

한-몽 그린벨트 프로젝트 공동연구팀 2024 년 연구 보고서



한-몽 그린벨트프로젝트

2024년 12 월
울란바타르시

학술 연구자 명단

Nyam-Osor Batkhuu (Ph.D)	몽골 국립대학교
Byambadorj Ser-Oddamba (MSc)	몽골 국립대학교
Byambasuren Oyunsanaa (Ph.D)	몽골 산림청
Akhmadi Khaulenbek (Ph.D)	과학아카데미, 지리, 생태연구원
Ochirbat Batkhisig (Ph.D)	과학 아카데미, 지리, 생태연구원
Ganbat Byambaa (MSc)	과학 아카데미, 지리, 생태연구원
Sukhbaatar Chinzorig (Ph.D)	과학 아카데미, 지리, 생태연구원
Dagvadorj Bayasgalan (Ph.D)	과학 아카데미, 식생 연구원
Batlai Oyuntsetseg (Ph.D)	몽골 국립대학교
Nanzadorj Tsagaantsooj (Ph.D)	과학 아카데미, 지리, 생태연구원
Bayarsaikhan Udval (Ph.D)	과학 아카데미, 지리, 생태연구원

연구 대학생

Tsedensodnom Enkhchimeg (Ph.D)	과학 아카데미, 지리, 생태연구원
Byambasuren Otgonsaikhan (MSc)	몽골국립대학교
Lkhagvasuren Sarangua (MSc)	몽골국립대학교

번역

Tsogtbaatar Undrakhjargal (MSc)	서울시립대학교 도시공학과
---------------------------------	---------------

차례

연구 목적 및 방법

공동연구 목적

연구 대상지.

1. 종자 원산지별로 묘목 성장에 미치는 토양 영향

Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum

Selenge aimag Yeroo soum Bugant village

2. 혼농임업

Tuv aimag Lun soum

3. 채종임분 조성에 관한 연구

채종임분 선정

인공 소나무림에 조성한 채종임분 숲가꾸기 작업 결과

인공 소나무림에 조성한 채종임분 숲가꾸기 제 1·2 차 작업은 개체목 생장

및 종자생산량에 미치는 영향에 관한 연구 결과

셀렝게 아이막 부간트 마을 주변 구주소나무림 종자 생산 평가

4. 양묘사업지 내 초본 조사

Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum

Khuvsgul aimag Murun soum

5. 곤충 연구

Khuvsgul aimag Murun soum

Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum

6. 토양 조사

Selenge aimag Yeroo soum Bugant village

Ulaanbaatar city

Khuvsgul aimag Murun soum

Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum

7. 한-몽 그린벨트 사업단 사업지 산불 조사

Selenge aimag Yeroo soum Bugant village

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 수중에 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 수중에 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, 홉스굴 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

가문비나무, 전나무, 잣나무, 시베리아잎갈나무, 구주적송 양묘 기술

토양 유형에 따라 5 종의 침엽수를 선정하고, 균일성을 확보하기 위해 관개 및 식재를 조정하였다.

한 양묘 용기에 총 5 개의 용기(120 개의 구멍)에 식재 계획

- 온실
 - 양묘용기(동일 크기의 구멍 24 개)
 - 토양(흑토, 아그로발트 상토, 한국산 상토-1, 한국산 상토-2, 한국산 산토-3)을 사용하였다.
 - 파종할 때는 한 포트에 씨앗 3 개를 넣는 것으로 간주하고, 파종하기 전에 씨앗을 물에 불려 살균하였다.

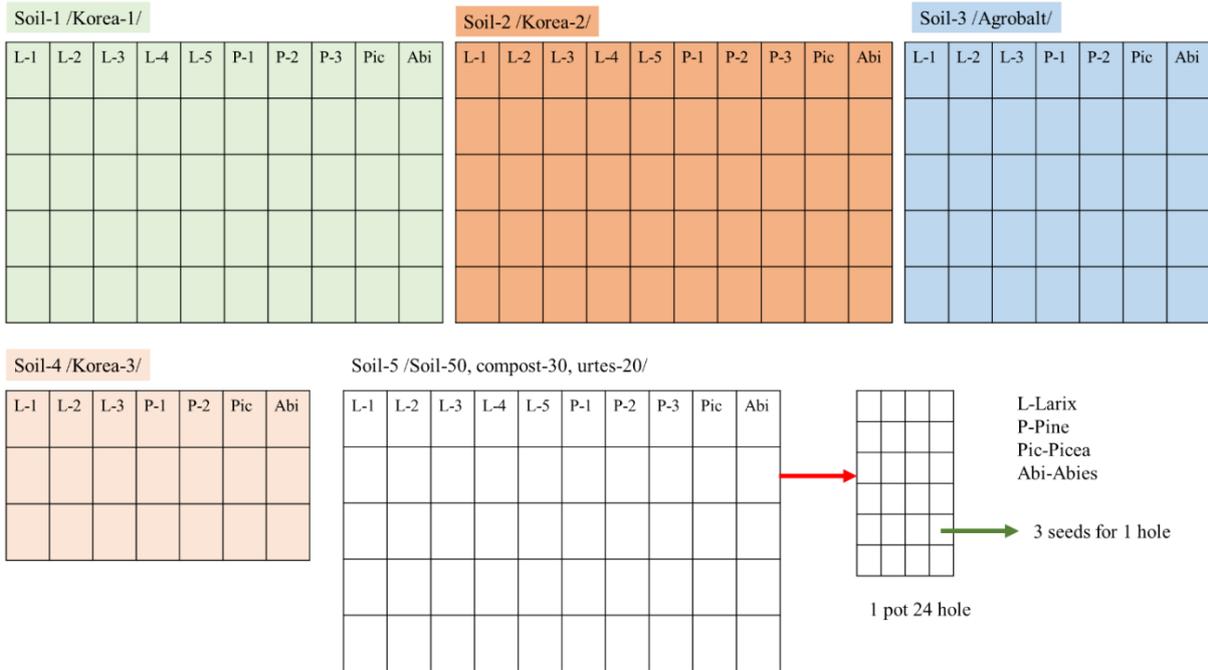
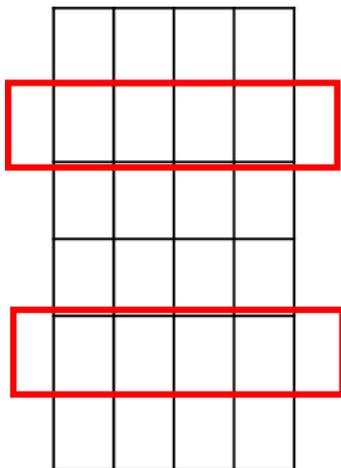


사진 2. 토양 및 앵묘 용기 실험 배치도



Bugant 205 포트 종자 산지 - 시베리아잎갈나무 5, 구주적송 3, 전나무 1, 가문비나무 1

Uvurkhangai 139 포트 종자 산지 - 시베리아잎갈나무 4, 구주적송 2, 전나무 1, 가문비나무 1

Khuvsgul 164 포트 종자 산지 - 시베리아잎갈나무 4, 구주적송 2, 전나무 1, 가문비나무 1

종자 원산지별로 묘목 성장에 미치는 토양 영향

시험지: Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum

시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 측정 지수 :

분산분석 결과 :

채취한 지역이 다른 시베리아잎갈나무 종자를 5 개 토양 처리로 양묘용기에 파종한 결과 수고, 뿌리 직경, 뿌리 길이, 잎, 줄기, 뿌리 바이오매스, 뿌리 비율 등은 토양처리 및 지역별로 통계적 차이가 있다.

표 1. 시베리아잎갈나무 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<i>RCD (mm)</i>			
treatment	5	112.29	<.0001
loc	15	51.21	<.0001
loc 1	3	37.31	<.0001
<i>Height (cm)</i>			
treatment	5	15.32	<.0001
loc	15	15.23	<.0001
loc 1	3	31.41	<.0001
<i>Root (cm)</i>			
treatment	5	26.15	<.0001
loc	15	20.74	<.0001
loc 1	3	31.59	<.0001
<i>Needle biomass (gr)</i>			
treatment	5	12.07	<.0001
loc	15	9.25	<.0001
loc 1	3	15.98	<.0001
<i>stem biomass (gr)</i>			
treatment	5	6.51	<.0001
loc	15	9.98	<.0001
loc 1	3	8.93	<.0001
<i>Root biomass (gr)</i>			
treatment	5	40.34	<.0001
loc	15	24.19	<.0001
loc 1	3	30.36	<.0001
<i>Total biomass (gr)</i>			
treatment	5	29.94	<.0001
loc	15	22.68	<.0001
loc 1	3	28.79	<.0001
<i>RS</i>			
treatment	5	2.93	0.013
loc	15	2.79	0.0004
loc 1	3	4.21	0.006
<i>RWR</i>			
treatment	5	3.66	0.0031
loc	13	4.77	<.0001
loc 1	3	10.22	<.0001

묘목 성장, 바이오매스에 미치는 토양 영향:

Novosibirsk, Russia 종자:

2024 년에 5 가지 토양 처리에 다른 원산지의 시베리아잎갈나무를 파종하는 실험을 하였고, 9 월에 각 처리에서 30 개 묘목의 형태 측정하였다. 러시아 노보시비르스크산 시베리아잎갈나무 종자를 사용하여 다양한 토양 처리(5 개 처리)에 파종한 1 년생 묘목의 형태 측정 지수는 표 2 와 같다.

시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 측정 지수를 토양 처리별로 보면 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.442 \pm 0.094 \text{mm}$, 수고가 $2.508 \pm 0.107 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.081 \pm 0.402 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.018 \pm 0.002 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.026 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리와 줄기 비율이 2.131 ± 0.109 , 뿌리 상대 중량이 0.558 ± 0.012 이었다. 토양-2 같은 경우 뿌리 직경이 $1.625 \pm 0.102 \text{mm}$, 수고가 $2.307 \pm 0.227 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $11.900 \pm 0.548 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.037 \pm 0.006 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.105 \pm 0.012 \text{gr}$, 뿌리와 줄기 비율이 2.128 ± 0.278 , 뿌리 상대 중량이 0.497 ± 0.044 이었다. 토양-3 같은 경우 뿌리 직경이 $1.943 \pm 0.483 \text{mm}$, 수고가 $2.381 \pm 0.199 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.205 \pm 1.073 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.047 \pm 0.012 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.043 \pm 0.004 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.104 \pm 0.013 \text{gr}$, 총 무게가 $0.195 \pm 0.023 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.473 ± 0.211 , 뿌리 상대 중량이 0.544 ± 0.028 이었다. 토양-4 같은 경우 뿌리 직경이 $1.872 \pm 0.082 \text{mm}$, 수고가 $2.963 \pm 0.299 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.662 \pm 0.789 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.046 \pm 0.006 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.058 \pm 0.006 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.114 \pm 0.011 \text{gr}$, 총 무게가 $0.218 \pm 0.022 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.158 ± 0.139 , 뿌리 상대 중량이 0.532 ± 0.016 이었다. 토양-5 같은 경우 뿌리 직경이 $0.597 \pm 0.026 \text{mm}$, 수고가 $1.700 \pm 0.056 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $5.438 \pm 0.368 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.004 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.013 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.026 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 1.652 ± 0.388 , 뿌리 상대 중량이 0.518 ± 0.026 이었다.

표 2. 러시아 노보시비르스크산 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	1.442 ± 0.094	2.508 ± 0.107	10.081 ± 0.402	0.018 ± 0.002	0.026 ± 0.001	0.055 ± 0.004	0.100 ± 0.007	2.131 ± 0.109	0.558 ± 0.012
토양-2	1.625 ± 0.102	2.307 ± 0.227	11.900 ± 0.548	0.037 ± 0.006	0.042 ± 0.005	0.105 ± 0.012	0.272 ± 0.056	2.128 ± 0.278	0.497 ± 0.044
토양-3	1.943 ± 0.483	2.381 ± 0.199	13.205 ± 1.073	0.047 ± 0.012	0.043 ± 0.004	0.104 ± 0.013	0.195 ± 0.023	2.473 ± 0.211	0.544 ± 0.028
토양-4	1.872 ± 0.082	2.963 ± 0.299	9.660 ± 0.789	0.046 ± 0.006	0.058 ± 0.006	0.114 ± 0.011	0.218 ± 0.022	2.158 ± 0.139	0.532 ± 0.016
토양-5	0.597 ± 0.026	1.700 ± 0.056	5.438 ± 0.368	0.004 ± 0.001	0.010 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.026 ± 0.002	1.652 ± 0.388	0.518 ± 0.026

Zavkhan aimag Tosontsengel soum 종자:

2024 년에 한-몽 그린벨트 사업단 Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 에 위치한 양묘장에 양묘용기에 토양처리 4 개에 파종하였다. 형태 측정 지수를 토양 처리별로 보면 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.934 \pm 0.072 \text{mm}$, 수고가 $2.383 \pm 0.097 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.757 \pm 0.243 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.007 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.022 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.029 \pm 0.004 \text{gr}$, 총 무게 $0.056 \pm 0.007 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 1.238 ± 0.065 , 뿌리 상대 중량이 0.494 ± 0.012 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.837 \pm 0.052 \text{mm}$, 수고가 $1.263 \pm 0.039 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.667 \pm 0.0454 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.011 \pm 0.005 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.013 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리

무게가 $0.031\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.055\pm 0.006\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.408 ± 0.107 , 뿌리 상대 중량이 0.590 ± 0.017 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.427\pm 0.058\text{mm}$, 수고가 $1.793\pm 0.058\text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.450\pm 0.570\text{cm}$, 잎 무게가 $0.008\pm 0.001\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.023\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.042\pm 0.004\text{gr}$, 총 무게가 $0.074\pm 0.005\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 1.838 ± 0.092 , 뿌리 상대 중량이 0.567 ± 0.012 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.485\pm 0.189\text{mm}$, 수고가 $1.580\pm 0.164\text{cm}$, 뿌리 길이가 $6.782\pm 0.711\text{cm}$, 잎 무게가 $0.016\pm 0.007\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.031\pm 0.010\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.054\pm 0.018\text{gr}$, 총 무게가 $0.101\pm 0.035\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 1.762 ± 0.155 , 뿌리 상대 중량이 0.542 ± 0.018 이었다.

표 3. Zavkhan aimag Tosontsenge; soum 시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.934 ± 0.072	2.383 ± 0.097	5.757 ± 0.243	0.007 ± 0.001	0.022 ± 0.002	0.029 ± 0.004	0.056 ± 0.007	1.238 ± 0.065	0.494 ± 0.012
토양-2	0.837 ± 0.052	1.263 ± 0.039	7.667 ± 0.454	0.011 ± 0.005	0.013 ± 0.001	0.031 ± 0.002	0.055 ± 0.006	2.408 ± 0.107	0.590 ± 0.017
토양-3	1.427 ± 0.058	1.793 ± 0.058	9.450 ± 0.570	0.008 ± 0.001	0.023 ± 0.001	0.042 ± 0.004	0.074 ± 0.005	1.838 ± 0.092	0.567 ± 0.012
토양-4	1.485 ± 0.189	1.580 ± 0.164	6.780 ± 0.711	0.016 ± 0.007	0.031 ± 0.010	0.054 ± 0.018	0.101 ± 0.035	1.762 ± 0.155	0.542 ± 0.018

Khuvsgul aimag Shine-ider soum 에서 채취한 종자로 파종한 묘목 성장, 바이오매스에 미치는 토양 영향

토양-4 처리 같은 경우 다른 토양 처리보다 묘목 성장이 좋은 것으로 나타났으며, 뿌리 직경이 $1.827\pm 0.088\text{mm}$, 수고가 $2.193\pm 0.217\text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.913\pm 0.631\text{cm}$, 잎 무게가 $0.031\pm 0.006\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.048\pm 0.007\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.087\pm 0.010\text{gr}$, 총 무게가 $0.166\pm 0.023\text{gr}$ 이었다(표 4). 형태 측정 결과를 토양 처리별로 보면 다음과 같다. 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.736\pm 0.056\text{mm}$, 수고가 $1.367\pm 0.052\text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.193\pm 0.243\text{cm}$, 잎 무게가 $0.018\pm 0.008\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.019\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.045\pm 0.003\text{gr}$, 총 무게가 $0.081\pm 0.009\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.413 ± 0.095 , 뿌리 상대 중량이 0.589 ± 0.016 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.155\pm 0.033\text{mm}$, 수고가 $1.583\pm 0.073\text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.672\pm 0.186\text{cm}$, 잎 무게가 $0.009\pm 0.001\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.016\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.049\pm 0.007\text{gr}$, 총 무게가 $0.074\pm 0.007\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.492 ± 0.878 , 뿌리 상대 중량이 0.636 ± 0.013 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.423\pm 0.055\text{mm}$, 수고가 $1.575\pm 0.085\text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.568\pm 0.376\text{cm}$, 잎 무게가 $0.013\pm 0.002\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.024\pm 0.002\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.052\pm 0.005\text{gr}$, 총 무게가 $0.089\pm 0.008\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.226 ± 0.128 , 뿌리 상대 중량이 0.581 ± 0.018 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.827\pm 0.088\text{mm}$, 수고가 $2.193\pm 0.217\text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.913\pm 0.631\text{cm}$, 잎 무게가 $0.031\pm 0.006\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.048\pm 0.007\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.087\pm 0.010\text{gr}$, 총 무게가 $0.166\pm 0.023\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.138 ± 0.120 , 뿌리 상대 중량이 0.563 ± 0.014 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.609\pm 0.034\text{mm}$, 수고가 $1.593\pm 0.067\text{cm}$, 뿌리 길이 $7.173\pm 0.292\text{cm}$, 잎 무게가 $0.002\pm 0.001\text{gr}$, 줄기

무게가 $0.008 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.015 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.026 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.105 ± 0.416 , 뿌리 상대 중량이 0.539 ± 0.037 이었다.

표 4. Khuvs gul aimag Shine-ider soum 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.736 ± 0.056	1.367 ± 0.052	7.193 ± 0.243	0.018 ± 0.008	0.019 ± 0.001	0.045 ± 0.003	0.081 ± 0.009	2.413 ± 0.095	0.589 ± 0.016
토양-2	1.155 ± 0.033	1.583 ± 0.073	7.672 ± 0.186	0.009 ± 0.001	0.016 ± 0.001	0.049 ± 0.007	0.074 ± 0.007	3.492 ± 0.878	0.636 ± 0.013
토양-3	1.423 ± 0.055	1.575 ± 0.085	7.568 ± 0.376	0.013 ± 0.002	0.024 ± 0.002	0.052 ± 0.005	0.089 ± 0.008	2.226 ± 0.128	0.581 ± 0.018
토양-4	1.827 ± 0.088	2.193 ± 0.217	9.913 ± 0.631	0.031 ± 0.006	0.048 ± 0.007	0.087 ± 0.010	0.166 ± 0.023	2.138 ± 0.120	0.563 ± 0.014
토양-5	0.609 ± 0.034	1.593 ± 0.067	7.173 ± 0.292	0.002 ± 0.001	0.008 ± 0.001	0.015 ± 0.001	0.026 ± 0.002	2.105 ± 0.416	0.593 ± 0.037

Uvs aimag Undurkhangai soum 종자:

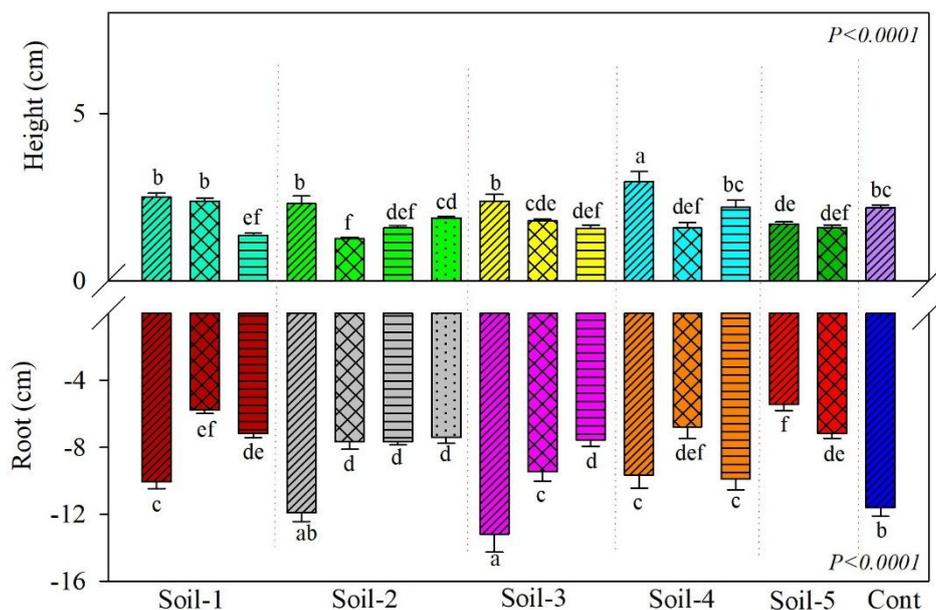
양묘장 시험지에 토양-2 처리로 실험하였다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.975 \pm 0.037 \text{mm}$, 수고가 $1.878 \pm 0.048 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.413 \pm 0.359 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.006 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.014 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.032 \pm 0.002 \text{gr}$, 총 무게가 $0.052 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.243 ± 0.108 , 뿌리 상대 중량이 0.602 ± 0.012 이었다.

표 5. Uvs aimag Undurkhangai soum 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-2	0.957 ± 0.037	1.878 ± 0.048	7.413 ± 0.359	0.006 ± 0.001	0.014 ± 0.001	0.032 ± 0.002	0.052 ± 0.002	2.243 ± 0.108	0.602 ± 0.012

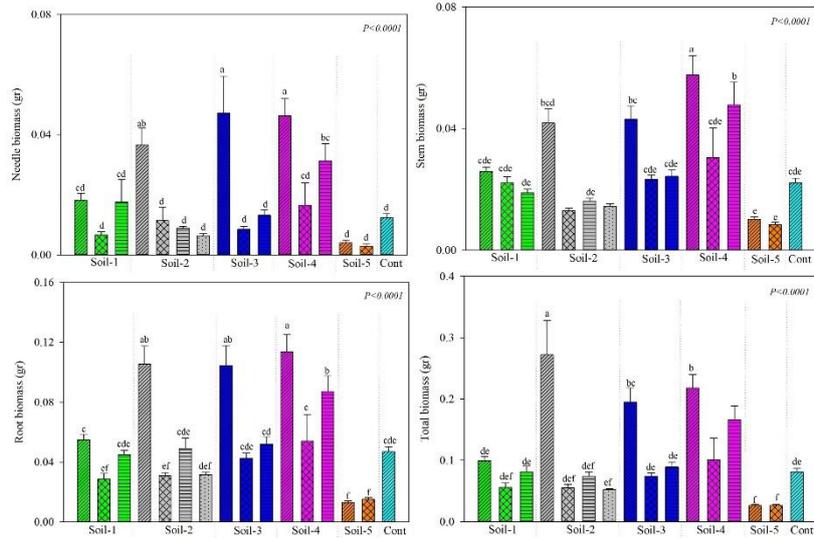
지역별 묘목 성장 및 바이오매스에 미치는 토양 영향 :

5 개 지역에서 채취한 종자를 5 개 토양처리로 파종한 묘목의 성장 그래프가 다음과 같다(그래픽 1). 토양-4 처리에서 러시아 노보시비르스크 종자 묘목의 수고가 다른 처리보다 높은 것으로 나타났다. 뿌리 발달은 토양-3 처리에서 러시아 노보시비르스크 종자로 파종한 묘목의 가장 높은 것으로 나타났다. 토양처리별로 묘목의 수고 및 성장은 차이가 있는 것으로 보인다 ($p < 0.0001$).



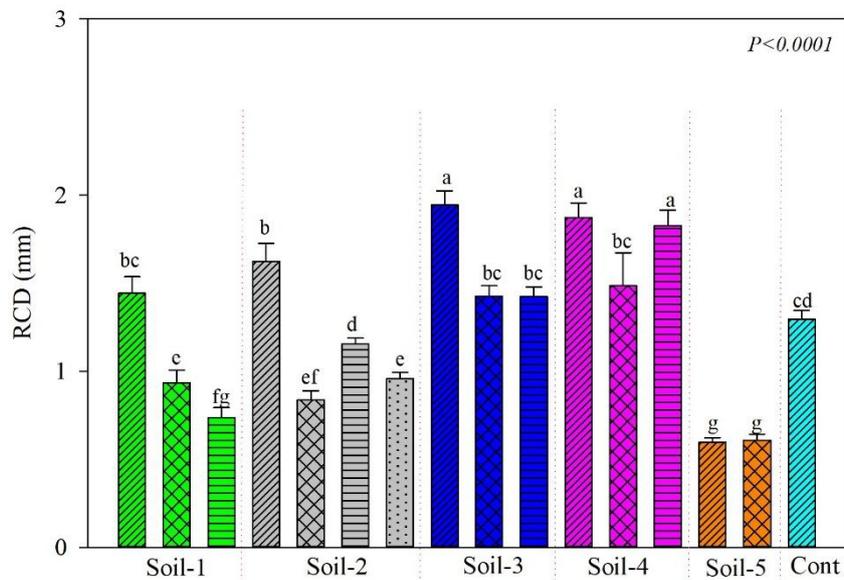
그래픽 1. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 수고 및 뿌리 지수

토양처리별로 종자 원산지가 다른 묘목의 잎, 줄기, 뿌리, 바이오매스의 지수가 그래픽 2 와 같다. 토양처리별로 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.0001$). 토양-3, 4 처리에 묘목의 잎 바이오매스 지수가 가장 높았고, 토양-2, 5 처리가 가장 낮은 것으로 나타났다. 줄기 및 뿌리 바이오매스 지수가 토양-4 처리에 가장 높고, 토양-5 처리가 가장 낮은 것으로 보인다.



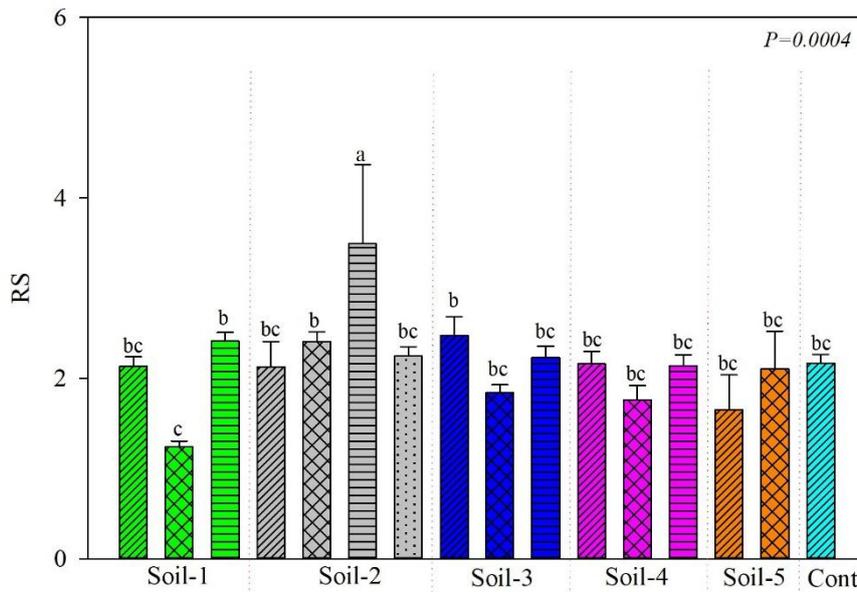
그래픽 2. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목 바이오매스 지수 (A-잎 바이오매스, B-줄기 바이오매스, B- 뿌리 바이오매스, Γ-총 바이오매스)

토양처리별로 묘목의 뿌리 직경이 통계적으로 차이가 높은 것으로 나타났다. 토양-4 처리에 뿌리 직경이 다른 처리보다 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 토양-4 처리가 시베리아잎갈나무 양묘에 가장 적합한 것으로 보인다. 토양-3 은 중간, 토양-1, 2, 5 처리에서 가장 적은 것으로 나타났다(그래픽 3).



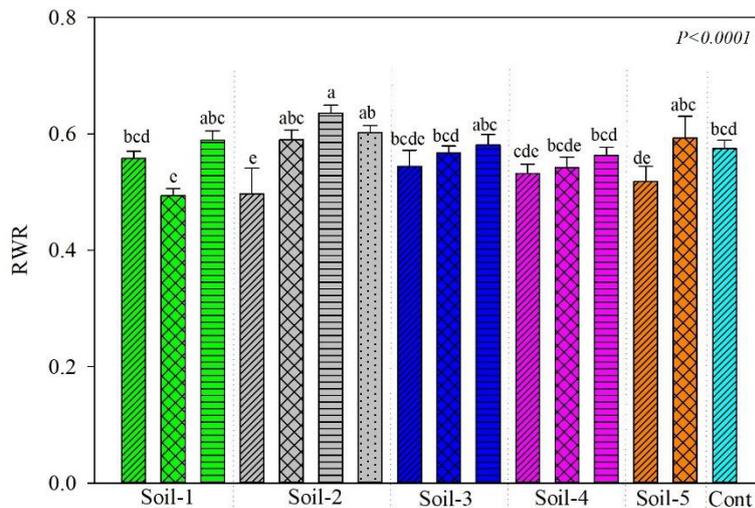
그래픽 3. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 뿌리 직경

뿌리 줄기 비율: 뿌리 및 줄기 비율에 수종, 환경 등이 영향을 미치며, 시베리아잎갈나무 묘목의 뿌리 줄기 비율이 통계적으로 약간 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양-2 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 가장 높아 뿌리 바이오매스가 높은 것으로 보인다(그래픽 4). 토양-1 처리에서 뿌리 바이오매스가 가장 낮은 것으로 보인다. 따라서 토양은 식생 바이오매스에 영향을 주는 것으로 보인다(그래픽 4).



그래픽 4. 시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 뿌리 줄기 비율

뿌리 무게 비율: 뿌리 및 무게 비율이 식생 바이오매스의 몇 퍼센트를 뿌리 바이오매스가 차지하는지 보여 준다. 그래픽을 보면 토양-2, 3 처리에서 뿌리 무게 비율이 가장 높았고, 특히 토양-2 처리에 Khuvs gul aimag Shine-ider soum에서 채취한 종자 묘목의 뿌리 무게 비율에서 가장 높은 퍼센트를 차지한다. 토양-5 처리에서 뿌리 무게 비율이 다른 처리와 비교하면 평균으로 나타났다(그래픽 5).



그래픽 5. 시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 뿌리 무게 비율

구조적송 1년생 묘목의 형태 측정 지수 :

분산분석 결과:

채취한 지역이 다른 구조적송 종자를 5 개 토양 처리로 양묘용기에 파종한 결과 수고, 뿌리 직경, 뿌리 길이, 잎, 줄기, 뿌리 바이오매스, 뿌리 비율 등은 토양처리 및 종자 원산지별로 통계적 차이가 있다

표 6. 구조적송 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<i>RCD (mm)</i>			
treatment	5	59.43	<.0001
loc	10	34.58	<.0001
loc 1	1	0.15	0.6962
<i>Height (cm)</i>			
treatment	5	52.49	<.0001
loc	10	27.25	<.0001
loc 1	1	2.18	0.1413
<i>Root (cm)</i>			
treatment	5	33.73	<.0001
loc	10	18.34	<.0001
loc 1	1	2.03	0.1551
<i>Needle biomass (gr)</i>			
treatment	5	66.5	<.0001
loc	10	33.92	<.0001
loc 1	1	0.89	0.3469
<i>stem biomass (gr)</i>			
treatment	5	51.62	<.0001
loc	10	26.28	<.0001
loc 1	1	1.83	0.1773
<i>Root biomass (gr)</i>			
treatment	5	29.86	<.0001
loc	10	15.5	<.0001
loc 1	1	4.21	0.0412
<i>Total biomass (gr)</i>			
treatment	5	61.67	<.0001
loc	10	30.94	<.0001
loc 1	1	2.54	0.1124
<i>RS</i>			
treatment	5	17.45	<.0001
loc	10	9.23	<.0001
loc 1	1	1.15	0.2845
<i>RWR</i>			
treatment	5	25.93	<.0001
loc	10	14.12	<.0001
loc 1	1	0.61	0.4355

Byan-Uul, Dornod 종자 :

2024 년에 5 가지 토양 처리에 다른 원산지의 구조적송을 파종하는 실험을 하였고, 9 월에 각 처리에서 30 개 묘목의 형태 측정하였다. 러시아 노보시비르스크산 종자를 사용하여 다양한 토양 처리(5 개 처리)에 파종한 1 년생 묘목의 형태 측정 지수는 표 1 과 같다.

구조적송 1 년생 묘목의 형태 측정 지수를 토양 처리별로 보면 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.447 \pm 0.042 \text{mm}$, 수고가 $2.973 \pm 0.130 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $11.183 \pm 0.370 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.126 \pm 0.011 \text{gr}$, 주리 무게가 $0.018 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.086 \pm 0.008 \text{gr}$, 총 무게가 $0.230 \pm 0.019 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 4.929 ± 0.288 , 뿌리 상대 중량이 0.377 ± 0.017 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.605 \pm 0.045 \text{mm}$, 수고가 $3.120 \pm 0.114 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.780 \pm 0.445 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.109 \pm 0.008 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.018 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.072 \pm 0.016 \text{gr}$, 총 무게가 $0.198 \pm 0.020 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.901 ± 0.618 , 뿌리 상대 중량이 0.328 ± 0.023 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.564 \pm 0.019 \text{mm}$, 수고가 $2.876 \pm 0.085 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $12.128 \pm 0.301 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.087 \pm 0.006 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.015 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.067 \pm 0.004 \text{gr}$, 총 무게가 $0.169 \pm 0.010 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 4.655 ± 0.289 , 뿌리 상대 중량이 0.394 ± 0.013 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.111 \pm 0.039 \text{mm}$, 수고가 $3.993 \pm 0.090 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.100 \pm 0.708 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.230 \pm 0.015 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.034 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.129 \pm 0.012 \text{gr}$, 총 무게가 $0.392 \pm 0.025 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.719 ± 0.247 , 뿌리 상대 중량이 0.318 ± 0.013 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.564 \pm 0.022 \text{mm}$, 수고가 $2.272 \pm 0.072 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.508 \pm 0.240 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.044 \pm 0.003 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.019 \pm 0.002 \text{gr}$, 총 무게가 $0.073 \pm 0.004 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.564 ± 0.357 , 뿌리 상대 중량이 0.262 ± 0.022 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 성정 및 뿌리발달이 다른 지수보다 높은 것으로 나타났다.

표 7. 러시아 노보시비르스크 구조적송 1 년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.447 ± 0.042	2.973 ± 0.130	11.183 ± 0.370	0.126 ± 0.011	0.018 ± 0.001	0.086 ± 0.008	0.230 ± 0.019	4.929 ± 0.288	0.377 ± 0.017
토양-2	0.605 ± 0.045	3.120 ± 0.114	9.780 ± 0.445	0.109 ± 0.008	0.018 ± 0.001	0.072 ± 0.016	0.198 ± 0.020	3.901 ± 0.618	0.328 ± 0.023
토양-3	0.564 ± 0.019	2.876 ± 0.085	12.128 ± 0.301	0.087 ± 0.006	0.015 ± 0.001	0.067 ± 0.004	0.169 ± 0.010	4.655 ± 0.289	0.394 ± 0.013
토양-4	1.111 ± 0.039	3.993 ± 0.090	13.100 ± 0.708	0.230 ± 0.015	0.034 ± 0.002	0.129 ± 0.012	0.392 ± 0.025	3.719 ± 0.247	0.318 ± 0.013
토양-5	0.564 ± 0.022	2.272 ± 0.072	7.508 ± 0.240	0.044 ± 0.003	0.010 ± 0.002	0.019 ± 0.002	0.073 ± 0.004	2.564 ± 0.357	0.262 ± 0.022

Khentii aimag Binder soum 종자:

과중한 구조적송 묘목의 성장은 토양-4 처리에서 가장 높은 것으로 나타났다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 1.111 ± 0.039 mm, 수고가 3.993 ± 0.039 cm, 뿌리 길이가 13.100 ± 0.708 cm, 잎 무게가 0.230 ± 0.015 gr, 줄기 무게가 0.034 ± 0.002 gr, 뿌리 무게가 0.129 ± 0.012 gr, 총 무게가 0.418 ± 0.042 gr, 뿌리 줄기 비율이 2.843 ± 0.130 , 뿌리 상대 중량이 0.259 ± 0.009 이었다(표 3). 형태 측정 지수를 토양처리별로 보면 다음과 같다. 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 0.773 ± 0.041 mm, 수고가 2.746 ± 0.144 cm, 뿌리 길이가 12.507 ± 0.476 cm, 잎 무게가 0.130 ± 0.015 gr, 줄기 무게가 0.018 ± 0.002 gr, 뿌리 무게가 0.079 ± 0.010 gr, 총 무게가 0.227 ± 0.025 gr, 뿌리 줄기 비율이 4.572 ± 0.370 , 뿌리 상대 중량이 0.342 ± 0.015 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 0.753 ± 0.035 mm, 수고가 2.947 ± 0.079 cm, 뿌리 길이가 9.727 ± 0.465 cm, 잎 무게가 0.109 ± 0.006 gr, 줄기 무게가 0.018 ± 0.001 gr, 뿌리 무게가 0.059 ± 0.003 gr, 총 무게가 0.185 ± 0.009 gr, 뿌리 줄기 비율이 3.593 ± 0.201 , 뿌리 상대 중량이 0.322 ± 0.011 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 0.461 ± 0.055 mm, 수고가 3.210 ± 0.115 cm, 뿌리 길이가 13.723 ± 0.296 cm, 잎 무게가 0.085 ± 0.006 gr, 줄기 무게가 0.016 ± 0.001 gr, 뿌리 무게가 0.074 ± 0.006 gr, 총 무게가 0.175 ± 0.013 gr, 뿌리 줄기 비율이 4.601 ± 0.191 , 뿌리 상대 중량이 0.420 ± 0.010 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 1.111 ± 0.039 mm, 수고가 3.993 ± 0.090 cm, 뿌리 길이가 13.100 ± 0.708 cm, 잎 무게가 0.230 ± 0.015 gr, 줄기 무게가 0.034 ± 0.002 gr, 뿌리 무게가 0.129 ± 0.012 gr, 총 무게가 0.418 ± 0.042 gr, 뿌리 줄기 비율이 2.843 ± 0.130 , 뿌리 상대 중량이 0.259 ± 0.009 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 0.563 ± 0.022 mm, 수고가 2.110 ± 0.068 cm, 뿌리 길이가 8.277 ± 0.267 cm, 잎 무게가 0.045 ± 0.002 gr, 줄기 무게가 0.008 ± 0.000 gr, 뿌리 무게가 0.018 ± 0.001 gr, 총 무게가 0.071 ± 0.004 gr, 뿌리 줄기 비율이 2.379 ± 0.123 , 뿌리 상대 중량이 0.250 ± 0.008 이었다.

