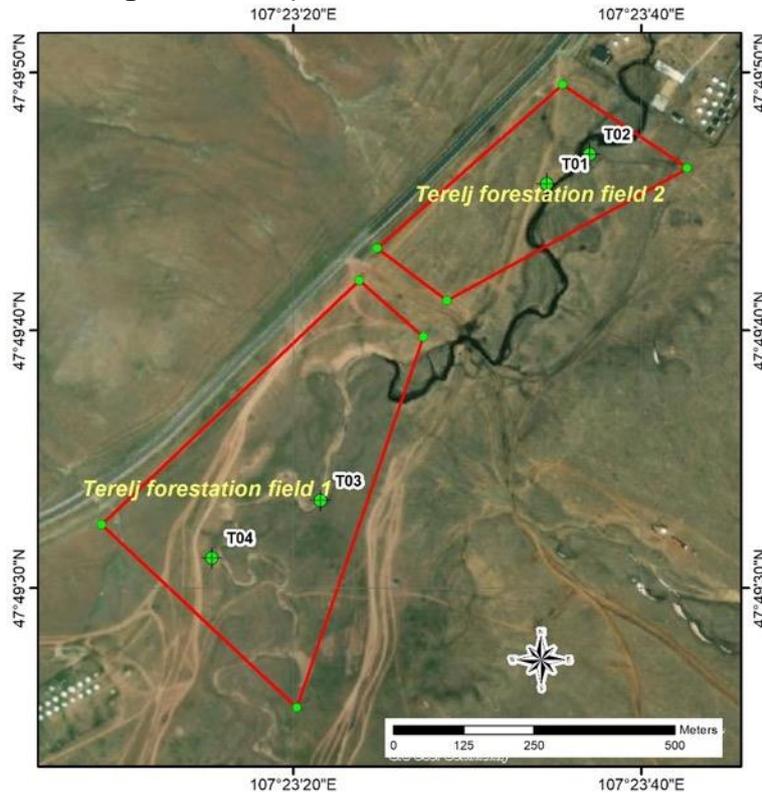


Figure 5. Terelj forestation field and soil sampling points



토양: non Carbonate leptic Kastanozems (T01)

토양단면 T01. 테를지 국립공원 참여숲 사업지 2. 좌표 x:107.3929° y: 47.8294°, 해발고도 1408,4m.

2023년 4월 22일. 강 서남쪽 경사 2°, grass-forb steppe, 식생피복 80%.

AO 0-10 cm. 마른 갈색(7.5YR 5/3), rounded Gravel 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 밀도 있는 작은 구형 구조, 10% HCl 용출 없음

A 10-14 cm. 마른 갈색(7.5YR 5/4), rounded Gravel 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 밀도 있는 작은 구형 구조, 10% HCl 용출 없음

B 14-40 cm. 수분 있고 갈색(7.5YR 5/6), loamic rounded Gravel, 쉽게 부서짐, 식물 뿌리 거의 없음

C 40-60 cm. 갈색(7.5YR 5/6), granite loamic rounded Gravel



토양: leptic Kastanozems (T02)

토양단면 T02. 테를지 국립공원 참여숲 사업지 2. 좌표 x:3.Y. 107.3936° y: 47.8297°, 해발고도 1410,8m, 강 동쪽 경사 1°, grass-forb, 식생피복 60%.

A 0-10 cm. 수분 있고 갈색(7.5YR 5/4), loamic rounded Gravel, 식물뿌리 발달, 큰 구형 구조, 10% HCl 용출 없음

AB 10-20 cm. 수분 있고 갈색(7.5YR 5/3), arenic Aridic Luvisols

식물뿌리 비교적으로 많음, 10% HCl 용출 없음

C 20-40 cm. 갈색 arenic Aridic Luvisols

**Table 4.** Soil chemical properties of Terelj forestation field

Soil profile #	Depth cm	pH (1:2.5)	CaCO <sub>3</sub> %	SOM %	EC dS m <sup>-1</sup>	Available mg 100 <sup>-g</sup>	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
T01	0-10	7.57	0.00	4.80	0.174	4.53	47.8
	10-14	7.30	0.00	2.81	0.116	2.80	15.6
	14-40	7.51	0.00	2.38	0.129	3.37	25.1
	40-60	8.10	0.00	1.40	0.307	3.80	21.3
T02	0-10	7.83	0.00	2.10	0.143	1.61	9.9
	10-20	7.81	0.00	1.51	0.082	1.57	4.4
	20-40	7.76	0.00	0.67	0.063	1.03	3.0
T03	0-12	8.26	0.00	5.51	0.159	2.03	7.1
	12-25	7.93	0.00	3.66	0.111	1.38	3.8
	25-35	7.89	0.00	3.32	0.089	1.99	2.0
	35-50	7.37	0.00	1.49	0.068	2.03	3.7
T04	0-10	7.32	0.00	2.70	0.088	1.61	15.6
	10-25	8.18	1.64	1.91	0.107	1.99	9.9

	25-40	8.30	2.73	1.64	0.150	0.92	10.9
	40-60	8.78	3.27	1.06	0.233	1.84	24.1
	60-80	8.73	1.45	0.83	0.368	4.30	21.3
Statistics	Mean	7.92	0.57	2.36	0.149	2.30	14.1
	Max	8.78	3.27	5.51	0.368	4.53	47.8
	Min	7.30	0.00	0.67	0.063	0.92	2.0
	STD	0.46	1.09	1.39	0.086	1.13	11.9



토양: gleyic  
Kastanozems (T03)

토양단면 T03. 테를지 국립공원 참여숲 사업지 1. 좌표  
x:107.3893° y: 47.8259°, 해발고도 1407,1m  
2023년 4월 22일. 강 서쪽 경사 1°, carex, 식생피복 80%.  
AO 0-12 cm. 수분 있는 갈색 (5YR 5/3), nonSkeletal 미사질 양토, 식물뿌리 발달, 큰 구형 구조, 10% HCl 용출 없음.  
Ag 12-25 cm. 수분 있는 kastanozems(5YR 5/2), Stagnosol.  
nonSkeletal 미사질 양토, 식물뿌리발, 밀도 있고, 10% HCl 용출 없음.  
Bg 25-35 cm. 수분 있고 gypsisols(5YR 6/3) Stagnosol, nonSkeletal 미사질 양토.  
C 35-50 cm. 수분 있고 leptosols, rounded Gravel arenic.



토양: arenic leptic  
Kastanozems (T04)

토양단면 T04. 테를지 국립공원 참여숲 사업지 1. 좌표  
x:107.3876° y: 47.8253°, 해발고도 1397,8m.  
2023년 4월 22일. 강 서쪽 경사 4°, forb-carex 식생피복 70%.  
AO 0-10 cm. 수분 있는 갈색(7.5YR 4/3), 사토  
식물뿌리 비교적으로 많음, 쉽게 부서지는 큰 구형 구조, 10% HCl 용출 없음  
A<sub>κ</sub> 10-25 cm. 수분 있는 갈색(7.5YR 5/3), 사질양토, 식물뿌리가 있음, 쉽게 부서지는 큰 구형 구조, 10% HCl 용출, 색깔 편함.  
AB<sub>κ</sub> 25-40 cm. 수분 있는 노랑갈색(7.5YR 5/4), 쉽게 부서지는 사질, 식물뿌리 거의 없음.  
BC<sub>κ</sub> 40-60 cm. 수분 있는 갈색(7.5YR 6/4), 작은 자갈 있는 사질, 희박한 구조, 식물뿌리 있음.  
C<sub>κ</sub> 60-80 cm. 갈색, 작은 화강암 자갈이 있는 사질.

**Table 5.** Soil texture and gravel content of Terelj forestation field

Soil profile #	Depth cm	Gravel % (>2mm)	Particles, % (size by mm)		
			Sand (2-0.05mm)	Silt (0.05-0.002mm)	Clay (<0.002mm)
T01	0-10	7.1	58.7	30.5	10.8
	10-14	12.3	69.0	21.3	9.8
	14-40	55.5	66.0	24.1	9.9
	40-60	83.3	73.4	16.1	10.5
T02	0-10	40.5	66.0	23.2	10.8
	10-20	37.3	69.0	18.8	12.2
	20-40	80.9	71.9	17.3	10.8
T03	0-12	0.0	51.4	36.3	12.2
	12-25	0.0	35.3	53.3	11.4
	25-35	2.5	51.4	38.8	9.8
	35-50	44.4	67.5	21.7	10.8
T04	0-10	11.0	63.1	26.8	10.1
	10-25	17.7	61.7	29.0	9.3
	25-40	24.6	64.6	26.0	9.5
	40-60	37.4	63.1	26.1	10.8
	60-80	85.0	69.0	21.1	9.9
Statistic	Mean	33.7	62.6	26.9	10.5
	Max	85.0	73.4	53.3	12.2
	Min	0.0	35.3	16.1	9.3
	STD	29.7	9.6	9.4	0.9

**Table 6.** Soil salinity and ion content

Soil profile #	Depth cm	Dry residues %	Alkaline		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>						
meq 100g <sup>-1</sup>										
T01	0-10	0.020	0.00	0.50	0.10	0.06	0.33	0.28	0.00	0.05
	10-14	0.035	0.00	0.25	0.11	0.24	0.48	0.10	0.00	0.02
	14-40	0.015	0.00	0.50	0.25	0.50	0.81	0.37	0.03	0.04
	40-60	0.010	0.00	0.50	0.28	0.38	0.71	0.37	0.02	0.06
T02	0-10	0.025	0.00	0.35	0.14	0.30	0.59	0.20	0.00	0.00
	10-20	0.010	0.00	0.25	0.16	0.26	0.47	0.20	0.00	0.00
	20-40	0.015	0.00	0.25	0.16	0.38	0.51	0.28	0.00	0.00
T03	0-12	0.045	0.00	0.85	0.14	0.41	0.84	0.25	0.30	0.01
	12-25	0.015	0.00	0.50	0.16	0.30	0.49	0.29	0.14	0.04
	25-35	0.025	0.00	0.50	0.13	0.14	0.45	0.18	0.12	0.01
	35-50	0.040	0.00	0.35	0.14	0.44	0.57	0.31	0.05	0.00
T04	0-10	0.075	0.00	0.50	0.13	0.41	0.51	0.48	0.01	0.04
	10-25	0.110	0.00	0.75	1.63	0.09	0.79	0.37	1.29	0.03

	25-40	0.015	0.00	1.00	0.10	0.08	0.81	0.26	0.05	0.05
	40-60	0.025	0.00	1.25	0.21	0.30	0.97	0.48	0.21	0.10
	60-80	0.070	0.00	1.25	0.28	0.50	0.89	0.57	0.18	0.39
Statistics	Mean	0.034	0.00	0.60	0.26	0.30	0.64	0.31	0.15	0.05
	Max	0.110	0.00	1.25	1.63	0.50	0.97	0.57	1.29	0.39
	Min	0.010	0.00	0.25	0.10	0.06	0.33	0.10	0.00	0.00
	STD	0.028	0.00	0.33	0.37	0.15	0.19	0.12	0.32	0.10

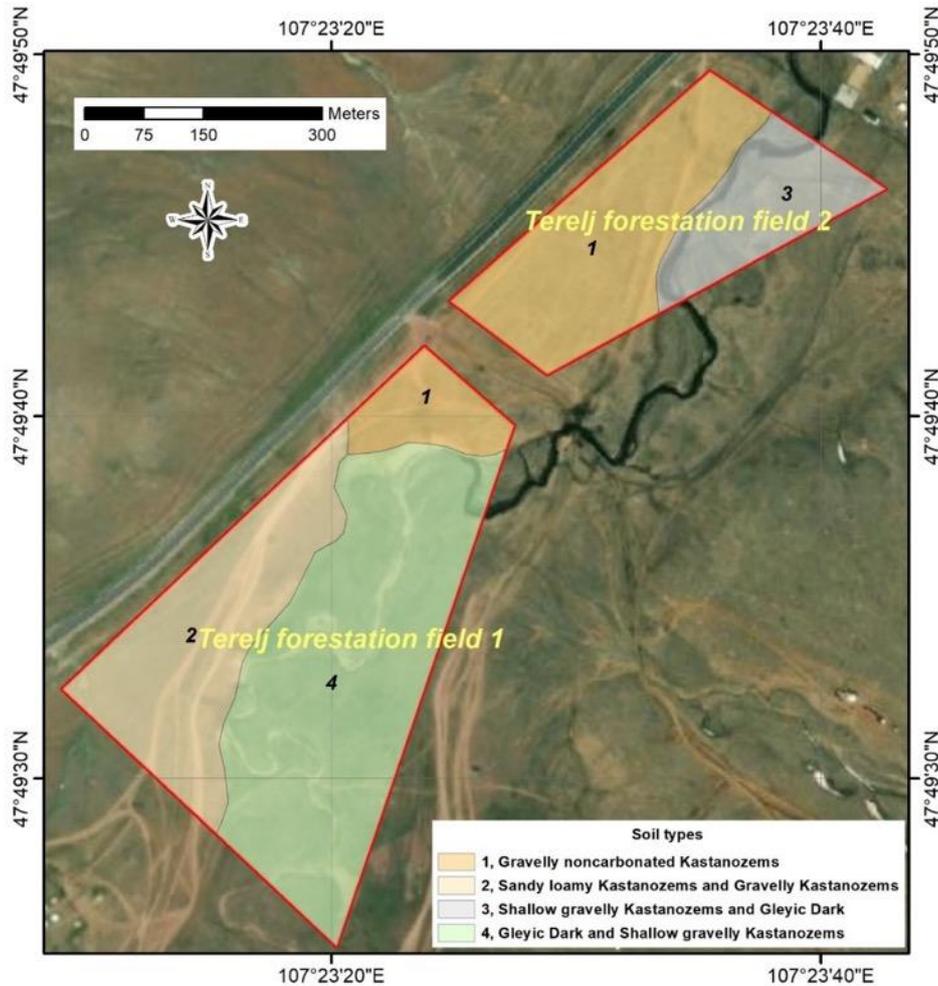


Figure 6. Soil map of the Terelj forestation field

테를지 국립공원 참여숲 1번 사업지 서쪽에 nonCalcic leptic Leptosols 토양, 테를지 국립공원 참여숲 2번 사업지 강가 근처에 lithicLeptosols 토양, 테를지 국립공원 참여숲 1번 사업지 강가 근처 (fluvisols) lithicLeptosols 토양 gleyicKastanozems 토양으로 나타났다(Figure 6). 토양 유기물 함량은 평균 2.36%이고, 토양의 수소이온농도 pH는 7.92(약알칼리성) 대부분의 토양에 탄산염이 없는 것으로 나타났다. 참여숲 1번 사업지 서쪽에 분포하는 loamicKastanozems 토양은 탄산화 ( $\text{CaCO}_3$ )함량이 1.45~3.27%에 이른다. 토양의 전기전도도(EC)는 평균 0.149dS/m이며 토양에 염분이 없다(Table 4). 토양의 영양원소인 무수인산( $\text{P}_2\text{O}_5$ )이 평균 2.30mg/100g, 산화칼륨( $\text{K}_2\text{O}$ )은 평균 14.1mg/100g, 영양소 평균이 약간 낮은 것으로 나타났다.