표 8. Khentii aimag Binder soum 구조적송 1 년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.773 ± 0.041	2.767 ± 0.144	12.507 ± 0.476	0.130 ± 0.015	0.018 ± 0.002	0.079 ± 0.010	0.227 ± 0.025	4.572 ± 0.370	0.342 ± 0.015
토양-2	0.753 ± 0.035	2.947 ± 0.079	9.727 ± 0.465	0.109 ± 0.006	0.018 ± 0.001	0.059 ± 0.003	0.185 ± 0.009	3.593 ± 0.201	0.322 ± 0.011
토양-3	0.461 ± 0.055	3.210 ± 0.115	13.723 ± 0.296	0.085 ± 0.006	0.016 ± 0.001	0.074 ± 0.006	0.175 ± 0.013	4.601 ± 0.191	0.420 ± 0.010
토양-4	1.111 ± 0.039	3.993 ± 0.090	13.100 ± 0.708	0.230 ± 0.015	0.034 ± 0.002	0.129 ± 0.012	0.418 ± 0.042	2.843 ± 0.130	0.259 ± 0.009
토양-5	0.563 ± 0.022	2.110 ± 0.068	8.277 ± 0.267	0.045 ± 0.002	0.008 ± 0.000	0.018 ± 0.001	0.071 ± 0.004	2.379 ± 0.123	0.250 ± 0.008

지역별 묘목 성장 및 바이오매스에 미치는 토양 영향 :

5 개 지역에서 채취한 종자를 5 개 토양처리로 파종하여 묘목의 성장 및 뿌리 발달을 파악하였다 (그래픽 6). 토양처리별로 통계적 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양은 식생의 수고 및 뿌리 발달에 영향을 미치는 것으로 보인다. 그래픽을 보면 토양-4, 3 처리에서 묘목 수고가 가장 높았다. 토양-5 처리에서 뿌리 발달이 가장 낮은 것으로 나타났다.

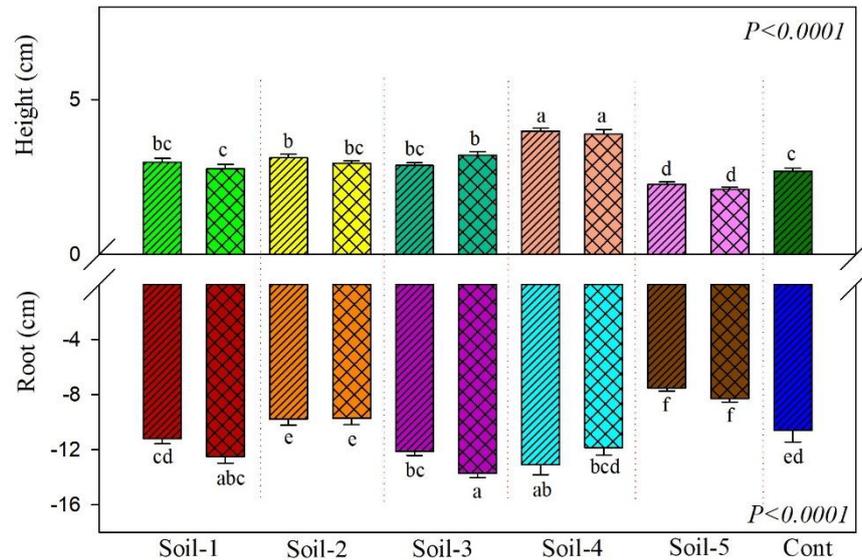


표 6. 구조적송 1 년생 묘목이 수고 및 뿌리 발달 지수

토양처리별로 원산지가 다른 종자로 파종한 묘목의 잎, 줄기, 뿌리 등의 바이오매스, 총 바이오매스 등의 결과가 그래픽 7 과 같다. 토양처리별로 통계적으로 차이가 있는 것으로 보인다($p < 0.0001$). 토양-4 처리에서 바이오매스가 가장 높은 반면에 토양-5 처리에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

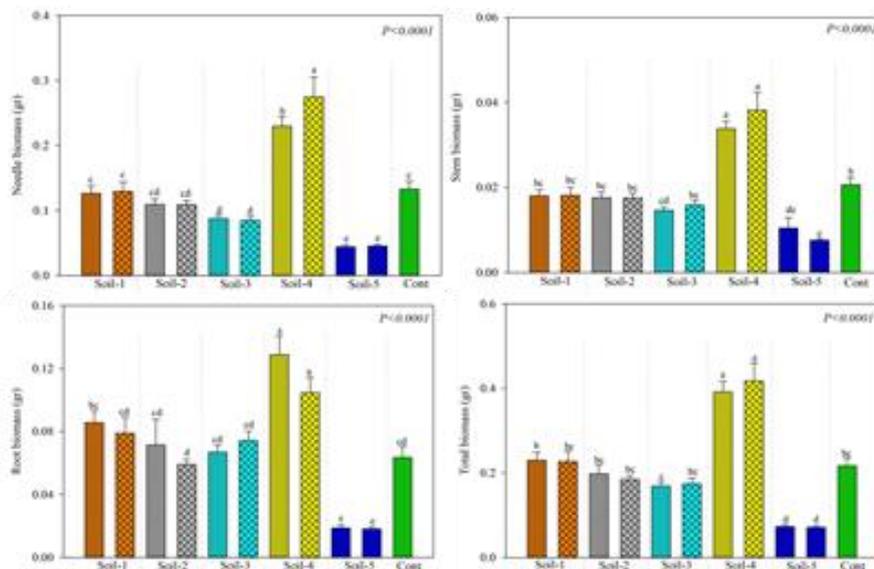
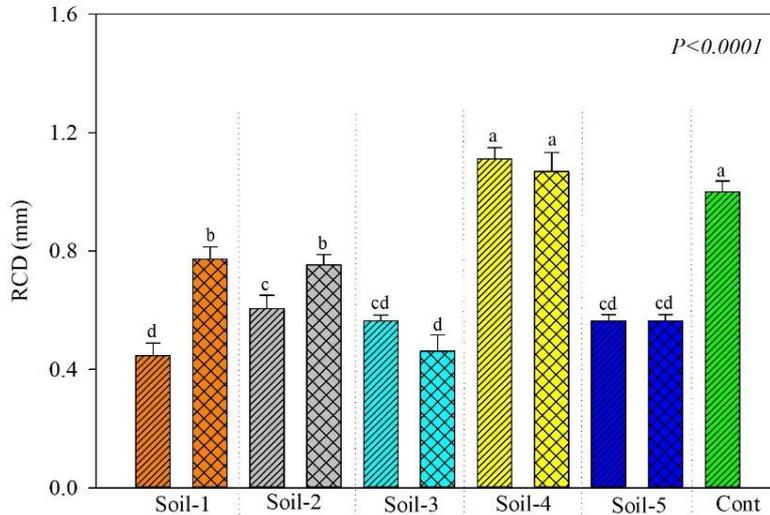


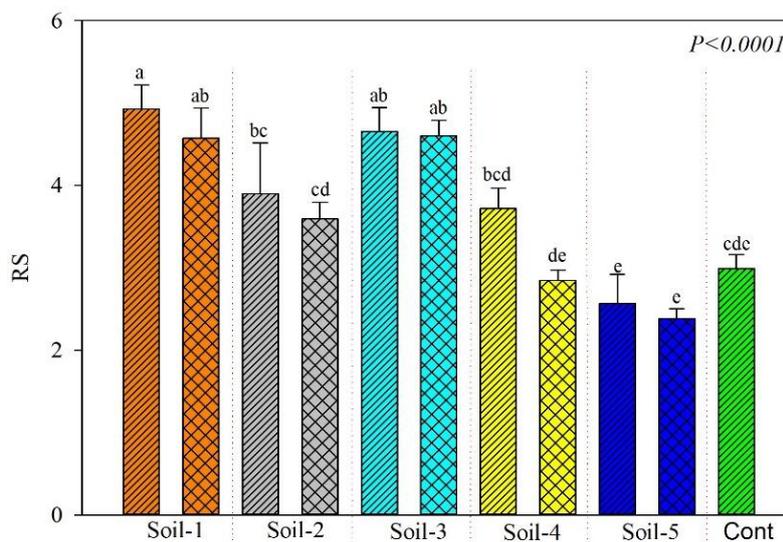
표 7. 구조적송 1 년생 묘목의 바이오매스(A-잎 바이오매스, B-줄기 바이오매스, B-뿌리 바이오매스, Γ- 총 바이오매스)

토양처리별로 묘목의 뿌리 직경이 차이가 많은 것으로 보인다. 토양-4 처리에서 뿌리 직경이 가장 높아 구조적송 양묘에 가장 적합한 토양으로 보인다. 토양-1,2 처리가 중간, 토양-3, 5 처리가 가장 낮은 것으로 나타났다(그래픽 8).



그래픽 8. 구조적송 1년생 묘목의 뿌리 직경

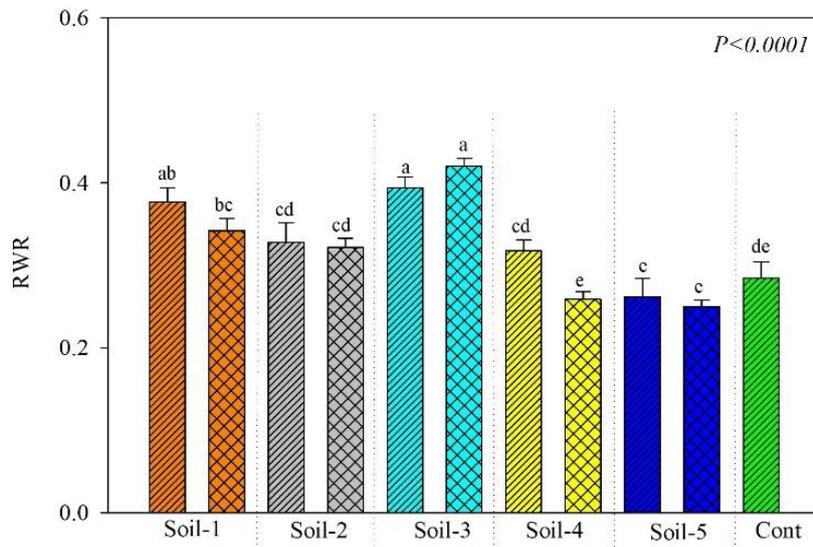
뿌리 줄기 비율: 뿌리 줄기 비율에 수종, 환경 등이 영향을 미치며, 구조적송 뿌리 줄기 비율이 토양처리별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양-3 처리 토양-2 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 가장 높아 뿌리 바이오매스가 높은 것으로 보인다(그래픽 9). 토양-5 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 가장 낮으며 성장에 비해 뿌리 발달이 안 좋은 것으로 보인다. 토양-3 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 높은 것으로 성장 및 뿌리 발달이 적합한 것으로 보인다.



그래픽 9. 구조적송 1년생 묘목의 뿌리 줄기 비율

뿌리 무게 비율: 뿌리 무게 비율이 식생 바이오매스의 몇 퍼센트를 뿌리 바이오매스가 차지하는지 보여 준다. 그래픽을 보면 토양-1, 3 처리에서 뿌리 무게 비율이 가장 높았고, 특히 토양-3 처리에 묘목의 뿌리 무게 비율에서 가장 높은

퍼센트를 차지한다. 토양-2 처리에서 뿌리 및 무게 비율이 평균적으로 나타났으며, 토양-5 처리에서 뿌리 및 무게 비율이 다른 처리와 비교적으로 낮은 나타났다(그래픽 10).



그래픽 10. 구조적송 1 년생 묘목의 뿌리 무게 비율

시험지 : Selenge aimag Bugant village

시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 형태 측정 지수 :

분산분석 결과 :

채취한 지역이 다른 시베리아잎갈나무 종자를 5 개 토양 처리로 양묘용기에 파종한 결과 수고, 뿌리 직경, 뿌리 길이, 잎, 줄기, 뿌리 바이오매스, 뿌리 비율 등은 처리 및 지역별로 통계적 차이가 있다.

표 9. 시베리아잎갈나무 분산분석 결과

Source	DF	F Value	Pr>F
<i>RCD (mm)</i>			
treatment	4	424.15	<.0001
loc	19	103.86	<.0001
loc 1	4	30.19	<.0001
<i>Height (cm)</i>			
treatment	4	274.24	<.0001
loc	19	64.48	<.0001
loc 1	4	53.06	<.0001
<i>Root (cm)</i>			
treatment	4	32.28	<.0001
loc	19	8.13	<.0001
loc 1	4	2.33	0.0548
<i>Needle biomass (gr)</i>			
treatment	4	30.85	<.0001
loc	19	7.93	<.0001
loc 1	4	3.43	0.0088
<i>stem biomass (gr)</i>			
treatment	4	204.49	<.0001
loc	19	47.01	<.0001
loc 1	4	24.63	<.0001
<i>Root biomass (gr)</i>			
treatment	4	329.69	<.0001
loc	19	74.85	<.0001
loc 1	4	31.06	<.0001
<i>Total biomass (gr)</i>			
treatment	4	348.68	<.0001
loc	19	78.91	<.0001
loc 1	4	34.83	<.0001
<i>RS</i>			
treatment	4	3.85	0.0043
loc	19	1.64	0.0432
loc 1	4	0.26	0.9022
<i>RWR</i>			
treatment	4	29.63	<.0001
loc	19	10.23	<.0001
loc 1	4	7.49	<.0001

묘목 성장, 바이오매스에 미치는 토양 영향:

Novosibirsk, Russia 종자:

2024 년에 5 가지 토양 처리에 다른 원산지의 시베리아잎갈나무를 과종하는 실험을 하였고, 9 월에 각 처리에서 30 개 묘목의 형태 측정하였다. 러시아 노보시비르스크산 시베리아잎갈나무 종자를 사용하여 다양한 토양 처리(5 개 처리)에 과종한 1 년생 묘목의 형태 측정 지수는 표 10 과 같다.

시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 측정 지수를 토양 처리별로 보면 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경은 $0.164 \pm 0.016 \text{mm}$, 수고가 $2.021 \pm 0.045 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $7.204 \pm 0.428 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.008 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.007 \pm 0.000 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.014 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.029 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.113 ± 0.149 , 뿌리 무게 비율이 0.491 ± 0.016 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.574 \pm 0.026 \text{mm}$, 수고가 $1.765 \pm 0.058 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $8.674 \pm 0.427 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.009 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.021 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.039 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.158 ± 0.101 , 뿌리 무게 비율이 0.531 ± 0.011 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.817 \pm 0.049 \text{mm}$, 수고가 $3.200 \pm 0.177 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.770 \pm 0.916 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.016 \pm 0.002 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.024 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.060 \pm 0.005 \text{gr}$, 총 무게가 $0.099 \pm 0.008 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.544 ± 0.121 , 뿌리 무게 비율이 0.602 ± 0.014 이었다.

토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.583 \pm 0.054 \text{mm}$, 수고가 $5.788 \pm 0.414 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $14.938 \pm 0.726 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.064 \pm 0.006 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.102 \pm 0.011 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.243 \pm 0.017 \text{gr}$, 총 무게가 $0.409 \pm 0.008 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.795 ± 0.201 , 뿌리 무게 비율이 0.589 ± 0.034 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.433 \pm 0.032 \text{mm}$, 수고가 $2.323 \pm 0.079 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.777 \pm 0.840 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.011 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.015 \pm 0.003 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.020 \pm 0.002 \text{gr}$, 총 무게가 $0.046 \pm 0.004 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 1.608 ± 0.102 , 뿌리 무게 비율이 0.445 ± 0.018 이었다. 토양-4 처리에서 과종한 묘목의 성장이 다른 처리보다 높은 것으로 보인다.

표 10. 러시아, 노보시비르시 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 증량
토양-1	0.164 ± 0.016	2.021 ± 0.045	7.204 ± 0.428	0.008 ± 0.001	0.007 ± 0.000	0.014 ± 0.001	0.029 ± 0.001	2.113 ± 0.149	0.491 ± 0.016
토양-2	0.574 ± 0.026	1.765 ± 0.058	8.674 ± 0.427	0.009 ± 0.001	0.010 ± 0.001	0.021 ± 0.001	0.039 ± 0.002	2.158 ± 0.101	0.531 ± 0.014
토양-3	0.817 ± 0.049	3.200 ± 0.177	13.770 ± 0.916	0.016 ± 0.002	0.024 ± 0.002	0.060 ± 0.005	0.099 ± 0.008	2.544 ± 0.121	0.602 ± 0.014
토양-4	1.583 ± 0.054	5.788 ± 0.414	14.938 ± 0.726	0.064 ± 0.006	0.102 ± 0.011	0.243 ± 0.017	0.409 ± 0.024	3.795 ± 1.201	0.589 ± 0.034
토양-5	0.433 ± 0.032	2.323 ± 0.079	10.777 ± 0.840	0.011 ± 0.001	0.015 ± 0.003	0.020 ± 0.002	0.046 ± 0.004	1.608 ± 0.102	0.445 ± 0.018

Zavkhan aimag, Tosontsengel soum 종자:

시베리아잎갈나무 묘목의 성장이 토양-4 처리에서 가장 높은 것으로 나타났다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.107 \pm 0.064 \text{mm}$, 수고가 $4.747 \pm 0.375 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.443 \pm 1.129 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.028 \pm 0.004 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.068 \pm 0.006 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.165 \pm 0.023 \text{gr}$, 총 무게가 $0.261 \pm 0.028 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.723 ± 0.576 , 뿌리 무게 비율이 0.599 ± 0.020 이었다(표 11). 형태 측정 결과는 다음과 같다. 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.237 \pm 0.041 \text{mm}$, 수고가 $2.037 \pm 0.099 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $8.719 \pm 0.547 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.014 \pm 0.003 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.015 \pm 0.002 \text{gr}$, 총 무게가 $0.036 \pm 0.004 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.155 ± 0.234 , 뿌리 무게 비율이 0.424 ± 0.025 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.408 \pm 0.033 \text{mm}$, 수고가 $1.454 \pm 0.071 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.438 \pm 0.890 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.005 \pm 0.000 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.007 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.018 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.030 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.482 ± 0.136 , 뿌리 무게 비율이 0.590 ± 0.013 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.647 \pm 0.033 \text{mm}$, 수고가 $2.133 \pm 0.100 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.617 \pm 0.766 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.008 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.018 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.038 \pm 0.004 \text{gr}$, 총 무게가 $0.064 \pm 0.005 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.091 ± 0.153 , 뿌리 무게 비율이 0.570 ± 0.017 이었다.

토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.107 \pm 0.064 \text{mm}$, 수고가 $4.747 \pm 0.375 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.443 \pm 1.129 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.028 \pm 0.004 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.068 \pm 0.006 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.165 \pm 0.023 \text{gr}$, 총 무게가 $0.261 \pm 0.028 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.723 ± 0.576 , 뿌리 무게 비율이 0.599 ± 0.020 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.293 \pm 0.026 \text{mm}$, 수고가 $2.413 \pm 0.097 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.817 \pm 0.751 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.006 \pm 0.000 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.018 \pm 0.003 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.016 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.041 \pm 0.010 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.159 ± 0.010 , 뿌리 무게 비율이 0.0492 ± 0.023 이었다.

표 11. Zavkhan aimag Tosontsengel soum 시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.237 ± 0.041	2.037 ± 0.099	8.719 ± 0.547	0.014 ± 0.003	0.008 ± 0.001	0.015 ± 0.002	0.036 ± 0.004	2.155 ± 0.234	0.424 ± 0.025
토양-2	0.408 ± 0.033	1.454 ± 0.071	10.438 ± 0.890	0.005 ± 0.000	0.007 ± 0.001	0.018 ± 0.001	0.030 ± 0.002	2.482 ± 0.136	0.590 ± 0.013
토양-3	0.647 ± 0.033	2.133 ± 0.100	10.617 ± 0.766	0.008 ± 0.001	0.018 ± 0.001	0.038 ± 0.004	0.064 ± 0.005	2.091 ± 0.153	0.570 ± 0.017
토양-4	1.107 ± 0.064	4.747 ± 0.375	13.443 ± 1.129	0.028 ± 0.004	0.068 ± 0.006	0.165 ± 0.023	0.261 ± 0.028	2.723 ± 0.576	0.599 ± 0.020
토양-5	0.293 ± 0.026	2.413 ± 0.097	10.817 ± 0.751	0.006 ± 0.000	0.018 ± 0.010	0.016 ± 0.001	0.041 ± 0.010	2.159 ± 0.425	0.492 ± 0.023

Khuvsgul aimag Shine-ider soum 종자:

시베리아잎갈나무 묘목의 성장이 토양-4 처리에서 가장 높은 것으로 나타났다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.124 \pm 0.059 \text{mm}$, 수고가 $4.088 \pm 0.425 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $14.284 \pm 1.118 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.066 \pm 0.029 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.062 \pm 0.007 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.146 \pm 0.016 \text{gr}$, 총 무게가 $0.273 \pm 0.043 \text{gr}$ 이었다(표 12). 형태 측정 결과는 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.436 \pm 0.026 \text{mm}$, 수고가 $1.668 \pm 0.056 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $6.628 \pm 0.341 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.006 \pm 0.000 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.007 \pm 0.000 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.014 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.027 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.319 ± 0.226 , 뿌리 무게 비율이 0.532 ± 0.014 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.546 \pm 0.021 \text{mm}$, 수고가 $1.571 \pm 0.059 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.175 \pm 0.890 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.004 \pm 0.000 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.007 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.020 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.031 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.935 ± 0.109 , 뿌리 무게 비율이 0.643 ± 0.008 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.600 \pm 0.041 \text{mm}$, 수고가 $2.163 \pm 0.094 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $12.480 \pm 0.669 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.009 \pm 0.001 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.017 \pm 0.001 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.040 \pm 0.005 \text{gr}$, 총 무게가 $0.065 \pm 0.007 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.425 ± 0.174 , 뿌리 무게 비율이 0.592 ± 0.016 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $1.124 \pm 0.059 \text{mm}$, 수고가 $4.088 \pm 0.425 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $14.284 \pm 1.118 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.066 \pm 0.029 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.062 \pm 0.007 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.146 \pm 0.016 \text{gr}$, 총 무게가 $0.273 \pm 0.043 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.552 ± 0.187 , 뿌리 무게 비율이 0.590 ± 0.024 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.393 \pm 0.019 \text{mm}$, 수고가 $1.667 \pm 0.083 \text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.797 \pm 0.536 \text{cm}$, 잎 무게가 $0.006 \pm 0.000 \text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008 \pm 0.000 \text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.017 \pm 0.001 \text{gr}$, 총 무게가 $0.031 \pm 0.002 \text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.047 ± 0.104 , 뿌리 무게 비율이 0.538 ± 0.012 이었다.

표 12. Khuvsgul aimag Shine-Ider soum 시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.436 ± 0.026	1.668 ± 0.056	6.628 ± 0.341	0.006 ± 0.000	0.007 ± 0.000	0.014 ± 0.001	0.027 ± 0.001	2.319 ± 0.226	0.532 ± 0.014
토양-2	0.546 ± 0.021	1.571 ± 0.059	10.175 ± 0.890	0.004 ± 0.000	0.007 ± 0.000	0.020 ± 0.001	0.031 ± 0.001	2.935 ± 0.109	0.643 ± 0.008
토양-3	0.600 ± 0.041	2.163 ± 0.094	12.480 ± 0.669	0.009 ± 0.001	0.017 ± 0.001	0.040 ± 0.005	0.065 ± 0.007	2.425 ± 0.174	0.592 ± 0.016
토양-4	1.124 ± 0.059	4.088 ± 0.425	14.284 ± 1.118	0.066 ± 0.029	0.062 ± 0.007	0.146 ± 0.016	0.273 ± 0.043	2.552 ± 0.187	0.590 ± 0.024
토양-5	0.393 ± 0.019	1.667 ± 0.083	9.797 ± 0.536	0.006 ± 0.000	0.008 ± 0.000	0.017 ± 0.001	0.031 ± 0.002	2.047 ± 0.104	0.538 ± 0.012

Uvs aimag Undurkhangai soum 종자:

과종을 토양-1, 2, 5 처리에서 하였다. 형태 측정 결과는 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.507\pm 0.027\text{mm}$, 수고가 $1.673\pm 0.059\text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.077\pm 0.539\text{cm}$, 잎 무게가 $0.012\pm 0.003\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.020\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.040\pm 0.004\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.661 ± 0.236 , 뿌리 무게 비율이 0.519 ± 0.017 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.375\pm 0.033\text{mm}$, 수고가 $1.592\pm 0.059\text{cm}$, 뿌리 길이가 $9.738\pm 0.890\text{cm}$, 잎 무게가 $0.004\pm 0.000\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.007\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.017\pm 0.001\text{gr}$, 총 무게가 $0.029\pm 0.002\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.380 ± 0.120 , 뿌리 무게 비율이 0.859 ± 0.012 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.480\pm 0.019\text{mm}$, 수고가 $1.803\pm 0.064\text{cm}$, 뿌리 길이가 $11.407\pm 0.752\text{cm}$, 잎 무게가 $0.005\pm 0.000\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.009\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.019\pm 0.001\text{gr}$, 총 무게가 $0.032\pm 0.002\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.236 ± 0.128 , 뿌리 무게 비율이 0.570 ± 0.01 이었다.

표 13. Uvs aimag Undurkhangai soum 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 증량
토양-1	0.507 ± 0.027	1.673 ± 0.059	9.077 ± 0.539	0.012 ± 0.003	0.008 ± 0.000	0.020 ± 0.002	0.040 ± 0.004	2.661 ± 0.236	0.519 ± 0.017
토양-2	0.375 ± 0.033	1.592 ± 0.059	9.738 ± 0.890	0.004 ± 0.000	0.007 ± 0.000	0.017 ± 0.001	0.029 ± 0.002	2.380 ± 0.120	0.859 ± 0.012
토양-5	0.480 ± 0.019	1.803 ± 0.064	11.407 ± 0.752	0.005 ± 0.000	0.009 ± 0.000	0.019 ± 0.001	0.032 ± 0.002	2.236 ± 0.128	0.570 ± 0.015

한-몽 그린벨트 사업단 보간트 양묘장 종자:

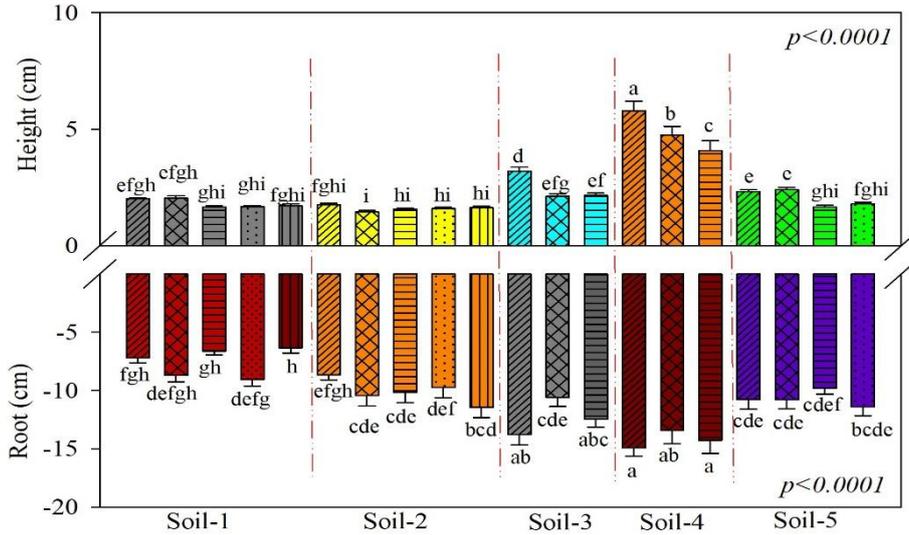
과종을 토양-1, 2 처리로 하였다. 형태 측정 결과는 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.417\pm 0.038\text{mm}$, 수고가 $1.725\pm 0.071\text{cm}$, 뿌리 길이가 $6.346\pm 0.441\text{cm}$, 잎 무게가 $0.006\pm 0.001\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.014\pm 0.001\text{gr}$, 총 무게가 $0.027\pm 0.003\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 1.700 ± 0.147 , 뿌리 무게 비율이 0.490 ± 0.021 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.515\pm 0.022\text{mm}$, 수고가 $1.631\pm 0.073\text{cm}$, 뿌리 길이가 $11.458\pm 0.890\text{cm}$, 잎 무게가 $0.006\pm 0.000\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.036\pm 0.006\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.022\pm 0.006\text{gr}$, 총 무게가 $0.031\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 2.603 ± 0.630 , 뿌리 무게 비율이 0.551 ± 0.019 이었다.

표 14. Bugant village 양묘장 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 증량
토양-1	0.417 ± 0.038	1.725 ± 0.071	6.346 ± 0.441	0.006 ± 0.001	0.008 ± 0.001	0.014 ± 0.001	0.027 ± 0.003	1.700 ± 0.147	0.490 ± 0.021
토양-2	0.515 ± 0.022	1.631 ± 0.073	11.458 ± 0.890	0.006 ± 0.000	0.008 ± 0.001	0.022 ± 0.006	0.036 ± 0.006	2.603 ± 0.630	0.551 ± 0.019

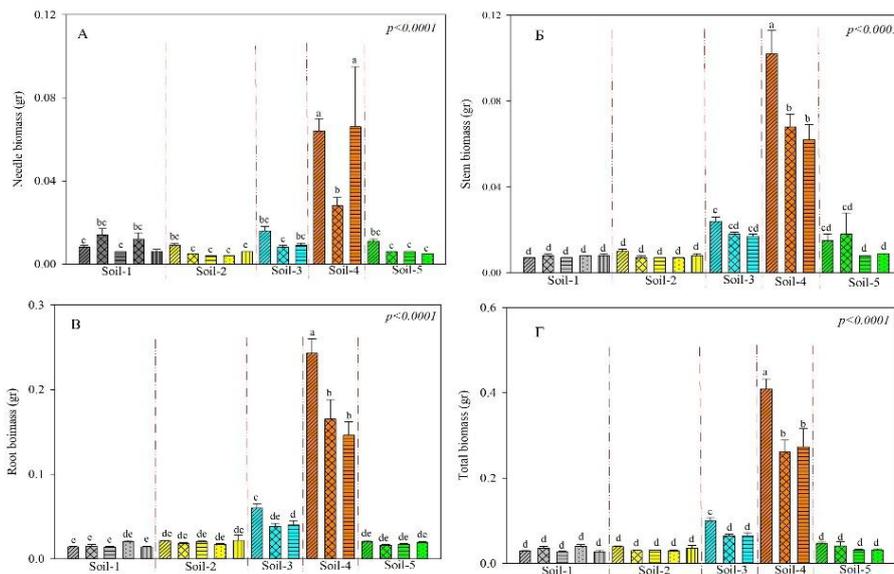
지역별 묘목 성장 및 바이오매스에 미치는 토양 영향 :

5 개 지역에서 채취한 종자를 5 개 토양처리로 파종하여 묘목의 성장 및 뿌리 발달을 파악하였다 (그래픽 11). 그래픽을 보면 토양-4 처리에서 묘목 수고 및 뿌리 발달이 가장 높은 반면에 토양-1 처리에서 성장이 가장 낮은 것으로 나타났다. 토양처리별로 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났다.



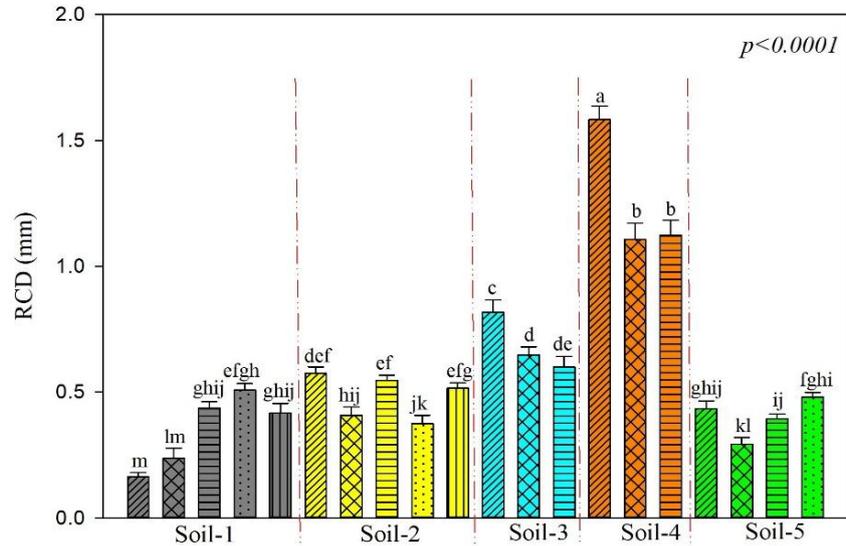
그래픽 11. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 성장 및 뿌리 발달 지수

토양처리별로 원산지가 다른 종자로 파종한 묘목의 잎, 줄기, 뿌리 등의 바이오매스, 총 바이오매스 등의 결과가 그래픽 12 과 같다. 토양처리별로 통계적으로 차이가 있는 것으로 보인다($p < 0.0001$). 토양-4 처리에서 바이오매스가 가장 높은 반면에 토양-1, 2, 5 처리에서 가장 낮은 것으로 나타났다.



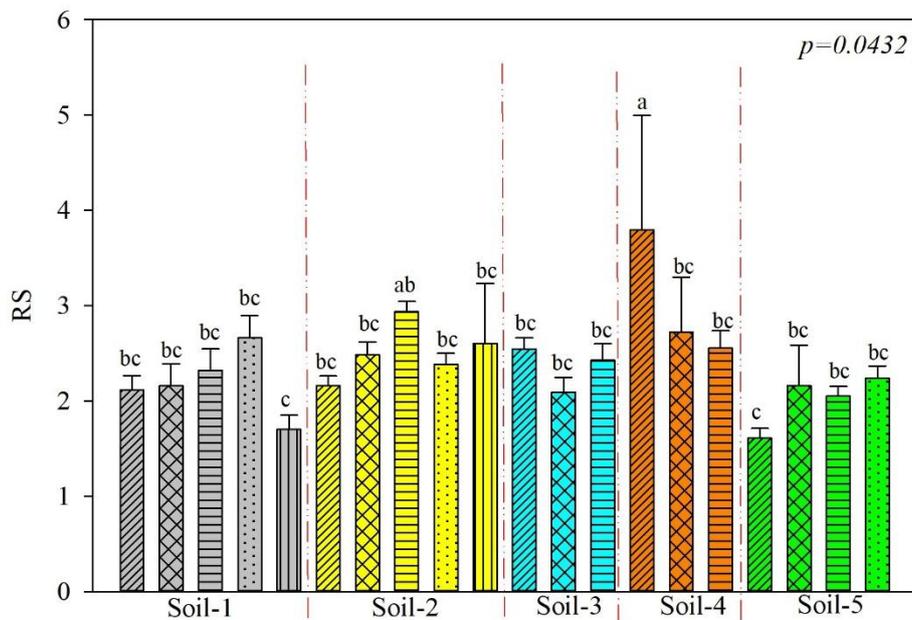
그래픽 12. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 바이오매스 (A-잎 바이오매스, B-줄기 바이오매스, C-뿌리 바이오매스, D-총 바이오매스)

토양처리별로 뿌리 직경이 통계적으로 차이가 높은 것으로 보인다. 토양-4 처리에서 뿌리 직경이 가장 높은 것으로 나타났으며 이는 시베리아잎갈나무 양묘에 적합한 토양으로 보인다. 토양-3 처리는 중간, 토양-1, 2, 5 처리는 가장 낮은 것으로 보인다(그래픽 13).



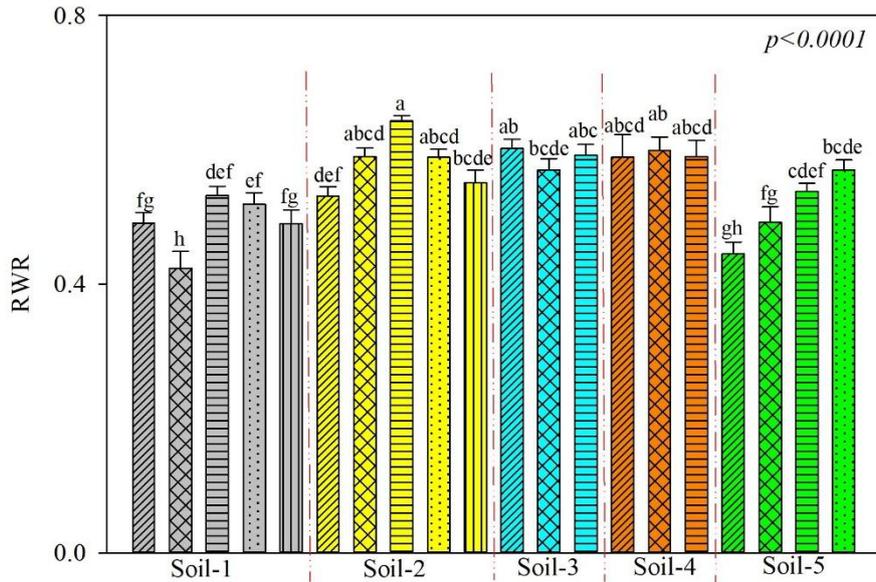
그래픽 13. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 뿌리 직경

뿌리 줄기 비율: 뿌리 줄기 비율에 수종, 환경 등이 영향을 미치며, 구조적송 뿌리 줄기 비율이 토양처리별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양-4 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 가장 높아 뿌리 바이오매스가 높은 것으로 보인다(그래픽 14). 토양-1, 5 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 가장 낮으며 뿌리 바이오매스가 안 좋은 것으로 보인다. 토양은 식생 바이오매스에 영향을 미치는 것을 그래픽 14 에서 볼 수 있다.



그래픽 14. 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 뿌리 줄기 비율

뿌리 무게 비율: 뿌리 무게 비율이 식생 바이오매스의 몇 퍼센트를 뿌리 바이오매스가 차지하는지 보여 준다. 그래픽을 보면 토양-2, 3 처리에서 뿌리 무게 비율이 가장 높았고, 특히 토양-2 처리에 Khuvsgul aimag Shine-Ider soum 종자 묘목의 뿌리 및 무게 비율에서 가장 높은 퍼센트를 차지한다. 토양-5 처리에서 뿌리 무게 비율이 평균적으로 나타났으며, 토양-1 처리는 가장 낮은 것으로 나타났다(그래픽 15).



그래픽 15. 시베리아잎갈나무 1년생 묘목의 뿌리 무게 비율

구조적송 1 년생 묘목의 형태 측정 지수:

러시아 노보시비르스크 종자:

2024 년 9 월에 5 개 토양처리로 원산지가 다른 구조적송을 파종한 처리별로 30 개 묘목에서 형태 측정 결과 표 15 와 같다. 구조적송 1 년생 묘목의 형태 측정 결과는 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.413\pm 0.033\text{mm}$, 수고가 $2.963\pm 0.120\text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.060\pm 0.553\text{cm}$, 잎 무게가 $0.036\pm 0.005\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.029\pm 0.003\text{gr}$, 총 무게가 $0.075\pm 0.007\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.093 ± 0.254 , 뿌리 무게 비율이 0.402 ± 0.018 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.333\pm 0.033\text{mm}$, 수고가 $3.513\pm 0.110\text{cm}$, 뿌리 길이가 $11.843\pm 0.549\text{cm}$, 잎 무게가 $0.039\pm 0.003\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.031\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.080\pm 0.005\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.165 ± 0.182 , 뿌리 무게 비율이 0.380 ± 0.012 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.390\pm 0.015\text{mm}$, 수고가 $2.543\pm 0.110\text{cm}$, 뿌리 길이가 $12.337\pm 0.629\text{cm}$, 잎 무게가 $0.037\pm 0.002\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.032\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.077\pm 0.003\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 4.044 ± 0.174 , 뿌리 무게 비율이 0.408 ± 0.012 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.717\pm 0.033\text{mm}$, 수고가 $3.110\pm 0.112\text{cm}$, 뿌리 길이가 $12.841\pm 0.820\text{cm}$, 잎 무게가 $0.104\pm 0.007\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.024\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.086\pm 0.006\text{gr}$, 총 무게가 $0.214\pm 0.012\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.649 ± 0.184 , 뿌리 무게 비율이 0.402 ± 0.014 이었다. 토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.450\pm 0.020\text{mm}$, 수고가 $2.350\pm 0.104\text{cm}$, 뿌리 길이가 $12.485\pm 0.811\text{cm}$, 잎 무게가 $0.030\pm 0.001\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.036\pm 0.006\text{gr}$, 총 무게가 $0.074\pm 0.007\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 4.525 ± 0.846 , 뿌리 무게 비율이 0.447 ± 0.027 이었다. 토양-4 처리에서 뿌리 발달이 다른 지수보다 높은 것으로 나타났다.

표 15. 러시아, 노보시비르스크산 구조적송 1 년생 묘목의 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.413 ± 0.033	2.963 ± 0.120	13.060 ± 0.553	0.036 ± 0.005	0.010 ± 0.001	0.029 ± 0.003	0.075 ± 0.007	3.093 ± 0.254	0.402 ± 0.018
토양-2	0.333 ± 0.033	3.513 ± 0.110	11.843 ± 0.549	0.039 ± 0.003	0.010 ± 0.001	0.031 ± 0.002	0.080 ± 0.005	3.165 ± 0.182	0.380 ± 0.012
토양-3	0.390 ± 0.015	2.543 ± 0.110	12.337 ± 0.629	0.037 ± 0.002	0.008 ± 0.000	0.032 ± 0.002	0.077 ± 0.003	4.044 ± 0.174	0.408 ± 0.012
토양-4	0.717 ± 0.033	3.110 ± 0.112	12.841 ± 0.820	0.104 ± 0.007	0.024 ± 0.001	0.086 ± 0.006	0.214 ± 0.012	3.649 ± 0.184	0.402 ± 0.014
토양-5	0.450 ± 0.020	2.530 ± 0.104	12.485 ± 0.811	0.030 ± 0.001	0.008 ± 0.000	0.036 ± 0.006	0.074 ± 0.007	4.525 ± 0.846	0.447 ± 0.027

Khentii aimag Binder soum 종자:

토양-4 처리에서 구조적송 1 년생 묘목의 성장이 다른 처리보다 높은 것으로 나타났고, 뿌리 직경이 $0.620\pm 0.036\text{mm}$, 수고가 $5.067\pm 0.136\text{cm}$, 뿌리 길이가 $19.023\pm 0.540\text{cm}$, 잎 무게가 $0.126\pm 0.009\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.038\pm 0.002\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.103\pm 0.007\text{gr}$, 총 무게가 $0.214\pm 0.012\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.649 ± 0.184 , 뿌리 무게 비율이 0.402 ± 0.014 이었다(표 16).

형태 측정 결과는 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.307\pm 0.034\text{mm}$, 수고가 $2.746\pm 0.090\text{cm}$, 뿌리 길이가 $11.768\pm 0.600\text{cm}$, 잎 무게가 $0.029\pm 0.002\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.027\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.064\pm 0.004\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.601 ± 0.018 , 뿌리 무게 비율이 0.425 ± 0.014 이었다. 토양-2 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.167\pm 0.015\text{mm}$, 수고가 $3.613\pm 0.065\text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.213\pm 0.065\text{cm}$, 잎 무게가 $0.030\pm 0.002\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.026\pm 0.001\text{gr}$, 총 무게가 $0.065\pm 0.003\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.225 ± 0.171 , 뿌리 무게 비율이 0.406 ± 0.012 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.463\pm 0.020\text{mm}$, 수고가 $3.007\pm 0.087\text{cm}$, 뿌리 길이가 $15.637\pm 0.685\text{cm}$, 잎 무게가 $0.046\pm 0.004\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.037\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.093\pm 0.007\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.922 ± 0.234 , 뿌리 무게 비율이 0.400 ± 0.010 이었다. 토양-4 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.620\pm 0.036\text{mm}$, 수고가 $5.067\pm 0.136\text{cm}$, 뿌리 길이가 $19.023\pm 0.540\text{cm}$, 잎 무게가 $0.126\pm 0.009\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.038\pm 0.002\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.103\pm 0.007\text{gr}$, 총 무게가 $0.214\pm 0.012\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.649 ± 0.184 , 뿌리 무게 비율이 0.402 ± 0.014 이었다.

토양-5 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.216\pm 0.024\text{mm}$, 수고가 $2.888\pm 0.077\text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.212\pm 0.700\text{cm}$, 잎 무게가 $0.029\pm 0.002\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.016\pm 0.001\text{gr}$, 총 무게가 $0.053\pm 0.003\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이, 뿌리 무게 비율이 0.300 ± 0.011 이었다.

표 16. Khentii aimag Binder soum 구조적송 1년생 묘목 형태 측정 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.307 ± 0.034	2.746 ± 0.090	11.768 ± 0.600	0.029 ± 0.002	0.008 ± 0.001	0.027 ± 0.002	0.064 ± 0.004	3.601 ± 0.018	0.425 ± 0.014
토양-2	0.167 ± 0.015	3.613 ± 0.065	13.213 ± 0.636	0.030 ± 0.002	0.008 ± 0.000	0.026 ± 0.001	0.065 ± 0.003	3.225 ± 0.171	0.406 ± 0.012
토양-3	0.463 ± 0.020	3.007 ± 0.087	15.637 ± 0.685	0.046 ± 0.004	0.010 ± 0.001	0.037 ± 0.002	0.093 ± 0.007	3.922 ± 0.234	0.400 ± 0.010
토양-4	0.620 ± 0.036	5.067 ± 0.136	19.023 ± 0.540	0.126 ± 0.009	0.038 ± 0.002	0.103 ± 0.007	0.214 ± 0.012	3.649 ± 0.184	0.402 ± 0.014
토양-5	0.216 ± 0.024	2.888 ± 0.077	10.212 ± 0.700	0.029 ± 0.002	0.008 ± 0.000	0.016 ± 0.001	0.053 ± 0.003	2.105 ± 0.109	0.300 ± 0.011

한-몽 그린벨트 사업단 보간트 양묘장 종자:

구조적송 묘목 형태 측정 결과를 토양처리별로 보면 토양-1 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.262\pm 0.028\text{cm}$, 수고가 $2.979\pm 0.082\text{cm}$, 뿌리 길이가 $10.238\pm 0.417\text{cm}$, 잎 무게가 $0.033\pm 0.001\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.008\pm 0.000\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.027\pm 0.001\text{gr}$, 총 무게가 $0.068\pm 0.002\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.524 ± 0.208 , 뿌리 무게 비율이 0.395 ± 0.012 이었다. 토양-2 처리가 뿌리 직경이 $0.210\pm 0.017\text{mm}$, 수고가 $3.817\pm 0.196\text{cm}$, 뿌리 길이가 $13.227\pm 0.726\text{cm}$, 잎 무게가 $0.034\pm 0.004\text{gr}$, 줄기 무게가 $0.010\pm 0.001\text{gr}$, 뿌리 무게가 $0.027\pm 0.002\text{gr}$, 총 무게가 $0.065\pm 0.003\text{gr}$, 뿌리 줄기 비율이 3.225 ± 0.171 , 뿌리 무게 비율이 0.406 ± 0.012 이었다. 토양-3 처리 같은 경우 뿌리 직경이 $0.283\pm 0.018\text{mm}$, 수고가

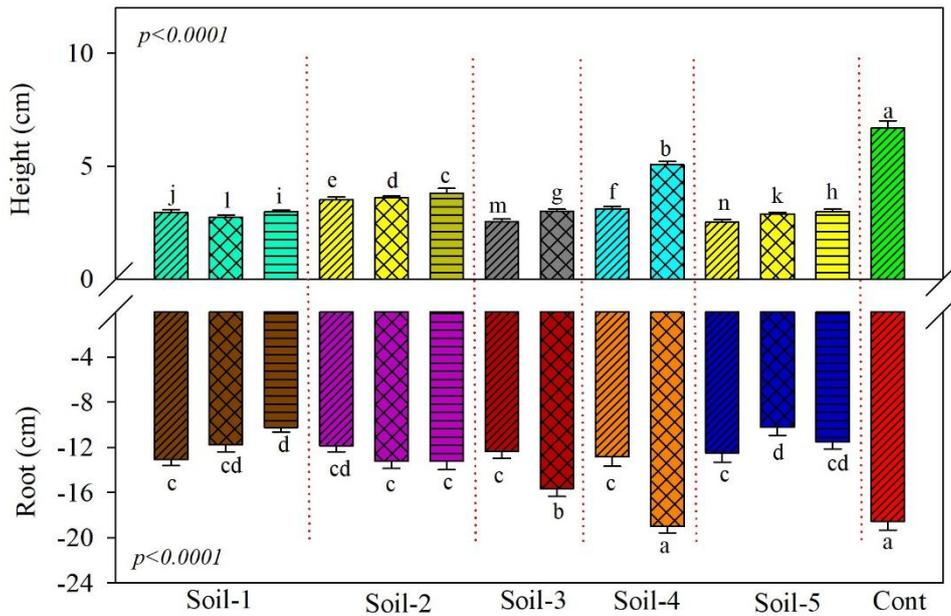
2.983±0.106cm, 뿌리 길이가 11.510±0.637cm, 잎 무게가 0.039±0.002 gr, 줄기 무게가 0.008±0.000gr, 뿌리 무게가 0.025±0.002gr, 총 무게가 0.072±0.003gr, 뿌리 줄기 비율이 3.141±0.227, 뿌리 무게 비율이 0.341±0.015 이었다.

표 17. Bugant village 양묘장 시베리아잎갈나무 1 년생 묘목의 형태 지수

토양 처리	뿌리 직경(mm)	수고(cm)	뿌리 길이(cm)	잎 무게(gr)	줄기 무게 (gr)	뿌리 무게 (gr)	총 무게 (gr)	뿌리 줄기 비율	뿌리 상대 중량
토양-1	0.262±0.028	2.979±0.082	10.238±0.417	0.033±0.001	0.008±0.000	0.027±0.001	0.068±0.002	3.524±0.208	0.395±0.012
토양-2	0.210±0.017	3.817±0.196	13.227±0.726	0.034±0.004	0.010±0.001	0.027±0.002	0.065±0.003	3.225±0.171	0.406±0.012
토양-3	0.283±0.018	2.983±0.106	11.510±0.637	0.039±0.002	0.008±0.000	0.025±0.002	0.072±0.003	3.141±0.227	0.341±0.015

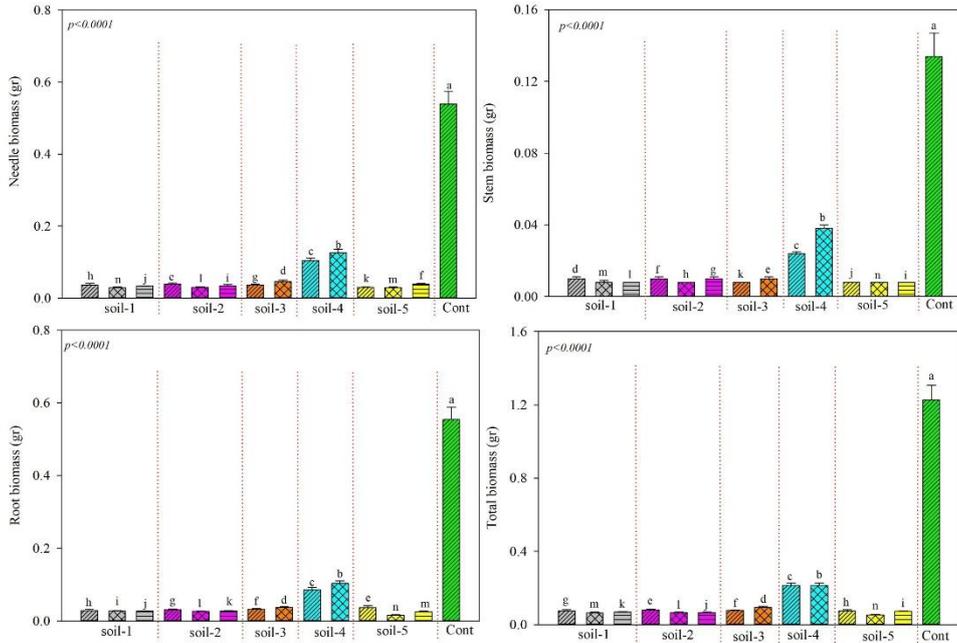
지역별 묘목 성장 및 바이오매스에 미치는 토양 영향 :

5 개 지역에서 채취한 종자를 5 개 토양처리로 과종하여 묘목의 성장 및 뿌리 발달을 파악하였다(그래픽 16). 토양처리 별로 통계적으로 차이가 있는 것으로 보인다. 그래픽을 보면 토양-4, 3 처리에서 묘목 수고 및 뿌리 발달이 가장 높고, 토양 4 처리에서 뿌리 발달이 가장 높은 것으로 나타났다.



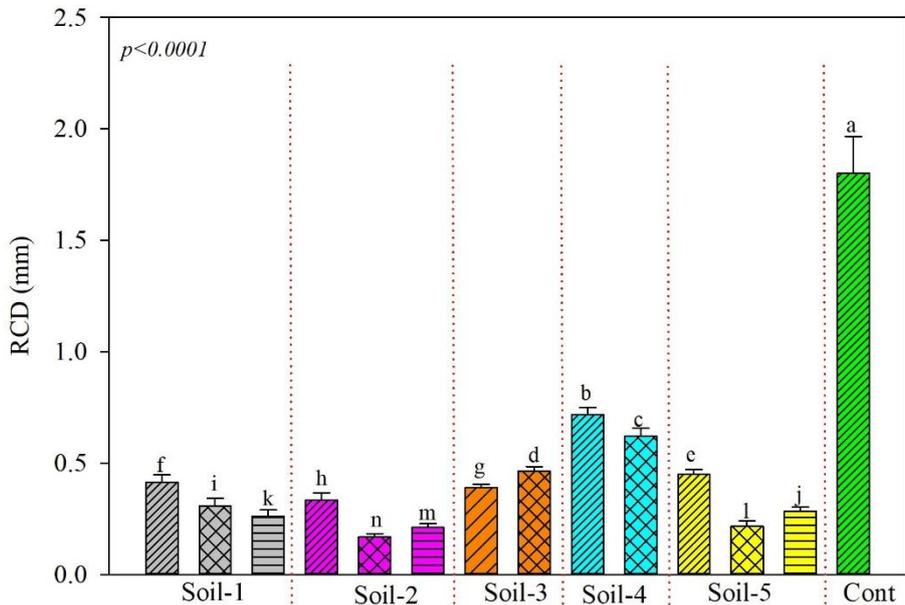
그래픽 16. 구조적송 1 년생 묘목 성장 및 뿌리 발달 지수

토양처리별로 원산지가 다른 종자로 과종한 묘목의 잎, 줄기, 뿌리 등의 바이오매스, 총 바이오매스 등의 결과가 그래픽 17 과 같다. 토양처리별로 통계적으로 차이가 있는 것으로 보인다(p<0.0001). 토양-4 처리에서 바이오매스가 가장 높은 반면에 토양-1, 5 처리에서 가장 낮은 것으로 나타났다.



그래픽 17. 구조적송 1년생 묘목의 바이오매스 (A-잎 바이오매스, B- 줄기 바이오매스, B- 뿌리 바이오매스, Γ-총 바이오매스)

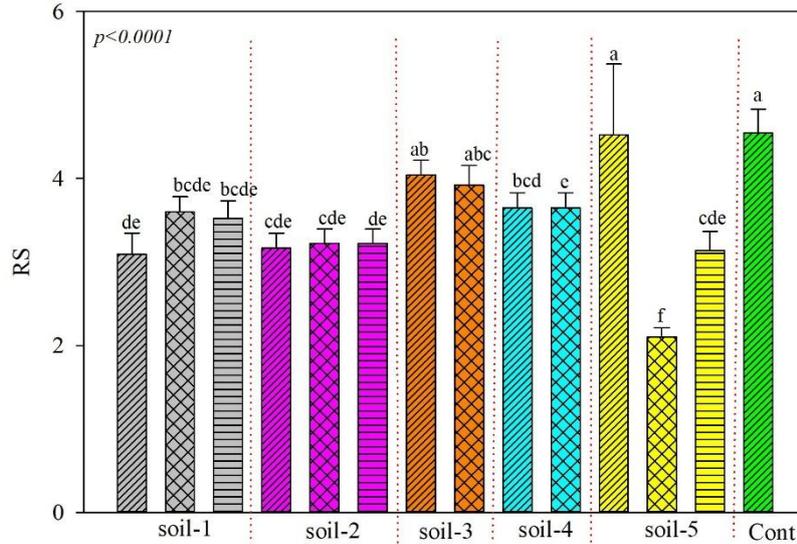
토양처리별로 묘목 뿌리 직경이 통계적으로 차이가 큰 것으로 나타났다. 토양-4 처리에서 뿌리 직경이 다른 처리보다 높아 구조적성 양묘에 적합한 것으로 보인다. 토양-3, 2 처리는 중간, 토양-1, 5 처리는 낮은 것으로 나타났다(그래픽 18).



그래픽 18. 구조적송 1년생 묘목의 뿌리 직경 지수

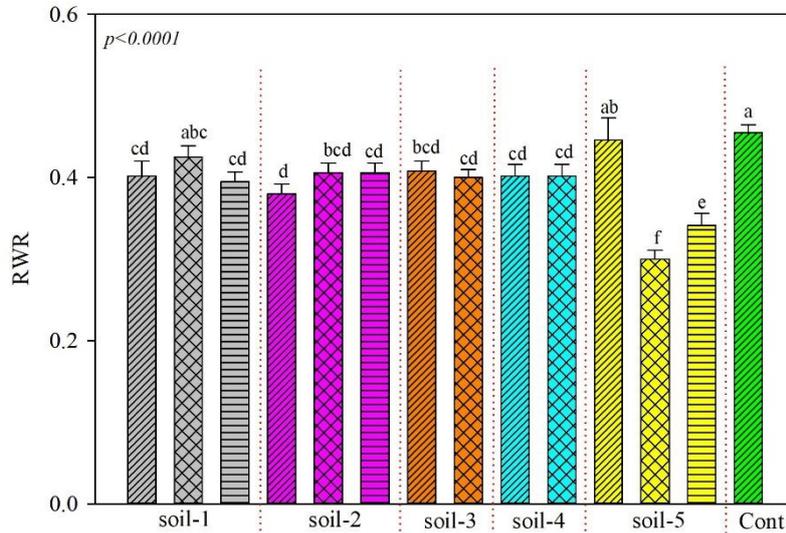
뿌리 줄기 비율: 뿌리 줄기 비율에 수종, 환경 등이 영향을 미치며, 구조적송 뿌리 줄기 비율이 토양처리별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양-3 처리에서 뿌리 및 줄기 비율이 가장 높아 뿌리 바이오매스가 높은 것으로 보인다(그래픽 19). 토양-5 처리에서 Khuvs gul aimag Shine-Ider soum 종자 묘목의 뿌리 및 줄기 비율이 가장

낮으며 뿌리 바이오매스가 안 좋은 것으로 보인다. 토양-3 처리에서 뿌리 줄기 비율이 높아 뿌리 발달에 적합한 것으로 보인다.



그래픽 19. 구조적송 1년생 묘목 뿌리 줄기 비율

뿌리 무게 비율: 뿌리 및 무게 비율이 식생 바이오매스의 몇 퍼센트를 뿌리 바이오매스가 차지하는지 보여 준다. 그래픽을 보면 토양-1 처리에서 뿌리 무게 비율이 가장 높았고, 특히 토양-5 처리에 러시아 노보시비르스크 종자 묘목의 뿌리 및 무게 비율에서 가장 높은 퍼센트를 차지한다. 토양-5 처리에서 뿌리 및 무게 비율이 평균적으로 나타났으며, 토양-1 처리는 가장 낮은 것으로 나타났다(그래픽 20).



그래픽 20. 구조적송 1년생 묘목의 뿌리 무게 비율

결론

원산지가 다른 시베리아잎갈나무, 구조적송 종자를 토양처리별로 양묘용기에 과중한 실험을 2024 년에 Selenge aimag Bugant village, Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 양묘장에 각각 실행하였다.

실험결과를 보면 토양-4 처리에 시베리아잎갈나무, 구조적송 묘목의 수고, 뿌리 발달, 뿌리 직경, 잎 줄기 뿌리 바이오매스가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면에 토양-

1, 2, 5 처리에 파종한 묘목의 형태 측정 지수가 낮은 것으로 나타났다. Khentii aimag Binder soum 구조적송 종자로 파종한 묘목의 수고, 뿌리 발달, 뿌리 직경, 잎·줄기·뿌리 바이오매스가 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 토양은 식생의 성장에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

혼농임업

한-몽 그린벨트 사업단 혼농임업 사업지에 사업단과 공동연구팀 회의에서는 투브아이막 룬숨의 "혼농임업기술 도입" 사업에 선정된 50 헥타르 규모의 지역에서 진행 중인 활동을 검토하고, 사업지 책임자인 D. Od 와 공동연구팀이 제안한 계획대로 진행되고 있는지 분석할 예정이다.



사진 1. 혼농임업 사업지 배치도

혼농임업사업지

위 배치도에 따라 2023 년에 식용 및 약용 식물 재배 기술 실험이 시작되었고, 올해 싹이 트기는 했지만 말라죽어 가는 상태다. 송태범 자문관을 대한민국에서 채소 재배를 위해 초청받아 채소 실험을 진행 중이어서 다른 지역에서는 관수 조건이 조성되지 않은 점에 유의해야 한다. 이 문제는 한-몽 그린벨트 사업단 몽골 코디네이터인 간조릭과 관련 관계자들과의 대화를 통해 해결되었다.



사진 2. 2023 년 양용식물 실험지

약용 식물들이 고르지 않게 자라고 있지만, 관개 문제가 해결되면 자랄 수 있다. 따라서 현장 관리자 D.Od 는 긴급 관개를 실시하라는 권고를 받았다. 밭의 토양이 완전히 경작되고 갈색으로 변한 후, 관개 조건에 따라 일부 약용 식물을 다시 심는 것이 좋다.

사업지 방풍림 노랑아까시

심어진 노란 아카시아 나무 줄기를 토끼가 갉아먹는 모습이 목격되었다. 이는 겨울철 폭설 때문이며 토끼는 숲을 오가며 마주치는 부드럽고 즙이 많은 줄기를 갉아먹는 습성이 있다. 나무가 갉아먹히지 않도록 길가에 덧을 쳐 놓았다는 점이 주목할 만하다.



사진 3. 사업지 방풍림 노랑아까시 현황



사진 4. 사업지 방풍림 노랑아까시 현황



이는 현장 담당자들의 책임감 부족과 사무실의 협조 부족 때문이다. 그러나 현장 담당자인 D. Od는 당시 프로젝트 사무실에 보고했음에도 불구하고 아무런 조치도 취하지 않았다고 말한 점에 주목할 필요가 있다. 심어진 노란 아카시아 나무 일부 지역은 토끼 때문이 아니며, 다른 지역은 정상적으로 자라고 있다는 점에 주목해야 한다.

제 1 단계 사업에서 심은 포플러가 관개 부족으로 시들어 죽었다. 공동연구팀은 처음에는 포플러 심기를 반대했지만, 한국 컨설턴트는 과학자들의 조언을 받아들이지

얇고 포플러를 심었다. 포플러는 습한 지역(토양 수분 함량 60~70%)에서 자랄 수 있는 생태적 조건을 갖추고 있으며, 심으면 지속적인 관개가 필요하기 때문이다. 그러나 방풍림에 심은 포플러 나무는 지역 사회에 인계된 이후 물을 전혀 주지 않아 시들어 죽었다. 뿌리 체계가 강화되어 가지치기와 정기적인 관개로 재생이 가능하다. 현장 관리자는 가지치기와 관개 후 일부 지역에서 재생이 일어나는 것을 확인하였다. 따라서 현장 관리자인 D.Od가 긴급 가지치기, 지하 관개 시스템 설치, 유역 조성, 균일한 관개 확보를 논의하여 합의하였다.



사진 5. 가지치기하기 전 후 사진

공동연구팀 조사

그림 6에 표시된 “공동연구팀”의 3헥타르 규모의 실험연구 구역을 선정하였고, 2024년에는 이 구역에 사료식물 4종과 과실수 3종을 매입하여 5월까지 식재를 완료하고, 관개시설과 토양경작을 시작하였다.



사진 6. 공동연구팀 실험구역 배치도

1. 룬숨 사업지에 공동연구팀은 실험 지역에서 다년생 사료용 허브와 약초를 심을 장소를 선정하고, 팽이질과 평탄화 작업을 통해 지면을 준비하기로 결정하였다.
2. 사료용 허브와 약초의 면적은 각각 50*30m²로, 0.5 헥타르에 총 100*60m²를 심도록 계획하였다. 작물의 첫 3~4 개 잎이 나오고 비와 관개를 통해 토양에 충분한 수분이 공급되었을 때 헥타르당 N60K60P60 의 비료를 사용하는 것이 적절하다고 판단하였다. 건조한 토양에서 건비료를 사용하는 데 시간이 오래 걸리기 때문이다.
3. 심기 위해 네 종류의 사료용 허브를 선정하였다.
4. 재배를 위해 네 종류의 약용 식물을 선정하였다. 재배는 수동 파종기로 진행될 예정이다. 이 식물들의 씨앗은 룬 지역의 매장량에서 채취하였다.
5. 과수 및 베리 밭에서는 "몽골 청과물 협회"와의 계약에 따라 사과 60 그루, 자두 40 그루, 배 20 그루를 구입하여 심는다.

제안:

1. 방풍림에산림 지역에 심는 모든 나무는 아래에서 가지치기를 하고 관개 시스템에 물을 공급해야 한다. 특히 비티나무는 가지치기를 하고, 뿌리에서 자란 묘목은 파내어 제거하거나 다른 곳으로 옮겨 심어야 한다. 일반적으로 조림지는 지속적으로 관리해야 한다.
2. 사업단의 지원을 받아 혼농임업기술 도입을 지원하고, 과실묘, 사료용 식물, 약용 식물을 동시에 심는 것이 효과적이다. 다만, 사업단에서 채소 시험 재배에 주력하고 있다는 점은 주목할 만하다.
3. 혼농임업기술 도입 후 최종 결과는 4~5 년간의 공동 노력 끝에 달성될 것이라는 점을 양측 모두 인지하는 것이 좋다. 더욱이 1 년 안에 직접 비용을 효과적으로 회수하는 것은 불가능하다. 그러나 사업단은 약용 식물은 2 년 이내에 효과를 볼 수 있다고 주장한다(계약 회사와 계약을 체결하고 계약 회사의 요구 사항에 따라 관리가 이루어지는 경우). 사료용 식물은 1 년 이내에 효과를 볼 수 있다.

채종임분 조성에 관한 연구

총론

구주소나무는 상대적으로 더위와 추위에 강하고, 어떤 토양에서도 자랄 수 있으며, 환경과 토양을 보호하고 기후 완화에 중요한 산림을 형성하는 귀중한 나무 중 하나이다. 세계에서 가장 넓은 면적에서 자라며(Крепечетова 1971, Turna 2003), 생태학적으로 모래, 습지, 자갈이 있는 혹독한 토양 환경에서도 적응하고 자랄 수 있다. 지리적으로는 유럽과 아시아의 한대림(boreal forest)에서 분포하고 있으며 우점하고 있는 수종이다 (Orlosob, 1995; Richardson, 2000). 몽골의 전체 산림자원 면적(9,073.7 천 헥타르)중 5.0%가 구주적송과 같은 소나무림 이다(몽골 국토산림자원, 2023).

몽골의 기후변화 평가 제 2 차 보고서에 따르면, 지난 80 년간 평균 기온은 2.25 도 상승, 강수량은 8% 감소하였다(Mongolia second assesment report on climate change, 2014). 또한, 몽골 전체 국토의 76.9%가 사막화 및 토지 황폐화에 직간접적으로 노출되어 있다고 알려져 있으며, 그 중 4.7%는 극심한 수준, 18.6%는 심각한 수준, 22.1%는 중간 수준, 31.5%는 취약한 수준이라고 한다(Tsedendash, 1996). 숲이 기후변화에 큰 영향을 미친다는 사실(산림 및 기후변화, 2018)을 고려할 때, 10 억그루 나무 식재와 같은 국가적 조림사업은 몽골 국토의 사막화 및 토지황폐화 진행을 상당수준 감소시킬 것으로 예상되며, 이러한 조림사업이 성공적으로 수행되기 위해서는 조림사업에 사용될 종자의 원산지와 유전적 특성을 파악하고, 보다 우수한 품질의 우량 종자를 활용하는 것이 상대적으로 짧은 시간에 생산성이 높은 신규 산림을 조성하기 위한 기본조건이 될 것이다.

이에 신규 조림사업에 지속적으로 우수 품질 그리고 유전적으로 우수한 특성의 종자를 공급하기 위한 산림용 종자의 생산을 담당할 채종임분을 지정, 확보 및 관리하는 것이 시급하며, 또한 이러한 기반에서 조림용 산림종자의 산지시험, 우량 임분의 보호 및 우수 유전형질 보유의 종자자원을 보존하는 후속 연구가 단계별로 진행되어야 몽골의 국가적 조림사업에 사용될 우수 품질 및 유전형질의 종자자원을 창출할 수 있다고 생각한다.

연구 방법 및 자료 수집

연구대상지

본 연구의 대상지는 몽골 식생도에 따라 구분된 내륙 자연림 지역의 Selenge aimag Delgerkhan(Tsedendash, 1996)에 위치하고 있다. 이 지역의 해발고도는 700~1200m 이며 낮은 산과 구릉, 평야림으로 이루어져 있다. 산림의 아래쪽 경계는 몽골 경계선 근처에 위치하며 해발고도는 600m 다.

Selenge aimag의 Altanbulag soum내 Tujiin Nars Bayanbulag 지역은 1999년 대규모 산불이 발생한 이후 집중적인 벌목으로 인해 자연적 산림복원이 어려워 인공 재조림에 의한 산림복원이 필요하게 되었다. 이에 한국 정부의 투자로 2003년 5월 둘째주에 "Ой аһ" 센터 양묘장에서 2년생 소나무 묘목을 총 100헥타르에 조림을 하였다. 조림 작업은 "Ой аһ" 센터에서 수행하였는데, PKL-70 쟁기로 고랑을 파고 2년생 구주적송 묘목을 1헥타르 당 2,500본 식재하였다. 식재 이후에 이 조림지에 대한 별다른 산림 관리 작업은 이루어지지 않은 상황이다.

그러나 이 지역에 식재된 개체목들의 종자 원산지는 명확하며, 개체목들의 생장이 비교적 균일하기 때문에 숲사꾸기(간벌 및 가지치기, 비료주기 등)를 실시하여 숲가꾸기에 위한 종자생산 양 변동에 대한 효과를 추정하는데 최적의 장소이며, 또한 이 지역을 채종임분으로 조성하여 구주적송의 우량 종자를 공급할 수 있는 종자공급원으로 육성하는 것이 필요하다.

조사를 위한 1헥타르 면적의 조사구를 선정하였는데, 그 위치는 Sukhbaatar 시에서 동쪽 17km, 위도 N50°11'27.2"이며, 북향이고 경사도는 3도, 그리고 해발고도는 720m 이다(표 1). 구주소나무(*Pinus sylvestris* L.)의 산림 식생도에 따르면 조사지역은 Bayankhan 산악 지역에 속한다 (Jamyansuren, 2018).

현장 조사 및 재료 가공

조사구 설치 및 조사목 측정

채종임분으로 지정된 조사지역에 100 x 100m(1헥타르) 면적의 조사구를 설치하였으며, 조사구의 4개 모서리(점)의 좌표, 해발고도를 GPS 장치로 측정하여 기록하였다. 조사구내 개체목을 Rogozin(2018)의 수형목 평가 방법에 따라 실시하여 우수, 보통, 저품질로 분류하여 그 중 우수한 것을 수형목으로 선정하였다. 선정된 수형목은 1.3m 높이에서 목피의코르크층을 벗겨내고 유화(oil painting)로 번호를 표시하였다. 지정한 채종임분에 대한 일반적인 생장 조사는 Anuchin(2004)의 방법에 따라 조사하였다 (Anuchin, 2004; Dorjsuren 외, 2012). 조사구내 개별 수형목에 대해 흉고직경 (1.3m 높이)과 수고(SUUNTO 장비를 사용)를 측정하였다. 또한 줄기로부터 4방향으로 거리를 측정하여 수관폭을 조사하였고, 또한 가장 낮은 살아 있는 가지에서 수관 끝까지의 거리를 측정하여 수관의 높이를 조사하였다. 지하고는 근원경에서 첫번째 살아 있는 가지까지의 거리를 측정하여 조사하였다.

인공림 평가 및 가지치기

채종임분은 유전적 특성이 좋은 종자와 삼목을 생산할 목적으로 조성된 자연림 또는 인공림이다. 종자 생산량을 증가시키고, 종자 채취가 용이한 임분을 만들기 위해 수형목을 선발하고, 이들에 대한 가지치기, 비료 공급 등의 무육적 관리를 한다.

2013 년에 채종임분에 대해 숲가꾸기 제 1 차 작업을 수행하였으며, 2019 년에 제 2 차 작업을 수행하였다(표 1, 사진 1).



사진 1. 제 2 차 숲가꾸기 한 다음 채종임분 모습

비료 주기 토양 가용 양료(soil available nutrients)를 높여 수형목의 성장을 촉진하기 위해 2013 년에 숲가꾸기 제 1 차 작업을 하면서 비료 주기를 하였다. 시비한 비료에는 인(P) 35-38%, 질소(N) 2.15-2.98%, 칼슘(Ca) 85.0-85.68g/kg, 칼륨(K) 0.3%, 철, 코발트, 몰리브덴, 구리 등이 포함되어 있다. 또한, 아연, 망간을 포함한 다양한 미량 원소를 함유하고 있으며, 모든 유형의 토양과 식물에서 작물 품질을 개선하도록 제조하였다. 분말 형태의 비료 200g 썩을 비가 오기 전에 각 수형목의 하부 표면에 뿌려 시비하였다.

2019 년 숲가꾸기 제 2 차 작업에서는 각 수형목에 250 썩 "생물 비료"를 시비하였다. 이 생물 비료는 이탈리아 기술을 사용하여 개발된 제품으로서 모든 유형의 토양과 식물에서 작물 품질을 개선하는 데 사용된다. 이 비료는 질소(NH₄+NO₂) 8%, 인(P₂O₅) 6%, 칼륨(K₂O) 0.5%, 칼슘(CaO) 12%, 마그네슘(MgO) 0.17% 등을 함유하고 있어 미량 영양소가 풍부하다. 가루 형태의 생물 비료를 비가 오기 전에 각 수형목 하부의 뿌리 위치의 표면에 뿌려 시비하였다.

통계 처리 측정 데이터의 통계분석은 "XLSTAT"를 사용하여 수행하였다. 수간(ste)분석 슬라이스(D₀)의 성장 데이터는 "TsapWin-4.64" 프로그램을 사용하여 처리하였다.

수집 자료

조사구내 총 568 본의 개체목에 대한 성장을 측정하였는데, 그 중 196 본은 모니터링 표준지에서, 372 본은 채종임분 표준지에서 측정하였다(표 1).

표 1. 수집 자료 내용

내용	숲 가꾸기 한 년도	좌표	위치	경사도(도)	해발고도 (m)
모니터링 표준지	-	N50°11'27.2" E106°26'30.8' ,	Б	3	720
채종임분 조사구	2013 2019	N50°11'22.8" E106°26'31.4' ,	Б	2	721

인공 소나무림에 조성한 채종임분 숲가꾸기 작업 결과

인공림 현황, 성장

채종임분 조사구내 식재된 묘목의 활착률은 97.5%이며, 적절한 숲가꾸기 작업을 실시한다면, 임분의 성장(수고 및 직경 성장)이 양호한 인공림으로 유도할 수 있는 것으로 생각된다.

숲가꾸기 이후 인공림 상황

2013 년 시행된 제 1 차 숲가꾸기 작업 실시 전에 조사한 결과에 따르면, 조사구내 식재되어 있던 전체 개체목의 50~60%가 생장이 좋지 않고, 특히 흉고직경이 전체 평균의 80%를 넘지 않아 비교적 가늘며, 수간이 통직하지 않고, 고사하거나 생장이 좋지않은 가지가 많았으며, 수관(crown)의 발달이 좋지않았고, 병해충의 피해를 받은 것으로 확인되어 제 1 차 숲가꾸기 작업에서 이들을 대상으로 벌채하였다. 2013년에 제 1 차 숲가꾸기 작업에서 벌채한 개체목은 285본 으로 헥타르 당 370본을 조사구에 잔존시켰다. 1 차 숲가꾸기 작업을 시행했을 때 모니터링 조사구와 채종임분 조사구간의 수고 및 흉고직경은 유의미한 차이가 없었다.

그러나, 숲가꾸기 제 1 차 작업을 진행한지 6 년 후인 2019 년에 채종임분 조사구에 대한 조사를 수행한 결과, 평균 흉고직경이 11.3cm, 수고가 6.4m, 지하고는 1.2m 로 비교 대조구의 모니터링 조사구 보다 흉고직경은 1.2cm, 수고는 1.3m, 지하고는 0.3m 더 성장한 것으로 나타났다(표 2). 그리고, 산림이 가지고 있는 잠재적인 생산능력인 지위지수(site index)는 2 등급에서 1 등급으로 올라갔다. 이는 1 차 숲가꾸기 작업으로 인해 채종임분의 성장 환경 조건이 개선되어 나타난 결과로 생각된다.

표 2. 채종임분 산림측정(Forest mensuration) 지수

산림측정 지수	모니터링 조사구		채종임분	
	2013	2019	2013	2019
A, 년	13	20	13	20
H, m	3.5	5.1	3.7	6.4
D, cm	7.9	10.1	7.8	11.3
지위지수	II	II	II	I
지하고, m	0.2	0.9	0.2	1.2

고랑 간격, m	5.4	5.4	5.4	5.4
나무 간격, m	1.0	1.0	1.0	3.3

A - 연령, H - 수고, DBH - 흉고직경, 지하고 - 수관(樹冠) 이하의 가지가 없는 수간(樹幹)의 길이,

또한, 채종임분 조사구의 흉고단면적(basal area)도 2013 년 숲가꾸기 작업 이후 증가하였다(사진 2).

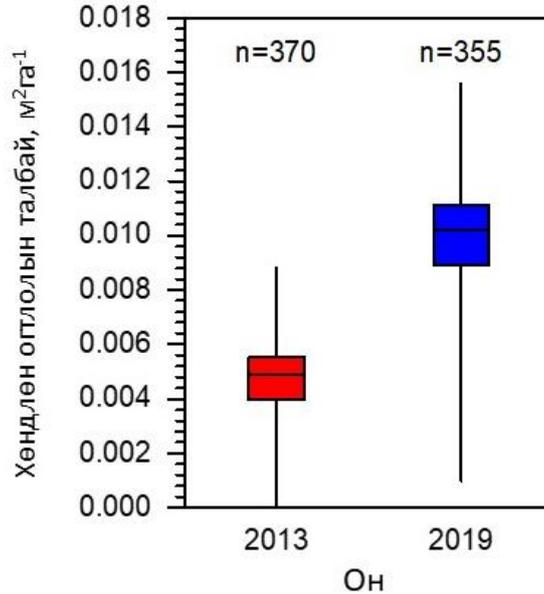


사진 2. 인공림의 흉고단면적(basal area)

일반적으로 임분내 개체목의 지하고가 높은 경우 개체목간의 가지가 서로 중첩되지 않아 임분으로 들어오는 광(light)에 대한 개체간 경쟁이 적어 개체목들의 생장이 좋다. 개체목의 지하고는 유전적 영향을 받는 것으로 알려져 있으나, 가지치기를 통해 인위적으로 지하고를 높일 수 있기에 채종임분 조사구내 수형목에 대한 가지치기를 2013 년에 실시한 후, 6 년 후인 2019 년에 측정한 평균 지하고는 1.2m로 2013 년에 비해 0.3m 증가하였다. 이 같은 결과는 가지치기 작업을 통해 지하고가 상대적으로 높은 개체목의 수형(tree shape)을 만드는데 긍정적인 영향을 주고 있다는 것을 의미한다고 생각된다(사진 3).