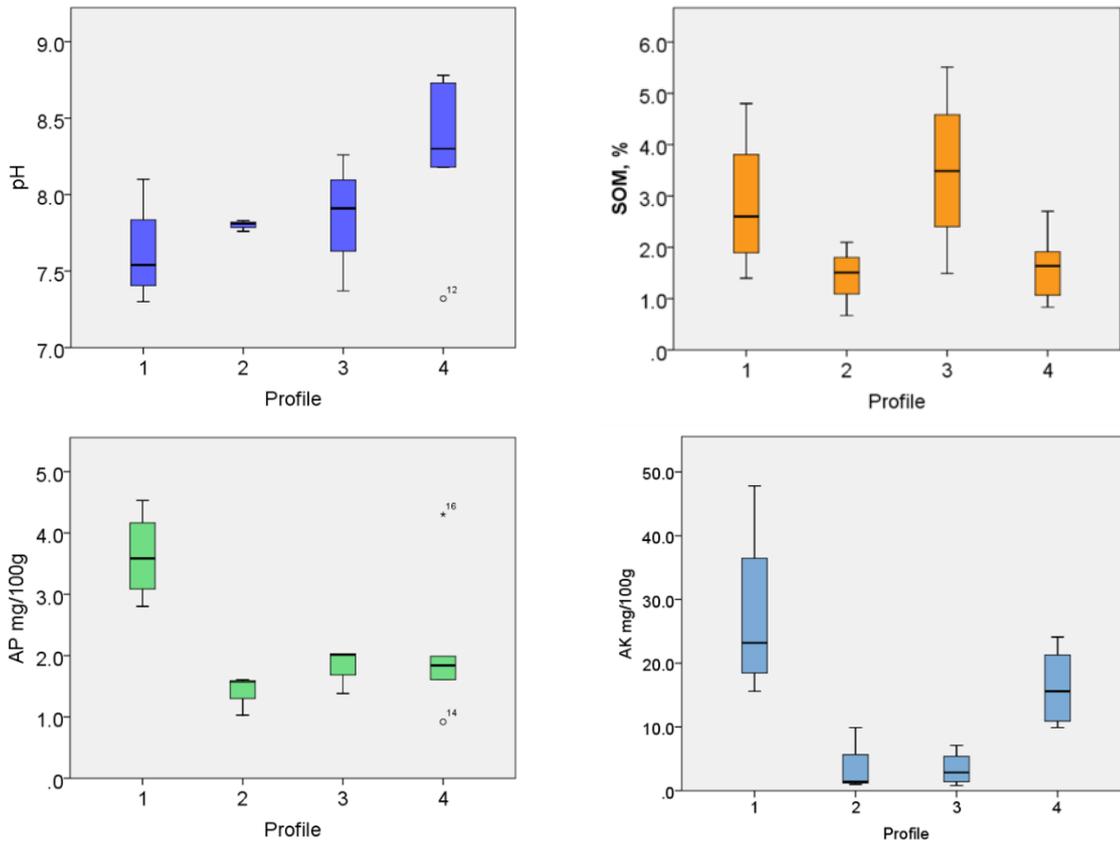


Figure 7.

Soil pH, organic matter (SOM), available phosphorus (AP), available potassium (AK)

대상지 토양 자갈(gravel) 평균이 33,7 %, 강가 근처 (fluvisols) 토양은 gleyicPhaeozems이며 자갈 없는 것으로 나타났다. 토양입자는 모래, fluvisols gleycus loam으로 나타났다(Table 5). 대상지 토양은 염분이 없는 건조 잔여물 평균이 0,034 %, 쉽게 녹는 염분에 탄산수소칼슘( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ )이 나타났다(Table 6). 테를지 1번, 2번 사업지들은 일반적인 토양 비옥도 수준(Figure 7), 토양단면 T01. 을 보면 무수인산, 칼륨이 나타났으며, 전반적으로 토양은 약알칼리성 염분이 없는 교목을 식재하는데 문제가 없는 것으로 보인다. 테를지 1번 사업지 서부에 분포한 arenic Kastanozems 토양은 알칼리성이 조금 강하고 탄산도가 높아 침엽수 식재에 적합하지 않는 것으로 나타났다.

테를지 1 번 사업지 강가 근처 fluvisols 토양은 siltyClayLoam 이며 토양 수분이 비교적 다른 지역보다 많아 sandy 토양보다 관수가 적을 수 있다. gleyicPhaeozems 토양은 유기물 함량이 높기 때문에 다른 지역보다 비료 비율이 낮을 수 있다. 토양개량, 비료 등을 토양 및 교목 수종 특성에 맞추어 사용해야 한다.

### 홉스쿨 아이막 무릉 솜 양묘장 토양 조사

홉스쿨 아이막 무릉 솜 양묘장은 무릉 솜 서쪽에 Delger 강의 옆에 평평한 steppe 지역에 위치한다. 2023 년에 운영하기 시작하였으며 해발고도는 1270-1280m, grass-forb steppe 식생피복 50-70 % 으로 나타났다. 양묘장 전체 면적의 30% 정도가 도로로 인해 훼손되어 묘목 생산에 부정적인 영향을 미치고 있다. 홉스쿨 아이막 서부에는 석회암 위의 carbonate calcium 토양이 흔하다 (Batkhashig, 2006). 양묘장은 석회암 토양을 갖고 있으며, 일부 장소에서는 표면에 연한 색의 탄산염이 결합된 단단한 식양토가 형성되어 있다(Figure 8).



**Figure 8.** Carbonated cemented surface of Murun foresatation field (2023.09.11)

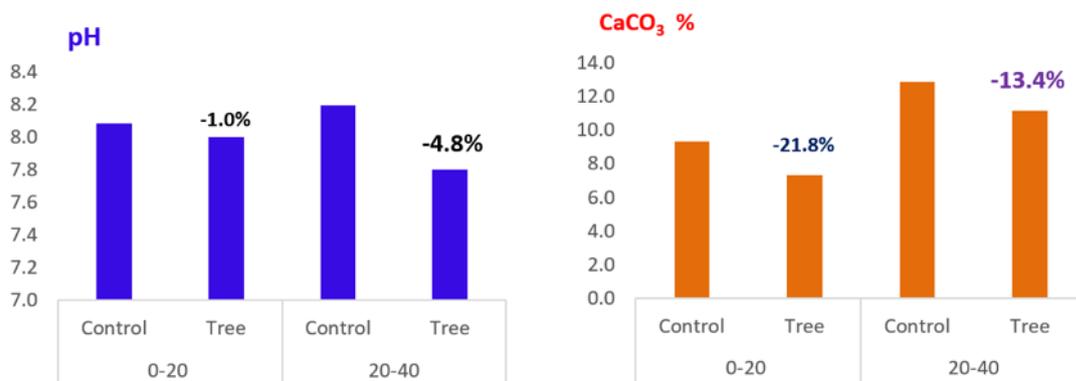
토양조사는 2023년 9월 양묘장 남서부 부분에 실시하였다 (Figure 9). 조사는 모목을 식재한 토양의 특성 변화 및 토양수분보존 등의 총 2 가지 실험을 수행하였다. 비술나무-Ulmus(E 100.115270, N 49.651610), 버드나무-Salix(E 100.114470, N 49.651940), control(E 100.115030, N 49.651930) 등의 총 3 가지 토양분석을 비교하여 6 회 총 72 개 토양시료를 0-20cm, 20-40cm 깊이에서 채취하였다. 토양의 용적 수분 함량(VWC), 전기전도도(EC)를 TDR 측정기를 사용, 나무 수고를 측정하였다. 토양품질 지표를 실험실에서 분석하였다.



**Figure 9.** Murun forestation field and soil study area

**Table 7.** Soil chemical properties mean values (Murun)

Variables	pH (1:2.5)	CaCO <sub>3</sub> %	SOM %	EC dS m <sup>-1</sup>	AP mg <sup>-1</sup> 100g <sup>-1</sup>	AK mg <sup>-1</sup> 100g <sup>-1</sup>
Control (12)	8.1	9.9	2.24	0.23	2.59	24.8
Salix (12)	7.9	9.8	2.41	0.23	2.80	28.8
Ulmus (12)	7.9	9.5	2.55	0.22	2.96	34.4
0-20cm (18)	8.0	8.0	2.83	0.24	2.60	32.8
20-40cm (18)	7.9	11.7	1.56	0.21	2.13	10.2
Total (36)	8.0	9.8	2.20	0.23	2.37	21.5



**Figure**

**10.** Soil pH and CaCO<sub>3</sub> change of Murun forestation feild

양묘장 토양의 수소이온농도 pH 평균이 8.0로 묘목을 식재한 토양 pH 가 약간 감소하였고, 20-40 cm 깊이 pH 와 비교하면 4.8 %로 감소한 것으로 나타났다 (Figure 10). 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>) 함량이 높으며 평균이 9.8%로 나타났다. 달란자드가드아이막 근처 Gobi 지역 갈색 토양 0-20 cm 깊이 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>) 함량 약 1-3%(Batkishig 외, 2018)이며 무릉 숲 근처 토양 탄산칼슘이 Gobi 지역에서 3-5 배 높다. 나무 식재한 토양 탄산칼슘이 13.4-21.8%로 감소한 것으로 나타났다. 토양 개량을 퇴비 비료, 관수를 활용하여 식재한 결과 토양 탄산칼슘이 감소한 것으로 보인다.

토양 유기물(SOM)이 평균 2.20 % (Table 7) 이었으며 토양 개량을 퇴비를 활용하여 0-20 cm 층에 토양 유기물이 4.7 %, 20-40 cm 층에 41.1 %로 증가한 것으로 나타났다(Figure 11). 토양 전기전도도(ECC)는 56,1-26,4 %까지 증가함으로 부정적인 영향을 미칠 수 있는데, 총 전기전도도가 낮은 것으로 나타났다.

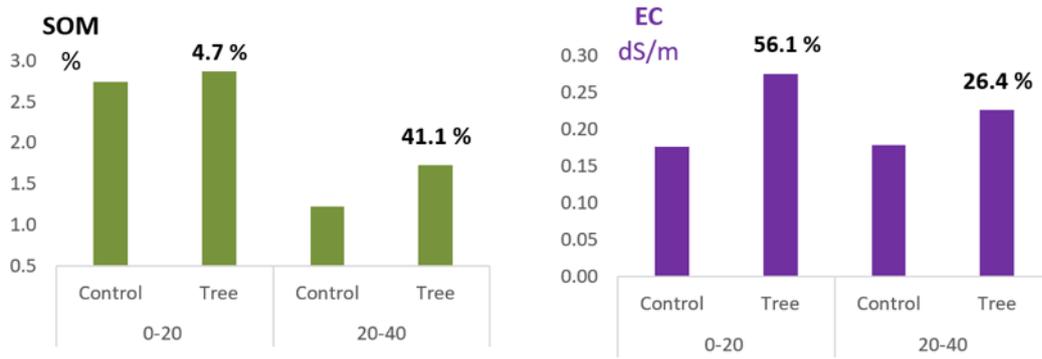


Figure 11.

Soil pH and CaCO<sub>3</sub> change of Murun forestation feild

토성(soil texture)은 사양토분 (sandy loam fraction)은 평균 63.0%, 점토분 (clay fraction) 11.0 %로 나타났다. 나무 식재한 토성의 모래분(sand fraction)이 약간 감소한 것으로 나타났다. 토양 자갈(gravel) 함량은 28.6 % (Table 7), 탄산 칼슘인 석회암 동굴의 종유석이나 석순, 석주 등을 이루는 물질로 조심스럽게 물로 세척된 석기는 다시 따뜻한 HCl(10%용해됨)에 담아 석기표면에 남아있는 불순물과 유기물 등을 제거하는 과정을 거친다. 토양의 탄산염 함량은 광물 암석에서 유래하므로 탄산염 함량을 줄이기 위해 상당한 양의 유기질 비료(organic fertilizer)가 필요하다.

토양의 용적 수분 함량(VWC)을 TDR 를 활용하여 측정하였다. 2023 년 9 월

11 일에 0-20 cm A 층의 용적 수분 함량이 19,1 % (VWC)로 나타났다(Table 8). 나무를 식재한 토양을 control 한 토양과 비교하면 통기성이 좋아진 것으로 나타났다.

Table 7. Soil texture and gravel content, % (Murun)

Mean values	Sand (2-0.05mm)	Silt (0.05-0.002mm)	Clay (0.002mm>)	Stone (2 mm <)
Control (12)	61.4	25.1	10.9	28.1
Salix (12)	58.0	24.3	10.7	28.5
Ulmus (12)	54.6	23.6	10.2	28.6
0-20cm (18)	63.8	25.4	10.8	25.2
20-40cm (18)	62.2	26.7	11.1	28.4
Total (36)	63.0	26.0	11.0	26.8

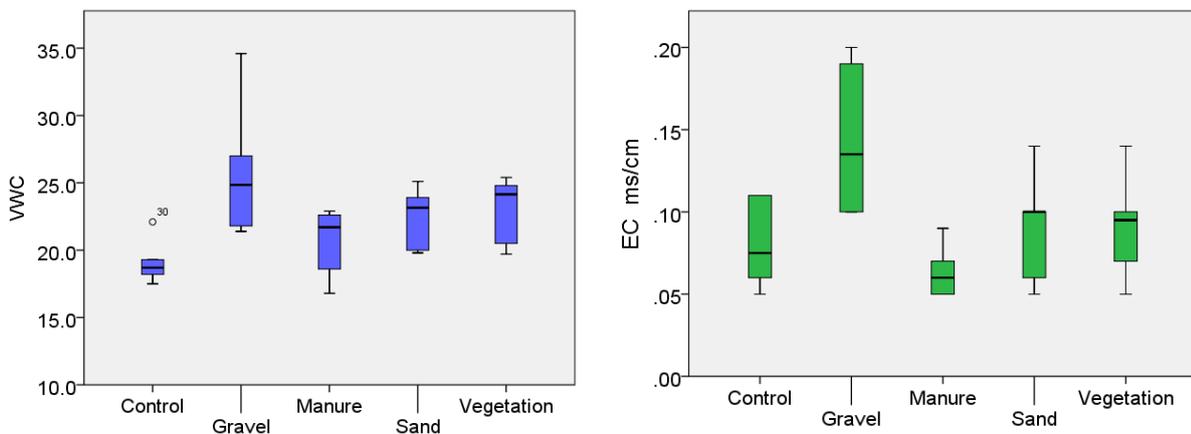
Table 8. Soil water (VWC), % (2023.09.11)

Variables	Mean	STD	Range
Salix (6)	25.9	3.0	29.2-22.6
Ulmus (6)	19.1	1.6	22.1-17.5
Control (6)	12.3	2.2	15.0-8.5
Total (18)	19.1	6.1	29.2-8.5

실험을 manure mulch, sand mulch, gravel mulch, vegetation gravel, control 등의 단계로 실행하였다(Table 9). A 층 0-20 cm 용적 수분 함량(VWC 전기전도도(ECC)의 지수를 TDR 측정기를 사용, 나무 수고를 측정하였다.