사진 3. 숲 가꾸기 전 인공림 모습

이상의 결과를 종합하면, 2013 년도의 숲가꾸기 제 1 차 작업은 전체적으로 채종임분 조사구내 개체목들의 생장에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

채종임분 수형목 선발 방법

채종임분에서 중요한 지표 중 하나는 종자 원산지이며, 이를 확인하지 않고 조림 및 산림복원에 활용했을 때 유전적으로 앞으로 어떤 산림이 될지 알 수 없다.

소련 보리소프(Борисов) 임업부에서 지위지수(site index)는 1 등급, 3 등급의 소나무림에서 채취한 종자로 조림한 결과는 다음 같다. 먼저 지위지수(site index) 1 등급 소나무림은 age class 를 따라서 1 단계(20 년) 같은 경우 평균 수고는 5.72m, 흉고직경은 6.2cm 이었다. 지위지수(site index) 3 등급 소나무림은 age class 를 따라서 1 단계(20 년) 같은 경우 평균 수고는 3.33m, 흉고직경은 3.78cm 이었다. 종자생산량 같은 경우 지위지수(site index) 1 등급 소나무림은 19.2%, 지위지수(site index) 3 등급 소나무림은 11.8%로 나타났다(Azniev, 1970). 이는 지위지수(site index)는 1 등급 소나무림 종자는 3 등급보다 품질이 좋을 뿐만 아니라 그 유전 특성이 자손에게 전달된다는 것을 보여준다. 연구 결과를 따르면, 성장 환경을 개선하고, 숲가꾸기 작업은 종자 품질을 높이는 중요한 방법인 것으로 나타났다.

러시아 과학자들의 연구에 따르면, 불리한 성장 환경에 대한 내성, 발달, 가늘고 곧은 줄기와 같은 특성은 대대로 유전된다(Lyubavskaya, 1982; Tarakanov, 2001).

표 3. 채종임분 수형목 선발에 따른 분류, %

No	수형목 선발	분류, %	
		2013	2019
1	우세목	13	15
2	정상	56	72
3	열세목	31	13

수형목 선발은 유전학적 연구 결과에 따라 개체목을 평가하고 경제적 이익을 고려하며 선정하는데, 이 채종임분에는 정상적인 개체목이 널리 분포되어 있다. 수관 특성을 연구하는 것은 개체목 건강을 평가하는 데 중요한 지표다. 채종임분에서 개체목의 수관고, 흉고직경, 지하고 지표를 보았을때 수관고는 2013년 대비 2.5 배 증가해 200cm 로 길어진 것으로 보인다(그림 4).

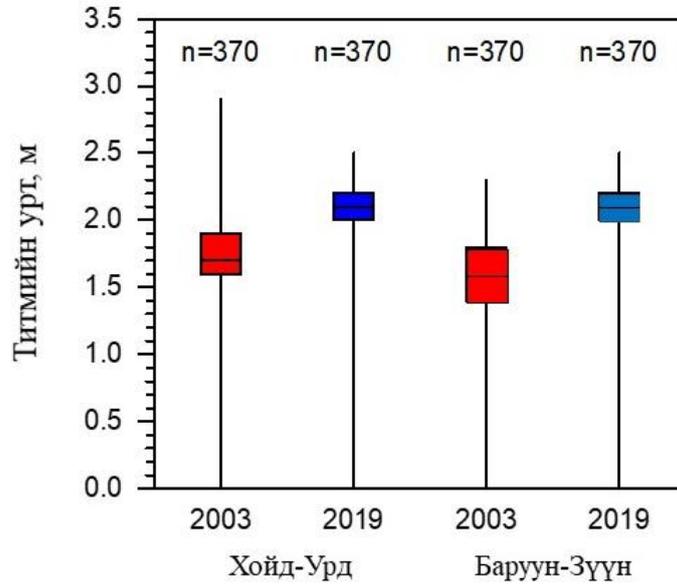


사진 4. 채종임분 수관 지표

이는 헥타르당 개체목 수가 많을수록 수관 직경의 생장이 낮아지고 단위 면적당 개체목 수가 적을수록 수관 직경의 생장이 높아진다는(Tsogt, 1993) 연구 결과와 일치하다. 종자생산량은 주로 수관에 공급되는 햇빛의 양에 따라 달라진다. 인공림 채종임분에 벌채와 가지치기를 한 후 개체목 평균 간격은 5.2m 로, 개체목이 받은 수 있는 햇빛의 양과 개체목 당 영양소 영역이 증가했다(그림 5, 6).

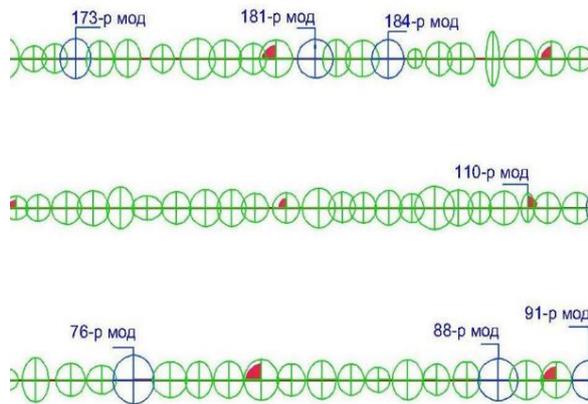


사진 5. 인공림 채종임분에 간벌 작업 전 상황 (2013년)

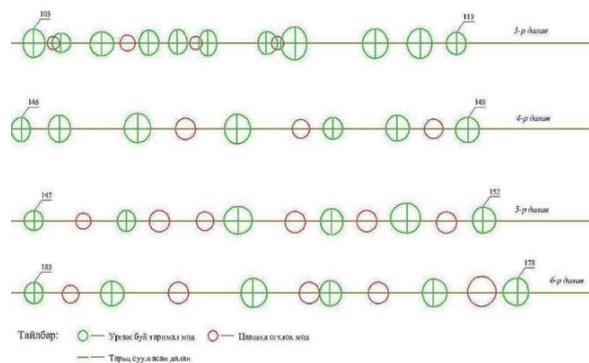
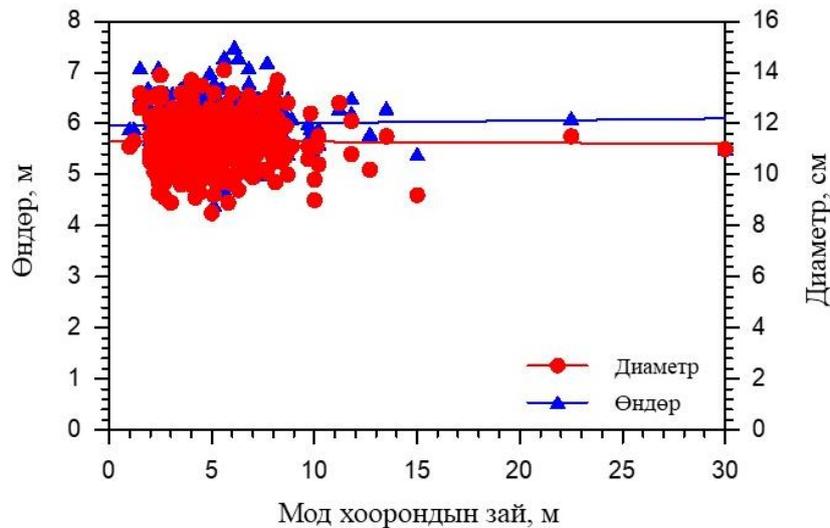


사진 6. 인공림 채종임분에 간벌 작업 이후 상황 (2019년)

논의

채종임분 숲가꾸기 작업 효과

몽골에서는 산림용 종자 분야의 연구가 상대적으로 적게 수행되었다. 이 연구의 결과는 조림지에 숲가꾸기 작업을 시행하기 위한 종자 공급원을 지정하고, 조사한 몽골에서 수행하고 있는 몇 안 되는 연구 중 하나다. 임산물 품질을 개선하기 위한 숲가꾸기 작업을 시행하기 위한 노력이 부족한 것으로 보인다. 따라서, 숲가꾸기를 통해 환경을 개선하면 장기적으로 우량 종자를 생산 뿐만 아니라 종자생산량을 향상시킬 수 있는 가능성이 있다.



Diameter, cm

Linear regression: (N = 369)
 $y = a + bx$
 $0E+000 \leq x \leq 30$
 $a = 11.3248$
 $b = -0.0039$
 Estimated using 1/n:
 Variance of residuae = 0.9371
 Std. deviation of residuae = 0.968
 Estimated using 1/(n-2):
 Variance of residuae = 0.9422
 Std. deviation of residuae = 0.9706
 Correlation coefficient = -0.0109
 df = 367
 $p = 0.41465$
 $Eta^2 = 0.0001$
 $Eta^2_{adj} = -0.0026$

Height, m

Linear regression: (N = 369)
 $y = a + bx$
 $0E+000 \leq x \leq 30$
 $a = 5.9648$
 $b = 0.0044$
 Estimated using 1/n:
 Variance of residuae = 0.1773
 Std. deviation of residuae = 0.4211
 Estimated using 1/(n-2):
 Variance of residuae = 0.1783
 Std. deviation of residuae = 0.4222
 Correlation coefficient = 0.0282
 df = 367
 $p = 0.29801$
 $Eta^2 = 0.0008$
 $Eta^2_{adj} = -0.0019$

사진 7. 인공림 수고, 흉고직경, 간격(2019 년)

인공림의 성장과 발달은 묘목의 품질, 조림 기술, 관리 및 보호를 포함한 여러 요인에 따라 달라진다. 식재 패턴이나 밀도는 개체목의 성장을 결정하는 중요한 요소다. 인공림 성장의 각 단계에서 숲가꾸기를 통해 적절한 산림 밀도를 유지하면 성장과 생산성이 증가한다 (Batsaikhan, 2020). 개체목 간격을 늘리면 수고와 흉고직경이 증가할 것으로 예상된다(그림 7). 개체목 간격과 수고, 흉고직경 등의 상관관계가 거의 없는 것으로 보였으나 앞으로 숲가꾸기 작업이 필요한 것으로 보인다. 이런 식으로 개체목 간격을 늘리면 성장을 가속화하는 것이 가능하다. 수관 가지치기를 흉고직경(1.3m) 높이에 하는 것은 개체목의 건강을 개선하고 수고·직경 성장을 증가시킬 수 있다는 것을 알 수 있다(Batsaikhan, 2020). 본 연구에 따르면 식재된

개체목의 수고는 증가할수록 개체목의 지하고 및 흉고직경이 증가하는 경향이 있었다. 따라서, 채종임분에서 가지치기는 개체목 성장을 증가시키는 긍정적인 효과가 있었다. 식재된 개체목은 8년생 때부터 한 줄에 있는 개체목들의 수관이 서로 접하기 시작하며, 13년생 되면 완전히 겹친다(Batsaikhan, 2020). 이로 인해 고랑을 따라 균일한 수관 발달에 방해된다. 그러나 숲가꾸기를 위한 가지치기 후에는 개체목들의 간격이 늘어나 균일한 수관 성장에 필요한 환경이 마련되었다.

연구 결과에 따르면 소나무림에서 가지치기를 하기에 가장 적합한 시기는 15~20년생으로, 개체목 줄기 아랫부분, 즉 1/3까지 뺀 가지를 가지치는 것은 개체목 성장을 촉진하고 영양분 순환을 증가시키는 데 효과적인 것으로 나타났다.

흉고직경 성장의 차이

가지치기 및 비료 준 후에 개체목 성장에 비교적 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 8). 흉고직경 성장을 보면 가장 좋은 성장을 보인 해는 2010년, 2011년, 2012년, 2013년, 2014년이였다. 그 해의 성장기 동안 평균 기온은 10.5°C였고, 총 강수량은 244.9mm였다. 그러나, 가장 낮은 흉고직경 성장을 기록한 해는 2015년, 2017년, 2018년, 2019년이였으며, 성장기 평균 기온이 12.0°C, 총 강수량이 309.2mm였다. 숲가꾸기 제 2차 작업을 하고, 비료관주 시 채종임분 개체목 생장이 모니터링 표준지 개체목보다 좋은 것으로 나타났다(사진 8).

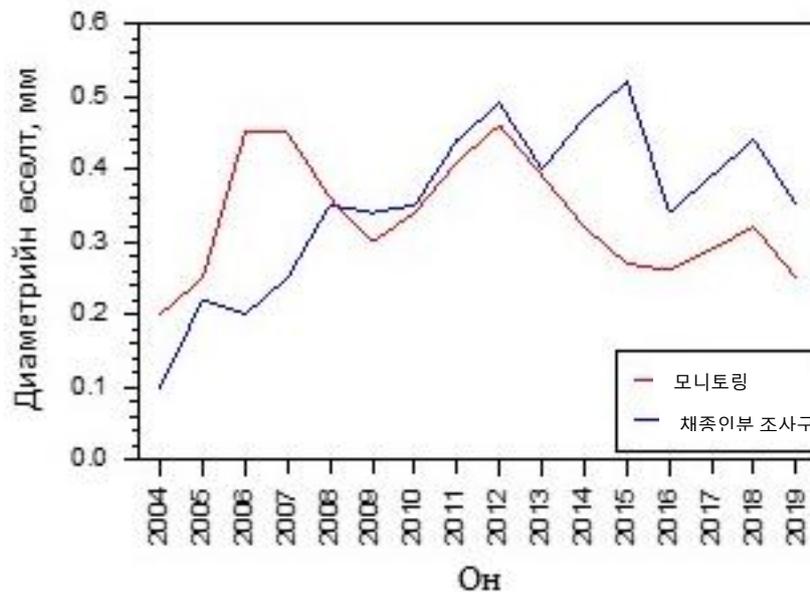


사진 8. 인공림 흉고직경 성장의 차이

채종임분 선정

조사 결과를 따르면 지위지수(site index) 등급이 높을수록 수형목이 차지하는 비율이 증가하고, 품질이 낮은 개체목의 비율이 감소한다. 채종임분을 조성할 때 지위지수(site index)는 1-2 등급(2 등급 없으면 3 등급), 20-60년생 산림에서 채종임분을 조성한다(Udval, 2014). 우리가 수행하고 있는 이 연구는 내륙 자연림 지역의 Selenge 지역에서 하였다. 선정된 채종임분의 개체목은 2013년에 지위지수가 2등급이었으며, 2019년에 숲가꾸기 제 2차 작업을 한 이후 지위지수는 올라갔다. 소련의 보리소프(Борисов) 임업부에서 수행한 연구에 따르면 지위지수 1등급 종자는 3등급보다 비교적 품질이 좋으며, 이러한 유전 특성이 자손에게 전달되는 것으로 나타났다. 이는 생장 환경을 개선하고, 숲가꾸기 작업을 함으로써 지속적으로 우량 종자를 공급할 수 있다는 본 연구 결과를 확인해 주는 것으로 보인다.

숲가꾸기 작업의 중요한 부분 중 하나는 보호하는 일이며 채종임분을 산불 피해로부터 보호하기 위해 2013년에 너비 6m의 흙 띠를 깔았는데 6년 사이에 땅이 완전히 회복되어 매년 봄에 건기가 시작될 때마다 표토를 제거하는 것이 좋다.

인공 소나무림에 조성한 채종임분 숲가꾸기 제 1·2차 작업은 개체목 생장 및 종자생산량에 미치는 영향에 관한 연구 결과

인공 소나무림에 모니터링 표준지(sample area) 2점(plot), 채종임분 표준지(sample plot) 3점(plot)을 표시하였다. 이러한 인공림의 산림측정 (Forest mensuration) 지표는 다음과 같다(표 4).

표 4. 조사구 정보

No	위치	표준지	표준지	연령	1ha 당 나무 수	자원 m^3/ha^{-1}	줄 간격, M	나무 간격, M	해발고도, M
1	Tujiin Nars, Selenge aimag	모니터링	Co1	24	3100	187.8	4.8	1.1	720
2		모니터링	Co2	24	3350	184.5	4.4	1.0	721
3		채종임분	SO1	24	720	76.1	4.6	3.2	722
4		채종임분	SO2	42	890	96.1	4.7	2.5	720
5		채종임분	SO3	24	860	93.5	4.9	2.8	723

모니터링 및 채종임분 표준지 개체목 생장

산림생태계의 탄소고정(Carbon Sequestration) 및 식물 영양 순환은 개체목 생장, 횡단면적(cross-sectional area), 자원 등에 크게 영향을 받는다. 모니터링 표준지 간에 수고($F=0.135, P=0.714$)나 흉고직경($F=0.772, P=0.381$)에 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 채종임분 표준지의 수고($F=2.148, P=0.025$)와 흉고직경($F=2.537, P=0.081$)은 유사한 것으로 나타났다.

채종임분 표준지 흉고직경 생장은 모니터링 표준지에서 높은 ($F=82.323, P<0.0001$) 것으로 보였으며, 수고 및 흉고직경 간 상관관계가($r=0.24$) 좋은 것으로 보인다. 그러나, 모니터링 표준지의 흉고직경 생장은($F=6.816, P<0.0001$) 빠르게

진행되어 수고 및 흉고직경 간 상관관계가($r=0.52$) 낮은 것으로 보인다(사진 9). 수고 및 흉고직경 간 상관관계가 좋으면 지상층부와 지하부 균등한 성장을 유지하는데 상관관계가 약할수록 성장 비율이 안 좋을 가능성이 크다.

모니터링 표준지에 숲가꾸기 작업을 하지 않아 개체목 간의 경쟁으로 인해 너무 크게 자랐다. 그러나, 채종임분 표준지에 간벌을 해 개체목 사이의 거리를 늘리고, 개체목에 공급되는 영양분과 빛 공급을 늘려, 개체목 간의 경쟁을 줄이고 적절한 성장 비율을 제공하였다.

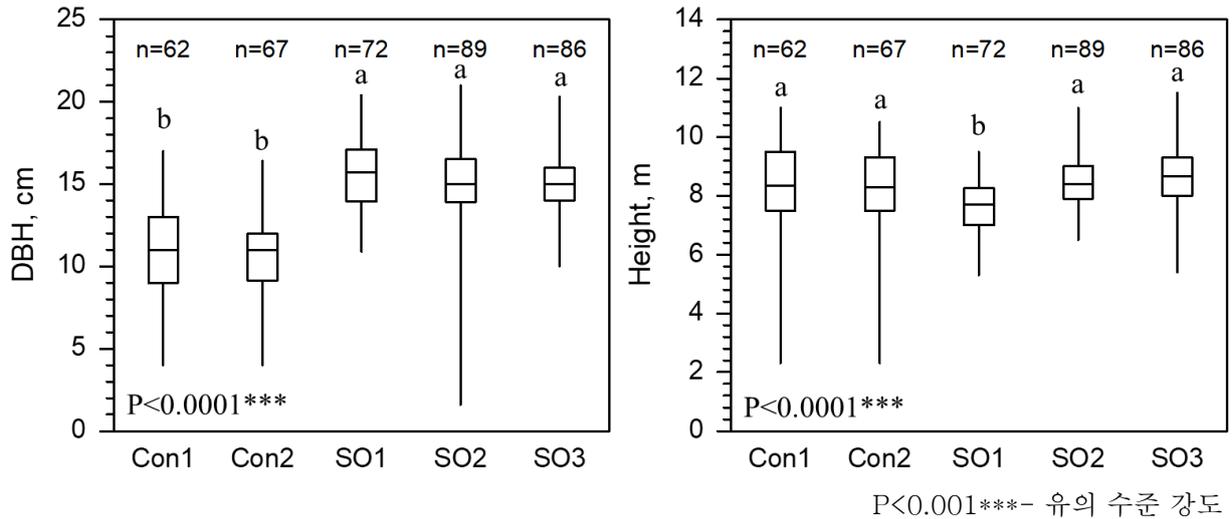


사진 9. 채종임분 표준지와 모니터링 표준지이 흉고직경, 수고 차이

식재한 개체목에서 성장추로 채취한 샘플을 보면 생장은 서로 양의 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다 $r=(0.35)$. 이는 샘플들이 동일한 성장 과정을 나타낸다는 것을 보인다. 연륜을 보면, 모니터링 표준지의 개체목은 2003~2013 년 사이에 연평균 2.4mm, 2014~2019 년 사이에 연 평균 1.7mm, 2020~2024 년 사이에 연평균 1.7mm 자랐다. 그러나, 채종임분 표준지의 개체목은 2003~2013 년 사이에 연평균 3.5mm 씩 자랐고, 2014~2019 년 사이에는 연평균 3.5mm, 2020~2024 년 사이에는 연평균 2.7mm 씩 자랐다(사진 10). 즉, 채종임분 표준지에 숲가꾸기 제 1 차 작업 후 남은 개체목들의 연륜(radial growth)은 모니터링 표준지 개체목들에 비해 1.8mm 증가하였고,

제 2 차 작업 간벌 후 남은 개체목들의 연륜은 모니터링 표준지 개체목들에 비해 1.0mm 증가하였다.

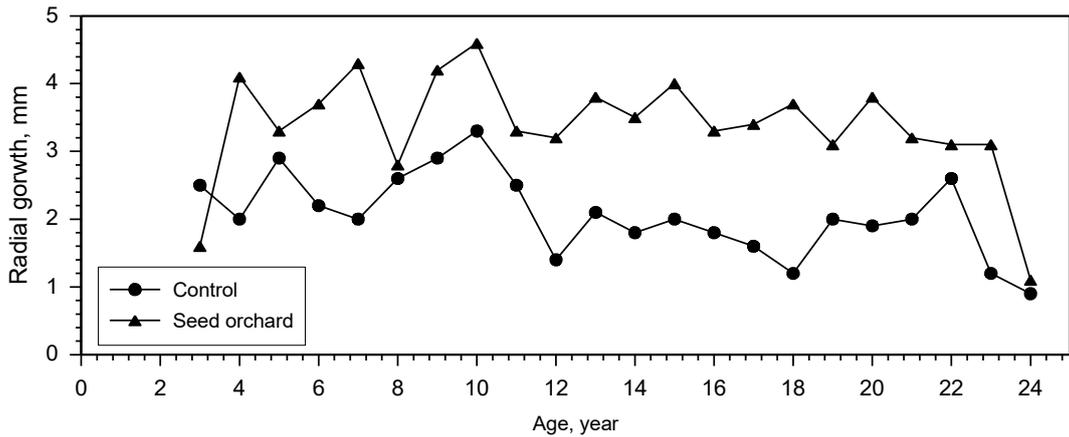


사진 10. 채종임분 및 모니터링 표준지 연륜 차이

채종임분 및 모니터링 표준지 수관 발달

채종임분 개체목의 주요 지표 중 하나가 수관이다. 수관 특성을 조사하는 것은 개체목의 건강 상태를 평가하는 데 중요하다. 채종임분 개체목의 수관고와 수관 비율은 모니터링 표준지와 유사했으나, 수관 폭과 수관 면적은 각각 0.9m 와 0.9m 증가했다(사진 11). 채종임분 개체목의 줄기생장을 촉진하기 위해 아랫부분의 죽은 가지와 살아 있는 가지를 잘라내고 수관고는 모니터링 표준지보다 낮아졌다.

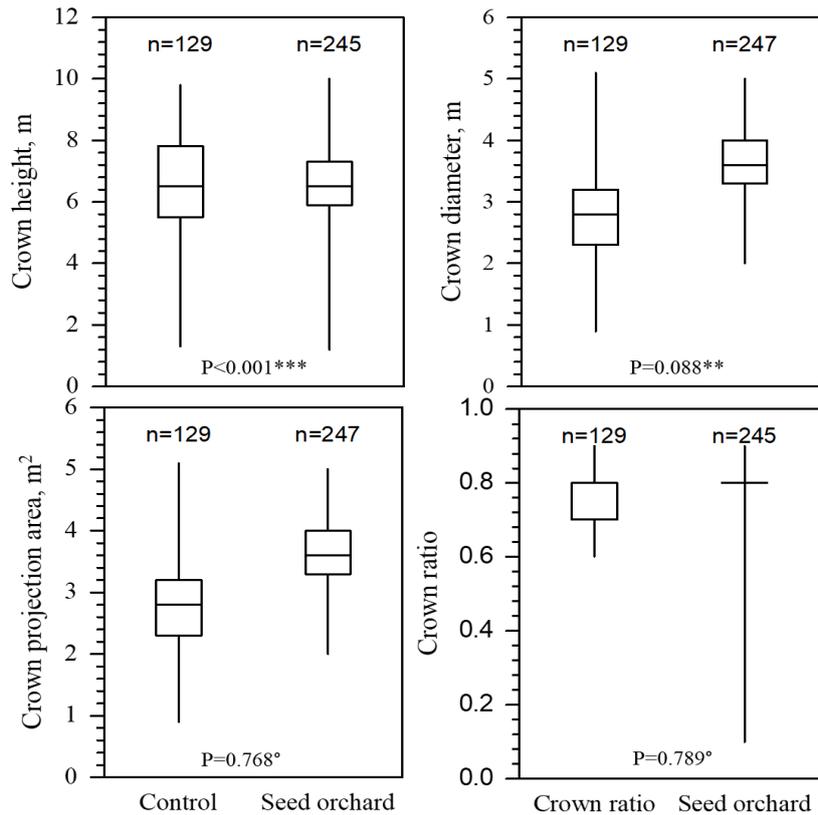


사진 11. 채종임분 및 모니터링 표준지 수관 지표

채종임분 및 모니터링 표준지 종자생산량

채종임분 대부분의 개체목은 종자생산량이 안 좋아 1-2 등급이었다. 이 개체목들은 햇빛이 잘 드는 쪽 수관과 꼭대기 중간에 소수의 구과가 달려 있었다.

그러나 일부 개체목은 3 등급 좋은 평가를 받았으며, 꼭대기의 중간과 대부분의 가지에 많은 구과가 달려 있었다(표 5). 채종임분 개체목은 모니터링 표준지에 비해 저품질 개체목은 14% 감소하였고, 정상 개체목은 12.4% 증가하였으며, 수형목은 2.5% 증가하였다(표 5). 채종임분 표준지는 모니터링 표준지에 비해 종자 생산량이 1 등급 개체목 35.6% 감소하였고, 2 등급 종자생산량을 가진 개체목은 20.2% 증가했으며, 3 등급 종자생산량을 가진 개체목은 2.8% 증가했다. 이는 채종임분에 2 회 숲가꾸기 작업을 함으로 수형목 개수, 종자생산량이 증가하였음을 보여준다(표 5).

표 5.채종임분 수형목 선발 평가, 종자생산량 평가

No	Plot	수형목 선발 평가			종자 생산량 평가			구과 개수	
		최하	정상	최상	없음	최하	중	길이 cm	Diameter , cm
1	모니터링 Co1	17.7	82.3	0	0	90.3	9.7	4.1	2.5
2	모니터링 Co2	22.4	77.6	0	0	89.6	10.4	4.2	2.4
3	채종임분 So-1	13.9	86.10	-	6.9	40.3	50.0	4.2	2.5
4	채종임분 So-2	2.2	93.3	4.5	14.6	59.5	23.6	4.0	2.2
5	채종임분 So-3	2.3	97.7	0	16.1	63.2	17.2	4.1	2.4

주변 환경의 종자생산량에 미치는 영향

우량 품질의 종자를 사용하는 것은 극한 기후 지역에서 산림 조성과 산림복원을 위해 가장 중요한 조건 중 하나이다. 특히, 생장기가 짧고 강수량이 부족하며 종자생산량이 낮은 지역에서는 더욱 그렇다. 몽골에서 산림조성 사업에 있어서 묘목 활착률이 낮고, 인공림의 생산성이 낮은 가장 큰 이유는 한편으로는 우량 종자 공급이 부족하고, 이러한 연구는 아직 시작에 불과하다. 또한, 벌목 과정에서는 생장이 좋고 생산성이 높으며 유전이 좋은 개체목만 선택해 나머지 개체목은 베어내는데, 이는 앞으로 좋은 산림을 조성할 수 있는 가능성을 없애는 것이다. 산림 지위지수 등급이 좋을수록 수형목이 차지하는 비율이 높으며, 채종임분을 선정할 때 지위지수는 2 등급, 그 지역에 2 등급 산림이 없으면, 3 등급(20-60 년) 산림에서 선정한다(Udval et al. 2021). 그러나, 인공림에 수관이 접하기 시작하면서 자연적으로 가지가 떨어지기 전에 숲가꾸기 작업을 진행하고, 채종임분을 선정할 수 있다(Udval, 2014). 토양 영양분이 충분할 경우 일찍 많은 종자가 달릴 수 있고, 영양분이 많으면 종자 품질이 향상된다. 예를 들어, 환경 조건 I~III 등급에 속하는 산림의 종자생산량은 환경 조건 IV~V 등급에 속하는 산림의 종자생산량보다 2~10 배 더 높다. Tujiin Nars 에 선정된 채종임분은 산림 지위지수(site index)는 2 등급, 경사도는 4 도이며, 앞으로 우량 종자를 생산할 수 있는 것으로 보인다.

인공림 숲가꾸기가 종자생산량에 미치는 영향

숲의 틈새, 가장자리에서 자라는 개체목은 숲 안에서 자라는 개체목보다 10~20 년 일찍 종자를 생산하기 시작하며, 열린 곳에 자라는 개체목의 수관은 햇빛에 관한 모든 면에서 더 좋기 때문이다. 또한, 종자생산량은 삼림 밀도에 크게 좌우되는데, 숲이 밀도가 낮을수록 생산량이 높아지는 반면, 울창하고 밀도가 높은 숲에서는 종자

생산량이 상대적으로 낮아진다. 종자생산량은 산림 밀도, 헥타르당 개체목 수, 간격, 개체목 줄기와 가지의 발달로부터 직접적으로 영향을 받는다.

본 연구에 따르면, 인공림의 개체목 근원경과 자원은 종자생산량에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다($r=0.22$). 토양 양양분이 낮고, 극한의 기후 조건을 지닌 산림에서는 숲가꾸기를 위한 간벌을 실시하는 것이 매우 중요하다(Ruiz-Peinado et al. 2013, Settineri et al. 2018, Peñuelas et al. 2021). 종자생산량은 주로 수관이 받는 빛의 양에 따라 달라지기 때문이다. 숲가꾸기 실험에서 생장이 우수한 개체목은 생장은 보통 개체목과 비교하면 상당한 차이를 보였다(Mucoz et al. 2008, Scheeren et al. 2004). 예를 들어, 개체목의 생장이 감소한 해에도 수형목의 특성을 지닌 개체목의 성장률은 보통 또는 열세목보다 높다.

우리 연구에서, 개체목 간격은 수형목 선발 평가($r=0.15$)에 긍정적이고 약한 상관관계를 보였고, 종자 생산 등급은 ($r=0.5$)로 긍정적이고 강한 상관관계를 보였다. 이는 조림지에서 개체목 간격을 늘리는 것이 종자생산량에 긍정적인 영향을 미친 것을 보여준다. 또한, 품질이 낮고 손상되었거나 왜소해진 개체목을 벌채함으로써 남아 있는 개체목의 종자 품질을 개선할 수 있는 조건이 마련되었다(표 6). 수관고($r=0.2$)와 햇빛 반사 면적($r=0.2$)은 종자 생산 등급의 정도와 직접적으로 양의 상관관계를 갖는다. 또한, 가지 바이오매스 생물량($r=0.2$)은 종자생산량을 증가시키는 요인 중 하나이다.

표 6. 채종임분의 산림측정 (Forest mensuration) 지표의 상관 행렬

Variables	DWT, m	DBH, cm	H, m	GS, m ³ /ha ⁻¹	Scr, m ²	HTB, m	CH, m	SB, kg	BB, kg	SI	SC
DWT, m	1	0.35	0.08	0.25	0.26	0.01	0.04	0.25	0.39	0.12	0.37
DBH, cm	0.35	1	0.26	0.92	0.52	0.04	0.23	0.92	0.81	0.30	0.35
H, m	0.08	0.26	1	0.56	0.07	0.15	0.61	0.56	0.21	0.24	0.07
GS, m ³ /ha ⁻¹	0.25	0.92	0.56	1	0.43	0.04	0.38	1.00	0.63	0.31	0.25
Scr, m ²	0.26	0.52	0.07	0.43	1	0.09	0.12	0.43	0.46	0.15	0.32
HTB, m	0.01	0.04	0.15	0.04	0.09	1	0.68	0.04	0.06	0.02	0.06
CH, m	0.04	0.23	0.61	0.38	0.12	0.68	1	0.38	0.10	0.15	0.00
SB, kg	0.25	0.92	0.56	1.00	0.43	0.04	0.38	1	0.63	0.31	0.25

			-			-					
	0.39	0.81	0.21	0.63	0.46	0.06	0.10	0.63		0.15	0.34
BB, kg	1	9	0	4	5	6	3	3	1	0	5
	0.12	0.30	0.24	0.31	0.15	0.02	0.15	0.31	0.15		0.10
SI	6	4	4	6	4	9	7	7	0	1	4
			-			-					
	0.37	0.35	0.07	0.25	0.32	0.06	0.00	0.25	0.34	0.10	
SC	3	2	3	7	9	9	1	7	5	4	1

DWT – Distance between to tree, DBH – breast diameter, H – Height, GS – Growing stock, Scr – crown projection area, HTB – Height to branch of stem, CH – Crown height, SB – stem biomass, BB – Branch biomass, SI – Selection inventory, SC – Seed crop Values in bold are different from 0 with a significance level alpha=0.05

수관고와 자원은 수형목 선발 평가에 중요한 요소이며 간격, 줄기 두께, 수관 면적, 가지 바이오매스는 종자생산량에 긍정적인 영향을 미친다(그림 12).

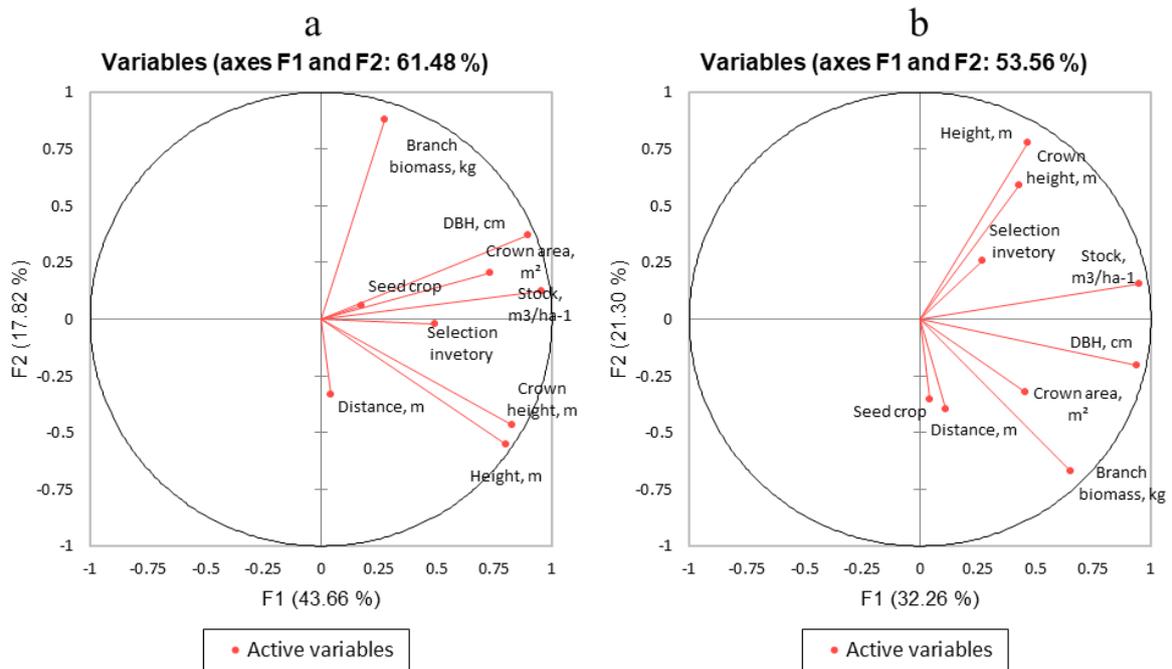


사진 12. 인공림 a) 모니터링 표준지 b) 채종임분 “PSA” 분석

조림지의 산림측정 (Forest mensuration) 지표, 개체목 평가, 종자생산량 등의 이들 간의 상관관계를 다음 그림에서 나타낸다.

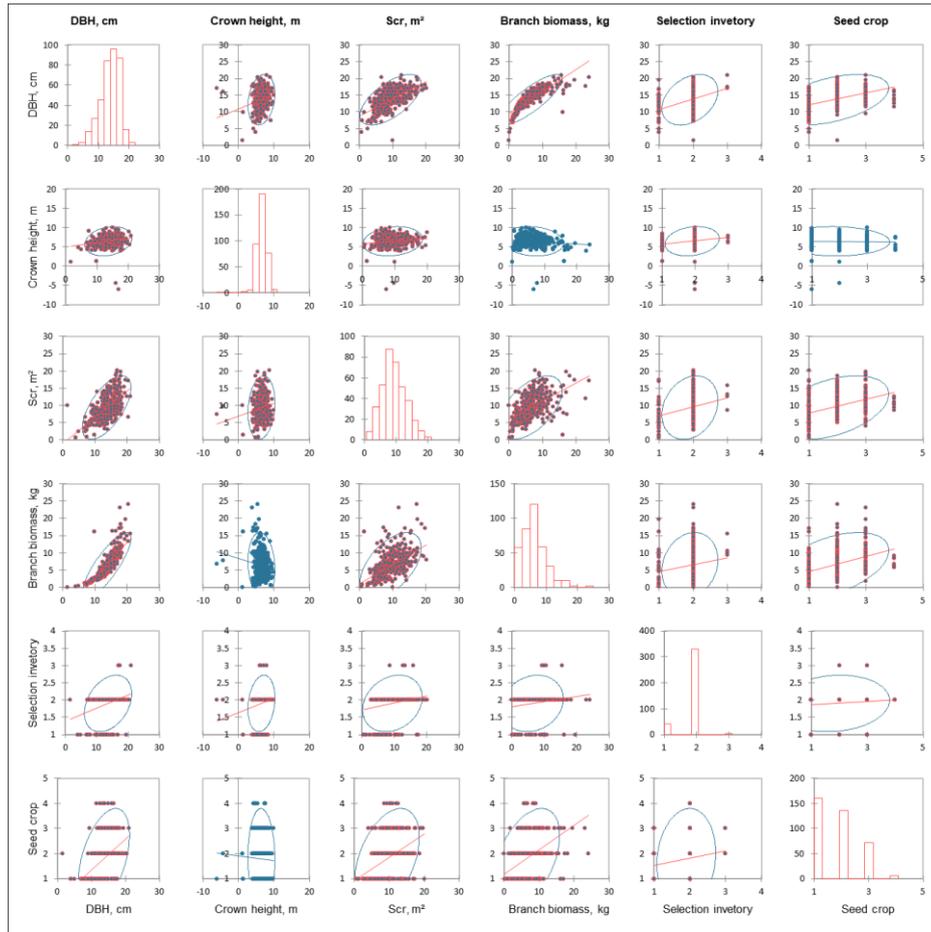


사진 13. 조림지의 산림측정 (Forest mensuration) 지표 상관관계

구주소나무 구과는 안 익었을 때는 녹색을 띠지만, 성숙하면서 회색이나 갈색으로 변한다. A.V. Pobedinsky(1979)와 같은 연구자들은 성숙한 구과가 붉은색을 띠고 달걀 모양이며 길이가 2.5~7.6cm, 두께가 2~3cm 라고 언급했다. Tujiin Nars 의 구과 길이는 $4.1 \pm 5.6\text{cm}$ 이고 직경은 $2.4 \pm 6.5\text{cm}$ 로 나타났다(표 5).