**Table 9.** Murun forestation field area soil mulch experimanetal plot coordinates

Variables	Longitude, E ddd.ddddddd	Latitude, N dd.ddddd
Manure mulch	100.115660	49.652180
Sand mulch	100.115580	49.652050
Gravel mulch	100.115500	49.651970
Vegetation mulch	100.115440	49.651870
Control	100.115030	49.651930



**Figure**

**12.** Soil water (VWC, %) and electrical conductivity (EC,  $\text{mS cm}^{-1}$ ) of mulch experiments

과목을 식재할 토양에서 가장 중요한 것 중에 하나는 물공급이다. 토양 표면의 수분 증발을 줄이는 방법으로 토양의 물, 수분보유량을 증가시킬 가능성이 있다 (Mulumba & Lal, 2008). 토양 A 층 0-20 cm 에 수분보유량은 16.8-34.6 %로 평균 22,24 %로 나타났다. 전기전도도(EC)이 평균 0,09 mS/로 염분이 없는 것으로 보였다 (Figure 12). 토양 특성의 변화 및 나무 수고 변화는 앞으로 더욱 분명해질 것으로 보인다. 양묘장 노지에 묘목 식재한 후 토양 pH 및 탄산 칼슘( $\text{CaCO}_3$ )이 감소할 것으로 추측하며 토양 유기물의 증가에 좋은 것으로 보인다.

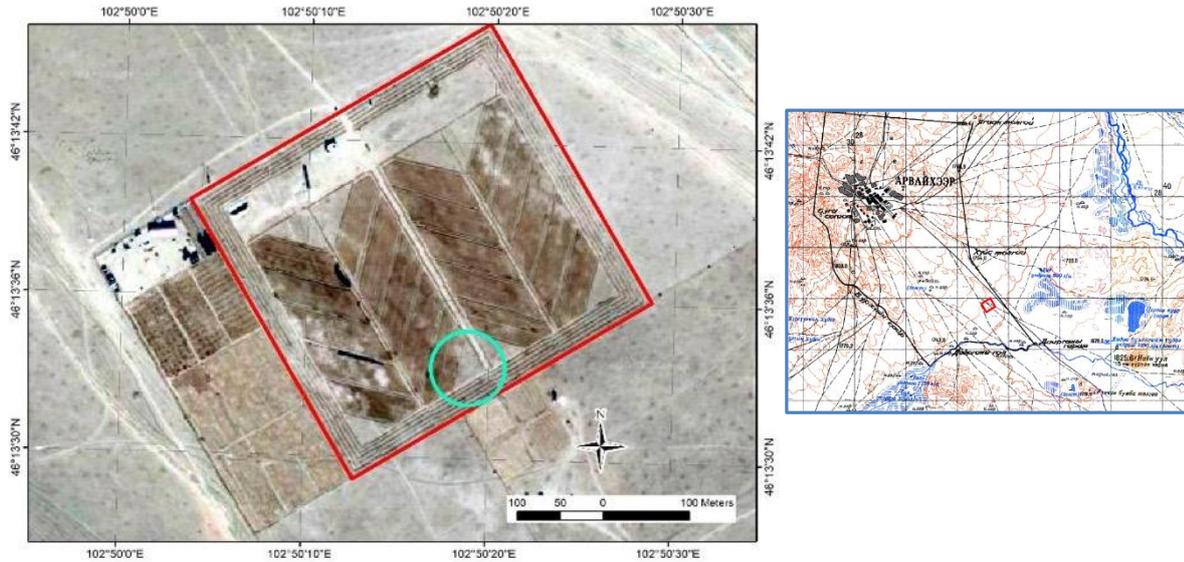
홉스쿨 아이막 서쪽 지역에 방해석 및 백운석과 같은 석회암이 분포해 이 지역에 taiga forest, Darkhad Valley, Khordol Sardag range 는 낙엽송림으로 이루어져있다. 홉스쿨 아이막 무릉 숲 양묘장 토양은 석회암에 침전된 탄산염의 농도가 높아 낙엽송(Larix sibirica)식재에 적합한 것으로 보인다.

### 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 양묘장 토양조사

#### 우부르항가이

아이막 아르바이헤르 숲 양묘장은 시내에서 동남쪽으로 6 km 정도 떨어져 있어 편지 steppe 지역에 위치한다(Figure 13). 해발고도 1670-1680m

토양조사는 2023년 9월 양묘장에 실시하였다. 조사는 모목을 식재한 토양의 특성 변화 및 토양수분보존 등의 총 두가지 실험을 수행하였다.



Figure

13. Arvaikheer forestation field and soil study area

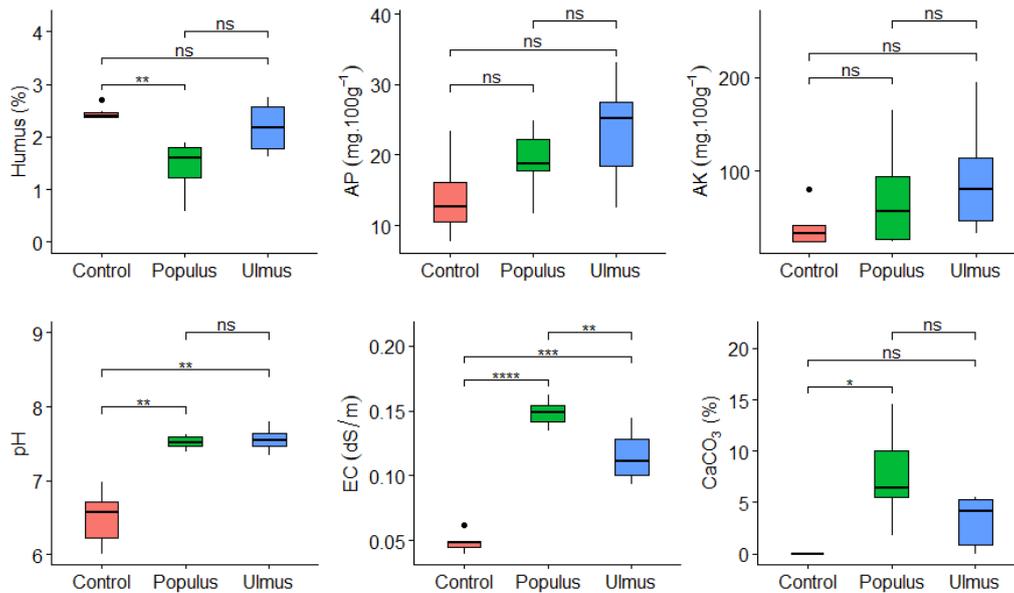
나무 식재한 토성의 변화조사를 포플러- Populus (E 102.838982, N 46.225817), 비솔나무-Ulmus (E 102.839035, N 46.225799), control(E 102.839190, N 46.226110) 등의 총 3 개의 대상지에 실시하였다. 대상지별로 6 회, 0-20 cm, 20-40 cm 깊이에서 총 36 개의 토양 시료를 채취하였다. 토양품질 지표를 실험실에서 분석하였다. 토양수분복원을 위한 멀칭 실험을 manure, sand, gravel, vegetation, control 등을 사용하여 실행하였다. 전기전도도(EC)를 TDR 측정기를 사용, 나무 수고를 측정하였다.

우부르항가이 아이막 아르바이헤르 솜 양묘장 토양의 수소이온농도 (pH)는 평균 7.3 으로 약알칼리성이었고 범위는 6.01-8.3 으로 나타났다(Table 10). 토양 탄산 칼슘 (CaCO<sub>3</sub>)이 함량이 높으며 평균 6.17%, 컴포스트(compost)은 평균 1.65%로 낮은 것으로 나타났다. 토양 모든 지층에 (0.04-0.42 dS/m)염분이 없다. 무수인산 함량 범위는 7.64-33.17 mg kg<sup>-1</sup> 이며 평균 15.8 mg kg<sup>-1</sup> 으로 낮게 나타났다. 산화 칼륨 함량 범위는 5.0-194 mg kg<sup>-1</sup> 로 나타났다. 토양 자갈 함량은 비교적으로 높았으며 평균 52.0% 며 범위는 0.0-90.9% 로 나타났다. 나무를 식재한 토양 분석 결과는 control 대상지와 비교해 보면 큰 변화가 있는 것으로 보인다.

Table 10. Arvaikheer forestation field soil properties

Variables	Unit	Mean	SD	Max	Min
pH		7.30	0.59	8.30	6.01
Carbonate (CaCO <sub>3</sub> )	%	6.17	6.25	18.18	0.00
Humus	%	1.65	0.76	2.75	0.01
EC	dS/m	0.12	0.07	0.42	0.04
AP (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	15.83	6.27	33.17	7.64
AK (K <sub>2</sub> O)	mg kg <sup>-1</sup>	46.7	47.6	194.0	5.0
Sand (2-0.05 mm)	%	64.4	5.8	74.6	51.2
Silt (0.05-0.002 mm)	%	24.3	4.1	30.7	15.4
Clay (<0.002 mm)	%	11.3	2.4	18.1	8.15
Gravel	%	52.0	21.8	90.9	0.00

나무를 식재한 토양의 A 층 0-10cm 에 토양 수소이온농도 (pH)가 20%로 증가 해 알칼성이 강해졌고, 전기전도도(EC)가 2.3-3 배 증가한 것으로 나타났다. 또한 나무를 식재한 토양의 A 층 (0-10cm) 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)이 함량이 3.2-7.5% 증가하였다(Figure 14). 토양의 물리적 환경에 약간의 변화가 있었고, 나무를 식재함으로 B 층(20-40cm)에 컴포스트(compost) 함량이 2 배 감소하였고, 토양 수소이온농도(pH) 25-30% 알칼성이 강해졌다. 또한 control 대상지의 B 층(20-40cm)에 탄산칼륨(CaCO<sub>3</sub>) 함량이 3.0%이었는데 포플러 및 비술나무를 식재한 대상지의 B 층(20-40cm)에 탄산칼륨(CaCO<sub>3</sub>) 9.3-13.8%로 control 대상지와 비교하면 3-5 배 높은것으로 나타났다.



**Figure 14.** Box plot of Arvaikheer soil chemical properties (AP-available phosphorus, AK-available potassium, EC-electrical conductivity, CaCO<sub>3</sub>-carbonate)

**Table 11.** Arvaikheer forestation field area soil mulch experimental plot coordinates

Variables	Longitude, E ddd.ddddd	Latitude, N dd.ddddd
Manure mulch	102.838918	46.225734
Sand mulch	102.838667	46.225677
Gravel mulch	102.838245	46.225556
Vegetation mulch	102.838504	46.225618
Control	102.838982	46.225817

나무를 식재한 대상지의 토양수분복원을 위해 다양한 멀칭을 사용한다. 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습 양묘장은 강수량이 적은 steppe 지역에 위치함으로 관수가 필요하다. 즉, 관수를 줄이고, 토양수분을 복원하고, 증발을 줄이고, 나무에 안정적인 수분을 공급하기 위해 멀칭(mulching)을 사용하는 것이 더욱 효과적인 방법으로 보인다. 비술나무를 식재한 구역을 자갈, 모래, 식물, 퇴비 등의 총 4 가지로 멀칭을하여 토양수분 조사를 2023 년에 실시하였다(Table 11). 멀칭하기 전에 토양수분 함량 평균이 14.5-16.9%이었으며 퇴비로 멀칭한 다음 토양수분 함량 평균이 25.4%로 다른 조사 대상지보다 비교적 높은 것으로 나타났다(Figure 15). 조사 대상지의 염분 함량이 농도는 0.05-0.09 dS/m 이었으며 멀칭한 대상지에 식재한 비술나무 평균 수고가 73-80 cm 로 나타났다.

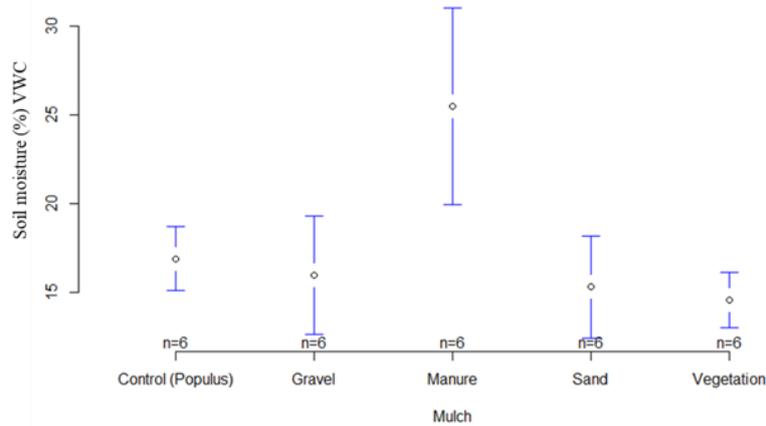


Figure 15. Soil water content of mulch experimenatal sites of Arvaikheer

건조한 steppe 지역에 나무를 식재해도 토양 비옥도 구성은 변하지 않아도 토양 식물 성장 환경인 토양 수소이온농도(pH), 탄산 칼륨( $\text{CaCO}_3$ ), 전기전도도(EC) 등의 지표들이 변한 것으로 나타났다. 나무를 식재한 후에 토양의 물리적 환경은 변하지 않은 것으로 나타났다.

토양 A 층인 0-20 cm 의 흙은 B 층의 흙과 섞지 않고 나무 식재에 활용함으로 수소이온농도(pH), 탄산 칼륨( $\text{CaCO}_3$ ), 자갈 함량을 낮출 수 있다.

### 결론

테를지 국립공원 참여숲, 셀렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을 양묘장에 토양 분석을 실시하였고, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장, 홉스골 아이막 무룽 슝 양묘장에는 토양 수분복원에 관한 실험을 실시하여 토양 구성 변화를 비교하였다. 나무를 식재한 토양은 비료 및 관수로 인해 토양 특성이 변한 것으로 보인다. 홉스골 아이막 무룽 슝 양묘장 토양은 묘목 식재한 다음 pH, 탄산염이 감소하였고, 유기물이 증가하였다. 그러나, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝 양묘장은 토양은 묘목 식재한 다음 pH, 탄산염이 약간 증가하였다. 또한, 두 양묘장 토양은 전기전도가 약간 증가한 것으로 나타났다. 홉스골 아이막 무룽 슝 양묘장 토양은 carbonate calcium 함량이 높아 낙엽송(*Larix sibirica*)이 적합한 것으로 보인다. 홉스골 아이막 서쪽 지역에 방해석 및 백운석과 같은 석회암이 분포해 이 지역에 taiga forest, Darkhad Valley, Khordol Sardag range 은 낙엽송림으로 이루어졌다. 홉스골 아이막 무룽 슝 양묘장 토양은 석회암에 침전된 탄산염의 농도가 높아 낙엽송(*Larix sibirica*)식재에 적합한 것으로 보인다.

두 양묘장 토양개량에 퇴비, 비료 또한 산성 미네랄 비료를 사용해도 된다. 셀렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을 양묘장 토양은 약산성 유기물 함량이 높아 알칼리성 광물질 비료를 사용하는 것이 더 적합하다. 야채를 재배하는 경우 광물질 비료 외에도 석회(Liming)를 사용하여 토양 비옥도를 향상시킬 수 있고, 교목을 식재할 시 수종 특성에 따라 비료를 사용하는 것이 적합하다.

## 참고문헌

- Batkishig, O. (2006). Soils of the Lake Hovsgol area and its Watershed. Chapter 7. In C.Goulden, T.Sitnikova, J.Gelhaus, B. Boldgiv, (Eds), The Geology, Biodiversity and Ecology of Lake Hovsgol (Mongolia) (pp.93-113). Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers.
- ISO 11464:2006. Soil Quality-Pretreatment of samples for physico-chemical analysis.
- ISO 11277:2009. Soil Quality-Determination of particle size distribution in mineral soil material - Method by sieving and sedimentation.
- Mulumba, L.N., & Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. Soil and Tillage Research 98(1): 106-110.
- Munsell Soil Charts. Year 2000 revised washable edition. 4300 44<sup>th</sup> street S.E., Grand Rapids, MI 49512
- Batkishig, O., Ikhbayar, D., Zoljargal, Kh. (2018). Changes in Gobi brown soil properties and effects of drip irrigation.
- Н.Бархүү, Ч.Дугаржав (Ред.) The basics of planting forests in dry and arid regions of Mongolia, (p.341-355) Ministry of Environment and Tourism. Korea-Mongolia Greenbelt project, Ulaanbaatar

## 6. 산불 조사

몽골 산불피해지 복원·대응, 산림복원 기반시설 조성 실행계획 수립

목적: 몽골 북부지역 산불피해지의 산림을 복구하고, 몽골에 산불대응을 위한 역량을 전파하여 산불 방지 기반을 조성하고자 한다.

내용:

1. 산불 피해지 복원사업(630ha)
2. 산불감시를 위한 시설 및 장비를 구축하고, 산불 진화차를 배치하여 지역주민 참여에 기반한 산불 대응체계를 수립한다.
3. 양묘장 조성(15ha), 조림기술교육센터를 조성한다.



최근 자연재해의 발생하는 건수가 증가하며, 그에 따른 피해 규모가 늘어나는 것은 재난을 예측하고 대응하는 것이 무척 중요한 일임을 보여주고 있다. 또한, 기후변화 및 인간 활동으로 인해 몽골 뿐만 아니라 세계적으로 재난과 피해가 발생하고 있다. 재난 발생 빈도가 증가하고 있으며, 이에 따른 국가 경제적 피해가 상당한 규모로 발생하고 있다. 최근 10년 동안의 재난 발생 건수를 비교해 보면, 그 수는 10~14 배 증가한 것으로 드러났다. 국제적인 연구결과에 따르면, 재난 예방 및 경고에 투자되는 비용은 피해 복구 활동에 비해 15~20 배 낮은 것으로 알려졌다. 산불은 주변환경에 큰 피해를 주는 위험한 현상 중 하나로 산림 생장, 자원 및 생태에 큰 영향을 미치는 요인으로 산림토양의 A 층을 파괴하고

침식시킨다. 또한, 산불은 온실가스를 배출하여 지구 온난화를 악화시키고, 사막화 진행의 원인이 된다.

몽골은 강풍으로 인해 토양 건조와 수분 손실이 증가하며, 이는 봄철(3 월말~6 월) 과 가을철 (9 월~11 월)의 건조한 기간이며, 이러한 환경 조건으로 인해 산불과 화재가 발생할 가능성이 높아진다. 일부 연구에 따르면 몽골 전체 면적의 55.3%가 산불 및 화재 발생이 가능한 수 있는 지역에 속하는 것으로 나타났다.

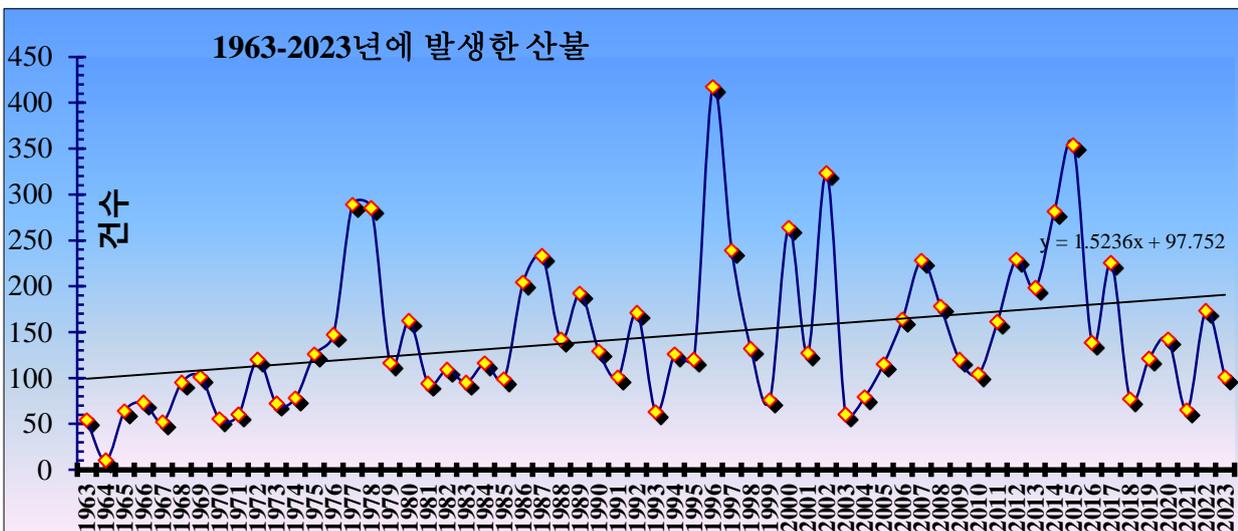
따라서, 산불 및 화재를 효과적으로 대응 및 진압하기 위해 감시카메라를 설치한 타워를 조성하여 산불 감지, 첨단소방장비를 제공, 주민 산불진화대를 창설, 정기적인 교육 진행 등의 시스템을 조성하는 것이 효과적일 것이다.

### 2023 년 화재발생 현황

2023 년 전국에서 화재가 발생한 지역은 Arkhangai, Bayankhongor, Bulgan, Dornod, Sukhbaatar, Selenge, Tuv, Khuvsgul, Bayan-Olgii, Uvs, Khentii, Zavkhan, Govisumber, Uvurkhangai 등의 총 14 개 아이막 42 개 솜이며, 발생한 화재 건수는 총 101 건으로 확인되었으며, 이는 2022 년 대비 42.9% 감소한 것으로 나타났다.

자연적인 피해는 1,850,762,463 투그릭으로 추산되었으며, 재산상의 피해는 1,176,104,466 투그릭으로 나타났으며, 화재 진압에 투입된 예산은 55,629,776 투그릭이었으며, 총 피해액은 3,082,496,705 투그릭으로 산정되었다(비상청, 소방국).

몽골의 산불 발생 통계에 따르면, 산불이 발생 건수는 연도별로 계속 증가하는 추세를 보이고 있다(그래프 1).



그래프 1. 1963-2023 년에 발생한 산불 건수

### 셀렝게 아이막 산불 현황

2015~2023 년 12 월까지 셀렝게 아이막에 발생한 산불은 30~40 건으로 확인되었다. 이러한 산불로 인해 25,895.3ha 지역이 피해를 입었다. 2023 년에는 셀렝게 아이막에 총 14 건의 산불이 발생하였으며 자연 피해는 60.51ha 산림, 581.69ha 초원이 피해를 입었다.

2015 년, 2016 년, 2017 년 셀렝게 아이막을 포함한 몽골 중앙 지역에서 발생한 대규모 산불 분포도를 MODIS 위성 데이터를 사용하여 표시하였다.

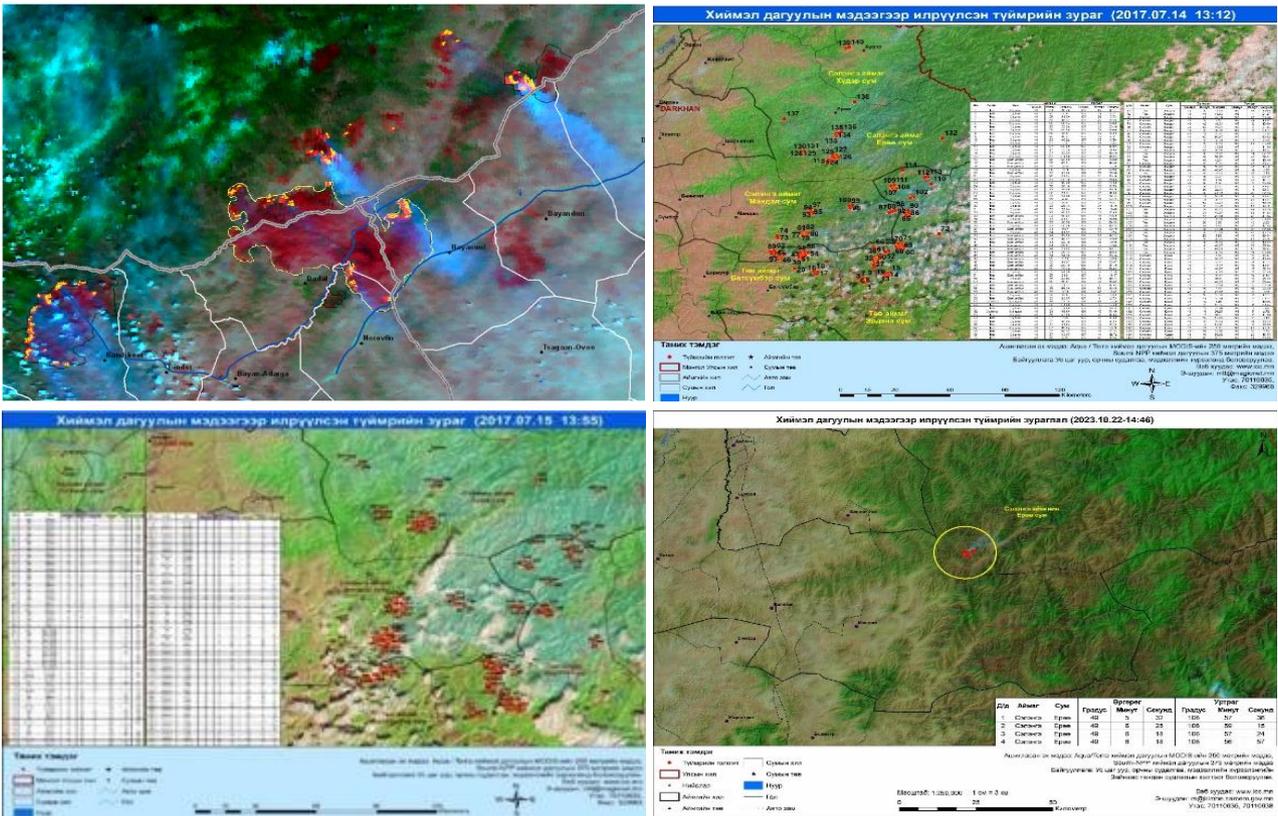


사진 1. 셀렌게 아이막에 발생한 산불 분포도

MODIS 위성 데이터를 활용하여 국가적 차원에서 산불 위험 지역의 분포를 분석하였고, 이를 서부, 동부, 중부 지역별로 세분화하여 지도로 작성하였다. 이러한 결과를 현장에서 실시간으로 측정하고 화재 예방 활동에 적용함으로써 더 효과적인 대응이 이뤄지고 있다.