모니터링 표준지 및 채종임분 개체목 탄소고정(Carbon Sequestration)

산림은 토양 침식 방지, 탄소(C) 고정, 휴양, 산소 생산, 미적 가치 등 다양한 재화와 서비스를 제공한다. 이러한 산림의 모든 이점을 유지하고 향상시키기 위해 숲가꾸기 작업으로 간벌과 가지치기를 수행한다. 어린 개체목은 탄소고정 능력이 높기 때문에 이 지역에 개체목을 심는 것은 지구 온난화를 막는 데 중요한 요소가 될 수 있다(Jørgensen et al., 2021). 또한, 인공림은 천연림보다 더 많은 바이오매스와 탄소를 흡수할 수 있다(Long-Chi Chen et al., 2016). 산림 탄소흡수자원은 바이오매스와 직접적으로 연관되어 있으며, 숲가꾸는 개체목 성장에 어떤 영향을 미치고 바이오매스를 증가시키는지 확인하는 것이 중요하다(Durkaya et al., 2015; Matala et al., 2008).

모니터링 표준지는 개체목 바이오매스의 82.3%가 지상층에 있고 17.6%가 지하에 있었으며, 채종임분은 바이오매스의 83.1%가 지상층에 있고 16.9%가 지하에 있었다. 모니터링 표준지의 모든 개체목의 지상 총 바이오매스는 줄기가 55.2%,

가지가 38.9%, 침이 5.8%였으며, 채종인분 같은 경우 지상 총 바이오매스는 줄기가 45.0%, 가지가 49.2%, 침이 5.77%였다. 간벌이나 가지치기를 안한 모니터링 표준지의 개체목 줄기 바이오매스는 헥타르당 42.4 톤이었지만, 개체목 밀도를 바탕으로 계산한 모니터링 표준지의 줄기 바이오매스는 헥타르당 63.8 톤이었다. 인공림의 개체목 성장 및 발달을 증가시키고 종자생산량을 높이기 위해 숲가꾸기를 2 회 실시하여 개체목의 수량을 감소시켜 5 년 후 총 바이오매스가 감소하는 결과를 얻었다(표 7). 이에 따라 모니터링 표준지의 개체목 지상부 이산화탄소 저장량은 36.7t/ha⁻¹, 지하부 이산화탄소 저장량은 16.4t/ha⁻¹로 나타났으며, 채종인분의 개체목 지상부 이산화탄소 저장량은 18.3 t/ha⁻¹이고 지하부는 7.8 t/ha⁻¹이다 (표 7). 산림경영 또는 숲가꾸기는 개체목의 성장, 생태적·경제적 가치를 높일 뿐만 아니라 벌채 후 탄소저장량을 점진적으로 늘려 차연림과 비슷한 수준으로 만든다는 사실을 발견했다(Neşat Erkan et al., 2023).

표 7. 소나무 인공림의 모니터링 표준지 및 채종인분의 지상·지하 바이오매스, 탄소 저장량

Tree part	모니터링 표준지	채종인분
지상층부 바이오매스		
Stem (wood + bark), t/ha ⁻¹	42.41	17.22
Thick branch, t/ha ⁻¹	19.59	14.40
Thin branch, t/ha ⁻¹	10.27	4.43
Needle, t/ha ⁻¹	4.48	2.21
Total, t/ha⁻¹	76.75	38.26
Carbon, t/ha ⁻¹	36.71	18.32
지하부 바이오매스		
Root, t/ha ⁻¹	16.4	7.8
Carbon, t/ha ⁻¹	7.71	3.7

몽골에서 산림용 종자 및 종자에 대한 연구가 상대적으로 적게 수행되었다. 전국의 인공림에서 임산물의 품질을 높이기 위한 숲가꾸기를 시행하는 데 있어 진전이 충분하지 않다. 인공림에서는 가지가 갈라지고, 구부러진 줄기 또는 병든 개체목 꺾질과 새싹 해충이 있는 개체목이 우량 종자 구역 내에 침입하면 우량 종자를 생산하는 조건에 영향을 미치기 때문에 잘라내야 한다. 이 연구의 결과는 인공림에서의 산림 관리를 통해 종자 공급원을 확립하기 위해 몽골에서 수행된 몇 안 되는 연구 중 하나다. 따라서 인공림 숲가꾸기 관리를 통해 개선하면 장기적으로 좋은 품질의 종자를 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 숲가꾸기를 통해 종자 생산과 품질을 향상시킬 수 있는 기회를 만들 수도 있는 것으로 보인다.

결론

1. 2013 년 선정된 채종인분에 식재하된 개체목의 평균 연령은 13 년으로 연령이 I 등급이었고, 평균 흉고직경은 7.8cm, 수고는 3.7m, 지하고는 21.6cm 였다. 그리고 산림 지위지수(site index)는 II 등급이었다. 제 2 차 숲가꾸기를 시행함에 따라 평균 연령은 20 세 또는 연령등급 II, 평균 흉고직경은 11.3cm,

수고는 6.4m, 지하고는 120cm 이다. 제 1 차 숲가꾸기에서 채종임분 수목의 성장과 발달은 비교적 양호했다.

2. 제 1 차 숲가꾸기 작업 이후 채종임분 수목의 성장과 발달은 개선되었고, 산림 지위지수(site index)는 I 등급으로 올라가 가장 생산적이고 수익성이 높은 숲이 되었다.
3. 특정 원산지 인공림에서 채종임분을 선정할 때, 수관이 접하기시작되고 가지 숙기가 발생하기 전이나 연령 등급 I 에 속할 때 숲가꾸기를 수행하는 것이 적절하다는 것으로 판단되었다.
4. 채종임분 개체목의 흉고직경과 수관 발달은 모니터링 표준지보다 양호하여 종자생산량에 직접적인 영향을 미친다. 또한, 채종임분 개체목의 간격는 종자생산량과 양의 상관관계를 보인다. 이는 채종임분 숲가꾸기를 통해 개체목 성장을 늘리고, 종자생산량과 품질을 향상시키고, 장기적으로 우량 품질의 종자를 생산할 수 있음을 보여준다.
5. 모니터링 표준지 탄소고정(Carbon Sequestration) 44.42 t/ha 및 채종임분 같은 경우 21.39 t/ha 이며, 숲가꾸기 작업으로 인해 개체목의 수, 탄소 저장량도가 감소하였다. 그러나, 숲가꾸기 작업 이후 남아 있는 개체목의 성장이 개선되어 생물량이 상당히 증가했다. 이는 채종임분 수형목은 탄소흡수량이 엄청난 능력을 가지고 있으며, 앞으로 더 큰 탄소를 저장할 가능성이 있음을 나타낸다. 가장 중요한 것은 산림 탄소고정을 증가시키는 것을 목표로 하는 산림경영의 관행을 알고 이를 구현하는 것이 중요하다는 것이 입증되었다.

참고문헌

- Ameray, A., Bergeron, Y., Valeria, O., Monotoro Girona, M., Cavard, X. 2021. Forest carbon management; a review of silvicultural practices and management strategies across Boreal, Temperate and Tropical forests. *Curr Forestry Rep.* 2021;7(4):245–66.
- Andrzej W.egiel and Krzysztof Polow. 2020. Aboveground Carbon Content and Storage in Mature Scots Pine Stands of Different Densities. *Forests* 2020, 11, 240; doi:10.3390/f11020240
- Batkhashig, O. 2016. Soil classification of Mongolia. *Journal of Mongolian Soil Science*, 1: 18–31.
- De Frutos S, Bravo-Fernández JA, Roig-Gómez S, Del Rio M, Ruiz-Peinado R (2022). Natural regeneration and species diversification after seed-tree method cutting in a maritime pine reforestation. *iForest* 15: 500–508. – doi: 10.3832/ifor4088-015 [online 2022-12-14]
- Desertification Atlas of Mongolia. (2013). Ulaanbaatar, Mongolia.
- Durkaya A, Durkaya B, Makineci E, Orhan I. Aboveground biomass and carbon storage relationship of Turkish pines. *Fresenius Environ Bull.*2015;24(11):3573–83.
- Farjon, A. 2010. A handbook of the world's conifers. 2nd ed. rev. Leiden: Brill, Vol. I, 544 pp.
- Ganbaatar, B., Ishiguri, F., Nezu, I., Ohshima, J., Yokota, S., Tumenjargal, B. and Sukhbaatar, G. 2023. Effects of radial growth rate on juvenile wood properties of *Pinus sylvestris* planted in Mongolia. *Baltic Forestry* 29(1): id 649. <https://doi.org/10.46490/BF649>.
- Ganbaatar, B., Jamsran, T., Gradel, A. and Sukhbaatar, G. 2021. Assessment of the effects of thinnings in Siberian pine plantations in Mongolia: a comparative analysis of tree growth and crown development based on dominant trees. *Forest Science and Technology* 17: 135–143. <https://doi.org/10.1080/21580103.2021.1963326>.
- Gerelbaatar, S. (2011). "Growth of Planted Pine Forests." Doctoral Dissertation in Environmental Science (Ph.D), Ulaanbaatar, p. 123 .
- Griscom, BW., Adam, J., Ellis, PW., Houghton, RA., Lomax, G., Miteva, DA, et al. Natural climate solutions. *Proc Natl Acad Sci.* 2017;114(44):11645–50
- Grower, S.T., Landsberg, J.J. and Bisbee, K.E. 2003. Forest biomes of the world. In: Young, R.A. and Giese, R.L. (Eds.) *Introduction to forest ecosystem science and management*. 3rd ed. Hoboken, NJ (USA): John Wiley and Sons, p. 57–74.
- Jørgensen, K., Granath, G., Lindahl, B.D. and Strengbom, J. 2021. Forest management to increase carbon sequestration in boreal *Pinus sylvestris*

- forests. *Plant Soil* 466: 165–178. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05038-0>.
- Long-Chi Chen 1,2 & Meng-Jie Liang 1,3 & Si-Long Wang. Carbon stock density in planted versus natural *Pinus massoniana* forests in sub-tropical China. *Annals of Forest Science* (2016) 73:461–472 DOI 10.1007/s13595-016-0539-4
- Lorenz, K., Lai, R. 2010. The importance of carbon sequestration in forest ecosystems. *Carbon Sequestration in Forest ecosystems*. Dordrecht: Springer Netherlands; pp. 241–70.
- Matala J, Kellomaki S, Nuutinen T. Litterfall in relation to volume growth of trees: analysis based on literature. *Scand J For Res.* 2008;23(3):194–202. <https://doi.org/10.1080/02827580802036176>.
- Mongolia second assessment report on climate change, 2014. Available: <http://www.jcm-mongolia.com/wp-content/uploads/2015/11/MARCC-Final-Bk-2014-book-1st.9.17-ilovepdf-compressed.pdf>
- Mühlenberg, M., Appelfelder, J., Hoffmann, H., Ayush, E. & Wilson, K.J. 2012. Structure of the montane taiga forests of West Khentii, Northern Mongolia. *Journal of Forest Science*, 58: 45–56.
- Mucoz, F., Rubilar, R., Espinosa, M., Cancino, J., Toro, J & Herrera, M. (2008). The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. *For Ecol Manage* 255: 365–373.
- Neşat Erkan., Şükrü Teoman Güner and Ali Cem Aydın. 2023. Thinning effects on stand growth, carbon stocks, and soil properties in *Brutia pine* plantations. *Carbon Balance and Management* (2023) 18:6 <https://doi.org/10.1186/s13021-023-00226-0>.
- Ohlson, M. 1995. Growth and nutrient characteristics in bog and fen populations of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Plant Soil*, 172, 235.245.
- Peñuelas J, Sardans J. Global change and forest disturbances in the Mediterranean Basin: breakthroughs, knowledge gaps, and recommendations. *Forests.* 2021;12(5):603. <https://doi.org/10.3390/f12050603>.
- Richardson, D.M., P.W. Rundel 2000. *Ecology and biogeography of Pinus*. P.3–46, Cambridge Univ.Press, Cambridge.
- Ruiz-Peinado R, Bravo-Oviedo A, López-Senespleda E, Montero G, Río M. Do thinnings influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods? *Eur J For Res.* 2013;132(2):253–62. <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0672-z>.

- Scheeren, L. W., Schneider, P. R. & Finger, C. A. G. (2004). Crescimento e produçao de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith manejados com desbaste, na regiõo sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Cienc Florest* 14: 111-122.
- Settineri G, Mallamaci C, Mitrović M, Sidari M, Muscolo A. Effects of different thinning intensities on soil carbon storage in *Pinus laricio* forest of Apennine South Italy. *Eur J For Res.* 2018;137(2):131-41. <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1077-9>
- Turna, I. 2003. Variation of some morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scotch pine in Turkey, *Isreal journal of Plant Sciences*, Volume 51.
- Udval B., Gerelbaatar S., Dashzeveg Ts., Lobanov A.I. Seed Quality of *Larix sibirica* Ledeb. Depending on the Distance between Forest Areas and Pollution Sources around Ulaanbaatar City of Mongolia // *Izv. Universities. Lesn. Magazine* 2021. № 4. С. 23-35. DOI:10.37482/0536-1036-2021-4-23-35 http://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=356394
- Udval, B. (2014). Growth characteristics, seed crop, and seed quality of seed stands of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). Ph.D. Thesis, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, p 98 (in Mongolian)
- Udval, B. (2014). Growth Characteristics, Seed Production, and Seed Quality of Seed Trees in Siberian Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests. Dissertation, Ulaanbaatar, 2014, p. 98.
- Usoltsev Vladimir A., Koltunova Alexandra I. Kajimoto Takuya, Osawa Akira and KOIKE Takayoshi. 2002. Geographical Gradients of Annual Biomass Production from Larch Forests in Northern Eurasia. *Eurasian J. For. Res.* 5: 55-62.
- Азниеv Ю.Н., 1970. Полодоношение сосны обыкновенной в Белоруссии."Лесная генетика и семеноводство". Карелия Петрозаводск, с. 405-410,
- Анучин, Н.П. Лесная таксация. Учеб. Для вузов. 6-е изд. -М. ВНИИЛМ, 552 с, 2004.
- Батсай хан, Г. 2022. Таримал нарсан ой н нөөц, бүтээмжийг нэмэгдүүлэх шинжлэх ухааны үндэслэл. Дисс. УБ.
- Гиргидов Д.Я. 1976. Семеноводство сосны на селекционной основе.- М.: Лесн. Пром-сть, - 64 с (in Russian)
- Доржсүрэн, Ч. Дугаржав Ч.ба бусад. Монгол орны ой н таксацийн лавлах. УБ, "Бэмби сан" хэвлэлийн газар, 262 х, 2012.
- Жамъянсүрэн., С. Б.Удвал., Н.Батхүү., Ж.Бат-Эрдэнэ., Michael Fischer. Монгол орны ой н үрийн мужлал боловсруулсан судалгааны дүн. Шин

- жлэх ухааны академийн мэдээ сэтгүүл. vol. 58 №01 (225), Улаанбаатар, х 5-14. 2018.
- Кречетова, И.В. А.И. Новосельцова, А.М. Собинов А.М, 1971. Справочник по лесосеменному делу—М, Лесная промышленность, с.336.
- Любавская А.Я. 1982. Лесная селекция и генетика.—М: Лесная пром-сть, с 206.
- Любавская А.Я. 1982. Лесная селекция и генетика.—М: Лесная пром-сть, с 206.
- Монгол орны ой н сан, Улаанбаатар, 2023.
- Монгол орны цөлжилтийн атлас, 2020.
- Некрасова Т.П. (1983). Пыльцца и пыльцевой режим хвойных. Новосибирск, 169 с.
- Ой, уур амьсгалын өөрчлөлт, 125 х. 2018.
- Побединский А.В., 1966. Изучение лесоводственно-становительных процессов // М."Наук", 64 с.
- Рогазин, М.В. 2018. Лесная селекция: учебное пособие. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, – 298 с.
- Тараканов, В.В., В.П. Демиденко, Я.Н. Ишутин и Н.Т. Бушков, Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири.— Новосибирск: Наука, –230 с. 2001.
- Удвал, Б. 2014. Эгэл нарсан (*Pinus sylvestris* L.) ой н үрийн моддын өсөлтийн онцлог, үрлэлт, үрийн чанар. Дисс. Улаанбаатар. 98 х.
- Цогт З. 1993. Формирование, строение и продуктивность листовенных молодняков Центрального Хангая и Восточного Хэнтэя и рубки ухода в них. – Автореф. диссер. канд. с.-х. наук, Улаанбаатар, – 24 с.
- Цэдэндаш, Г. 1996. Умард Монголын ой-ургамалжилтын мужлалын асуудалд. Ой, ан судлалын хүрээлэнгийн эрд.шин.бүтээл, №2, с. 24-29.

셀렝게 아이막 부간트 마을 주변 구주소나무림 종자 생산 평가

교목 및 관목의 개화는 금년 종자생산량을 나타내는 주요 지표다. 대부분의 교목 및 관목은 봄에 꽃을 피우며, 이때 종자 생산을 예측할 수 있으나 개화 기간은 금년 날씨에 따라 생산량이 달라진다.

몽골은 지난 80년간 평균 기온은 2.2도 상승, 이는 세계 연평균보다 2.5배 높고, 강수량은 연평균 7~10% 감소했다. 이러한 기후 변화로 인해 대기 재해의 발생도 증가하고 있다. 기후 변화로 인한 기상 재해의 수는 지난 10년 동안에 비해 지난 20년 동안 두 배로 증가했다. 이는 몽골이 기후 변화로 인해 가장 큰 위협에 처해 있는 국가 중 하나다(기후 변화 적응, 2013). 연구자들은 개체목과 같은 다년생 작물 중은 기후

변화의 영향 하에서 성숙한 형태로 수년간 생존할 수 있지만, 기후변화로 인해 종자 생산성이 감소하여 결국 종자가 달릴 수 없게 된다는 것을 발견했다 (Udval & Gerelbatar, 2021).

연구 지역은 혹독하고 추운 겨울과 습하고 시원한 여름을 지닌 몽골 기후대에 속한다(몽골 국가 지도집, 2009). 이 지역의 겨울철 가장 추운 지역은 기온이 -25°C 에서 -30°C 사이이고, 다른 지역은 -20°C 에서 -25°C 사이이며, 여름에는 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 다. 토양 표면의 동상 기간은 95 일간 지속되고, 서리가 내리지 않는 기간은 90~100 일고, 첫 번째 서리 날짜는 9 월 4 일이고, 마지막 서리 날짜는 5 월 27 일이다. 연간 평균 맑은 날은 250 일이고, 연간 평균 흐린 날은 9~23 일이다. 연구 지역은 대륙성 기후를 특징으로 하며, 지난 20 년간 연평균 기온이 1.1°C 였고, 가장 추운 1 월 평균 기온은 -22.6°C 이고, 가장 따뜻한 7 월 평균 기온은 $+20.2^{\circ}\text{C}$ 였다.

지리적 강수량 분포에 따르면, 몽골 육지 표면의 고도, 저지대, 기복에 따라 강수량 분포가 각 지역마다 다르며, 연구 지역은 연평균 강수량은 250~270mm 며, 총 강수량의 약 80%인 140~200mm 가 성장기에 내린다.

최근 몇 년 동안 연구 지역에서는 극심한 기온이 관찰되었으며, 기온이 30 도 이상인 날의 수가 극적으로 증가했다. 연평균 일조시간은 2596 시간이며, 일조시간이 가장 낮은 달은 12 월로 135 시간, 하루 평균 5.1 시간이며, 일조시간이 가장 많은 달은 5 월에 80 시간, 하루 평균 9.4 시간이다. 1 년에 햇빛이 없는 날의 평균은 23 일이다. 에 교목 및 관목의 개화를 하며 이때 종자생산량을 예측할 수 있고, 개화 기간은 금년 날씨에 따라 생산량이 달라진다.

2024 년 6 월에 현장 조사를 실시하여 2 년생 구주소나무 개화, 수정, 작년 성숙 구과 조사를 하여 평가했다. 개체목의 개화 과정을 보면, 개체목은 봄에 대부분 꽃을 피우기 시작했지만 기후적 요인으로 인해 수정된 암꽃이 말라서 더 이상 배와 종자 발달이 안되었다. 연구 지역의 개체목의 구과를 눈으로 보고 평가할 때 2 등급, 또는 낮은 개화 점수가 관찰되었으며, 주로 햇볕이 잘 드는 쪽의 수관 중간 부분에 몇 개의 가지에 소수의 구과가 있었다. 산림종자연구에 종자 생식주기를 a) 수분 b) 수정 c) 배와 종자 발달 d) 열매 e) 성숙된 열매가 개체목에서 떨어지기 등의 4 단계로 나뉜다. 기후 조건은 각 단계에 특별한 영향을 미친다. 구주소나무의 수꽃(화분구과)는 꽃이 피기 전 해마다 6 월에 형성되고, 암꽃(종자구과)는 7 월 초에 형성된다. 그렇기 때문에 수정되기 전 해의 기후 조건이 종자생산량에 상당한 영향을 미친다.

수꽃(화분구과)는 달걀 모양이며 bud 끝에 무리지어 핀다. bud 끝에 여러 수술이 있고, 수술마다 2 개의 꽃밥이 있다. 꽃밥은 바람에 의해 퍼져나가며, 황색 꽃가루를 생성한다. 개화시기에 short bud 의 위에 1~2 개의 암꽃이 형성되며 구과가 형성된다.

구과는 느슨하게 개발된 커버로 구성된다. 수집된 꽃가루는 구과에 떨어져 발아된다. 그 후에 구과 커버는 커지고 덮여지게 된다. 수정 후 수꽃은 떨어지고 암꽃인 종자구과는 원동되고 이듬해 봄부터 자라서 가을까지 정상적인 크기(3-7cm)로 성숙하지만 씨앗꼬투리는 열리지 않게 월동된다. 종자는 떨어진 구과는 꼬투리에 오랫동안 보관된다

수꽃과 암꽃의 비율은 70:30 이었는데, 이는 전체 꽃의 70%가 수꽃이고 약 30%가 암꽃이었다. 연구에 따르면 환경 조건, 특히 한 개체목에 수꽃눈과 암꽃눈이 형성되는 조건과 해당 연도의 기후 조건은 이후 종자생산량에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다(Grigodov, 1976). 특히 습도에 큰 영향을 미친다. 또한, 공기 습도는 나무 호흡, 영양소 축적, 광합성 등의 생리적 기능에 강한 영향을 미치므로, 과습도는 암수 새싹 형성에 부정적인 영향을 미친다.

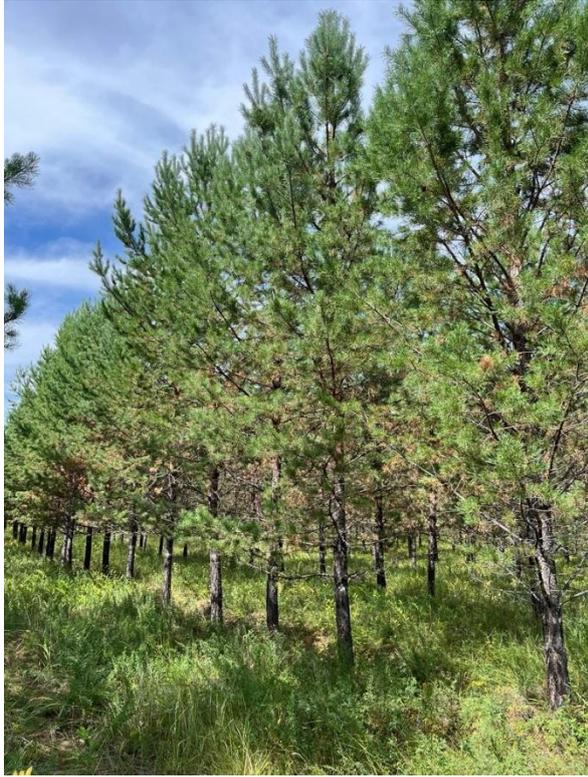


구주소무 개화된 모습

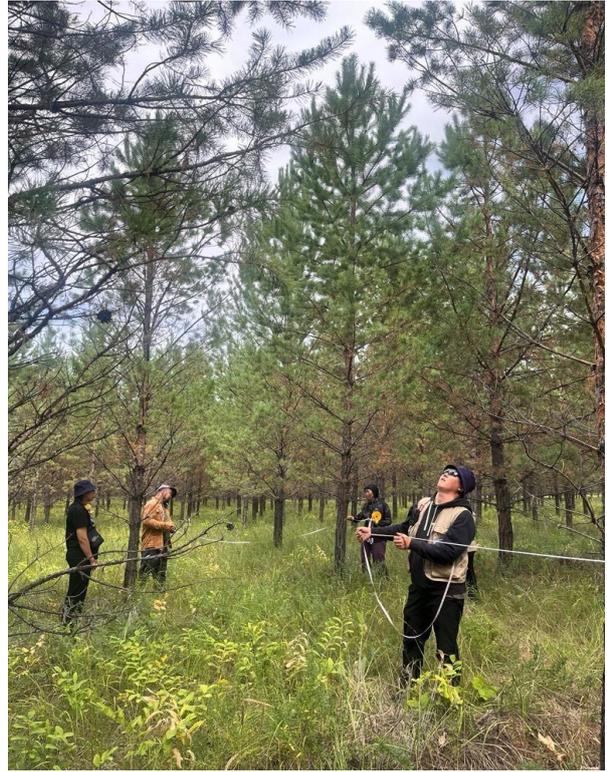


1년, 2년 구과

부록



채종임분 숲가꾸기 작업



나무 측정 및 재고



수형목 수관 측정



수형목 흉고측경, 근원경



채종임분 수형목 수꽃



채종임분 수형목 2년 성숙 구과

Selenge aimag Bugant, Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum, Khuvsgul aimag Murun soum 양묘사업지 내 초본 조사

양묘장내에 사료용 다년생, 양초용식물을 2022-2023 년에 10 종을 식재하였다(표 1).

표 1. 식재한 식물

	양묘장	Uvurkhangai aimag, Arvaikheer soum	Khuvsgul aimag, Murun soum	Selenge aimag, Bugant	Tuv aimag, Lun soum
	재배한 식물 용도	건초	복구	Control	사막화 방지, 황사 저감
사료용 다년생					
1	Agropyron cristatum (L.) P. B.	+	+	+	+
2	Bromus L.	+	+	+	+
3	Elymus sibiricus L.	+	+	+	+
4	Medicago L.	+	+	+	+
5	Festuca L.	+	+	+	+
6	Psammochloa villosa (Trin.) Bor	-	-	-	+
양초용식물					
7	Sophora alopecuroides L	+	-	-	+
8	Glycyrrhiza uralensis	+	+	+	+
9	Astragalus propinquus	+	+	+	+
10	Saposhnikovia divaricate	-	-	+	+
	소계	8	7	8	10

Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 에 조성한 양묘장 내 초본 조사 결과.

2022 년에 초본 피복도(Herb Layer Coverage)는 60%, 높이는 6cm, 대표적으로 *Artemisia adamsii*, *Convolvulus ammanii* 등의 식물이 자생하였다.

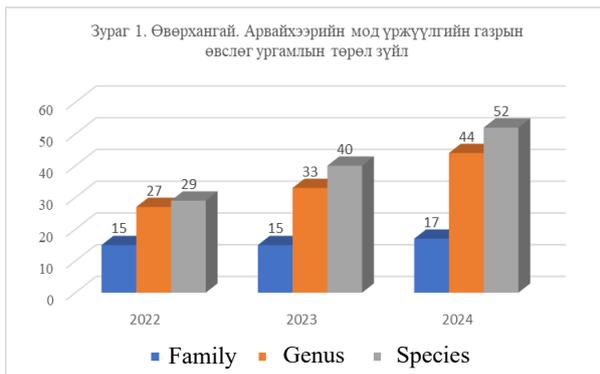
식생 군집(vegetation community)은 2022, 2023 년에 *Agropyron cristatum* (L.) P. B. – *Artemisia Adamsii* Bess. 이었다가 2024 년에 *Stipa Krylovii* Roshev. – *Artemisia Adamsii* Bess. 로 변화하였다.

조사기간에 총 17 과, 43 속, 55 종의 식물이 자생하고 있는 것으로 기록되었다(표 2). 년도 별로 보면 2022 년에 15 과, 17 속, 29 종, 2023 년에 15 과, 33 속, 40 종, 2024 년에는 17 과, 44 종, 52 종의 식물이 자생하고 있는 것으로 기록되었다. 울타리를 설치하고 3 년간 보호함으로 양묘장 내에 식물종 다양성이 증가하였다.

2023 년에 식재한 2 년생 *Agropyron cristatum* (L.) P. B.의 높이는 58.4cm 이었고, *Bromus* L. 같은 경우 80.3cm 가지 높이 자랐으며 종자가 달렸다

표 2. 양묘장에 식재한 2 년생 식물

식물명	Plot										평균 높이
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Agropyron michnoi</i>	53	67	50	57	63	51	55	62	58	65	58,4
<i>Bromus inermis</i>	70	80	78	75	85	90	87	78	75	85	80,3



또한, 생식 상태에 있는 초본의 개수는 2022 년에 19 종, 2023 년에 39, 2024 년에 41 종으로 증가하였다. 매년 기록된 수종의 62.0 – 97.5 %은 생식되고 있는 것으로 나타났다(사진 1, 2).

표 3. Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 에 조성한 양묘장 초본 내역

	학명	피복도, %			phenology stage		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
	피복도, %	60	70	60			
	높이, cm	4	15	16			
Poaceae /Graminae/							
1	<i>Agropyron cristatum</i>	8	12	1	Seed	+	Flower,
2	<i>Cleistogenes squarrosa</i>	6	2	1	Spike	+	Vegatative
3	<i>Eragrostis minor</i>	+	+	+	-	+	Seed
4	<i>Koeleria macrantha</i>		+	1	+	-	Vegatative
5	<i>Leymus chinensis</i>		1	1	Vegatative	-	Vegatative
6	<i>Poa attenuata</i>		+	1	-	+	Seed
7	<i>Stipa gobica</i>	+	3	+	Vegatative	-	Vegatative
8	<i>Stipa krylovii</i>		4	5	Seed	+	Seed

Cyperaceae							
9	<i>Carex duriuscula</i>	12	+	2	Seed	+	Seed
Alliaceae							
10	<i>Allium anisopodium</i>			3	Flower	+	Flower
11	<i>Allium odorum</i>	-	+	+	Flower	+	Flower
Iridaceae							
12	<i>Iris lactea</i>			1	Vegatative	-	Vegatative
13	<i>Iris tigrida</i>	+			Vegatative	-	Vegatative
Urticaceae							
14	<i>Urtica cannabina</i>	+	+	+	Vegatative	-	Vegatative
Chenopodiaceae /Amrntaceae/							
15	<i>Chenopodium acuminatum</i>	-	+	+	-	+	Seed
16	<i>Chenopodium album</i>	+	+	1	-	+	Flower
17	<i>Chenopodium aristatum</i>	3	+	2	Seed	+	Seed
18	<i>Coryspermum mongolicum</i>	+	+	1	-	+	Flower
19	<i>Salsola collina</i>	+	+	3	Vegatative	+	Seed
20	<i>Kochia prostrata</i>	+	+	2	-	-	Seed
Caryophyllaceae							
21	<i>Arenaria capillaris</i>	4	4	1	Flower	+	Flower, seed
22	<i>Stellaria dichotoma</i>			1		-	-
Ranunculaceae							
23	<i>Pulsatilla ambigua</i>			1	-	+	Seed
24	<i>Pulsatilla bungeana</i> -дэрэн			1	-	+	Seed
Cruciferae							
25	<i>Dontostemon integrifolia</i>	+	+	+	Flower		Flower, seed
26	<i>Lepidium densiflorum</i>	+	+		-	+	Flower, seed
Rosaceae							
27	<i>Chamaerodos erecta</i>			1	-	+	Seed
28	<i>Potentilla bifurca</i>	+	+	2	Flower	+	Flower, seed
29	<i>Potentilla nudicaule</i>			1		+	Vegatative
30	<i>Sibbaldianthe adpressa</i>	+	+	+	Vegatative	+	Vegatative
Fabaceae /Leguminosae/							
31	<i>Astragalus adsurgens</i>			2	-	+	Flower, seed
32	<i>Astragalus galactides</i>	+	+	1	Vegatative	+	Vegatative
33	<i>Caragana stenophylla</i>			1	Vegatative	+	Flower, seed
34	<i>Oxytropis sp.</i>			1	Flower	+	Seed
Apiaceae /Umbelliferae /							
35	<i>Bupleurum bicaule</i>	+	1	1	-	+	Flower
Convolvulaceae							

36	<i>Convolvulus ammannii</i>	+	+	5	-	+	Flower, seed
Linaceae							
37	<i>Linaria acutiloba</i>	+	1	1	-	+	Flower, seed
Labiatae							
38	<i>Cymbaria dahurica</i>			1	-	+	Flower, seed
39	<i>Dracocephalum foetidum</i>	+	2	+	Flower	+	Flower, seed
40	<i>Leonurus deminutes</i>			1	-	+	Seed
41	<i>Panzeria lanata</i>	+	1	1	Flower	+	Flower, seed
42	<i>Thymus gobicus</i>	-	+	1	Vegatative	+	Seed
Plantaginaceae							
43	<i>Plantago major</i>	+	+	1	-	+	Seed
Compositae							
44	<i>Artemisia adamsii</i>	15	15	40	Seed	+	Vegatative
45	<i>Artemisia frigida</i>	9	1	2	Flower	+	Bud
46	<i>Artemisia scoparia</i>		+	+	Vegatative	-	Flower
47	<i>Artemisia palustris</i>			1	-	-	Flower
48	<i>Heteropappus altaicus</i>	+	1	1	Flower	+	Flower
49	<i>Taraxacum collinum</i>	+	+	1	Vegatative	-	Vegatative
50	<i>Taraxacum officinale</i>	-	+	1	-	-	Flower
51	<i>Saussurea salicifolia</i>			1	-	-	Flower, seed
52	<i>Scorzoneria austriaca</i>	+	+	1	Vegatative	-	Vegatative
53	<i>Serratula centauroides</i>	-	+	1	Flower	+	Seed
54	<i>Soncus oleraceus</i>	-	1	1	Vegatative	-	Flower
55	<i>Youngia tenuifolia</i>	-	1	1	Flower	+	Flower, seed
	과 = 17	15	15	17			
	속 = 43	27	33	44			
	종 = 55	29	40	52			
	생식단계인 종				18 / 62%	39 / 97.5%	41 / 78.8%

출처: В.И.Грубов (1982) ба И.А.Губанов (1996)

Khuvsgul aimag Murun soum 에 조성한 양묘장 내 초본 조사 결과.

2022 년에 초본 피복도(Herb Layer Coverage)는 40-80%, 높이는 6-25cm, 대표적으로 *Artemisia frigida*, *Astragalus galactides* 등의 식물이 자생하였다.

식생 군집(vegetation community)은 2022 년에 *Artemisia absinthium* – *Astragalus variabilis*, 2023 년에 *Astragalus variabilis* Bge. – *Artemisia frigida*, 2024 년에 *Stipa* L. – *Astragalus variabilis* Bge. – *Artemisia Adamsii* Bess.로 변화하였다.

조사기간에 총 18 과, 44 속, 61 종의 식물이 자생하고 있는 것으로 기록되었다(표 4). 년도 별로 보면 2022 년에 13 과, 22 속, 23 종, 2023 년에 17 과, 32 속, 42 종, 2024 년에는 18 과, 39 종, 52 종의 식물이 자생하고 있는 것으로 기록되었다. 울타리를 설치하고 3 년간 보호함으로 양묘장 내에 식물종 다양성이 증가하였다.