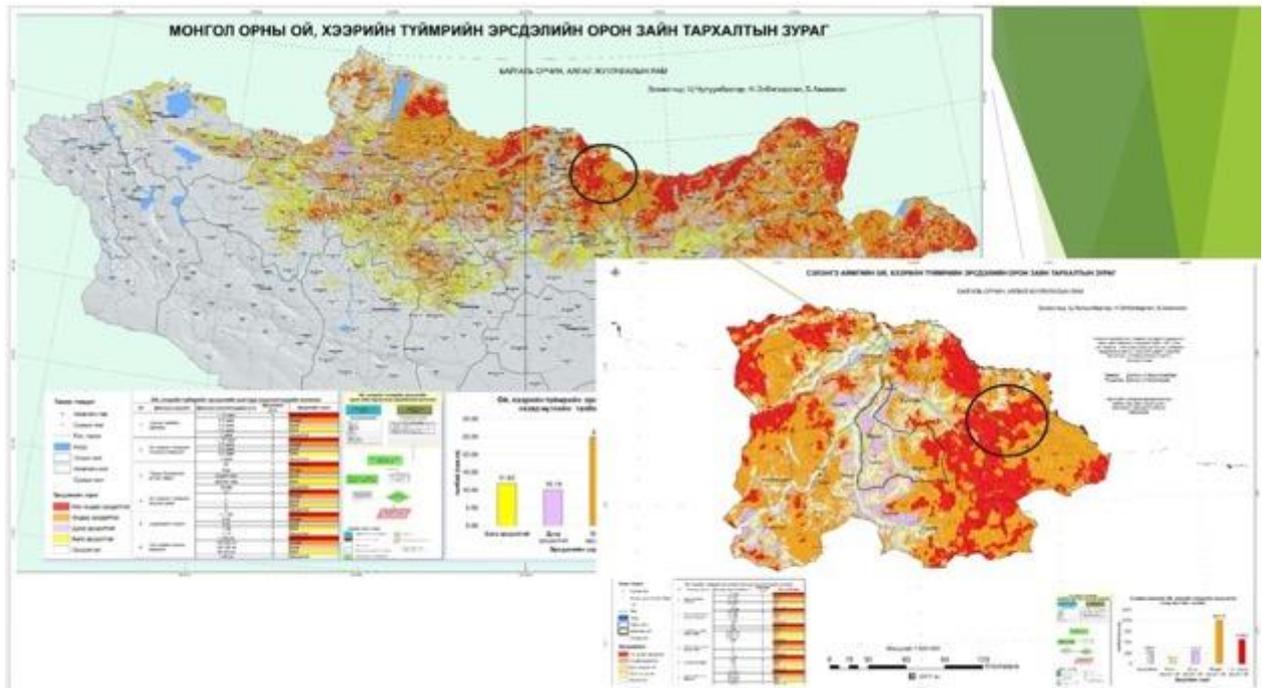
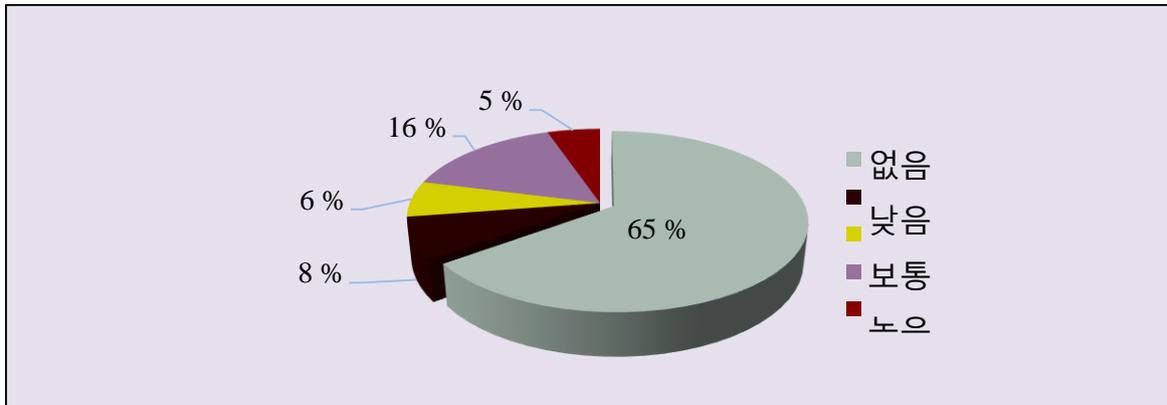


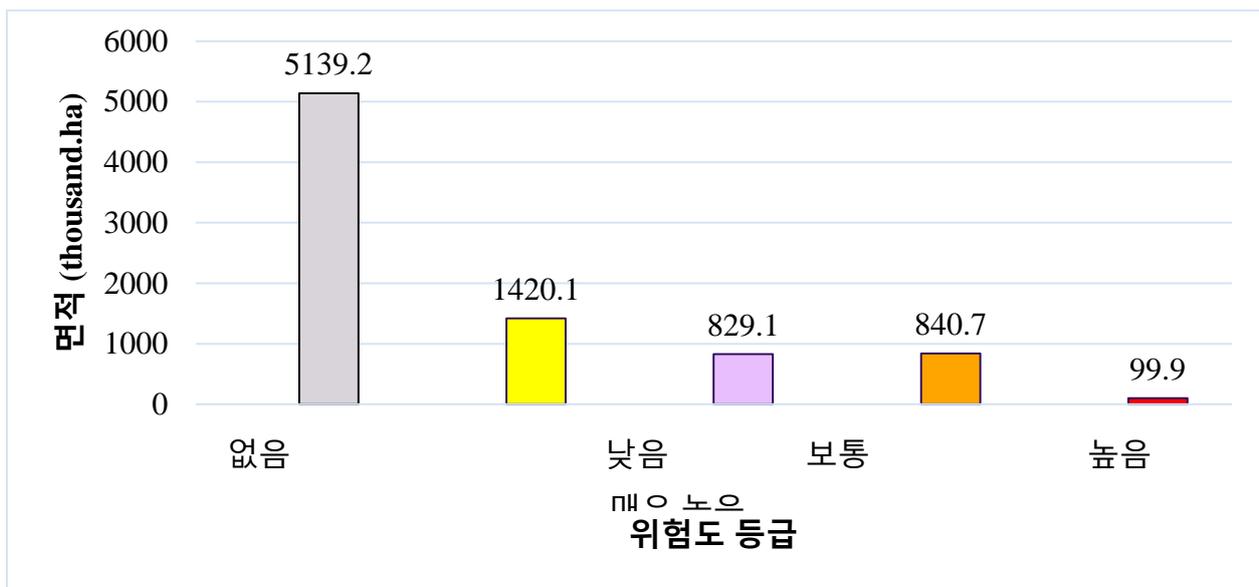
사진 2. 산불 위험지역의 공간적 분포도

몽골 전체 국토의 크기와 비교하여 산불 위험도를 분석한 결과, 전체 면적의 5%는 매우 높음, 16%는 높음, 6%는 보통, 8%는 낮음, 65%는 산불 위험이 없는 지역으로 나타났다(그래프 2).



그래프 2. 몽골 전체 국토 면적의 산불 위험도 비율

셀렝게 아이막 전체 면적의 45%가 산불 위험도가 높고, 25%가 매우 높은 것으로 나타났다 (그래프 2).



그래프 3. 셀렝게 아이막 전체 면적의 산불 위험도 면적

### 산불 피해지 조립 및 복원사업 조사

대상지인 보간트(Bugant) 마을은 몽골 수도인 울란바토르에서 북쪽으로 약 450km 떨어진 곳에 위치한다. 보간트 마을은 ‘유로’강, ‘자르갈란트’강 등 여러 강과 인접해 있다.

2015년, 2016년, 2017년에 셀렝게 아이막을 포함한 몽골 중앙 지역에서 대규모 산불이 발생하였다(MODIS 위성 데이터).

2023년에는 셀렝게 아이막에 총 14건의 산불이 발생하였다. 산불로 인해 60.51 ha 이 산림, 581.69ha 이 초원이 피해를 입었다. 복원사업은 산불로 인해 훼손된 자작나무림을 포함해 계곡 주변 산불 피해 지역을 대상으로 하고 있다.

셀렝게 아이막은 2000-2022 년에 산불 피해를 입은 토지면적을 MODIS 위성 데이터를 통해 분석해 보면 2000 년에는 셀렝게 아이막에 Shaamar, Yeroo, Zuunburen Khushaat 등의 솜에서 가장 많은 지역이 산불 피해를 입었다. 2007 년, 2009 년에는 셀렝게 아이막 천제 면적이 산불 피해를 입었고, 그 중에서 Yeroo, Tsagaan-nuur, Tushig 등 솜에서 가장 많은 지역이 산불 피해를 입었다. 위와 같은 자료에 따르면, 복원사업이 시행될 셀렝게 아이막 유로(Yeroo)솜 보간트 마을 인근 지역에서 1934.6ha 에 재조림을 할 필요가 있는 것으로 보였다. 그 지역에서 630ha 에 산불 피해지 조림 및 복원사업이 이루어질 것으로 추산된다. MODIS 위성 데이터를 이용하여 지난 5 년간 셀렝게 아이막에서 발생한 산불 위치를 파악한 결과를 지도에 표시하면 아래와 같다.

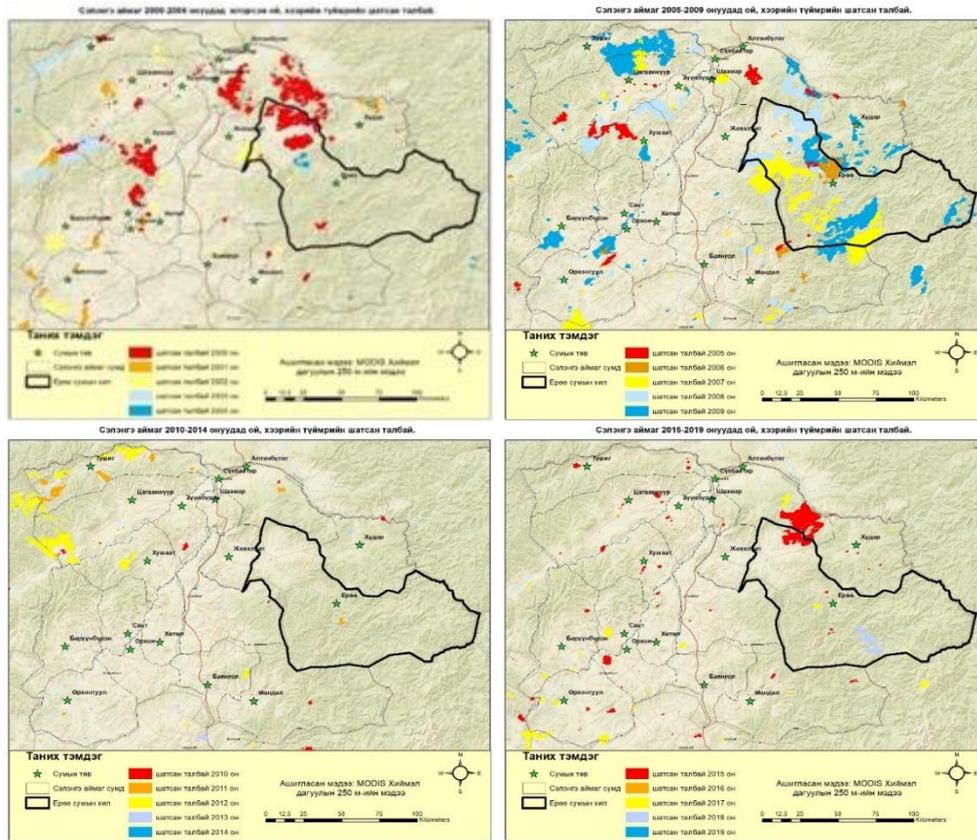
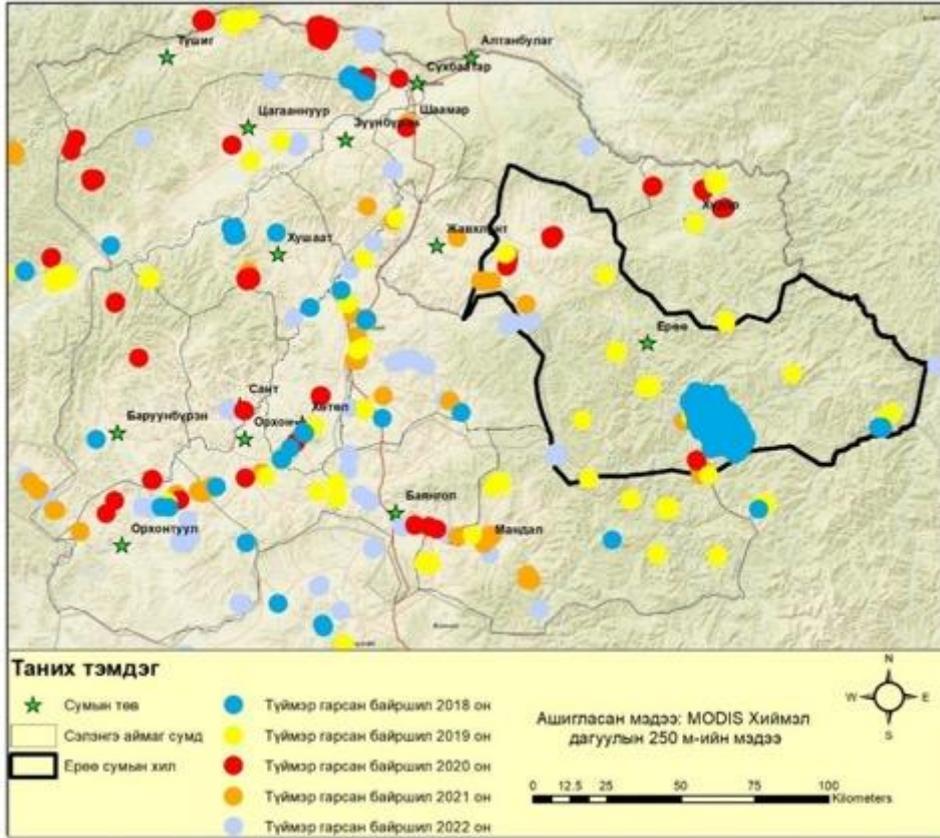


사진 3. 2000~2002 년에 셀렝게 아이막에 발생한 산불 위치

Сэлэнгэ аймаг 2018-2022 онуудад ой, хээрийн түймрийн шатсан талбай.



саян 4. 지난 5 년간 셀렝게 아이막에 발생한 산불 위치

산불 피해지 조림 및 복원 대상지는 1996, 1998, 2006, 2007, 2015 년에 발생한 산불 이후에 자작나무류 사시나무림으로 천연갱신(natural regeneration)되어 다른 귀중한 수종이 나무로 복원할 계획이다. 총 630ha 를 선정하였고 ‘Gezeg tolgoi’ (30ha), ‘Doit’ (150ha), ‘Jargalant’(450ha)등의 총 3 곳으로 나누어져 있다. 대상지에 평가 및 산림 관리 작업을 수행할 NGO 단체와 합의하고 다음과 같은 작업을 진행하기로 계획하였다.

- **잡목숙아베기(cleaning cutting):** 밀착기와 간벌작업의 중간에 실시되는 작업으로서 불필요하다고 생각되는 나무를 제거하는 일. 불요수 종 또는 불량임목을 제거하는 일인데 임목이 울폐하기 시작했을 때 실시한다. 일본에서는 소제벌(掃除伐), 세벌(洗伐), 또는 사벌(捨伐)이라고도 한다. 유령기에 제벌을 하지 못했을 때에는 장령이 되어서 수종 및 임상을 정리하기 위해서 벌채할 때 이것을 조림상의 정리벌(improvement cutting; 개량벌)이라고 한다.
- **지존(ground clearance, site preparation):** 정지(整地). 인공 조림의 준비작업으로서 조림지에 있는 잡목, 잡초 및 말목(末木)과 가지 등을 제거해서 묘목의식재에 적합하도록 정리하는 것이다.
- **재조림(reforestation):** 본래 산림이었다가 산림이외의 용도로 전환되어 이용해 온 토지에 인위적으로 다시 산림을 조성하는 것. 제 1 차 공약기간에 재조림 활동은 1989 년 12 월 31 일 당시 산림이 아니었던 토지에 재조림한 것으로 제한한다.

- 천연갱신(natural regeneration)기여: 조림 방법 및 수종 제시 및 지원, 침광혼교림 (mixed forest)을 지원한다.
- 산림자원 (forest resources): 산림이 보유하고 있는 모든 자원을 총칭하는 의미를 가지고 있으며, 구역별로 생육 및 고사 식물체의 수종 파악 및 분류한다.
- 영림계획 (forest management plan): 구역별로 생산기간을 고려하여 산림자원의 보속적 배양으로 생산력의 증진을 도모하고 국토를 보존할 수 있도록 합리적으로 산림을 경영코자 산림청장이 작성한다.

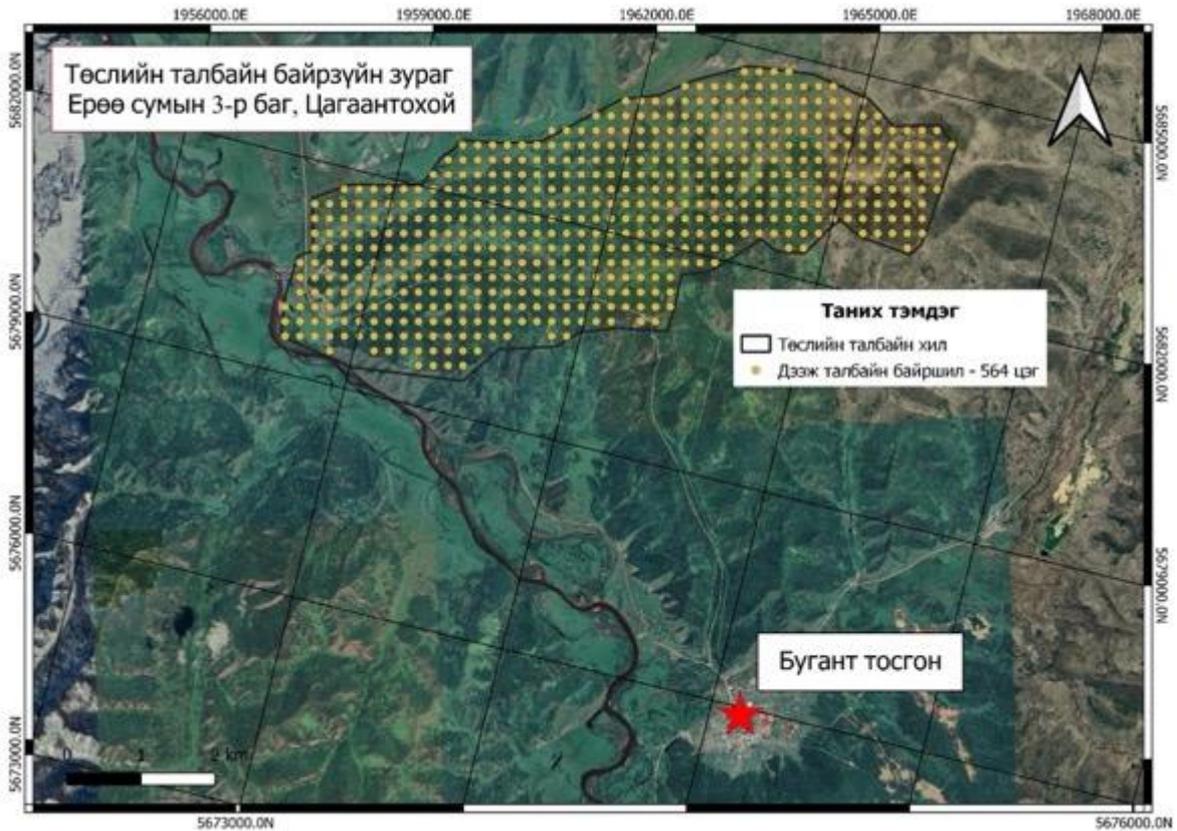


사진 5. 산불복원사업 대상지 'Jargalant' (450ha)



사진 6. 산불 피해지 현황

## 산불감시 타워 및 , 산불진화장비 조사

산불예방 및 진압을 효과적으로 수행하기 위해 감시타워를 조성하여 감시카메라를 설치하고, 첨단 소방장비를 제공하며, 시민 산불진화대(봉사소방팀)을 조성하고, 규칙적인 교육을 실시하는 등의 기반시설 구축이 필수다. 이를 바탕으로 한-몽 그린벨트 프로젝트에서 대상지 환경에 적합한 소방장비를 공급하였다.



사진 7. 산불진화장비

산불 감시용 기계 및 장비, 그리고 향후 공급될 기계와 도구를 보관하기 위해 창고를 이용하는 문제에 대한 조치가 진행 중이다. 지방 자치체에서는 산불 감시실로 기계들을 배치할 수 있는 공간을 제공하고 있으며, 이는 산불 감시실은 차고와 연결되어 있다. 또한, 보간트 마을에서 남서쪽으로 500m 떨어진 숲 가장자리에 산불 감시타워를 건설하기로 결정되었다.



사진 8.산불감시타워 및 산불감시실

셀렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을에 위치한 학교 건물에서 방 2 개를 지방 자치체의 지원을 받아 공사하여 운영할 준비가 되었다.



사진 9. 산불감시실 공사 전후

## 산불 대응 장거리 감시 카메라 세트 개요

### 제품 소개

- 특정 지역을 관찰 및 감시를 위해 원격으로 지역 확인 가능
- 주야간 200 만 화소, 저조도 컬러 카메라, 안개 방지 기능 및 세부 관찰이 가능하도록 조절 가능
- 40Ch512 고정밀 비냉각식 마이크로볼로미터 적외선 초점면 배열, 고온 센서, NETD  $\leq 50\text{mK}$
- 자동 초점 기능, 다중 초점 모드 및 활성화 모드
- 3D 포지셔닝 기능, 열화상 카메라 및 무광 이미징을 통해 작동상의 어려움을 줄이고 장비 활용도 향상
- 전체 추적 및 고정밀 방향 탐색
- 전문적인 디자인, 경량, 내구성, 고온, 저항성, 부식 방지, 방수 및 산성비로부터 보호



사진 10. 산불감시 CCTV(PTZ)

## 산불감시탑에 설치할 감시 카메라 개요

산불 감시용 PTZ(팬-틸트-줌) CCTV PTZ 카메라는 전통적인 정적 CCTV 카메라와는 달리 팬, 틸트 및 줌 기능을 제공하여 보다 넓은 범위의 지역을 감시할 수 있다. 특히, 산불과 같은 자연 재해의 감시에 효과적으로 사용될 수 있다.

1. 원격 조종: 사용자는 인터넷을 통해 PTZ 카메라를 원격으로 조종할 수 있어서 실시간으로 감시 영역을 조정할 수 있다.
2. 자동 추적 기능: 일부 고급 PTZ 카메라는 움직이는 대상을 자동으로 감지하고 추적하여 신속하게 산불과 같은 위험 상황에 대응할 수 있다.
3. 화질과 줌 기능: 고품질의 영상을 제공하며, 광학 및 디지털 줌 기능을 통해 원하는 영역을 세밀하게 조사할 수 있다.
4. 내구성과 내부/외부 사용: 산불과 같은 극한 환경에서도 우수한 내구성을 보장하며, 실외 및 내부 환경에서 모두 사용 가능하다.

Ашиглалтын зай	Үзэгдэх гэрэл		8000 m		Хэт улаан туяаны линз	Фокусын урт		20~230mm	
	Дулааны дүрслэл	объект	Гал(1m×1 m)	Гал(2m×2m)		FOV	Линзний хяналт	Цахим томруулалт/фокус (автоматаар фокус нь)	Дүрсний нягтрал
Аларм	Аларм	Алармын зай	6000 m	13,000 m	Илрүүлэгч	Илрүүлэгчийн төрөл	хөргөөгүй микроболметр фокусын хавтгай массив(VOx)	Пикселийн хэмжээ	640×512
	Алармын тохиргоо	Өндөр температурын талбай	2×2 pixels			Спектрийн хүрээ	8~14μm	Температурын мэдрэмж	≤50mK@F1.0,300K
	Зорилгод зай	1-255 түвшин	2×2~ 640×512pixel			Frame rate	25Hz	Зургийн үйл явц	DDE, Псевдо өнгө
	Алармын зорилго	1-16 зорилт тавьж, өндөр температурын зорилтыг	Аудиотой видео дохиолол			Видео гаралт	PAL	NUC	Автомат Гараар/Арын дэвсгэр засвар
Өндөр нягтралтай линз	Аларм	Тооцоолол	Тооцоолол 0.1S, сааталгүй, мэдээлэл алдагдахгүй		Хазайлгах	Даацын багтаамж	50kg(дээд ачаалал)	Өнгө	Хэвтээ 360° тасралтгүй эргэлт, налуу: -45°~+45°
	Тооцоолол	Фокусын линз	12.5~750mm			Хурд	Хэвтээ 0.01°~12°/с, налуу 0.01°~8°/с	Урьдчилан тохируулсан битүүд	2048
	FOV	0.5°~28.7°	DC хөтөч			Нарийвчлалыг урьдчилан тохируулах	±0.1°	Автомат аялал	2 зам, зам бүр 64 урьдчилсан тохиргоог тохируулах
	Автомат Iris	урьдчилан тохируулах	томруулах, фокусын хяналтын хурдыг тасралтгүй			Автомат скан хийх	1	Протокол	Pelco-D, Pelco-P дамжуулах хурд нэмэлт
Камер	Мэдрэгчийн төрөл	3D байршил	Боломжтой		Интерфейс	Цахилгаан хангамжийн интерфейс	DC 30 V	Сүлжээний интерфейс	1×10Base-T/100Base-TX,RJ45
	Өнгөний горим	Мэдрэгчийн төрөл	I/ Прогрессив сканнер 1.8° CMOS			Бусал интерфейсүүд	RS422 холбоо, BNC видео гаралт, дохиолол	Ажлын температур	-25°C~+55°C /-25°C илүү хүйтэнд халаагч хэрэглэх/
	Зураг авах хурд	Өнгөний горим	Интеграцийн ICR давхар шүүлтүүрийг өдөр шөнийн			Хадгалах температур	-40°C~+65°C	Хамгаалалтын зэрэг	IP66
	Видео удирдлага	Зураг авах хурд	Автомат/гараар			Давс манантай	GB/T2423.17-2008	Цахилгаан хангамж	DC 30 V
	Манангийн тохиргоо	Видео удирдлага	AGC, AWB, өдөр/шөнийн горимыг автомат/гараар сольж асаах, унтраах			Хэрэглээ	≤130W	Физик швек чанар	≤45kg
	WDR	Манангийн тохиргоо	асаах, унтраах			Суурилуулах арга	Гадна тавианд суурилуулах		
	BLC	WDR	асаах, унтраах болон сонголтоор						
	Сонирхсон газар	BLC	асаах, унтраах болон сонголтоор						
	Буцах фокус тохируулах технологи	Сонирхсон газар	Дэмжлэг ON/FF, нэмэлтээр						
	Дуу чимээг бууруулах	Буцах фокус тохируулах технологи	Дэмжлэг, алсын удирдлага						
	Кодын төрөл	Дуу чимээг бууруулах	3D дижитал						
	Дүрсний нягтрал	Кодын төрөл	H.264/MPEG/MPEG4						
Видеоны чанар	Дүрсний нягтрал	1080p							
Давтамж	Видеоны чанар	32Kbps~16Mbps							
	50Hz/25fps(1920×1080),25fps(1280×720)								
	60Hz/30fps(1920×1080),30fps(1280×720)								
Тэмдэгт нэмэх	Давтамж	Камерын дугаар, цаг, огноо							
Зургийн тохируулга	Тэмдэгт нэмэх	Гэрэл, тодосгогч, ханалт, хурц							
Интернет протокол	Зургийн тохируулга	TCP/IP/RTSP/HTTP/DNS/DDNS/DHCP/FTP/NTP/PPPOE/SNMP/UPNP							

саян 11. . санблгамш CCTV(PTZ) жуу гибу

## 7. 수질 분석 결과

한-몽 그린벨트 프로젝트 제 3 단계 사업 대상지는 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슴, 홉스굴 아이막 무릉 슴, 셀렝게 아이막 유로 슴 보간트 마을에 위치한다. 대상지에 관정을 대상으로 지하수 수질 검사를 실시하여 화학분석을 하였다.

지하수 시료를 2022-2023 년에 총 4 번 채수하여 화학, 오염 검사를 지리과학연구 센터 (Institute of Geography and Geoecology Mongolian Academy of Sciences)의 수질검사연구실에서 실시하였다.

시료의 화학적·물리적 지표를 환경 및 건강 보호, 식수 위생 기준, 안전 기준 MNS 0900:2018 표준을 토대로 분석을 하였다. 또한, 나무 관수에 적합한지 시험하였다.

### 방법론

실험실 분석: 수화학 분석을 지리과학연구 센터(Institute of Geography and Geoecology Mongolian Academy of Sciences)의 수질검사연구실에서 실시하였다.

화학분석은 경도인  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ , 등의 이온, 과망간산칼륨에 의한 산화를 적정(titration)방법으로 분광계 (T-60.UY-Yis Spectrophotometer)를 사용하여  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  등의 이온을 분석할때 표 1.의 지표를 수질검사에 참고하였다.

표 1. 수질 분석 방법

No	지표	표준
1	온도	T°C MNS ISO 10523:2001
2	수소이온농도	pH MNS ISO 10523:2001
3	전기전도도	EC $\mu$ S/cm MNS ISO 4810:99
4	총 용존성 고형물질	TDS ppm
5	암모니아	$NH_4^+$ BC 02:2005
6	아질산염	$NO_2^-$ MNS ISO .6777:2001
7	질산염	$NO_3^-$ MNS ISO7890-3:2001
8	칼슘	$Ca^{2+}$ MNS ISO 2572:1999
9	마그네슘	$Mg^{2+}$ MNS 4346:1991
10	염화물	$Cl^-$ MNS ISO 9297:2005
11	황산염	$SO_4^{2-}$ MNS ISO 9280:2001
12	철 이온은 2 가철,3 가철	$Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ MNS ISO 4430:2005
13	탄산염, 탄화수소	$CO_3^{2-}$ , $HCO_3^-$ MNS 4425-97
14	과망간산칼륨에 의한 산화	ПНЧ MNS ISO 4818:1999

### 분석방법

수질 검사를 결과를 다음과 같이 분석한다.