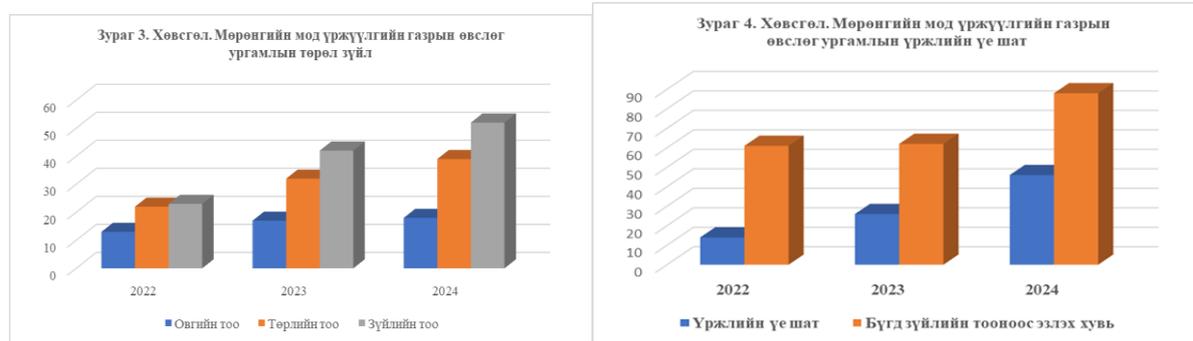


표 4. Khuvsgul aimag Murun soum 에 조성한 양묘장 초본 내역

	학명	피복도, %			penology stage		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
	피복도, %	40	80	70			
	높이, cm	2	25	6			
Poaceae							
1	<i>Achnatherum splendens</i>		+	1		+	Spike
2	<i>Agropyron cristatum</i>			2,5			Flower
3	<i>Cleistogenes squarrosa</i>	+		1			Vegatative
4	<i>Eragrostis minor</i>	2	4	+	+	+	Spike
5	<i>Leymus chinensis</i>			2*			Vegatative
6	<i>Stipa gobica</i>			2			Vegatative
7	<i>Stipa krylovii</i>			3			Seed
Cyperaceae							
8	<i>Carex duriuscula</i>	+		2*			Vegatative
Iridaceae							
9	<i>Iris lactea</i>	+	+	+	-	-	Vegatative
Alliaceae							
10	<i>Allium anisopodium</i>			1			Flower
Chenopodiaceae							
11	<i>Chenopodium acuminatum</i>	-	+	-	-	+	Seed
12	<i>Chenopodium aristatum</i>	-	+	3	-	+	Seed
13	<i>Chenopodium album</i>	1	+	1	+	+	Bud

14	<i>Chenopodium glaucum</i>			1			Bud
15	<i>Corispermum mongolicum</i>	-	+	1	-	-	Seed
16	<i>Kochia prostrata</i>	1	+	1	-	-	Bud
17	<i>Salsola collina</i>	-	+	2	-	+	Bud
Caryophyllaceae							
18	<i>Arenaria capillaris</i>	1	1	1	+	+	Flower, seed
19	<i>Gypsophylla desertorum</i>			+			Flower
20	<i>Stellaria dichotoma</i>			1			Flower
Cruciferae / Brassicaceae							
21	<i>Dontostemon senilis</i>	-	+	+	-	+	Vegatative
22	<i>Dontostemon integrifolia</i>	+	+	+	-	-	Flower
23	<i>Draba nemoralis</i>	-	+	-	+	+	Flower
24	<i>Lepidium densiflorum</i>			1			Flower
Urticaceae							
25	<i>Urtica cannabina</i>	+	-	+	-	+	Seed
Rosaceae							
26	<i>Potentilla bifurca</i>	-	+	2,5	+	+	Flower, seed
27	<i>Potentilla multifida</i>	+	-	+	-	-	Vegatative
28	<i>Potentilla anserina</i>	-	-	+	-	+	Vegatative
29	<i>Potentilla strigosa</i>	-	-	+	-	+	Vegatative
30	<i>Chamaerhodos erecta</i>	-	+	+	-	+	Vegatative
31	<i>Chamaerhodos altaica</i>	-	+	+	-	+	Flower, seed
32	<i>Chamaerodos trifida</i>	+	+	+	-	-	Flower
33	<i>Sibbaldianthe adpressa</i>	1	+	+	+	+	Vegatative
Fabaceae							
34	<i>Astragalus galactides</i>	5	3	4	+	+	Seed
35	<i>Astragalus adsurgens</i>			2			Flower
36	<i>Caragana stenophylla</i>			1			Vegatative
37	<i>Trigonella ruthenica</i>	-	+	+			Flower
38	<i>Oxytropis bungei</i>	-	+	+	+	+	Seed
Euphorbiaceae							
39	<i>Euphorbia humifusa</i>	-	+	+	+	+	Seed
Apiaceae							
40	<i>Bupleurum bicaule</i>	+	3	1	+	+	Flower
41	<i>Bupleurum scorzonerifolium</i>	-	+	-	-	-	Flower
Primulaceae							
42	<i>Androsace incana</i>			1			Seed
Convolvulaceae							
43	<i>Convolvulus ammanii</i>	-	+	1	+	+	Flower
Boraginaceae							
44	<i>Lappula intermedia</i>	-	+	+	+	+	Vegatative
Labiatae							
45	<i>Amethystea coerulea</i>	-	+	+	+	+	Flower

46	<i>Dracocephalum foetidum</i>	+	+	2,5			Flower, seed
47	<i>Leonurus sibiricus</i>	-	+			+	Flower
48	<i>Panzeria lanata</i>	1	+	1,5	+	+	Flower
49	<i>Thymus gobicus</i>	-	+	1		+	Flower
Plantaginaceae							
50	<i>Plantago major</i>	+	+	+	+	+	Seed
Asteraceae							
51	<i>Artemisia adamsii</i>	+	-	8			Flower
52	<i>Artemisia frigida</i>	4	5	+	*		Bud
53	<i>Artemisia macrocephala</i>	+	+	+			Vegatative
54	<i>Artemisia mongolica</i>		+	+	*		Bud
55	<i>Artemisia pectinata</i>	1	1	2			Bud
56	<i>Heteropappus altaicus</i>	1	+	1			Flower
57	<i>Scorzoneria austriaca</i>	-	+		-	+	vegatative
58	<i>Sonchus oleraceus</i>	-	+		-	+	Seed
59	<i>Taraxacum collinum</i>	+	+		-	-	Flower
60	<i>Taraxacum officinale</i>	-	+		-	-	Flower
61	<i>Youngea tenuicaulis</i>	-	+		-	+	Flower, seed
	과 = 18	13	17	18			
	속 = 44	22	32	39			
	종 = 61	23	42	52			
	생식단계인 종				14	26	46

Selenge aimag Bugant village 에 조성한 양묘장 내 초본 조사 결과.

2022 년에 초본 피복도(Herb Layer Coverage)는 100%, *Gramineae* Juss.은 30%, 다양한 풀 30%, *Filipendula palmata* 40%를 차지하고 있다. 높이는 40-50cm, 대표적으로 *Filipendula palmata* 등의 식물이 자생하였다. 식물군집은 다양한 풀-*Filipendula palmata*, 식물 중 밀도는 1m² 에 28 종으로 나타났다. 사업지 내에 총 27 과, 78 속, 91 종이 외에 정의되지 않은 종이 많다. 봄철 6 월, 여름철 7 월에 생장시기, 8 월에는 씨앗 달린 생식시기로 볼 수 있다. 총 91 종에서 57 종(62.6%)은 6 월, 85 종(93.4%)은 8 월에 생식하는 것으로 나타났다.

표 5. Selenge aimag, Yeroo soum, Bugant village 에 조성한 양묘장 초본 내역

	학명	피복도	phenology stage	
			9/VI	16/VIII
Equisetaceae				
1	<i>Equisetm pratense</i>	1	Vegatative	Vegatative
Graminae /Poaceae/				
2	<i>Alopecurus brachystachys</i>	2	Spike	Seed
3	<i>Bromus inermis</i>	1	Spike	Seed
4	<i>Calamagrostis epigeois</i>	1	Spike	Seed
5	<i>Elymus sibiricus</i>	2	Spike	Seed
6	<i>Koeleria macrantha</i>	1	Spike	Flower
7	<i>Leymus chinensis</i>	2	Vegatative	Vegatative
8	<i>Poa pratensis</i>	2	Spike	Seed
Cyperaceae				
9	<i>Carex</i>	1	Seed	Vegatative
10	<i>Carex</i>	1	Seed	Vegatative
11	<i>Carex delicata</i>	1	Seed	Vegatative
Alliaceae				
12	<i>Allium schoenoprasum</i>	1	Vegatative	Flower
Liliaceae				
13	<i>Lilium dahuricum</i>	1	Vegatative	Flower
14	<i>Polygonatum officinale</i>	1	Vegatative	Seed
Iridaceae				
15	<i>Iris sibirica</i>	2	Flower	Seed
Polygonaceae				
16	<i>Polygonum alopecuroides</i>	1	Bud	Flower, Seed
17	<i>Polygonum scabrum</i>	1	Vegatative	Flower, seed
18	<i>Rumex thyrsoiflorus</i>	1	Vegatative	Flower, seed
Chenopodiaceae /Amrantaceae/				
19	<i>Chenopodium album</i>	+	Vegatative	Flower, seed
Caryophyllaceae				
20	<i>Cerastium arvense</i>	1	Flower	Seed
21	<i>Dianthus versicolor</i>	1	Vegatative	Flower
22	<i>Silene repens</i>	1	Vegatative	Flower, seed
23	<i>Stellaria gramineum</i>	1	Flower	Flower, seed
Ranunculaceae				
24	<i>Aconitum barbatum</i>	1	Vegatative	Flower, seed
25	<i>Anemone crinita</i>	3	Flower	Seed
26	<i>Pulsatilla turczaninovii</i>	1	Seed	Vegatative
27	<i>Ranunculus acer</i>	2	Flower	Flower, seed
28	<i>Ranunculus japonicus</i>	2	Flower	Flower

29	<i>Ranunculus pedatifides</i>	1	Flower	Flower, seed
30	<i>Ranunculus repens</i>	1	Flower	Flower, seed
31	<i>Thalictrum petaloideum</i>	1	Vegatative	Seed
32	<i>Thalictrum simplex</i>	2	Bud	Flower, seed
33	<i>Trollus asiaticus</i>	3	Flower	Seed
Cruciferae /Brassicaceae				
34	<i>Crucifer map Flowert</i>	1	Flower	Seed
35	<i>Draba nemorosa</i>	1	Flower	Seed
36	<i>Capsella bursa pastoris</i>	1	Flower	Seed
Crassulaceae				
37	<i>Sedum aizoon</i>	+	Vegatative	Flower
38	<i>Sedum purpureum</i>	+	Vegatative	Flower
Rosaceae				
39	<i>Agrimonia pilosa</i>	2	Vegatative	Flower, seed
40	<i>Dasiphora fruticosum</i>	1	Vegatative	Flower
41	<i>Filipendula palmata</i>	4	Vegatative	Seed
42	<i>Geum aleppicum</i>	2	Bud	Flower
43	<i>Padus asiatica</i>	2	Seed	Seed
44	<i>Potentilla tanacetifolia</i>	1	Vegatative	Flower
45	<i>Potentilla anserina</i>	1	Vegatative	Flower, seed
46	<i>Potentilla fragillaris</i>	1	Bud	Flower, seed
47	<i>Rosa dahurica</i>	1	Vegatative	Vegatative
48	<i>Sanguisorba officinalis</i>	1	Vegatative	Flower, seed
49	<i>Spiraea salicifolia</i>	1	Vegatative	Flower, seed
Leguminosae /Fabaceae				
50	<i>Lathyrus humilis</i>	1	Flower	Seed
51	<i>Lathyrus pratensis</i>	1	Flower	Seed
52	<i>Lathyrus palustris</i>	1	Flower	Seed
53	<i>Lespedeza dahurica</i>	1	Vegatative	Flower,seed
54	<i>Lespedeza hedysaroides</i>	1	Vegatative	Flower, seed
55	<i>Trifolium lupinaster</i>	1	Flower	Flower, seed
56	<i>Vicia amoena</i>	1	Vegatative	Flower, seed
57	<i>Vicia cracca</i>	1	Flower	Seed
Geraniaceae				
58	<i>Geranium pseudosibiricum</i>	1	Flower	Seed
59	<i>Geranium vlassovianum</i>	1	Flower	Flower, seed
Polygalaceae				
60	<i>Polygala hybrida</i>	1	Flower	Seed
Euphorbiaceae				
61	<i>Euphorbia discolor</i>	1	Bud	Seed
Onagraceae				
62	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	1	Vegatative	Flower
Umbelliferae / Apiaceae				
63	<i>Carum buriaticum</i>	1	Vegatative	Flower
64	<i>Carum carvi</i>	1	Flower	Flower, seed
65	<i>Hieracleum umbellatum</i>	1	Vegatative	Flower, seed
Boraginaceae				
66	<i>Lappula intermedia</i>	1	Flower	Seed
67	<i>Nonnea pullia</i>	1	Flower	Seed
68	<i>Myosotis sylvatica</i>	1	Flower	Seed
Labiataea /Lamiaceae/				

69	<i>Lamium album</i>	1	Flower	Seed
70	<i>Scutellaria scordifolia</i>	1	Flower	Flower, seed
71	<i>Scutellaria baicalense</i>	1	Flower	Flower, seed
72	<i>Phlomis tuberosa</i>	2	Bud	Seed
73	<i>Leonurus deminities</i>	1	Flower	Seed
Scrophulariaceae				
74	<i>Linaria acutiloba</i>	1	Vegatative	Flower, seed
75	<i>Euphrasia tatarica</i>		Flower	Seed
76	<i>Veronica linarifolia</i>	1	Vegatative	Flower, seed
77	<i>Odontedes rubra</i>	1	Flower	Flower, seed
Plantaginaceae				
78	<i>Plantago major</i>	1	Flower	Seed
Rubiaceae				
79	<i>Galium boreale</i>	1	Bud	Seed
80	<i>Galium verum</i>	1	Bud	Seed
Valerianaceae				
81	<i>Valeriana officinalis</i>	1	Bud	Flower, seed
Campanulaceae				
82	<i>Campanula silenifolia</i> *	1	Flower	Seed
Compositae / Asteraceae				
83	<i>Achillea asiatica</i>	1	Vegatative	Flower
84	<i>Artemisia mongolica</i>	1	Vegatative	Flower
85	<i>Artemisia laciniata</i>	1	Vegatative	Vegatative
86	<i>Carduus crispus</i>	1	Flower	Flower,seed
87	<i>Ixeridium gramineum</i> *	1	Flower	Flower, seed
88	<i>Lactuca sibirica</i>	1	Flower	Seed
89	<i>Tanacetum sibiricum</i>	1	Vegatative	Flower, seed
90	<i>Taraxacum officinale</i>	2	Flower	Flower, seed
91	Senecio sp.	1	Flower	Seed
	과	27		
	속	73		
	종	91		
	생식단계인 종		57 / 62.6 %	85 / 93.4%

결론

조사 대상지인 양묘장 3 개소에 식물 다양성 및 수종 개수는 3 년째부터 증가하였다. Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 양묘장을 2024 년을 비교하면 식물속은 1.6 배, 식물종은 1.8 배, 생식단계인 종은 2.1 배 증가하였다. Khuvsgul aimag Murun soum 양묘장을 2024 년을 비교하면 식물속은 1.8 배, 식물종은 2.7 배, 생식단계인 종은 3.3 배 증가하였다.

양묘장 3 개소에 수종 개수가 증가하는 원인은 첫째, 땅을 갈 때 토양 안에 있는 씨앗이 분해되고 특히 일년생, 다년생 식물이 증가하였다. 둘째, 사람의 부정적인 활동에 영향을 받아 성장할 수 없었던 다년생 식물이 다시 성장한 것으로 보인다

Selenge aimag Yeroo soum Bugant village 양묘장에 총 91 종이 기록되었고, 93.4%은 생식단계에 있는 것으로 보여 앞으로 식물종이 증가할 것으로 보인다.

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.

식생 조사

조사 대상지

Tuv aimag Bornuur soum 강가, Selenge aimag Yeroo soum Yeroo 강, Khuder 및 Khuder 강가 등 산 근처, 강가에서 총 16 plot, 6 월 10 일부터~6 월 15 일까지, 7 월 8 일부터~ 7 월 13 일까지 식생조사를 실시하였다.

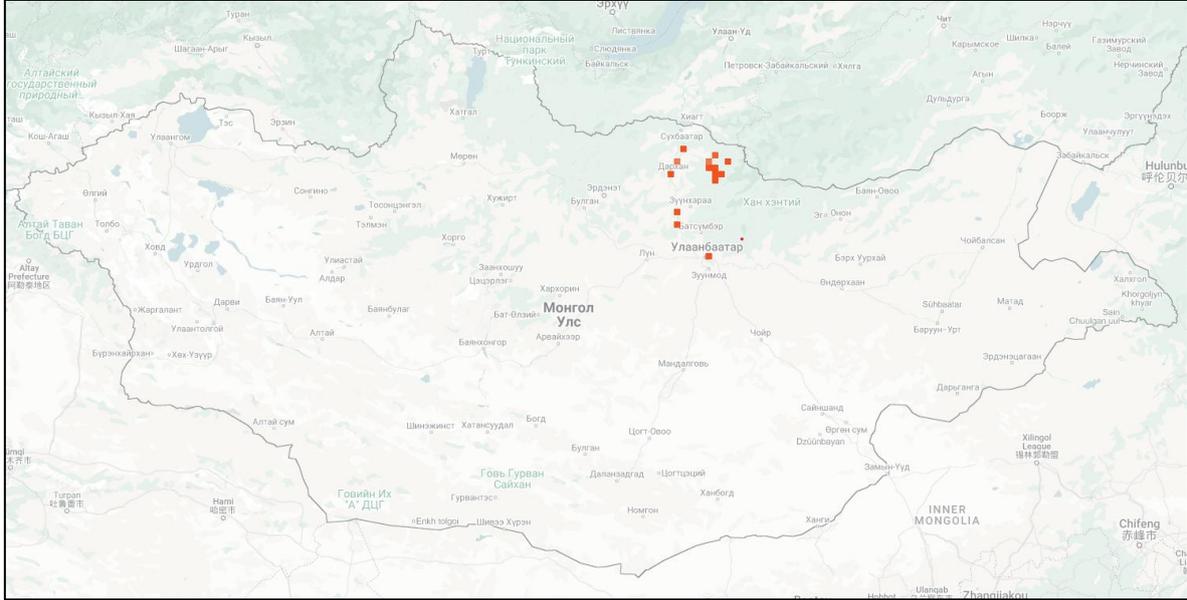


사진 1. 식생 조사 표본지 위치

표 1. 표본지 내역

표본지 코드	Aimag	Soum	위치	위도	경도	해발고도
SLG-1	Tuv	Bornuur	두 강이 합류하는 지점	48°30'08.0 "N	106°06'17. 2"E	1026 m
SLG-2	Selenge	Zuunkhar aa	Nariin 계곡 언덕	48°43'54.0 "N	106°07'55. 7"E	1116 m
SLG-3	Selenge	Javkhlant soum	Yeroo 강 다리	49°52'18.3 "N	106°14'21. 7"E	673 m
SLG-4	Selenge	Yeroo	Shar 개울	49°35'22.0 "N	107°01'09. 7"E	925 m
SLG-5	Selenge	Yeroo	Khojuult 언덕	49°33'12.4 "N	107°03'42. 1"E	880 m
SLG-6	Selenge	Yeroo	Bugant, Ger chuluu 산뒷면	49°23'23.0 "N	107°11'07. 0"E	1004 m
SLG-7	Selenge	Yeroo	Bugant, 감옥	49°28'50.8 "N	107°14'42. 1"E	939 m
SLG-8	Selenge	Khuder	Khuder 강	49°41'42.3 "N	107°29'48. 0"E	825 m
SLG-9	Darkhan-Uul	Darkhan-Uul	Ongot gurvan tolgoi 산	49°26'32.7 "N	105°56'12. 5"E	687 m
SLG-10	Selenge	Yeroo	Yeroo 강 계곡	49°47'33.4 "N	106°36'39. 8"E	667 m

SLG-11	Selenge	Yeroo	Ikh buuragchin 산	49°43'50.5"N	106°44'18.6"E	708 m
SLG-12	Selenge	Yeroo	Yeroo 강가	49°39'43.8"N	106°44'35.8"E	1004 m
SLG-13	Selenge	Yeroo	Shar 개울	49°36'07.9"N	106°58'12.3"E	838 m
SLG-14	Selenge	Yeroo	Bugant, Shar 개울	49°35'35.1"N	107°00'54.8"E	907 m
SLG-15	Selenge	Yeroo	Bugant, Shar 개울에서 Khuder 가는 길에	49°28'36.2"N	107°15'57.5"E	1012 m
SLG-16	Selenge	Khuder	작물밭 가장자리의 소나무 숲	49°42'21.9"N	107°27'10.2"E	825 m

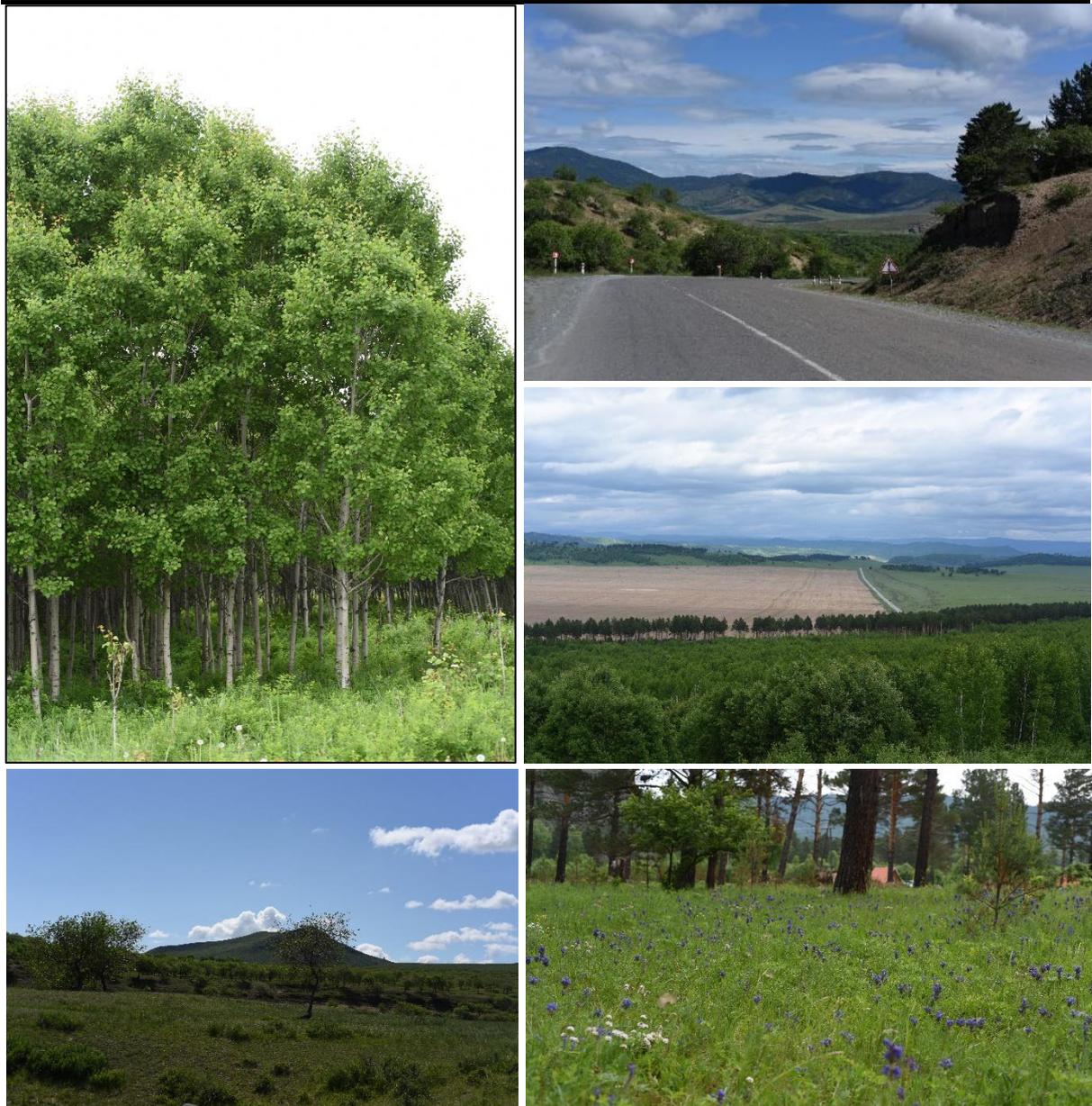


사진 2. 식생 조사 사진

조사 자료 및 방법

수집된 자료

이번 식생 조사를 통해 16plot 에서 500 장 사진을 찍고 300 장 식생 표본을 채취하였다.



사진 3. 식물 컬렉션에 보관될 식생 표본

Inaturalist 사용:

1. iNaturalist 란?

iNaturalist 는 자연과학자, 생물학자와 시민을 위한 시민참여형 과학(Citizen science) 프로젝트 및 온라인 소셜 네트워크이며, 전 세계에 걸쳐 생물 다양성 관측을 매핑하고 공유한다. iNaturalist 는 웹사이트와 모바일 앱을 통해 접속할 수 있다. iNaturalist 에 기록된 관찰 자료는 과학 연구 프로젝트, 보존 기관, 기타 조직 및 사람들에게 귀중한 공용 데이터를 제공한다.

2. iNaturalist-π 등록, 로그인

3. 관찰 및 정보 올리기

- 사진 찍기 - 자연에서 관찰한 동물, 식물, 버섯의 사진이나 영상을 촬영하기
- 위치 표시 - GPS 가 켜져 있는 경우 위치가 자동으로 기록되지만, 수동으로 입력할 수 있다.
날짜 - 관찰한 구체적인 날짜를 입력한다.
- 수종식별 - 자신이 아는 수종의 이름을 입력하거나 다른 사용자에게 도움을 요청할 수 있다.
- 코멘트 입력 - 환경 조건이나 행동 등의 추가 정보를 입력할 수 있다.

- 게시물 - 관찰 결과를 저장 및 공개
4. 데이터 검증 및 협력
- 다른 사용자들의 관찰 내용을 검토하고 수종식별하는데 도와 줄 수 있다.
 - 관찰 결과가 여러 연구자에 의해 정확하다고 확인되면 "Research Grade"으로 간주된다.
 - 다른 사용자의 관찰 내용에 대해 코멘트를 남길 수 있다.
5. 연구 및 교육적 활용
- 자연환경 연구를 수행하고 생물종의 분포를 연구한다.
 - 교육 자료로 사용할 수 있다(학생, 연구).
 - 자연환경 변화 관찰 및 모니터링
6. 주의 사항
- 올바른 정보 입력 - 위치, 날짜, 사진 등 확실한 정보를 입력
 - 개인 정보 보호 - 위치 정보 설정 주의

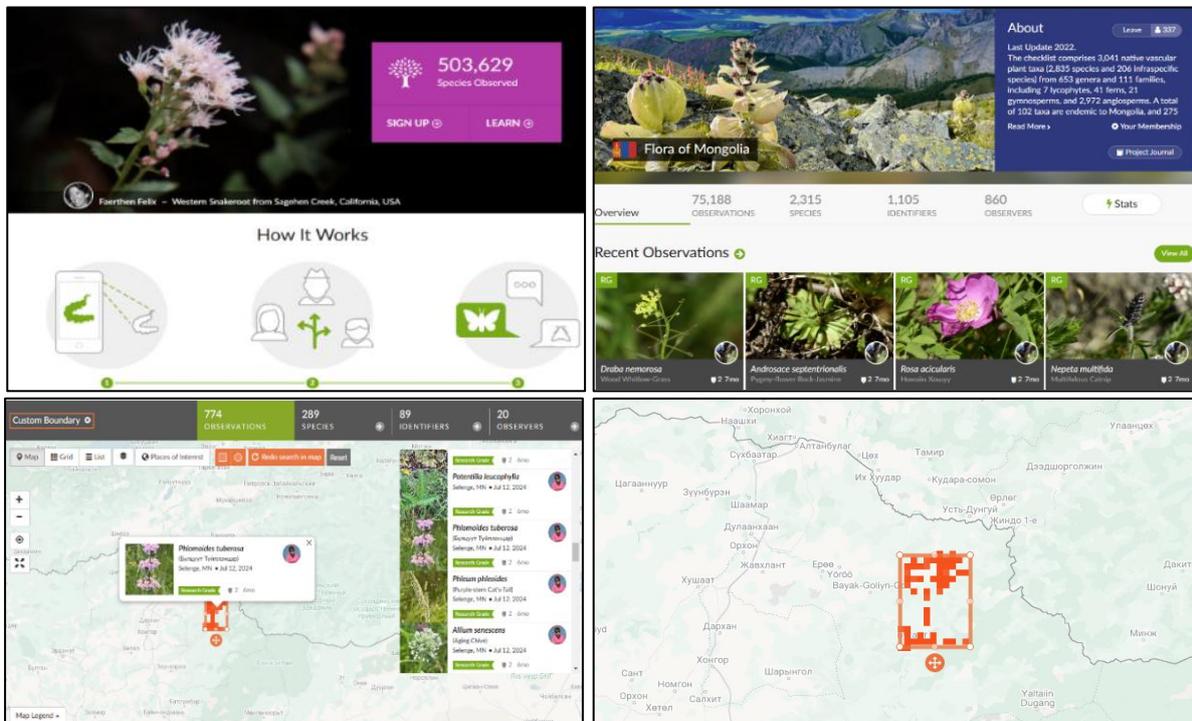


사진 3. iNaturalist 웹사이트

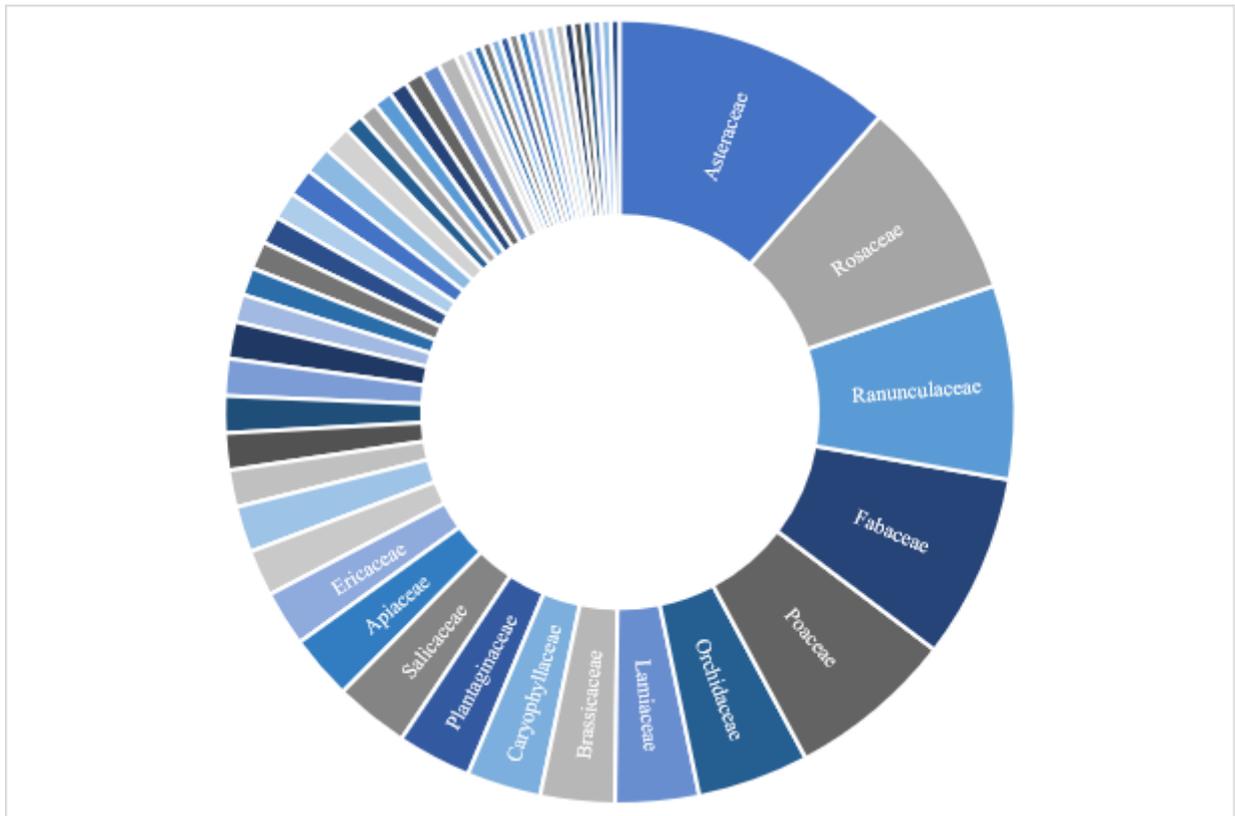
조사 결과

조사 현장에서 기록된 식물을 Baasanmunkh et al. (2022)의 연구에 따라 분류했을 때 총 53과, 178속, 263종의 식물이었다. 해당 지역의 식물종 다양성이 (그래픽 2).

해당 지역에서 기록된 모든 식물의 46.7%를 Asteraceae, Rosaceae, Ranunculaceae 등의 6과, 123종이 차지한다(그래픽 1, 부록 1). 대상지의 식물상은 초본식물에 속한다.

조사구내 식물 생활형(Plant Life Forms)은 초본에 속한다. 총 식물의 87.07%를 초본이 차지하며, 그 중에서 252 종은 다년생, 11 종은 일년생이었고, 또한 11 종이 교목, 23 종이 관목이 있었다.

193 종(73.38%) forbs, 38 종(14.45%) Leguminosae Juss., Gramineae Juss., 나머지는 관목, *Artemisia* L., *Carex* L. 등의 차지한다(그래픽 2). 특정 지역의 식물 생태군을 살펴보면 그 지역에서 자라는 식물의 생태적 조건은 물론 그 지역의 특성을 이해할 수 있다.



그래픽 1. 조사수내 Stenoselenium Turcs 과

연구 결과, 몽골 지역에 기록된 식물 263 종에 대해 몽골의 식물군을 19 개 생태군으로 나누었다 (Ulziikhutag, 1989) 생태학적 분석에 따르면 mesophytes, xerophytes, psychophytes, hydrophytes 등의 6 개 그룹이 속한다(그래픽 2)..

Mesophytes 는 지나치게 건조하지도 않고, 지나치게 습윤하지도 않은 조건에서 잘 생육하는 식물을 말하는데 적윤식물이라고도 한다. 우리나라는 국소적으로 건조하거나 습윤한 곳이 있지만 대규모 건조지나 습지가 없기 때문에 대체로 중생식물이 많다. 조사한 지역에 *Geranium collinum* Stephan, *Spiranthes australis* Lindl., *Aconitum turczaninowii* Vorosch. 등의 167 종의 Mesophytes 식물이 있으며 63.5%를 차지한다.

Xerophytes 는 건생식물로, 수분이 적은 건조한 환경에서도 잘 자라는 식물을 말합니다. 선인장, 파인애플, 고산식물 등이 이에 해당한다. 조사한 지역에 *tipa*

krylovii Roshev., *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev, *Artemisia frigida* Willd. 등의 19의 Xerophytes 식물이 있으며 7.22%를 차지한다.

그래픽 2에서 Ecological Classification of Plants 을 보면 낮은 산과 구릉이 결합된 평야와 계곡, 많은 강과 염습지가 많은 점에 따라 다양한 생태학적 분류에 속한다.

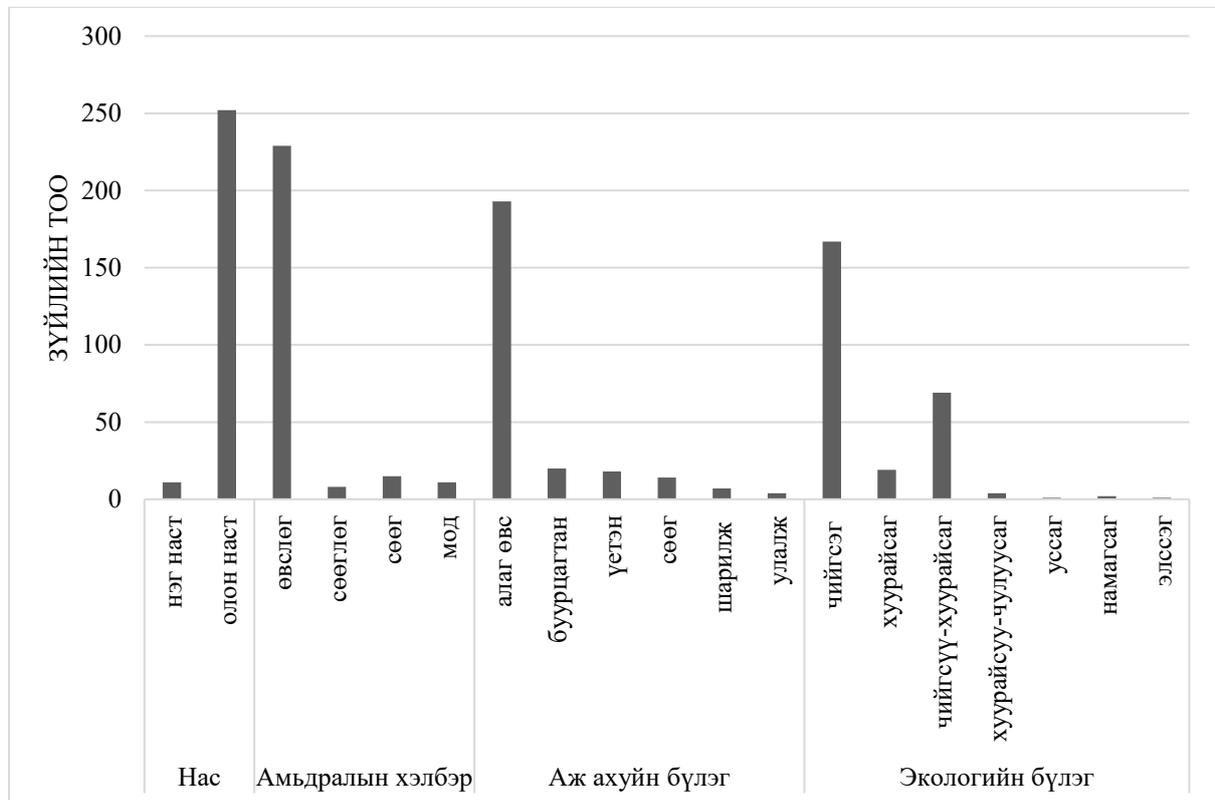


График 2. 생태학적- 생물학적 특종

기록된 식물 중에 *Aconitum turczaninowii*, *Tragopogon trachycarpus*, *Heteropappus medius*, *Thermopsis dahurica* 등의 준특산 식물 수 4 종 (Ургамал, 2018; Baasanmunkh et al. 2021) 이 있다.



사진 4. 몽골 준특산 식물 수종 (1. *Aconitum turczaninowii*; 2. *Tragopogon trachycarpus*; 3. *Heteropappus medius*; 4. *Thermopsis dahurica*)

세계자연기금(WWF)의 기준에 따라 분류된(Нямбаяр. 2012; Ургамал М., 2019; Ургамал М., 2024) 연구를 보면 Critically endangered - 3 종 (*Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Cypripedium x ventricosum* Sw.), Endangered - 2 종 (*Abies sibirica* Ledeb., *Cypripedium macranthos* Sw.), Vulnerable - 14 종, Near threatened - 102 종, Least concern - 8 종(부록 1).



사진 5. Categories for conservation status plants(Red lists) (a. *Cyripedium x ventricosum*, b. *Platanthera bifolia*, c. *Dactylorhiza fuchsii*, d. *Cyripedium macranthos*, e. *Cyripedium calceolus*, f. *Abies sibirica*, g. *Paris quadrifolia*, h. *Saposchnikovia divaricata*, i. *Cornus alba*, j. *Cotoneaster neopopovii*, k. *Hypericum ascyron*, l. *Herminium monorchis*; 사진 D. Munkhtulga)

참고문헌

- Baasanmunkh, S., M. Urgamal, B. Oyuntsetseg, A. Grabovskaya-Borodina, K. Oyundelger, Z. Tsegmed, V. Gundegmaa, A. A. Kechaykin, A. I. Pyak, L. Q. Zhao, and H. J. Choi. 2021. Updated checklist of vascular plants endemic to Mongolia. *Diversity* 13.
- Baasanmunkh, S., M. Urgamal, B. Oyuntsetseg, A. P. Sukhorukov, Z. Tsegmed, D. C. Son, A. Erst, K. Oyundelger, A. A. Kechaykin, J. Norris, P. Kosachev, J. S. Ma, K. S. Chang, and H. J. Choi. 2022. Flora of Mongolia: annotated checklist of native vascular plants. *PhytoKeys* 192:63–169.
- Нямбаяр Д, Оюунцэцэг Б, and Тунгалаг Р. 2012. Монголын ургамлын улаан данс ба хамгааллын төлөвлөгөөний эмхэтгэл. Page (Жамсран Ц, Санчир Ч, Бахман С, Сонинхишиг Н, Гомбобаатар С, Баиллие Ж.Е.М, and Цэндээхүү Ц, Eds.). Мөнхий н үсэг, Улаанбаатар.
- Ургамал М. 2018. Монгол орны гуурст ургамлын ховор, ховордож буй эмзэг зүй лүүдий н лавлах. Page (Оюунцэцэг Б, Гүндэгмаа В, and Мөнх-Эрдэнэ Т, Eds.). “Бэмби сан” ХХК, Улаанбаатар.
- Ургамал М, Оюунцэцэг Б, Тунгалаг Р, Гүндэгмаа В, Оюундарь Ч, Цэрэндулам Ц, Мөнх-Эрдэнэ Т, Солонго Х, Энхжаргал Э, Бөхчулуун Ц, Хэрлэнчимэг Н, Бүрэнбаатар Г, Энхтуяа О, Жавхлан С. Монгол орны ургамлын улаан данс. Хоёрдугаар цуврал. 2019. Бүс нутгий н улаан данс
- Ургамал М, Гүндэгмаа В, Оюунцэцэг Б, Тунгалаг Р, Амартүвшин Н, Мөнх-Эрдэнэ Т, Солонго Х, Саруул Н, Жавзандолгор Ч, Цэгтэд З. Монгол орны ургамлын улаан данс. Дөрөвдүгээр цуврал. 2024. Бүс нутгий н улаан данс
- Grubov, V. I. 2001. Key to the vascular plants of Mongolia. Science Publishers.
- M. Urgamal, B. Oyuntsetseg, D. N. and C. D. 2014. Conspectus of the Vascular Plants of Mongolia. September, 334.
- Дарий маа, Ш. 2014. Asteraceae Dumort. 14а. In Монгол орны ургамлын ай маг.
- Дарий маа, Ш. 2017. Asteraceae Dumort. 14б. In Монгол орны ургамлын ай маг.
- Дарий маа, Ш. 2021. Asteraceae Dumort. 14в. In Монгол орны ургамлын ай маг.
- Өлзий хутаг, Н. 1989. Монгол орны ургамлын ай мгий н той м. Улсын хэвлэлий н газар.
- Өлзий хутаг, Н., Дарий маа, Ш., Ганболд, Э., Нямбаяр, Д., Ургамал, М., Зүмбэрэлмаа, Д., & Энхмаа, Ө. 2015. Hyperziaceae-Ephedraceae. In Монгол орны ургамлын ай маг.
- Тунгалаг, Р. 2020. Amaranthaceae. In Монгол орны ургамлын ай маг.

부록 1.

No	No	학명	연령	식물 생활형 Plant Life Forms (Growth forms)	생태학적 기능군 Functional group	Ecological Classification of Plants:	IUCN
1. Adoxaceae							
1	1	<i>Sambucus williamsii</i> Hance	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes - Xerophytes	VU
2. Alismataceae							
2	2	<i>Alisma gramineum</i> Lej.	다년생	Herbaceous	Forbs	Hydrophytes	LC
3. Amaranthaceae							
3	3	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
4	4	<i>Chenopodium album</i> L.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
4. Amaryllidaceae							
5	5	<i>Allium bidentatum</i> Fisch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
6		<i>Allium microdictyon</i> Prokh.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
7		<i>Allium senescens</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytes-чугуукар	
8		<i>Allium strictum</i> Schrad.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
9		<i>Allium tenuissimum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytes	
5. Apiaceae							
10	6	<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
11	7	<i>Archangelica decurrens</i> Ledeb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
12	8	<i>Bupleurum scorzonerifolium</i> Willd.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
13	9	<i>Carum carvi</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
14	10	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
15	11	<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
16	12	<i>Saposhnikovia divaricata</i> (Turcz.) Schischk.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	VU
6. Apocynaceae							
17	13	<i>Vincetoxicum sibiricum</i> (L.) Decne.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
7. Asparagaceae							

18	14	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
19	15	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
8. Asphodelaceae							
20	16	<i>Hemerocallis lilioasphodelus</i> var. <i>minor</i> (Mill.) M.N.Tamura	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
9. Asteraceae							
21	17	<i>Achillea asiatica</i> Serg.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
22		<i>Achillea millefolium</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
23	18	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
24	19	<i>Artemisia dracunculus</i> L. var. <i>dracunculus</i>	다년생	Herbaceous	Artemisia	Xerophytes	
25		<i>Artemisia frigida</i> Willd.	다년생	Undershrub	Artemisia	Xerophytes	
26		<i>Artemisia integrifolia</i> L.	다년생	Herbaceous	Artemisia	Mesophytes - Xerophytes	LC
27		<i>Artemisia laciniata</i> Willd.	다년생	Herbaceous	Artemisia	Mesophytes - Xerophytes	
28		<i>Artemisia pubescens</i> Ledeb.	다년생	Undershrub	Artemisia	Xerophytes - чулуукар	LC
29		<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. & Kit.	다년생	Herbaceous	Artemisia	Xerophytes	
30		<i>Artemisia vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> L.	다년생	Herbaceous	Artemisia	Mesophytes - Xerophytes	NT
31	20	<i>Aster alpinus</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytes - чулуукар	
32		<i>Aster hispidus</i> Thunb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
33	21	<i>Carduus crispus</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
34	22	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
35		<i>Cirsium helenioides</i> (L.) Hill	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	VU
36	23	<i>Crepidiastrum akagii</i> (Kitag.) J.W.Zhang & N.Kilian	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
37	24	<i>Erigeron acris</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
38	25	<i>Filifolium sibiricum</i> (L.) Kitam.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
39	26	<i>Galatella dahurica</i> DC.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC

40	27	<i>Heteropappus medius</i> (Krylov) Tamamsch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	SE
41	28	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
42	29	<i>Klasea centauroides</i> (L.) Cass.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
43	30	<i>Lactuca sibirica</i> Benth.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
44	31	<i>Leontopodium leontopodioides</i> (Willd.) Beauverd	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
45	32	<i>Ligularia sibirica</i> Cass.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
46	33	<i>Parasenecio hastatus</i> (L.) H.Koyama	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
47	34	<i>Rhaponticum uniflorum</i> (L.) DC.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytes	
48	35	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
49	36	<i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
50	37	<i>Tragopogon trachycarpus</i> S.A.Nikitin	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	SE
10. Betulaceae							
51	38	<i>Alnus alnobetula</i> subsp. <i>fruticosa</i> (Rupr.) Raus	다년생	Shrub	Forbs	Mesophytes	
52	39	<i>Betula pendula</i> Roth subsp. <i>pendula</i>	다년생	Tree	Forbs	Mesophytes	LC
53		<i>Betula pendula</i> subsp. <i>mandshurica</i> (Regel) Ashburner & McAll.	다년생	Tree	Forbs	Mesophytes	
11. Boraginaceae							
54	40	<i>Myosotis alpestris</i> F.W.Schmidt	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
55	41	<i>Nonea pulla</i> DC.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
56	42	<i>Pulmonaria dacica</i> (Simonk.) Simonk.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
12. Brassicaceae							
57	43	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
58	44	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
59	45	<i>Cardamine macrophylla</i> Willd.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
60	46	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
61	47	<i>Draba nemorosa</i> L.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
62	48	<i>Lepidium apetalum</i> Willd.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	

63	49	<i>Rorippa palustris</i> Besser	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
64	50	<i>Thlaspi arvense</i> L.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
13. Campanulaceae							
65	51	<i>Adenophora stenanthina</i> (Ledeb.) Kitagawa	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
66	52	<i>Campanula cervicaria</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
67		<i>Campanula glomerata</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
14. Cannabaceae							
68	53	<i>Cannabis sativa</i> L.	일년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
15. Caprifoliaceae							
69	54	<i>Linnaea borealis</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT
70	55	<i>Patrinia scabiosifolia</i> Fisch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
71	56	<i>Scabiosa comosa</i> Fisch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
72	57	<i>Valeriana officinalis</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
16. Caryophyllaceae							
73	58	<i>Cerastium arvense</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
74		<i>Cerastium davuricum</i> Fisch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
75	59	<i>Dianthus chinensis</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
76		<i>Dianthus superbus</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
77	60	<i>Moehringia lateriflora</i> (L.) Fenzl	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
78	61	<i>Silene jeniseensis</i> Willd.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
79		<i>Silene repens</i> Patrin	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
80		<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
17. Cornaceae							
81	62	<i>Cornus alba</i> L.	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	
18. Crassulaceae							
82	63	<i>Orostachys malacophylla</i> (Pall.) Fisch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytes	LC
83	64	<i>Phedimus aizoon</i> (L.) 't Hart	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	

19. Cyperaceae							
84	65	<i>Carex arnellii</i> Christ	다년생	Herbaceous	Sedges	Mesophytes	LC
85		<i>Carex korshinskii</i> Kom.	다년생	Herbaceous	Sedges	Xerophytes	LC
86		<i>Carex pediformis</i> subsp. <i>pediformis</i>	다년생	Herbaceous	Sedges	Mesophytes	LC
87	66	<i>Scirpus radicans</i> Schkuhr	다년생	Herbaceous	Sedges	Mesophytes	
20. Equisetaceae							
88	67	<i>Equisetum fluviatile</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
89		<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
21. Ericaceae							
90	68	<i>Monotropa hypopitys</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
91	69	<i>Pyrola chlorantha</i> Sw.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
92		<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
93	70	<i>Rhododendron dauricum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytes	
94		<i>Rhododendron tomentosum</i> Harmaja	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
95	71	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
22. Euphorbiaceae							
96	72	<i>Euphorbia esula</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
23. Fabaceae							
97	73	<i>Astragalus laxmannii</i> Jacq.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Xerophytes	
98		<i>Astragalus melilotoides</i> Pall.	다년생	Undershrub	Pod-bearing plants	Xerophytes	
99		<i>Astragalus uliginosus</i>	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
100	74	<i>Corethrodedron fruticosum</i> (Pall.) B.H.Choi & H.Obashi	다년생	Undershrub	Pod-bearing plants	Sandy	
101	75	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
102	76	<i>Lespedeza daurica</i> (Laxm.) Schindl.	다년생	Undershrub	Pod-bearing plants	Mesophytes - Xerophytes	
103	77	<i>Medicago falcata</i> L.	다년생	Undershrub	Pod-bearing plants	Mesophytes - Xerophytes	
104		<i>Medicago platycarpa</i> (L.) Trautv.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
105		<i>Medicago ruthenica</i> Trautv.	다년생	Undershrub	Pod-bearing plants	Mesophytes - Xerophytes	
106	78	<i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
107	79	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC. subsp <i>arenaria</i>	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	

108	80	<i>Oxytropis lasiopoda</i> Bunge	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes - Xerophytes	
109		<i>Oxytropis oxyphylla</i> (Pall.) DC.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes - Xerophytes	
110	81	<i>Thermopsis dahurica</i> Czefr.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Xerophytes	SE
111	82	<i>Trifolium lupinaster</i> L.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
112		<i>Trifolium repens</i> L.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
113	83	<i>Vicia amoena</i> Fisch.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
114		<i>Vicia cracca</i> L.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
115		<i>Vicia megalotropis</i> Ledeb.	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes - Xerophytes	
116		<i>Vicia unijuga</i> A.Braun	다년생	Herbaceous	Pod-bearing plants	Mesophytes	
24. Gentianaceae							
117	84	<i>Halenia corniculata</i> (L.) Cornaz	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
25. Geraniaceae							
118	85	<i>Geranium platyanthum</i> Duthie	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	DD
119		<i>Geranium pratense</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
120		<i>Geranium pseudosibiricum</i> J.Mayer	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
121		<i>Geranium sibiricum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
122		<i>Geranium wlassovianum</i> Fisch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
26. Grossulariaceae							
123	86	<i>Ribes rubrum</i> L.	다년생	Cluster	Cluster	Mesophytes - Xerophytes	LC
27. Hypericaceae							
124	87	<i>Hypericum ascyron</i> L. subsp. <i>ascyron</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
125		<i>Hypericum attenuatum</i> Choisy	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
28. Iridaceae							
126	88	<i>Iris humilis</i> Georgi	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
127		<i>Iris lactea</i> Pall.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
128		<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl. subsp. <i>Ruthenica</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
129		<i>Iris sibirica</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT
29. Juncaceae							
130	89	<i>Juncus compressus</i> Jacq.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes-Hydrophytes	LC
30. Lamiaceae							

131	90	<i>Dracocephalum ruyschiana L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
132	91	<i>Galeopsis bifida Boenn.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
133	92	<i>Lagopsis supina (Steph.) Ikonn. -Gal.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
134	93	<i>Lamium album L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
135	94	<i>Nepeta multifida L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
136	95	<i>Phlomoïdes tuberosa Moench</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
137	96	<i>Scutellaria scordiifolia Fisch.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
138	97	<i>Thymus baicalensis Serg.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
139		<i>Thymus dahuricus Serg.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
31. Liliaceae							
140	98	<i>Gagea pauciflora Turcz.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
141	99	<i>Lilium martagon L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
142		<i>Lilium pensylvanicum Ker Gawl.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
143		<i>Lilium pumilum Redouté</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
32. Melanthiaceae							
144	100	<i>Paris quadrifolia L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT
145		<i>Paris verticillata M.Bieb.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
146	101	<i>Veratrum nigrum L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
33. Menyanthaceae							
147	102	<i>Menyanthes trifoliata L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Hydrophytic	
34. Onagraceae							
148	103	<i>Epilobium angustifolium L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
35. Orchidaceae							
149	104	<i>Cypripedium calceolus L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
150		<i>Cypripedium guttatum Sw.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
151		<i>Cypripedium macranthos Sw.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	EN
152		<i>Cypripedium x ventricosum Sw.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	CR
153	105	<i>Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soó</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	CR
154		<i>Dactylorhiza salina (Turcz.) Soó</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT
155		<i>Dactylorhiza viridis (L.) R.M.Bateman</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT

156	106	<i>Gymnadenia conopsea (L.) R.Br.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
157	107	<i>Herminium monorchis R.Br.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
158	108	<i>Malaxis monophyllos (L.) Sw.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT
159	109	<i>Platanthera bifolia (L.) Rich.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	CR
160	110	<i>Spiranthes australis Lindl.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
36. Orobanchaceae							
161	111	<i>Pedicularis resupinata L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
162		<i>Pedicularis rubens Steph.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
163	112	<i>Rhinanthus serotinus Oborny</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
37. Papaveraceae							
164	113	<i>Papaver nudicaule L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytic	LC
38. Pinaceae							
165	114	<i>Abies sibirica Ledeb.</i>	다년생	Tree	Forbs	Mesophytes	EN
166	115	<i>Larix sibirica Ledeb.</i>	다년생	Tree	Forbs	Mesophytes	LC
167	116	<i>Pinus sylvestris L.</i>	다년생	Tree	Forbs	Mesophytes	LC
39. Plantaginaceae							
168	117	<i>Linaria acutiloba Fisch.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
169	118	<i>Plantago depressa Willd.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
170		<i>Plantago major L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
171		<i>Plantago urvillei Opiz</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
172	119	<i>Veronica daurica Steven</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
173		<i>Veronica incana L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
174		<i>Veronica longifolia L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
175	120	<i>Veronicastrum sibiricum (L.) Pennell</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
40. Plumbaginaceae							
176	121	<i>Goniolimon speciosum Boiss.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
41. Poaceae							
177	122	<i>Achnatherum sibiricum (L.) Keng</i>	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	LC
178	123	<i>Agrostis gigantea Roth</i>	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	LC
179	124	<i>Alopecurus aequalis Sobol.</i>	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	LC
180	125	<i>Beckmannia syzigachne Fernald</i>	다년생	Herbaceous	Grasses	Hygrophytic	

181	126	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes - Xerophytes	LC
182	127	<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes - Xerophytes	
183		<i>Calamagrostis purpurea</i> (Trin.) Trin.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes - Xerophytes	LC
184	128	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes - Xerophytes	LC
185		<i>Elymus sibiricus</i> L.	다년생	Herbaceous	Grasses	Xerophytic	LC
186	129	<i>Helictotrichon mongolicum</i> (Roshev.) Henrard	다년생	Herbaceous	Grasses	Xerophytic	LC
187	130	<i>Koeleria macrantha</i> (Ledeb.) Schult.	다년생	Herbaceous	Grasses	Xerophytic	LC
188	131	<i>Melica nutans</i> L.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	
189	132	<i>Phleum phleoides</i> (L.) H.Karst.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	LC
190	133	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	다년생	Herbaceous	Grasses	Hygrophytic	
191	134	<i>Poa attenuata</i> Trin. subsp. <i>attenuata</i>	다년생	Herbaceous	Grasses	Xerophytic	LC
192		<i>Poa palustris</i> L.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	LC
193	135	<i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes	
194	136	<i>Stipa baicalensis</i> Roshev.	다년생	Herbaceous	Grasses	Mesophytes - Xerophytes	LC
42. Polygonaceae							
195	137	<i>Persicaria vivipara</i> (L.) Ronse Decr.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
196	138	<i>Polygonum aviculare</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Hygrophytic	
197		<i>Polygonum divaricatum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
198	139	<i>Rumex thyrsiflorus</i> Fingerh.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
43. Primulaceae							
199	140	<i>Androsace filiformis</i> Retz.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
200	141	<i>Lysimachia europaea</i> (L.) U.Manns & Anderb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
44. Ranunculaceae							
201	142	<i>Aconitum barbatum</i> Patr.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
202		<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
203		<i>Aconitum turczaninowii</i> Vorosch.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	SE
204	143	<i>Actaea cimicifuga</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC

205	144	<i>Adonis apennina</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
206	145	<i>Anemonastrum crinitum</i> (Juz.) Holub	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
207		<i>Anemonastrum dichotomum</i> (L.) Mosyakin	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
208		<i>Anemonastrum sibiricum</i> (L.) Holub	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	NT
209	146	<i>Anemone reflexa</i> Steph.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
210		<i>Anemone sylvestris</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
211	147	<i>Aquilegia amurensis</i> Kom.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
212	148	<i>Delphinium grandiflorum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
213	149	<i>Halerpestes salsuginosa</i> Greene	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
214		<i>Halerpestes sarmentosa</i> (Adams) Kom. & Klob. - Alis	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
215	150	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill. subsp. <i>flavescens</i> (Zucc.) Zämelis	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
216	151	<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
217		<i>Ranunculus repens</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
218	152	<i>Thalictrum foetidum</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
219		<i>Thalictrum minus</i> L. subsp. <i>minus</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
220		<i>Thalictrum simplex</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
221	153	<i>Trollius asiaticus</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
45. Rosaceae							
222	154	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
223	155	<i>Argentina anserina</i> (L.) Rydb.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
224	156	<i>Chamaerhodos erecta</i> (L.) Bunge	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	LC
225	157	<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Lodd.	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
226		<i>Cotoneaster neopopovii</i> Czerep.	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	VU
227	158	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes - Xerophytes	
228	159	<i>Dasiphora fruticosa</i> (L.) Rydb.	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
229	160	<i>Filipendula palmata</i> Maxim.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
230	161	<i>Fragaria orientalis</i> Losinsk.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
231	162	<i>Potentilla acaulis</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytic	LC
232		<i>Potentilla fragarioides</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
233		<i>Potentilla leucophylla</i> Pall.	다년생	Herbaceous	Forbs	Hygrophytic rocky	LC

234		<i>Potentilla nivea L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
235		<i>Potentilla supina L.</i>	다년생	Herbaceous	Shrub	Mesophytes	LC
236		<i>Potentilla tanacetifolia D.F.K.Schltl.</i>	다년생	Herbaceous	Shrub	Mesophytes - Xerophytes	LC
237	163	<i>Prunus padus L.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
238	164	<i>Rosa acicularis Lindl.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
239		<i>Rosa davurica Pall.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
240	165	<i>Rubus saxatilis L.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes - Xerophytes	LC
241	166	<i>Sanguisorba officinalis L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
242	167	<i>Sibbaldianthe bifurca (L.) Kurtto & T.Erikss.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytic	LC
243	168	<i>Spiraea salicifolia L.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes - Xerophytes	LC
46. Rubiaceae							
244	169	<i>Galium boreale L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
245		<i>Galium uliginosum L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
246		<i>Galium verum L. subsp. verum</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	
47. Salicaceae							
247	170	<i>Bergenia crassifolia (L.) Fritsch</i>	다년생	Tree	-	Mesophytes	
248	171	<i>Populus suaveolens Fisch.</i>	다년생	Tree	-	Mesophytes	LC
249		<i>Populus tremula L.</i>	다년생	Tree	-	Mesophytes	LC
250	172	<i>Salix bebbiana Sarg.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
251		<i>Salix pseudopentandra (Flod.) Flod.</i>	다년생	Shrub	Shrub	Mesophytes	LC
252		<i>Salix rorida Laksch.</i>	다년생	Tree	-	Mesophytes	LC
253		<i>Salix rosmarinifolia L.</i>	다년생	Tree	-	Mesophytes	LC
254		<i>Salix viminalis L.</i>	다년생	Shrub	-	Mesophytes	LC
48. Saxifragaceae							
255	173	<i>Saxifraga bronchialis L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Hygrophytic rocky	LC
49. Thymelaeaceae							
256	174	<i>Stellera chamaejasme L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Xerophytic	LC
50. Typhaceae							
257	175	<i>Typha latifolia L.</i>	다년생	Herbaceous	Forbs	Hygrophytic	VU
51. Ulmaceae							

258	176	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
52. Urticaceae							
259	177	<i>Urtica angustifolia</i> Fisch.	다년생	Tree	-	Mesophytes	
260		<i>Urtica cannabina</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes - Xerophytes	
53. Violaceae							
261	178	<i>Viola gmeliniana</i> Schult.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	VU
262		<i>Viola rupestris</i> F.W.Schmidt	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC
263		<i>Viola uniflora</i> L.	다년생	Herbaceous	Forbs	Mesophytes	LC

곤충 연구

서론

몽골에서 가뭄으로 인한 황사 발생과 건조 초원지역에 사막화를 방지할 목적으로 “그린벨트”사업을 시행하게 되었다. 국가 프로젝트 일환으로 “그린벨트” 사업을 계획하였다. Tuv aimag Lun soum 초원지역에 보조 주립대 조성 및 Umnugobi aimag Dalanzadgad soum 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. “한-몽 그린벨트” 프로젝트 제3단계 사업을 통하여 Khuvsgul, Uvurkhangai, Selenge 지역에 3개의 양묘장을 조성하여 식재할 수종을 선정하고, 따라서 선정된 수종에 적합한 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, 1951).

토양에서 생존하는 대부분의 개각충과 애벌레의 몸집은 토양 입자와 입자 사이에 생긴 틈보다 크기 때문에 먹이를 찾아 움직일 때 토양과 접촉하여 토양의 온도 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 대상지 및 기간:

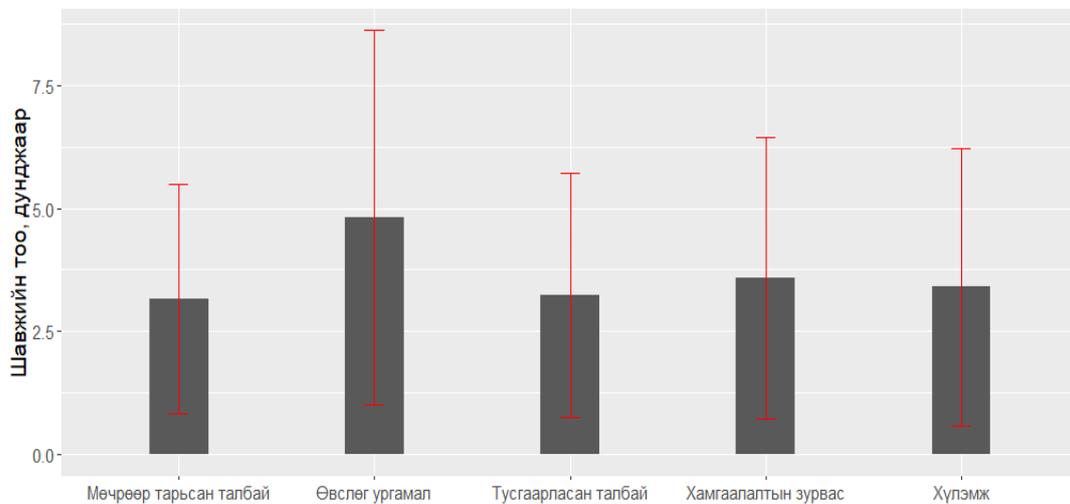
현장 조사는 2024년 따뜻한 계절에 Khuvsgul, Uvurkhangai, Selenge aimag에 위치한 양묘장에 식재 및 양묘한 수종을 대상으로 조사를 실시하였다.

연구 방법:

Khuvsgul, Uvurkhangai, Selenge aimag에 위치한 양묘장을 대상으로 시행된 곤충 조사를 위해 직경이 30cm 췌기풀을 이용하여 트란섹트를 따라 100m 걸어가고 100회 쓸어잡기를 3번 반복하여 시료를 채취하였다. 또한, 일정한 교목과 관목을 선정하여 털어잡기 방법을 이용하여 곤충 조사를 하였다.

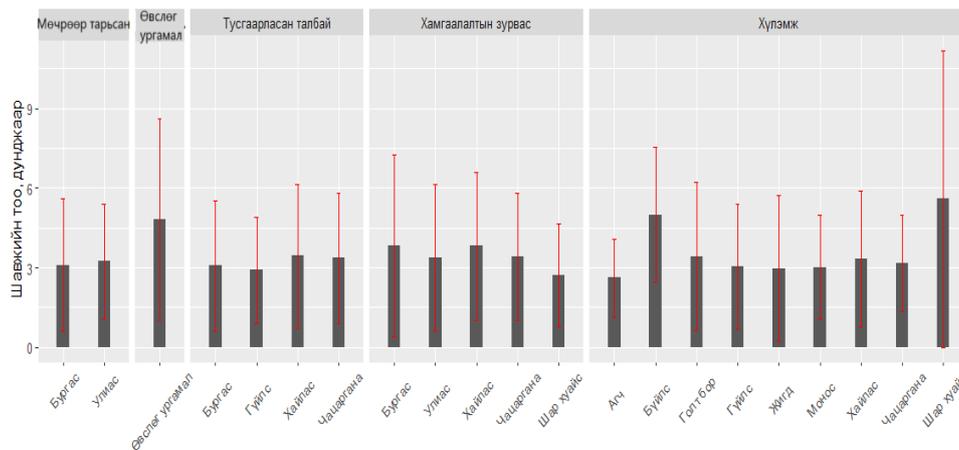
연구 결론:

Khuvsgul aimag 양묘장에서 4 목, 25 과, 72 종의 곤충이 기록되었다(부록 1). 양묘장 노지, 방풍림, 온실에서 출현한 곤충의 수를 세는 조사를 하였다(그래프 1).



그래프 1. Khuvsgul aimag 양묘장 곤충 개수

Khuvsgul aimag 양묘장에서 측정된 결과를 합산했을 때, 노지에 평균 4.8 ± 2.3 마리의 곤충이 계수되었으며, 다른 구획에 비해 곤충 수가 가장 많았다. One way ANOVA 분석이 수행되었으며, 그래프 2 에와 같이 나와 있다.

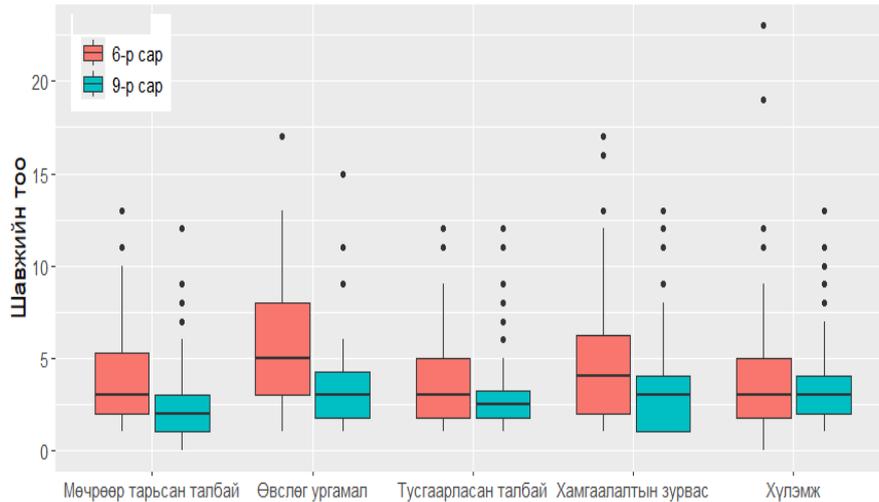


그래프 2. Khuvsgul aimag 양묘장 구획별로 곤충 차이

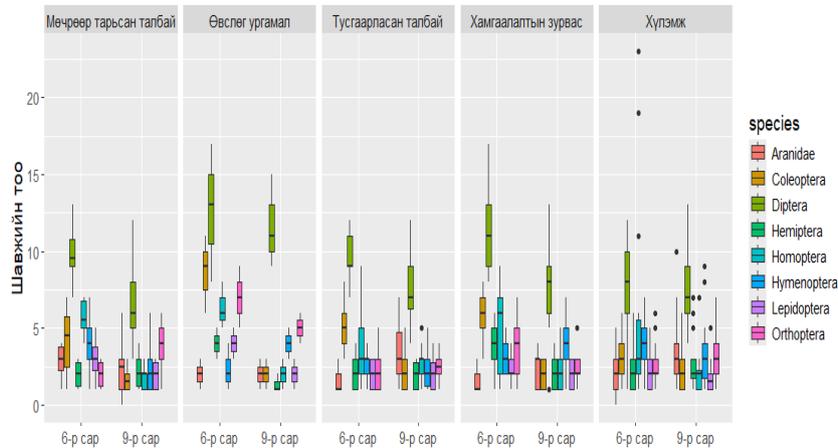
One way ANOVA 분석으로 구획별로 차이가 없는 것으로 나타났으나 노지와 다른 구획이 차이가 있는 것으로 나타났다($p=0.003$).

Khuvsgul aimag 양묘장 수종별로 곤충의 차이를 계수하였다(그래프 3)

인구조사 결과에 따르면, 파리목(Diptera) 곤충은 조사된 모든수종에 풍부한 반면, 시베리아골담초에서는 Homoptera 목 곤충이 우점적으로 나타났다. Khuvsgul aimag 양묘장에 대한 곤충 조사는 6 월과 9 월의 따뜻한 계절에 두 번 실시되었다(그래프 7).



그래프 7. Khuvsgul aimag 양묘장에 대한 곤충 조사(6 월과 9 월)
6 월에 Khuvsgul aimag 양묘장에 곤충 개체수 조사결과는 9 월에 조사한 결과보다 많았다. 이 결과를 분산분석 분석(그래프 8)을 통해 확인하였다.



그래프 8. Khuvsgul aimag 양묘장에 곤충 개체수 차이(6 월, 9 월)

6 월과 9 월 차이에 대한 분산분석 결과, 9 월의 곤충 개체수는 6 개월에 비해 감소한 것으로 나타났다($p < 0.0001$).

Khuvsgul 양묘장 삼목 포플러류에 *Chrysomel populi Linnaeus* 가 나타났다. *Chrysomel populi Linnaeus* 는 Coleoptera 목, Cherysomelidae 과에 속한다



사진 1. *Chrysomel populi* Linnaeus, 175



사진 2. *Chrysomel populi* Linnaeus, 175

포플러의 잎의 연조직을 먹고 표피만 남긴다. *Chrysomel populi* Linnaeus 의 몸은 타원형이고 크기는 10-12mm 이며 등은 볼록하고 윗잎은 황적색이며 머리는 검은색이다. 알은 긴 타원형이고 크기는 1.5mm 이며 황갈색이다. 암컷은 새로 자라는 잎에 한 번에 20-60 개의 알을 낳는다. 알의 배아 발달은 10~12 일 동안 지속되며, 첫 번째 잎이 분해되는 것과 동시에 유충이 나타나 잎의 연조직을 섭식한다. 유충은 5 월말과 6 월상순에 대량으로 집계되었으며, 집중적으로 포플러 잎을 먹었다.



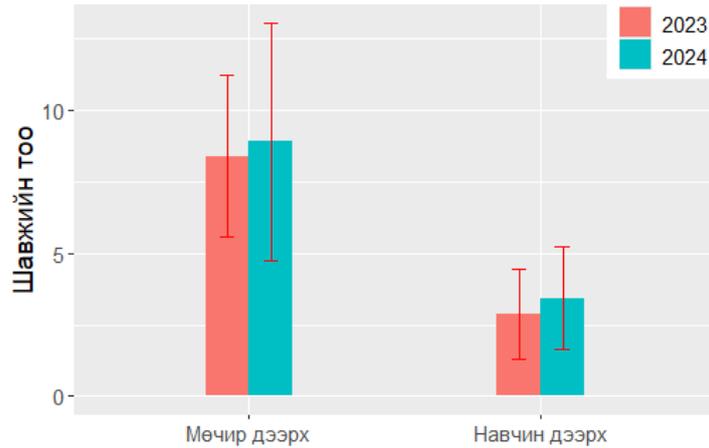
사진 3. *Chrysomel populi* Linnaeus, 유충



사진 4. 포플러 잎을 먹는 모습

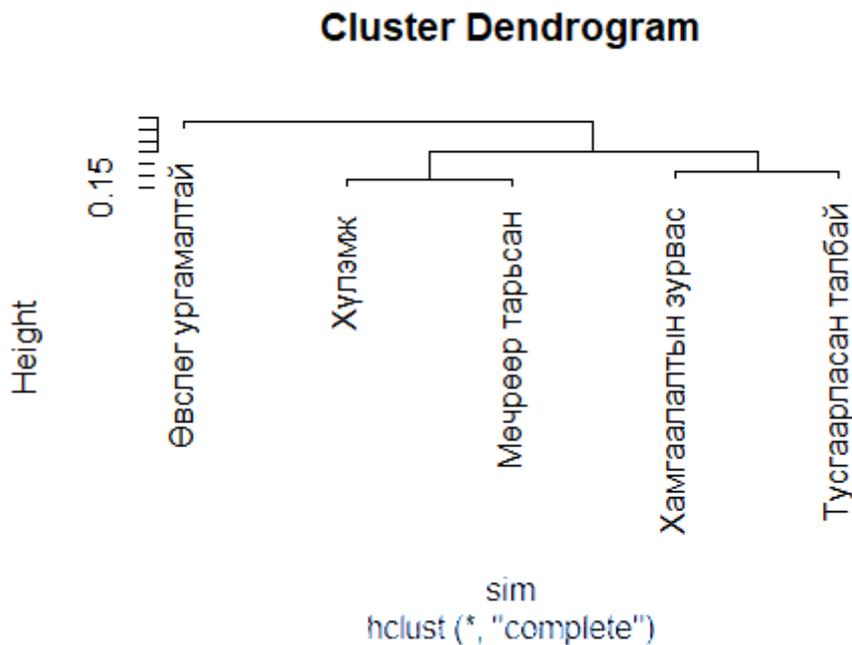
유충은 흰색과 노란색을 띠고 머리와 다리는 검은색이다. 몸은 검고 푸른 반점으로 덮여 있으며 강한 냄새를 내뿜으며 자신을 보호한다. 애벌레의 성숙은 16~20 일 동안 지속되며 크기는 7.3mm 에 이르고 번데기 단계로 이동하고 번데기는 잎의 아래쪽 맥에 위치합니다. 몸체는 11mm 이며 포플러의 어린 잎을 먹는다.

Chrysomel populi Linnaeus 의 먹이주기는 6 개월 중반에서 9 개월까지 지속된다. 2023 년과 2024 년 포플러 가지와 잎을 대상으로 곤충수를 조사하였고, 그 결과를 그래프 9 와 같다.



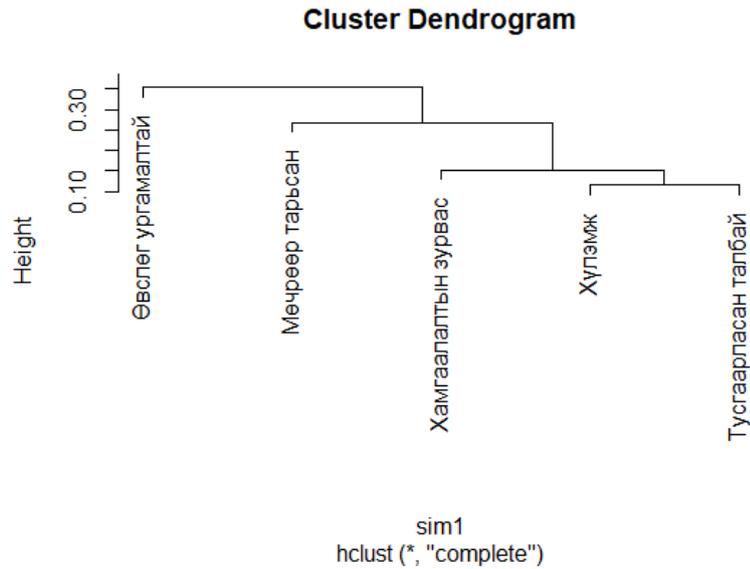
Граф 9. *Chrysomel populi* Linnaeus, 175 곤충 개체수

본 조사 결과에 따르면, 2024년에는 가지와 잎에 붙어 있는 벌레 수가 증가한 것으로 나타났다. 앞으로는 모니터링과 예방조치가 필요하다. Khuvsgul 양묘장의 구역 간 동질성을 자카드 계수(Jaccard index)를 사용하여 계산하였다(그래프 10).



Граф 10. Khuvsgul 양묘장 자카드 계수(Jaccard index), (2023 년)

Khuvsgul 양묘장의 구역 간 동질성은 Jaccard 지수를 사용하여 계산하였다. 2023년에는 노지와 온실이 양묘된 면적이 82%로 가장 유사했으며, 2024년에는 Jaccard의 유사성 지수를 사용하여 Khuvsgul 양묘장 부지 간의 유사성을 계산하여 그래프 11에 표시하였다.



그래픽 11. Khuvs gul 양묘장 자카드 계수 (Jaccard index), (2024 년)

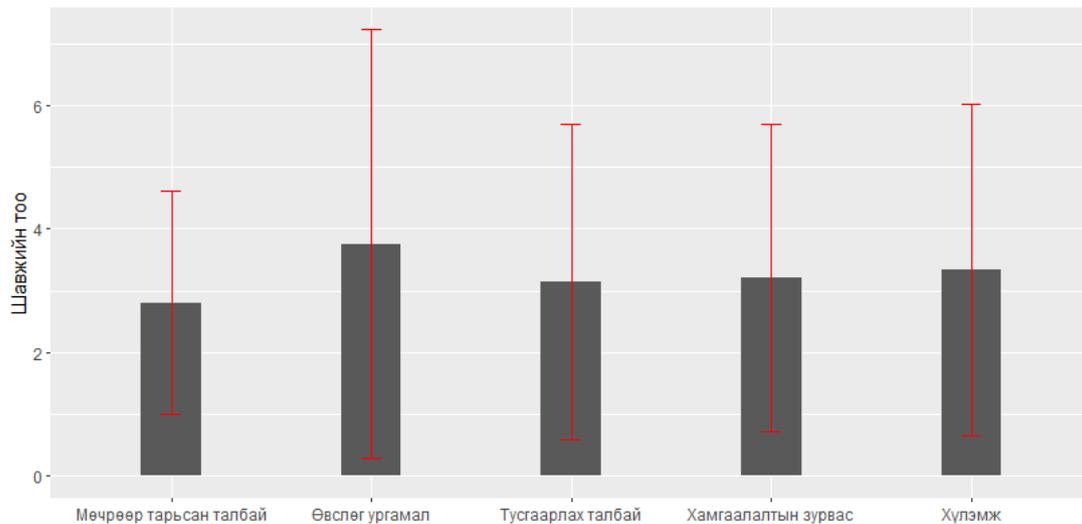
Jaccard 의 유사성 지수를 사용하면 Khuvs gul 양묘장의 부지 간 유사성은 2024 년 분리된 부지, 방풍림 및 온실 간에 가장 유사하다. 즉, 유사이 85-88%다(그래프 11). 방풍림에 식재한 비술나무에서 질병의 증상이 감지되었다. 조사 결과는 잎반점병이 밝혀졌고, 반점병을 일으키는 곰팡이와 외부 환경의 악영향으로 인해 발생하였다. 잎반점병은 나뭇잎에 흑갈색 또는 암갈색등의 반점이 생기는 현상이다. 잎반점은 식물 성장하는 동안 발생하며, 세균반점병으로 잎이 마르고 식물이 약해지며 서리 및 불리한 환경에 취약하게 된다. 잎반점병은 다양한 연령의 나무에서 볼 수 있으며, 특히 어린 나무에 피해를 준다. 잎반점병이 2 가지 방법으로 생긴다. 첫째, 딱딱한 반점은 곰팡이로 인해 발생하고, 곰팡이에 감염되면 잎 표면 위 부분에 두껍고 칙칙 같이 까맣다. 이러한 잎반점은 비술나무에 흔히 발생한다. 둘째, 잎의 죽은 반점은 잎 표면 위로 올라가지 않고, 어떤 경우에는 움푹 들어가기도 한다. 색깔은 흰색, 빨간색, 갈색 등 다양하며 모양은 1~2mm 원형이며 잎 전체를 거의 덮는다.