- 화학 분석 데이터를 기반으로 물질의 등가 함량 비율 계산
- 음이온과 양이온의 등가 퍼센트 함량 분석
- 음이온과 양이온별로 클래스와 그룹을 나누어 그 비율에 따라 종류별로 분류
- 물의 일반적인 미네랄 분석
- 경도의 종류를 판단하고 경도 등급 분석

- 시료의 화학적·물리적 지표를 환경 및 건강 보호, 식수 위생 기준, 안전 기준 MNS 0900:2018 표준을 토대로 분석
- 관수 계수 분석

### 음이온과 양이온에 따라 분류

물 무기 물질, 경도, 미네랄을 분류하는 데 수화학 방법인 O.A. Alekin(1946), A.M.Овчинников 의 방법론을 사용한다. O. A. Alekin 은 이온 간의 비율을 고려하여 농도가 가장 높은 이온이 우세할 때 후자와 첫 번째 사이의 차이가 10mg-eq%보다 큰 걸로 계산하였다. 차이가 10%를 초과하지 않으면 혼합 구성으로 본다. 이러한 모든 자연수를 음이온 우세에 따라 3 가지 그룹, 음이온과 양이온의 비율에 따라 아래와 같이 4 가지 유형으로 분류한다.

- |          |         |
|----------|---------|
| 1. 탄산수소염 | 1. 칼륨   |
| 2. 황산염   | 2. 나트륨  |
| 3. 염화물류  | 3. 마그네슘 |

- I.  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ . 이 유형의 물은 약알칼성이며 신선하고 부드럽다.
- II.  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--}$ . 이 유형의 물은 미네랄 함량이 낮은 대부분의 강, 호수 및 지하수가 포함된다.
- III.  $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} < \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} \text{ ба } \text{Cl}^- > \text{Na}^+ \text{ III}^a, \text{Cl}^- < \text{Na}^+ \text{ III}^b$ . 이 유형에는 바다, 염호 호수 및 미네랄화된 지하수가 포함된다.
- IV.  $\text{HCO}_3^- = 0$ . 이것은 산성수이다. 이러한 유형의 물에는 광석, 화산 및 심하게 오염된 물, 일부 유형의 샘이 포함된다. ( Javzan, Ch. 2011).

### 탄산수소염

이 유형의 물은 미네랄 함량이 낮은 대부분의 강, 호수 및 지하수가 포함된다. 탄산칼슘수는 자연계에 분포되어 있는 (석회석 및 사암, 석회질 토양 및 기타의 석회질 시멘트) 탄산칼슘이 용해되어 생성된다.

### 황산염수

황산 이온은 염소 이온과 동일한 이동성을 갖는다. 자연수의 황산염 이온은 물 속의 칼슘 이온에 의존하며,  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{SO}_4^{--}$  와 결합하여 상대적으로 덜 용해되는  $\text{CaSO}_4$ -가 생긴다.

### 염화물류수

염소 이온은 물에 잘 녹는다. 무기질화가 낮은 물에서는 음이온 중에서 마지막으로 무기질화가 증가할수록 염소 이온이 우세하게 된다. 자연수에서 염소이온의 주요 공급원은 층상형 사암에 함유되어 있는 암염/NaCl/이다. 또한 화성암이 풍화되어 물 속에서 생긴다.

### 미네랄 함유량에 따른 물의 분류

천연수 미네랄화/건조잔류물/의 양은 미네랄이 모두 녹아있는 양이며, 주성분  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ;  $\text{Ca}^{++}$ ; 마그네슘 $^{++}$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{--}$ ;  $\text{CO}_3^{--}$ ;  $\text{HCO}_3^-$ -와 같은 음이온 양이온의 총합으로 표현되는 것 외에도 물의 유래를 반영하고 있어 물의 수질과 구성에 따라 평가하고 분류하는 중요한 지표이다. 미네랄에 대한 분류가 많기 때문에 수문지질학은 일반적으로

러시아 과학자 A.M. Ovchinnikov 의 분류를 따르지만 몽골에서는 식수 및 축산수의 기준을 고려하여 미네랄을 분류하고 다음과 같이 평가한다(Javzan, 2011).

표 2. 자연수 미네랄 함유량

No	미네랄 등급	미네랄 함유량 mg/L
1	매우 신선하거나 약간 미네랄화됨	< 0.2
2	신선하거나 중간 정도의 미네랄화됨	0.21-0.50
3	신선하거나 비교적 미네랄이 풍부함	0.51-1.0
4	식염수 또는 고도로 미네랄화됨	1.0-3.0
5	식염수 많고 또는 짠	3.01-7.0
6	식염수 매우 많고 또는 짠	>7.01

### 물 경도 등급

물의 경도는 칼슘(Ca<sup>2+</sup>) 및 마그네슘(Mg<sup>2+</sup>) 이온과 같은 미네랄의 존재에 따라 결정되는 수질의 핵심 측면이며, 이러한 이온은 물의 "경도"에 영향을 미치며 물의 유용성에 영향을 미친다. 물의 경도는 지질 구조와 지하 대수층에서 발생한다. 이는 물이 지구를 통해 침투하여 칼슘 및 마그네슘 이온과 같은 미네랄을 용해시켜 경도를 증가시킬 때 발생한다.

#### 물 경도 척도:

물의 경도에는 여러 가지 분류가 있으므로 일반적으로 러시아의 수화학자인 O. A. Alekin 의 분류를 따르나, 자국의 기준 및 실용에 부합하는 분류에 따라 다음과 같이 경도를 평가한다. (Javzan, 2011).

표 3. 자연수의 경도 분류

No	물 경도 등급	물경도 척도-eq/L
1	very soft	<1.5
2	soft	1.51-3.0
3	slightly soft	3.01-5.0
4	slightly hard	5.01-7.00
5	hard	7.01-9.00
6	very hard	>9.01

### 관수량 계산법

주로 관수에 사용되는 물의 특성을 평가하는 값을 나타낸다. 물의 종류에 따라 다른 식으로 분석하며 아래와 같이 분류한다. Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> mg/l (Tuvaanjav.G, 2016)

$$Ka = \frac{2040}{Cl^-} / III /$$

$$Ka = \frac{6620}{Na^{++} + 2.6 Cl^-} / II /$$

$$Ka = \frac{662}{Na^{++} - 0.032 * Cl^- - 0.43 SO_4^{2-}} / I /$$

### 내용: 관수의 상수 값

Ka > 18- 관수 사용하는 데에 '좋다'

Ka = 18.0-6.0- 관수로 사용하는 데 '적절하다'

Ka = 5.9-1.2- 관수로 사용하는 데에 '부적절하다'

Ka < 1.2 관-수로사용하는데 '나쁘다'

## 조사 결과

한-몽 그린벨트 프로젝트 제 3 단계 사업 대상지는 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝, 흡스굴 아이막 무릉 슝, 셸렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을에 위치한 양묘장들의 관정에 수화학 특성을 Piper's ternary diagram 을 사용하여 분석하였다.

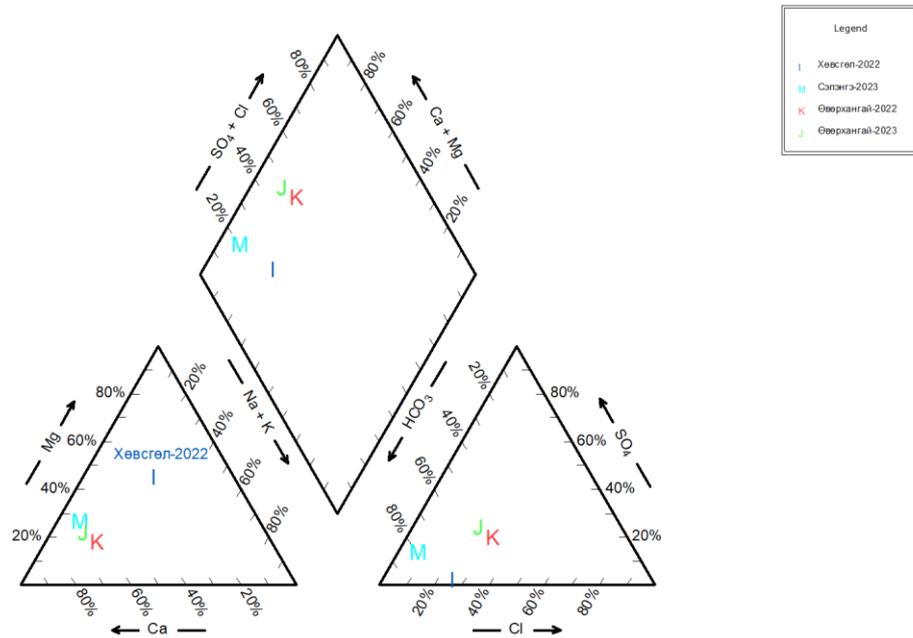


사진 1. 대상 관정들의 우물물의 주요 이온 함량

Piper's ternary diagram 을 살펴보면 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝, 셸렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을 양묘장 관정 수질에 Ca, HCO<sub>3</sub> 등의 이온이 대표적으로 많으며, HCO<sub>3</sub>-Ca 유형의 수질인 것으로 나타났다. 그러나, 흡스굴 아이막 무릉 슝 양묘장 관정 수질에는 Mg 이온 양이온이 대표적으로 많으며, HCO<sub>3</sub>-Mg 유형의 수질인 것으로 나타났다.

수질 분석을 대상지는 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 슝, 흡스굴 아이막 무릉 슝, 셸렝게 아이막 유로 슝 보간트 마을에 위치한 양묘장들의 관정으로 4 개의 시료를 채취하여 분석한 결과가 아래와 같다.

**셀렝게 아이막 유로 솜 보간트 마을 양묘장 관정 수질분석 결과**

**물리적·화학적 분석결과**

이 관정은 셀렝게 아이막 유로 솜에 조성한 한-몽 그린벨트 사업단 양묘장에 위치한다. 물리적·화학적 분석 결과는 표 4 와 같다.

표 4. 물리적·화학적 분석결과

시료 채취한 관정	지표	
셀렝게 아이막 유로 솜 양묘장 관정	pH	6.62
	EC (μS/cm)	129
	TDS (ppm)	77
	물 맑은 깊이 (cm)	>30
	색깔	무색
	냄새	없음
	침전물	없음

표 4 를 보면 전기전도도는 (EC 129 μS/cm), 총 용존성 고형물질은 (TDS-363 ppm), 색깔이나 냄새가 없으며, 토양 퇴적물이 없고(탁도=0.0 NTU), 중성 (pH 6.62)으로 나타났다.

표 5. 화학 분석 결과 mg/ l

시료 채취한 관정	총 미네랄	경도 Mg-	오염			자사	기본 원소					
			ΠΠЧ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> / HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	ΠΠЧ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>
셀렝게 아이막 유로 솜 양묘장 관정	10 7.5	1.30	2.56	0.0	0.0/1. 0	C <sup>Ca</sup> <sub>II</sub>	0.0/67. 1	3.6	10.0	2.7	18.2	4.7
MNS 0900:2018	10 00	7.00	10	1.5	1.0/50		-	350	500	200	100	30

본 관정의 화학적 분석 결과를 살펴보면, 화학적 균형은 음이온 중에서 탄산 이온의 지속적인 발생으로 인해 형성되며, 음이온 간의 우선순위는 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>->SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>->Cl<sup>-</sup>, 양이온 중에서는 마그네슘 이온이 우세하며, 양이온 간의 우선순위는 Ca<sup>2+</sup> <Mg<sup>2+</sup> >Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>, 으로 2 등급의 물이 있다. 양질 측면에서, 물 등급이 'cleanness'로 미네랄성이 107.5 mg/l로 나타났으며, 경도가 1.30 mg-equiv/l 으로 부드러운 것으로 나타났다. 화학적 성분 분석에서 마그네슘 이온 함량은 식수, 건강 및 위생 요건 및 무해성에 대한 MNS 0900:2018' 표준을 따르면 식수로 사용하기에는 적합한 것으로 나타났다.

**양묘장 관수 수질 (Ka)**

한-몽 그린벨트 사업단 홉스쿨 아이막 무릉 솜 양묘장 관정의 유해한 염분(나트륨)이 우물물에 미치는 영향은 낮으며 관수 계수는 Ka=548.9 으로 식물 관수에 적합한 (좋은) 것으로 나타났다.

**우부르항가이 아이막 아르바이헤르 솜 양묘장 관정 수질분석 결과**

**물리적·화학적 분석결과**

이 관정은 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 솜에 조성한 한-몽 그린벨트 사업단 양묘장에 위치한다. 물리적·화학적 분석 결과는 표 6 와 같다.

표 6. 물리적·화학적 분석결과

시료 채취한 관정	지표	
우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습양묘장 관정	pH	7.49
	EC (μS/cm)	645
	TDS (ppm)	363
	물 맑은 깊이 (cm)	>30
	색깔	무색
	냄새	없음
	침전물	없음

표 6.을 보면 전기전도도는 (EC 645 μS/cm), 총 용존성 고형물질은 (TDS-363 ppm), 색깔이 희색이며, 토양 퇴적물이 조금 있고(탁도=4.45 NTU), 중성 (pH 7.49)으로 나타났다.

표 7. 화학 분석 결과 mg/l

시료 채취한 관정	총 미네랄	경도 Mg-	오염			중금속	기본 원소					
			III Cl	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	III Cl	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>
우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습양묘장 관정 2022년	476.7	5.48	1.12	0.0	0.0/22	C <sub>Ca</sub> <sub>III</sub>	0.0/186.1	73.1	65.0	30.8	84.2	15.6
우부르항가이 아이막 아르바이헤르 습양묘장 관정 2023년	467.5	5.75	1.92	0.0	0.0/25	C <sub>Ca</sub> <sub>III</sub>	0.0/189.1	55.0	75.0	19.9	85.2	18.2
MNS 0900:2018	1000	7.00	10	1.5	1.0/50		-	350	500	200	100	30

본 관정의 화학적 분석 결과를 살펴보면, 화학적 균형은 음이온 중에서 탄산 이온의 지속적인 발생으로 인해 형성되며, 음이온 간의 우선순위는 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>→SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>→Cl<sup>-</sup>, 양이온 중에서는 마그네슘 이온이 우세하며, 양이온 간의 우선순위는 Mg<sup>2+</sup> > Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> > Ca<sup>2+</sup>,으로 1 등급으로 나타났다. 양질 측면에서, 물 등급이 'sub-cleannes'로 미네랄성이 472 mg/l 로 높고, 경도가 5.62 mg-equiv/l 으로 나타났다. 화학적 성분 분석에서 마그네슘 이온 함량은 식수, 건강 및 위생 요건 및 무해성에 대한 MNS 0900:2018' 표준에 규정된 한도부터 (17.7 mg/L )이상으로 물리적 값의 경우 /색, 맑음, 침전물/ 등 변수가 표준의 요구 사항을 충족하지 못하며 식수로 사용하기에는 적합하지 않기 때문에 강도를 줄이고, 정수한 다음에 사용해야 한다.

### 양묘장 관수 수질 (Ka)

한-몽 그린벨트 사업단 흡스굴 아이막 무릉 습양묘장 관정의 유해한 염분(나트륨)이 우물물에 미치는 영향은 낮으며 관수 계수는 Ka=20.9 으로 식물 관수에 적합한 (좋은) 것으로 나타났다.

### 흡스굴 아이막 무릉 습양묘장 관정 수질분석 결과

물리적·화학적 분석결과

이 관정은 흡스골 아이막 무릉 숲에 조성한 한-몽 그린벨트 사업단 양묘장에 위치한다. 물리적·화학적 분석 결과는 표 8 와 같다.

표 8. 물리적·화학적 분석결과

시료 채취한 관정	지표	
흡스골 아이막 무릉 숲 양묘장 관정	pH	7.36
	EC (μS/cm)	748
	TDS (ppm)	427
	물 맑은 깊이 (cm)	26
	색깔	회색
	냄새	무
	침전물	흑

표 8.을 보면 전기전도도는 (EC 748 μS/cm), 총 용존성 고형물질은 (TDS-427 ppm), 색깔이 회색이며, 토양 퇴적물이 조금 있고(탁도=4.45 NTU), 중성(pH 7.36)으로 나타났다.

표 9. 화학 분석 결과 mg/l

시료 채취한 관정	미네랄성 농도	경도	오염			산 /염	기본 원소					
			III Cl	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
흡스골 아이막 무릉 숲 양묘장 관정	627.4	6.10	2.08	0.03	0.0/2.5	C <sup>Mg<sub>1</sub></sup>	0.0/378.2	14.2	87.0	54.0	43.7	47.7
MNS 0900:2018	1000	7.00	10	1.5	1.0/50		-	350	500	200	100	30

본 관정의 화학적 분석 결과를 살펴보면, 화학적 균형은 음이온 중에서 탄산 이온의 지속적인 발생으로 인해 형성되며, 음이온 간의 우선순위는 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>→SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>→Cl<sup>-</sup>, 양이온 중에서는 마그네슘 이온이 우세하며, 양이온 간의 우선순위는 Mg<sup>2+</sup> > Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> > Ca<sup>2+</sup>, 으로 1 등급의 물이 있다. 양질 측면에서, 물 등급이 'slight pollution'로 미네랄성이 627.4 mg/l 로 높고, 경도가 6.10 mg-equiv/l 이다. 화학적 성분 분석에서 마그네슘 이온 함량은 식수, 건강 및 위생 요건 및 무해성에 대한 MNS 0900:2018' 표준에 규정된 한도부터 (17.7 mg/L )이상으로 물리적 값의 경우 /색, 맑음, 침전물/ 등 변수가 표준의 요구 사항을 충족하지 못하며 식수로 사용하기에는 적합하지 않기 때문에 강도를 줄이고, 정수한 다음에 사용해야 한다.

### 양묘장 관수 수질 (Ka)

한-몽 그린벨트 사업단 흡스골 아이막 무릉 숲 양묘장 관정의 유해한 염분(나트륨)이 우물물에 미치는 영향은 낮으며 관수 계수는 Ka=41.0 으로 식물 관수에 적합한 (좋은) 것으로 나타났다.

## 결론

연구 결과를 종합해 보면 관정 물은 "cleanness", "sub-cleanness"로 (미네랄성이 107.5-627.4 mg/l) 나타났다. 경도는 "매우 부드러움", "경질"(경도 1.30-6.10 mg-eq/l)에 속한다. 화학적 측면에서 셀렝게 아이막 유로 숲 보간트 마을, 우부르항가이 아이막 아르바이헤르 숲 관정은 탄화수소류, 칼슘 그룹, 유형 II 물을 가지고 있다. 반면, 흡스골 아이막 무릉 숲 관정은 탄화수소군, 마그네슘군, III 형, 탄산수소염/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/이 음이온

중에서 우세하며, 음이온의 비율은  $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cl}^-$  이다. 양이온은 마그네슘  $\text{Mg}^{2+}$  /가 지배적이며, 양이온의 비율은  $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$  이고, 광물화는 627.4mg/l 로 상대적으로 더 높다. 연구결과를 보면 홉스쿨 아이막 무릉 숲 관정은 마그네슘 이온 함량이 기준치보다 높은 최대 47.7 mg/l  $\text{Mg}^{2+}$  로 사람이 마시는 물에 적합하지 않다. 따라서, 해당 지역의 관정 물을 식수로 사용할 때 연화 장치를 사용하여 물의 경도를 낮추는 것이 필요하다.

연구 결과에 따르면 본 3 개 지역 관정 물은 관개 농업/관수 계수  $K_a = 20.9 - 548.9$  /, 나무 관수 및 산업 기술 수요에 사용하기에 적합하다.

# 부록: 관정 수질분석 결과



ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
ГАЗАРЗҮЙ-ГЕОЭКОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН  
УСНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ЛАБОРАТОРИ

Усны химийн шинжилгээний тодорхойлолт

Шинжилгээ хийсэн: 2023 оны 09 сарын 04 өдөр  
Сорьц авсан газрын нэр: Сэлэнгэ аймаг, Ерөө сум, Бугант тосгон  
Ногоон хэрэм төслийн мод үржүүлгийн газрын гүний худаг  
Сорьц шинжлүүлсэн байгууллага, хувь хүн: Ногоон хэрэм төсөл

Солбицлол: X= Гүн: м  
Y= Ундарга:  
Уст цэгийн төрөл ба дугаар: Худаг

Тодорхойлсон нь:

Анион	1дм <sup>3</sup> -д байгаа			Катион	1дм <sup>3</sup> -д байгаа		
	мг	мг-экв	мг-экв%		мг	мг-экв	мг-экв%
Cl <sup>-</sup>	3.6	0.10	7.0	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	2.7	0.12	8.4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10.0	0.21	14.6	Ca <sup>2+</sup>	18.2	0.91	63.9
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.00	0.0	Mg <sup>2+</sup>	4.7	0.39	27.4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.0	0.02	1.1	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.0	0.00	0.0
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0	0.00	0.0	Fe <sup>2+</sup>	0.0	0.00	0.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	67.1	1.10	77.2	Fe <sup>3+</sup>	0.1	0.01	0.4
Дүн	81.7	1.42	100.0	Дүн	25.8	1.42	100.0

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ийн хагасыг хассан анион катионуудын  
нийлбэр: 73.9 мг/дм<sup>3</sup>

Анион катионуудын  
нийлбэр: 107.5 мг/дм<sup>3</sup>

Ерөнхий хатуулаг 1.30 мг-экв/дм<sup>3</sup>  
pH: 6.62

EC: 129 µS/cm  
TDS: 77 ppm

Исэлдэх чанар: 2.56 мг/дм<sup>3</sup>  
Физик шинж чанар

Тунгалаг: >30 см  
Өнгө: үгүй

Үнэр: үгүй  
АМТ: \*\*\*  
Тунадас: үгүй

HCO<sub>3</sub>:77 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:15

Усны найрлагын томъёо: M<sub>0.1</sub>

Ca<sup>2+</sup>:64 Mg<sup>2+</sup>:27

## Дүгнэлт

Химийн бүрэлдэхүүнээрээ гидрокарбонатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 2-р төрлийн, чанарын хувьд нэн цэнгэг, маш зөөлөн ус байна. Шинжилсэн химийн үндсэн үзүүлэлтүүд нь "Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ MNS 0900:2018" стандартын шаардлага хангаж байна. Түүнчлэн хортой давсны нөлөөлөл бага, усалгааны коэффициент Ka=548.9 байгаа тул усалгаанд хэрэглэхэд сайн тохирно.

Жич: Энэхүү уст цэгээс сорьц авах үйл явцыг шинжлүүлсэн байгууллага, хувь хүн харууцан гүйцэтгэсэн болно.

Хянаж, баталгаажуулсан: Лабораторийн эрхлэгч  С.Д.Гэрэлт-Од/





ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
 ГАЗАРЗҮЙ - ГЕОЭКОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН  
 УСНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ЛАБОРАТОРИ

Усны химийн шинжилгээний тодорхойлолт

Сорьц авсан: 2023 оны 11 сарын 19 өдөр

Шинжилгээ хийсэн: 2024 оны 01 сарын 12 өдөр

Сорьц авсан газрын нэр: Өвөрхангай аймаг, Арвайхээр сум, 13-р баг  
 Мод үржүүлгийн худаг

Сорьц шинжлүүлсэн байгууллага, хувь хүн: "Ногоон хэрэм" төсөл

Солбицол Х= Гүн: 51 м /2022 он/

Ү= Ундарга: л/с

Уст цэгийн төрөл ба дугаар: Худаг

Тодорхойлсон нь:

Анион	1 дм <sup>3</sup> -д байгаа			Катион	1 дм <sup>3</sup> -д байгаа		
	мг	мг-экв	мг-экв%		мг	мг-экв	мг-экв%
Cl <sup>-</sup>	55.0	1.55	23.4	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	19.9	0.87	13.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	75.0	1.56	23.6	Ca <sup>2+</sup>	85.2	4.25	64.2
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.00	0.0	Mg <sup>2+</sup>	18.2	1.50	22.7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25.0	0.40	6.1	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.0	0.00	0.0
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0	0.00	0.0	Fe <sup>2+</sup>	0.0	0.00	0.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	189.1	3.10	46.9	Fe <sup>3+</sup>	0.0	0.00	0.0
Дүн	344.2	6.62	100.0	Дүн	123.3	6.62	100.0

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ийн хагасыг хассан анион катионуудын  
 нийлбэр: 372.9 мг/ дм<sup>3</sup>

Анион катионуудын  
 нийлбэр: 467.5 мг/ дм<sup>3</sup>

Ерөнхий хатуулаг: 5.75 мг-экв/ дм<sup>3</sup>

pH: 7.49

Исэлдэх чанар:

1.92 мг/ дм<sup>3</sup>

EC: 645 µS/cm

TDS: 363 ppm

Физик шинж чанар

Тунгалаг: 30 см

Өнгө: үгүй

Ka= 20.9

Үнэр: үгүй

Амт: \*\*\*

Тунадас: үгүй

Булингар: 0.0 NTU



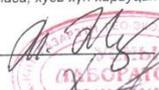
Усны найрлагын томъёо: M<sub>0.5</sub>



Дүгнэлт

Химийн бүрэлдэхүүнээрээ гидрокарбонатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 3-р төрлийн, чанарын хувьд цэнгэг, хатуувтар ус байна. Шинжилсэн химийн үндсэн үзүүлэлтүүд нь "Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ MNS 0900:2018" стандартын шаардлага хангаж байна. Түүнчлэн уг усанд хортой давсны нөлөөлөл бага, усалгааны коэффициент Ka=20.9 байгаа тул усалгаанд хэрэглэхэд тохиромжтой.

Жич: Энэхүү уст цээгээс сорьц авах үйл явцыг шинжлүүлсэн байгууллага, хувь хүн хариуцан гүйцэтгэсэн болно.

Гүйцэтгэсэн: Химич, ЭШДЭА:  Т. Энхжаргал/

Шинжилгээг

Хянасан: Лабораторийн эрхлэгч:  Д. Гэрэлт-Од/



ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
 ГАЗАРЗҮЙ-ГЕОЭКОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН  
 УСНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ЛАБОРАТОРИ

Усны химийн шинжилгээний тодорхойлолт

Шинжилгээ хийсэн: 2022 оны 09 сарын 16 өдөр  
 Сорьц авсан газрын нэр: Хөвсгөл аймаг, Мөрөн сум  
 "Ногоон хэрэм" төслийн талбайн худаг  
 Сорьц шинжлүүлсэн байгууллага, хувь хүн: ГХ, "Цөлжилтийн судалгааны төв"

Солбицлол: X= Гүн: м  
 Y= Ундарга: л/с  
 Уст цэгийн төрөл ба дугаар: Худаг Тодорхойлсон нь:

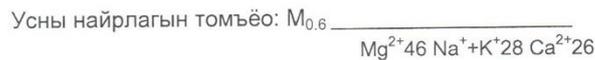
Анион	1дм <sup>3</sup> -д байгаа			Катион	1дм <sup>3</sup> -д байгаа		
	МГ	МГ-ЭКВ	МГ-ЭКВ%		МГ	МГ-ЭКВ	МГ-ЭКВ%
Cl <sup>-</sup>	14.2	0.40	4.7	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	54.0	2.35	27.8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	87.0	1.81	21.4	Ca <sup>2+</sup>	43.7	2.18	25.8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.00	0.0	Mg <sup>2+</sup>	47.7	3.92	46.4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.5	0.04	0.5	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.03	0.00	0.0
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0	0.00	0.0	Fe <sup>2+</sup>	0.0	0.00	0.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	378.2	6.20	73.3	Fe <sup>3+</sup>	0.1	0.01	0.1
Дүн	481.9	8.45	100.0	Дүн	145.4	8.45	100.0

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ийн хагасыг хассан анион катионуудын Анион катионуудын  
 нийлбэр: 438.3 мг/дм<sup>3</sup> нийлбэр: 627.4 мг/дм<sup>3</sup>

Ерөнхий хатуулаг 6.10 мг-экв/дм<sup>3</sup> ЕС: 748 µS/cm  
 pH: 7.36 TDS: 427 ppm  
 Исэлдэх чанар: 2.08 мг/дм<sup>3</sup>

Физик шинж чанар

Тунгалаг: 26 см Үнэр: үгүй Тунадас: б/зэрэг шороон  
 Өнгө: сааралдуу Амт: \*\*\* Булингар: 4.45 NTU



Дүгнэлт

Химийн бүрэлдэхүүнээрээ гидрокарбонатын ангийн, магнийн бүлгийн, 1-р төрлийн, чанарын хувьд цэнгэгдүү, хатуувтар ус байна. Шинжилсэн үзүүлэлтүүдээс магнийн ионы агууламж нь "Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, ажуулгүй байдлын үнэлгээ MNS 0900:2018"-д заасан хэмжээнээс их /17.7 мг/л-ээр/, физик үзүүлэлтүүдийн хувьд /өнгө, тунгалаг, тунадас/ чанарын шаардлага хангахгүй байгаа тул хүний унданд зөөлрүүлж, цэвэршүүлж хэрэглэх хэрэгтэй.

Жич: Энэхүү уст цэгээс сорьц авах үйл явцыг шинжлүүлсэн байгууллага, хувь хүн хариуцан гүйцэтгэсэн болно.

Хийсэн: Химич, ЭШДА: Магистр (M.Sc) /Д.Гэрэлт-Од/  
 Шинжилгээг

Хянасан: Лабораторийн эрхлэгч: Доктор (Ph.D) /Б.Одсүрэн/