보호 방법: 질병을 일으키는 곰팡이 성장과 발달을 억제하기 위해 살충제를 뿌린다. 질병의 확산이 작을 경우 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 를 뿌린다.

방풍림에 식재한 비술나무에 녹병(Melampsora salicina Lev) 이 발생하였다. 잎의 앞면은 처음 황색의 작은 반점이 형성되고, 점차 커지면서 병반과 병반이 합쳐져 형성되기도 하며, 심하면 잎 전체가 노랗게 변하고 고사한다. 질병이 연속적으로 발견되면 양묘장 전체를 덮고 나무가 마를 것이다.

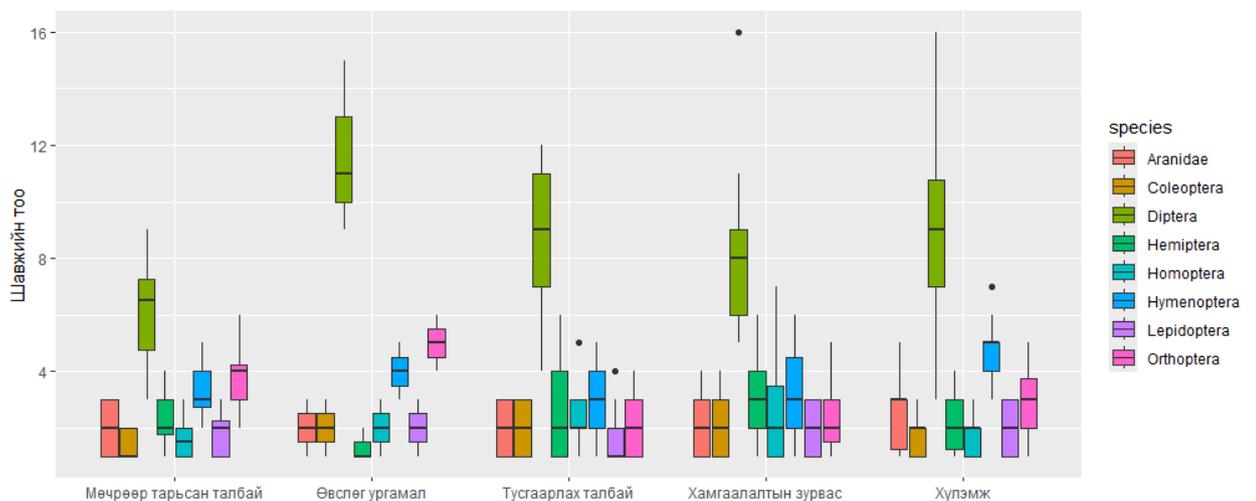
보호 방법: 방풍림에 식재한 비술나무에 소량의 녹병이 검출되었으므로 Topsin-M 을 살포하며, 이 물질은 백색의 결정성 물질이다. 물에 잘 녹지 않아 유기용매에 녹여 쓰면 좋다. 검출되었으므로 Topsin-M 성분을 70%로 희석하여 1~2kg/ha 의 양으로 살포한다.

Uvurkhangail aimag 양묘장에서 7 목, 32 과, 66 종의 곤충이 기록되었다(부록 1). 양묘장 노지, 방풍림, 온실에서 출현한 곤충의 수를 세는 조사를 하였다(그래프 12).



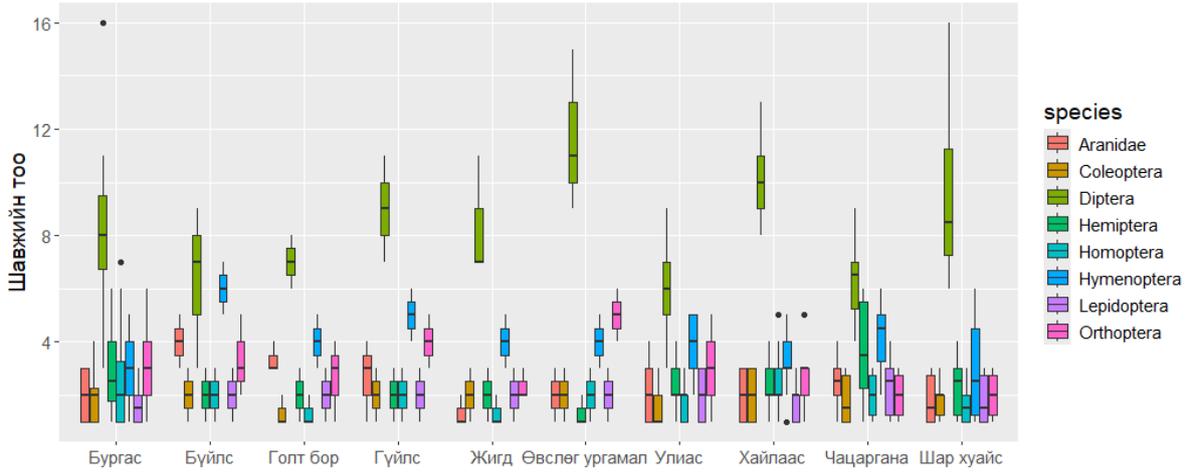
그래픽 12. Uvurkhangai aimag 양묘장 곤충 개수

Uvurkhangai aimag 양묘장에 식재한 나무에 대한 곤충 수를 조사한 결과 곤충이 많은 것으로 나타났다(그래프 13).

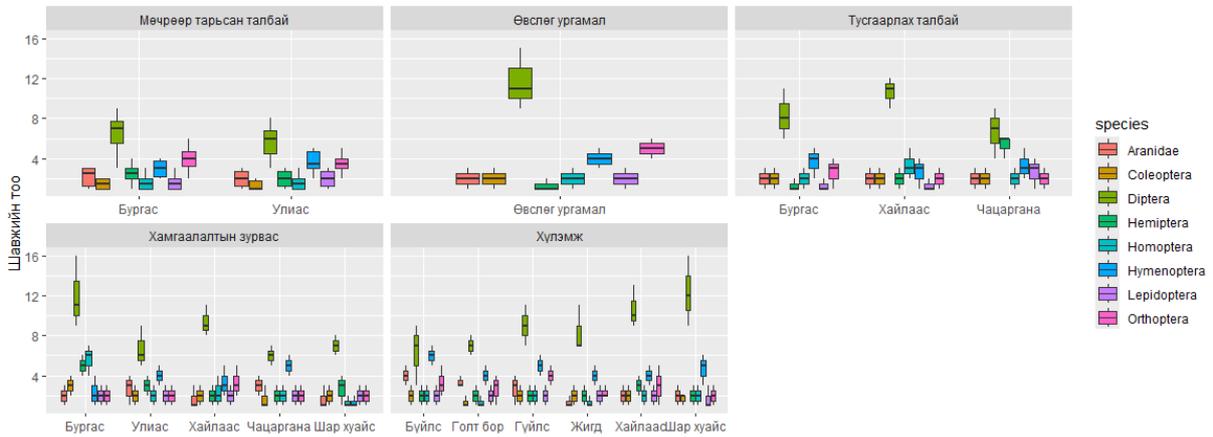


그래픽 13. Uvurkhangai aimag 양묘장 구역별로 서식하는 곤충 목수

그래프에 따르면, 파리목(Diptera)의 곤충은 모든 구역에서 균일하게 많은 반면, 다른 목의 곤충은 균일하게 개체수가 적었다. 또한 각 구역의 묘목에 대한 곤충 목록을 작성하여 그래프 14에 나타내었다.

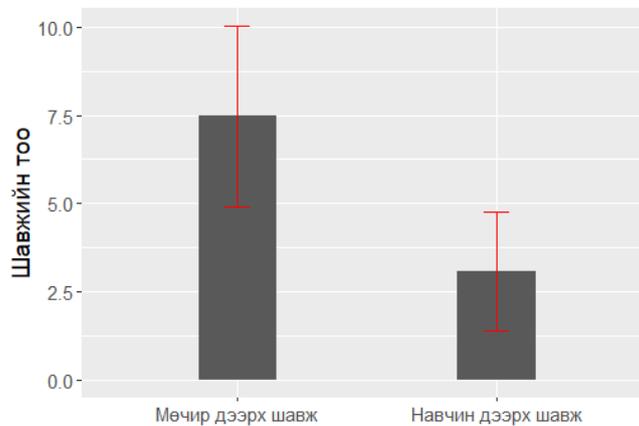


그래픽 14. Uvurkhangai 양묘장 수종별로 서식하는 곤충 목수 각 구역의 교목 곤충의 개체수에 따라 파리목(Diptera)의 곤충과 다른 목의 곤충이 많은 것으로 보인다. 나무와 구획 사이의 곤충 차이를 확인하기 위해 분산 분석을 수행하였다(그래프 15).



그래픽 15. 양묘장 구역별로 곤충 개체수 차이 Two-Way ANOVA 분석에서는 수종과 구역플롯 사이의 곤충 수에 차이가 없는 것으로 나타났다.

포플러류의 가지와 잎에 있는 곤충의 수를 세어본 결과는 그래픽 16 과 같다.



그래픽 16. 포플러류의 가지와 잎에 있는 곤충의 수

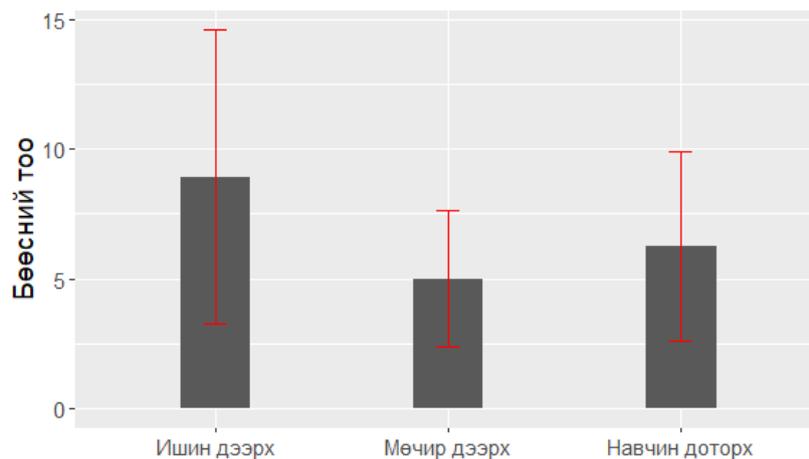
분산분석에서는 가지 곤충의 수와 잎 곤충의 수 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.0001$).

온실에 있는 몽골벚나무 묘목에서 진딧물 검출되었다. 조사에 따르면 한 가지에 5~8 개의 잎이 오그라들어 죽은 잎 안에 진딧물 유충이 다수 발견됐고, 일부 곤충은 죽어 있었다. 이 곤충은 노린재목(Homoptera)의 진딧물상과(Aphididae)에 속한다. 날개 없는 암컷 곤충은 갈색·녹색 머리를 갖고 있으며 머리 끝에 검은색과 노란색 수염이 있고 몸이 2mm 길다. 벚나무 가지 위에 알 형태로 겨울을 보내고, 봄에 싹이 열리면 유충이 나와 싹 수액을 먹는다. 암컷 곤충은 잎 뒷면에 알을 낳고, 7-10 일이 지나면 날개 없는 암컷, 날개 있는 수컷이 나타나 한나무에서 다른 나무로 퍼진다. 한번에 많은 알을 낳기 때문에 보호 조치를 취하는 것이 바람직하다. 진딧물에 먹힌 잎을 잘라 보면 많은 유충이 나왔다.



사진 5. 몽골 벚나무 잎 안에 있는 진딧물

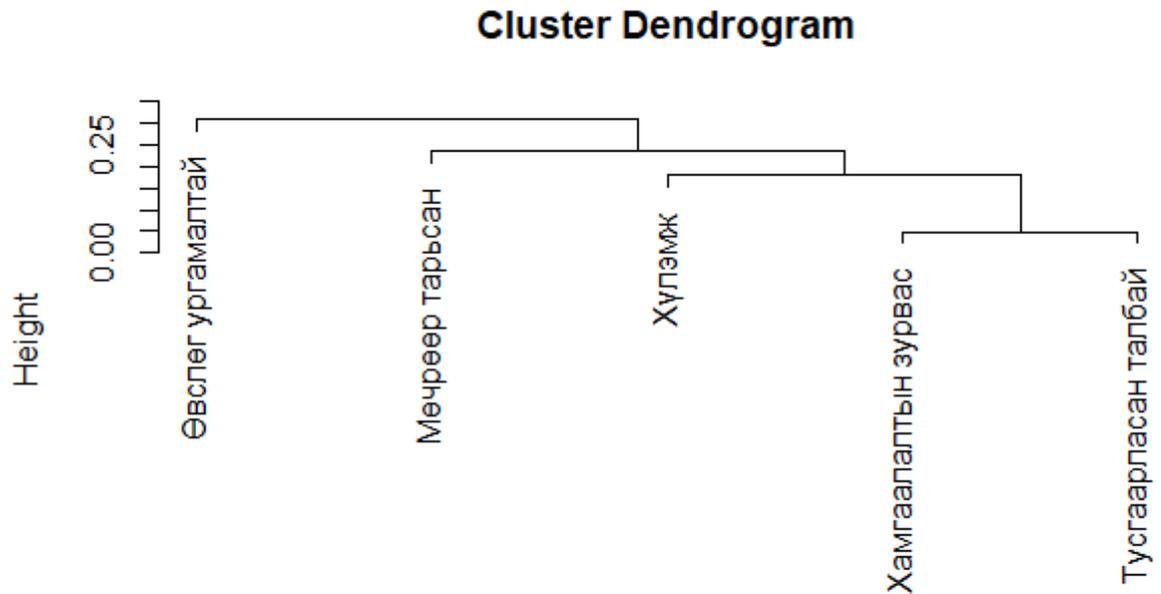
줄기, 가지, 잎에서 진딧물의 개수를 세어본 결과를 그래픽 17에 나타내었다.



그래픽 17. 온실 몽골벚나무 진딧물의 개수를

조사 결과에 따르면 가지와 줄기에 있는 진딧물의 개수, 잎과 줄기에 있는 진딧물의 개수는 통계적으로 다르지만 잎과 가지에 있는 진딧물의 개수는 다르지 않다.

이 곤충이 새로 자라는 몽골벚나무에 더 해로운 잎과 가지의 생장을 방해하고 오그라들게 할 수 있기 때문에 보호 조치를 취하였다. 사이플루트린 (Karate) 5%액을 살포하였다. Uvurkhangai 양묘장의 구역간 동질성은 Jaccard 지수를 사용하여 계산하였다(그래픽 18).



hclust (*, "complete")

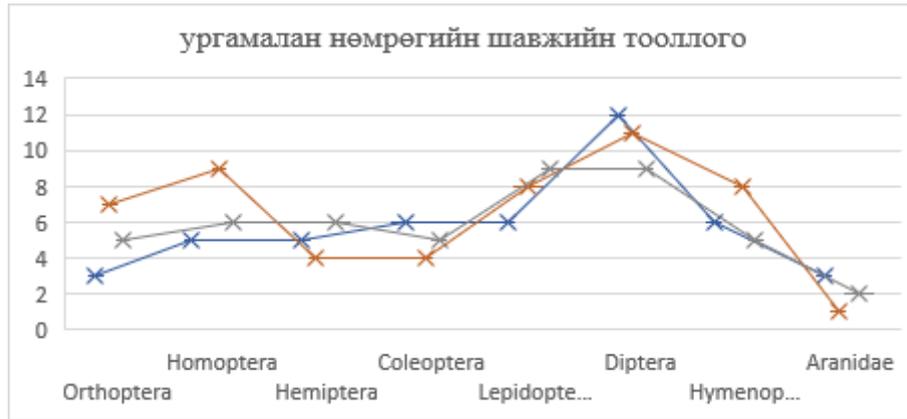
그래픽 18. Uvurkhangai 양묘장 자카드 계수 (Jaccard index), (2024 년)

Uvurkhangai 양묘장의 구역 간 동질성은 Jaccard 지수를 사용하여 계산하였을 때

분리된 구역과 방풍림은 곤충 수에서 95%로 가장 높은 유사성을 나타냈다. 온실 시베리아골담초 묘목에 "Uncinula caraganais" 질병 나타났고, 질병의 원인은 Trichocladia caragane Neger 곰팡이다. 시베리아골담초 묘목 아래쪽 잎의 윗면에 흰색 코팅이 되기 시작한다. 여름이 끝나면 잎 표면에 검은 반점이 나타나며, 이는 질병을 일으키는 곰팡이의 포자 다. 감염된 잎은 노란색으로 변하여 떨어지고, 질병을 일으키는 곰팡이는 낙엽에서 동면하므로 보호 조치를 취하여 한다. 피토스포린-M 논약을 물에 녹여 분사하였다. 함량은 다음과 같다: Bacillus subtilis 박테리아 26 D, 20 억 개 이상의 살아있는 포자를 함유한다.

이 논약을 30g 을 물 10 리터에 섞어 분무기에 넣고 온실 시베리아골담초 묘목에 살포하였다. 이러한 논약을 사과, 시베리아골담초, 야광나무 등 교목에 살포한다.

Selenge 양묘장에 실시한 곤충 조사를 곤충 분류와 생식이라는 두 가지 주요 형태로 데이터를 수집하여 조사하였다. Selenge aimag 양묘장에서 2 목, 15 과, 69 종의 곤충이 기록되었다(부록 3). 조사 결과에 따르면 Selenge aimag 양묘장의 교목을 먹는 곤충이 전체 곤충 중 80%를 차지한다. Selenge aimag 양묘장 식생 피복에 곤충 개수를 조사한 결과 그래픽 19 과 같다.



그래픽 19. Selenge aimag 양묘장 식생 피복에 곤충 개수 조사

Selenge aimag 양묘장 식생피복 곤충 개체수 조사를 따르면 파리목(Diptera)이 많이 집계되고, 딱정벌레과(coleoptera)에 속하는 곤충의 수가 풍부하였다. 곤충 식성에 따라 분류한 결과 그래픽 20 과 같다.



그래픽 20. 곤충 식성 분류

그래픽 결과에 따르면, 구주소나무를 식해하는 곤충은 비교적 많고, 시베리아잎갈나무, 구주소나무, 시베리아잎갈나무 등을 식해하는 곤충은 비교적 적고, 자작나무, 비술나무를 식해하는 곤충은 소수였다.

결론

1. Khuvsgul 양묘장에서 4 과 25 속 72 종의 곤충이 조사되었다.
2. Khuvsgul 양묘장에 삼목으로 식재한 포플러류에 포플러잎벌레(*Chrysomelae populi Linnaeus, 175*)의 출현이 많다.
3. Jaccard의 유사성 지수를 사용하면 Khuvsgul 양묘장의 부지 간 유사성은 2024년 분리된 부지, 방풍림 및 온실 간에 가장 유사하다. 즉, 유사이 85-88%다.
4. Khuvsgul 양묘장 방풍림에 식재한 비술나무에 타르점무늬병(*Rhytisma salicinum Pers*), 비술나무의 잎녹병(*Melampsora salicina Lev*) 등의 조사되었다.
5. Uvurkhangai 양묘장에서 7 과 32 속 66 종의 곤충이 조사되었다.
6. Uvurkhangai 양묘장의 구역 간 동질성은 Jaccard 지수를 사용하여 계산하였을 때 분리된 구역과 방풍림은 곤충 수에서 95%로 가장 높은 유사성을 나타냈다.
6. Uvurkhangai 양묘장 온실에 파종한 시베리아골담초 묘목에 "Ucinula caraganais" 병 나타났고 원인은 *Trichocladia caragane* Neger 이다.
7. Selenge 양묘장에 2 과 15 속 69 종의 곤충이 조사되었다.
8. Selenge 양묘장에 출현한 곤충을 식성으로 구분하면 식식성 곤충이 80%를 차지한다.
9. Selenge 양묘장에 서식하는 넓적비단벌레종 (*Anthaxia quadripunctata L, Tetropium gracilicorne Rtttura, Acanthocinus aedilis L, Hylobius abietis L,...* 등)은 침엽수 잎을 섭식하고, 이는 수목의 광합성 과정을 완전히 중단시키고 수목의 생리적 상태를 변화시킨다.
10. *Monochamus urussovi* Fisch. *Monochamus sutor* L. *Monochamus galloprovincialis* pistor Germ, *Monochamus saltuarius* Gebl 은 완전히 분해되지 않고 지나 줄기의 일부만 손상된 나무에 서식한다. 이때 서식한 곤충은 나무를 완전히 말라죽이지 않지만 오랫동안 나무에 서식해 다른 곤충 집단이 서식할 수 있는 환경 조건을 만들어 준다.
11. *Leptura sequensi* Reitt 은 유충과 번데기 단계에서 목질조직에 서식하여 목재의 특성을 변화시킨다.

참고문헌

1. Намхай дорж, Б. 1997. Богдхан уулын шавьж (Богд уулын экосистем). Улаанбаатар, 2-42 х.
2. Цэндсүрэн, А., Улыкпан, К. 1978. Монгол орны шавьж. Улаанбаатар, Улсын хэвлэлийн газар, 238 х.
3. Цэндсүрэн, А. (ред.) 1987. БНМАУ-ын Амьтны ай маг: Шавьжийн анги. I боть. Улаанбаатар, Улсын хэвлэлийн газар, 341 х.
4. Шар, С., Самбяа, Р., Гомбобаатар, С., Цэвээнмядаг, Н., Цагаанцоож, Н., Тунгалаг, Р. 2008. Богдхан уул, түүний орчмын зонхилох амьтан, 식물. Улаанбаатар, Соёмбо принтинг, 197 х.
5. Gullan, P.J. & Cranston, P.S. 2010. The Insects: An Outline of Entomology. Wiley-Blackwell, 565 pp.

한-몽 그린벨트 사업단 Khuvs gul aimag Murun soum 양묘장에서 출현된 곤충 수종

No	곤충의 과·종	먹이
HOMOPTERA		
1	시베리아잎갈나무 파리 - <i>Lasioma laricicola</i> L	시베리아잎갈나무
2	시베리아잎갈나무 파리 - <i>Dasyneura laricis</i> F-Lw	시베리아잎갈나무
COLEOPTERA		
Carabidae		
3	<i>Poecilus fortipes</i>	식물 잔여물
4	<i>Poecilus gebleri</i>	식물 잔여물
Cicindelidae		
5	<i>Cicindela coerulea</i>	포식자
Scarabaeidae		
6	<i>Protaetia brevitarsis seulensis</i>	식물
7	<i>Protaetia ungarica sibirica</i>	식물
8	<i>Orthophagus scabriusculus</i>	시베리아잎갈나무, 알래스카자작나무, 비술나무
9	<i>Orthophagus marginalis</i>	시베리아잎갈나무, 알래스카자작나무, 비술나무
Cantharidae		
10	<i>Podabrus flaminifrons</i> Motsch	
Tenebrionidae		
11	<i>Anatolica potanini</i>	식물
12	<i>Anatolica amoenula</i>	식물
13	<i>Anatolica paradoxa</i>	식물
14	<i>Microdera kraatzi</i>	식물
15	<i>Platyscelis brevis</i>	식물
16	<i>Cyphogenia chinensis</i>	식물
17	<i>Blaps sp</i>	벼룩
18	<i>Melaxumia sp</i>	식물
Silpidae		
19	<i>Necrophorus germanica</i>	시체
Meloidae		
20	<i>Mylabris mongolica</i>	잡식성
21	<i>Mylabris speciosa</i>	잡식성
Buprestidae		
22	<i>Sphenoptera ordiehalcea</i>	삭사울
23	<i>Sphenoptera potanini</i>	삭사울
24	<i>Anthaxia quadripunctata</i> L	시베리아잎갈나무, 구주소나무
Chrysomelidae		
25	<i>Cassida rubiginosa</i>	구주소나무
26	<i>Chrysomela populi</i> L	포플러류
27	<i>Casida sp</i>	포플러류
28	<i>Chrysomelia discipennis</i>	포플러류
29	<i>Melanophyla cyane</i> Fabr	시베리아잎갈나무
Curculionidae		
30	<i>Orchestes betuleti</i>	비술나무
31	<i>Chromoderus fasciatus</i>	시베리아잎갈나무
32	<i>Pissodes notatus</i> L	구주소나무
Gerambycidae		

33	<i>Eodorcadion sp</i>	비술나무
34	<i>Tetropium gracilicorne Rtt</i>	구주소나무, 시베리아잎갈나무
35	<i>Xylotrechus altaicus Gebl</i>	시베리아잎갈나무
36	<i>Monochamus urussovi Fisch</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
37	<i>Monochamus sutor L</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
38	<i>Monochamus galloprovincialis pistor Germ</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
Elateridae		
39	<i>Rhombonyx holoserica F</i>	구주소나무, 시베리아잎갈나무
40	<i>Selatosomus aeneus L</i>	구주소나무, 시베리아잎갈나무
Scolytidae		
41	<i>Scolytus morawitzi Sem</i>	시베리아잎갈나무
42	<i>Scolytus ratzeburgi Jans</i>	알래스카자작나무
43	<i>Urocerus gigas taiganus Bens</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
Coccinellidae		
44	<i>Adonia variegata Goeze, 1777</i>	포식자
45	<i>Coccinella septempunctata</i>	포식자
46	<i>Coccinella transversogutata</i>	포식자
47	<i>Coccinella sp</i>	포식자
LEPIDOPTERA		
Noctuidae		
48	<i>Cardeia irrisora nigriesceus</i>	꿀
49	<i>Eudlemma ostina</i>	꿀
50	<i>Haderonia sp</i>	꿀
Pyraustriidae		
51	<i>Loxostege stricalis</i>	초종
52	<i>Dioryctria abietella</i>	시베리아잎갈나무
Pieridae		
53	<i>Aporia crataegi</i>	귀룽나무
54	<i>Leptidea morsei morsei Fenton, 1881</i>	꿀
55	<i>Colias tyche tyche (Boeber, 1812)</i>	꿀
56	<i>Argynnis aglaja aglaja (Linnaeus, 1758)</i>	꿀
57	<i>Leptidea morsei morsei Fenton, 1881</i>	꿀
Lasiopampidae		
58	<i>Dendrolimus superans sibiricus</i>	시베리아잎갈나무, 구주소나무
Orgyidae		
59	<i>Ocnera dispar L</i>	시베리아잎갈나무, 비술나무
60	<i>Orgyia antiqua L</i>	시베리아잎갈나무
Geometridae		
61	<i>Erannis jacobsoni Djak</i>	시베리아잎갈나무
Hymphalidae		
62	<i>Nymphalis vaualbum vaualbum ([Denis & Schiffermuller], 1775)</i>	꿀
Tortrihidae		
63	<i>Zeiraphera griceana</i>	시베리아잎갈나무
64	Боргодойн н галч эрвээхий - <i>Dioryctria abietella</i>	시베리아잎갈나무

65	Най лзуурын давирхай ч эрвээхий - <i>Evetria resinella L</i>	시베리아잎갈나무
66	Сибирийн дугтуй т эрвээхий - <i>Coleophera sibirica</i>	시베리아잎갈나무
HEMiptera		
<i>Pentatomidae</i>		
67	<i>Brachynema germari</i>	활엽수
68	<i>Desertomenida quadrimaculata</i>	활엽수
<i>Lygaeidae</i>		
70	<i>Lygacus equestris</i>	활엽수
71	<i>Nysius thymi</i>	비타민나무
<i>Miridae</i>		
72	<i>Adelphocoris sp</i>	시베리아잎갈나무

한-몽 그린벨트 사업단 Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 양묘장에서 출현된 곤충 수종

No	곤충의 과·종	먹이
HOMOPTERA		
Aphidae		
1	<i>Erlosoma ulmi</i> Linnaeus, 1758	비술나무
DIPTERA		
Cecidomyiidae		
2	<i>Cecidomyii</i> sp	비술나무
Tipulidae		
3	<i>Tipuli</i> sp	식물
Muscidae		
4	<i>Delia antiqua</i> Megl	잡식성
5	<i>Musca</i> sp	시체
Anthomyidae		
6	<i>Hylemia floralis</i> F	시체
COLEOPTERA		
Carabidae		
7	<i>Poecilus fortipes</i>	포식자
8	<i>Poecilus gebleri</i>	포식자
Cicindelidae		
9	<i>Cicindela coerulea</i>	포식자
Scarabaeidae		
6	<i>Protaetia brevitarsis seulensis</i>	식물
7	<i>Protaetia ungarica sibirica</i>	식물
8	<i>Orthophagus scabriusculus</i>	식물
9	<i>Orthophagus marginalis</i>	식물
Cantharidae		
10	<i>Podabrus flaminifrons</i>	?
Tenebrionidae		
11	<i>Blaps</i> sp	포식자
12	<i>Melaxumia</i> sp	?
Silpidae		
13	<i>Necrophorus germanica</i>	
Meloidae		
14	<i>Epicauta sibirica</i> P	잡식성
15	<i>Mylabris speciosa</i>	잡식성
Buprestidae		
16	<i>Sphenoptera potanini</i>	시베리아잎갈나무
17	<i>Anthaxia quadripunctata</i> L	구주소나무
Chrysomelidae		
18	<i>Phyllotreta vittula</i> R	구주소나무
19	<i>Phyllotreta striolata</i> F	
20	<i>Chrysomela populi</i> L	포플러류
21	<i>Casida</i> sp	포플러류
22	<i>Chrysomelia discipennis</i>	포플러류
23	<i>Phyllotreta undulata</i> K	
24	<i>Melanophyla cyane</i> Fabr	시베리아잎갈나무
25	<i>Colaphellus alpinus</i> G	
Curculionidae		

26	<i>Pissodes notatus L</i>	구주소나무
Gerambycidae		
27	<i>Eodorcadion sp</i>	비솔나무
Elateridae		
28	<i>Agriotes lineatus L</i>	구주소나무, 시베리아잎갈나무
29	<i>Chromoderus fasciatus</i>	구주소나무, 시베리아잎갈나무
30	<i>Cassida virides L</i>	
Scolytidae		
31	<i>Urocerus gigas taiganus Bens</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
Coccinellidae		
32	<i>Adonia variegata Goeze</i>	포식자
33	<i>Coccinella septempunctata</i>	포식자
34	<i>Coccinella transversogutata</i>	포식자
35	<i>Coccinella sp</i>	포식자
IEPIDOPTERA		
Noctuidae		
36	<i>Cardepija irrisora nigriesceus</i>	꿀
37	<i>Eudlemma ostina</i>	꿀
38	<i>Haderonia sp</i>	꿀
Pyraustridae		
39	<i>Loxostege stricalis</i>	식물
Pieridae		
40	<i>Aporia crataegi</i>	귀룽나무
41	<i>Pieris rapae</i>	
Lasiopampidae		
42	<i>Dendrolimus superans sibiricus</i>	시베리아잎갈나무, 구주소나무
Orgyidae		
43	<i>Ocnera dispar L</i>	시베리아잎갈나무, 비솔나무
44	<i>Orgyia antiqua L</i>	시베리아잎갈나무
Geometridae		
45	<i>Erannis jacobsoni Djak</i>	시베리아잎갈나무
Hymphalidae		
46	<i>Nymphalis vaualbum vaualbum ([Denis & Schiffermuller], 1775)</i>	꿀
Tortrihidae		
47	<i>Zeiraphera griceana</i>	시베리아잎갈나무
HYMENOPTERA		
Formocidae		
48	<i>Formoci sp</i>	포식자
HEMEPTERA		
Pentatomidae		
49	<i>Brachynema germari</i>	활엽수
50	<i>Desertomenida quadrimaculata</i>	활엽수
Lygaeidae		
51	<i>Lygacus equestris</i>	활엽수
52	<i>Nysius thymi</i>	비타민나무
Miridae		
53	<i>Adelphocoris sp</i>	시베리아잎갈나무
ORTHOPTERA		

<i>Acrididae</i>		
54	<i>Aeropus sibiricus</i> L	초종
55	<i>Acryptera fusca fusca</i> ,Pallas,1773	초종
56	<i>Omocestus viridulus</i> Linnaeus, 1758	초종
57	<i>Omocestus haemorrhoidalis haemorrhoidalis</i> , Charpentier,1825	초종
58	<i>Chopthippus biguttulus</i> Linnaeus, 1758	초종
59	<i>Chopthippus intermedius</i> Bey Bienko ,1926	초종
60	<i>Chopthippus albomarginatus albomarginatus</i> ,De geer,1773	초종
61	<i>Oedaleus asiaticus</i> , Bey Bienko ,1941	초종
62	<i>Bryodema holdereri holdereri</i> Krauss,1901	초종
63	<i>Bryodema tuberculatum dilutum</i> ,Stoll,1813	초종
64	<i>Bryodema gebleri mongolicum</i> Zubowsky,1899	초종
65	<i>Angaracris barabensis</i> Pallas,1773	초종
66	<i>Campsocleis sedakovi</i> , Fischer Waldheim,1836	초종

한-몽 그린벨트 사업단 Selenge aimag Yeroo soum Bugant village 양묘장에서 출현된 곤충 수종

No	곤충의 과·종	먹이
Coleoptera		
줄기, 껍질, 목질		
Scarabaeidae		
1	<i>Hoplia aureola</i> Pall	구주소나무
2	<i>Cotonia aureta viridivontris</i> Rtt	시베리아잎갈나무, 구주소나무
3	<i>Trichius fasciatus</i> L	구주소나무, 시베리아잎갈나무
Cantharidae		
4	<i>Lydistopterus sanguincus</i> Edy	구주소나무
5	<i>Podabrus alpinus</i> Pk	구주소나무
6	<i>Rhagonycha</i> sp	구주소나무
Cleridae		
7	<i>Trichodes iroutensis</i> Laxm	구주소나무
Elateridae		
8	<i>Selatosomus aeneus</i> L	시베리아잎갈나무, 구주소나무
9	<i>Anostirus castaneus</i> L	구주소나무
10	<i>Ctenicora cupreus</i> P	구주소나무
11	<i>Selatosomus reichardthi</i> Den	시베리아잎갈나무, 구주소나무
12	<i>Selatosomus latus</i> F	시베리아잎갈나무, 구주소나무
13	<i>Lacon fasciatus</i> L	시베리아잎갈나무, 구주소나무
14	<i>Prosternon sericeum</i> Gebl	알래스카자작나무
15	<i>Rhombohyx holoserica</i> F	시베리아잎갈나무, 구주소나무
Buprestidae		
16	<i>Anthaxia quadripunctata</i> L	시베리아잎갈나무, 비술나무
17	<i>Trachyporus acuminata</i> Deg	구주소나무
18	<i>Melanophyla cyane</i> Fabr	시베리아잎갈나무
19	<i>Chrysobothris chrysobothris</i> L	시베리아잎갈나무
Tenebrionidae		
20	<i>Hypophlocus pini</i>	시베리아잎갈나무, 구주소나무
Meloidae		
22	<i>Epicauta megaloccephala</i> Gebl	잡식성
23	<i>Epicauta sibirica</i> Pall	잡식성
24	<i>Mylabris speciosa</i>	잡식성
Gerambycidae		
25	<i>Brachyta interrogationis</i> L	시베리아잎갈나무, 구주소나무
26	<i>Leptura sequensi</i> Reitt	구주소나무, 알래스카자작나무
27	<i>Leptura rubra dichroa</i> Blanch	구주소나무, 알래스카자작나무
28	<i>Leptura virens</i> L	구주소나무
29	<i>Leptura arouata</i> L	구주소나무
30	<i>Leptura quadrfasciata</i> L	구주소나무
31	<i>Strangalina attenuata</i> L	포플러류, 유럽사시나무
32	<i>Asemum striatum</i> L	구주소나무, 시베리아잎갈나무
33	<i>Caurotes virginea</i> L	시베리아잎갈나무, 구주소나무
34	<i>Pachyta quadrimaculata</i> L	시베리아잎갈나무
35	<i>Tetropium gracilicorne</i> Rtttura	구주소나무, 시베리아잎갈나무
36	<i>Xylotrechus altaicus</i> Gebl	시베리아잎갈나무
37	<i>Monochamus urussovi</i> Fisch	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무

38	<i>Monochamus sutor L</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
39	<i>Monochamus galloprovincialis pistor Germ</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
40	<i>Monochamus saltuarius Gebl</i>	시베리아잎갈나무, 구주소나무
41	<i>Acanthocinus aedilis L</i>	시베리아잎갈나무, 구주소나무
42	<i>Chlorophorus gracilipes F</i>	알래스카자작나무, 귀룽나무
Chrysomelidae		
43	<i>Chrysomela tremulae F</i>	비술나무, 알래스카자작나무
44	<i>Chrysomela populi L</i>	포플러류, 비술나무
45	<i>Chrysochus goniostoma Wse</i>	구주소나무
46	<i>Altica sajanica Cski</i>	비술나무
47	<i>Clytra arida Wae</i>	시베리아잎갈나무
Curculionidae		
48	<i>Magdalis violacea L</i>	구주소나무
49	<i>Magdalis frontalis Gyll</i>	구주소나무
50	<i>Magdalis duplicata Germ</i>	구주소나무
51	<i>Bromius obscurus L</i>	구주소나무
52	<i>Pissodes notatus L</i>	구주소나무
53	<i>Pissodes pini L</i>	구주소나무
54	<i>Hylobius abietis L</i>	시베리아잎갈나무, 구주소나무
55	<i>Lixus ochracens Boh</i>	구주소나무
Scolytidae		
56	<i>Scolytus morawitzi Sem</i>	시베리아잎갈나무
57	<i>Scolytus ratzeburgi Jans</i>	알래스카자작나무
58	<i>Timocus minor Hard</i>	구주소나무
59	<i>Timocus piniperda</i>	구주소나무
60	<i>Dendroctonus micans Kung</i>	구주소나무
61	<i>Ips acuminatus L</i>	구주소나무
62	<i>Ips sexdentatus</i>	구주소나무
63	<i>Urocerus gigas taiganus Bens</i>	시베리아잎갈나무, 시베리아잣나무, 구주소나무, 시베리아가문비나무
Coccinellidae		
64	<i>Coccinula quatuordecimpunctulatus L</i>	포식자
65	<i>Coccinula transversoguttata Fald</i>	포식자
66	<i>Coccinula septempunctata Mann</i>	포식자
<i>Навч III ЛМҮС</i>		
Lepidoptera		
Lasiopampidae		
67	<i>Dendrolimus superans sibiricus Tschetw</i>	시베리아잎갈나무
Orgyidae		
68	<i>Lymantri dispar</i>	시베리아잎갈나무
Geometridae		
69	<i>Erannis jacobsoni Djak</i>	시베리아잎갈나무

토양 조사

2024 년에 한-몽 그린벨트 프로젝트 제 3 단계 사업지인 Murun, Bugant, Arvaikheer 양묘장, Bugant Gezeg tolgoi, Doit 복원사업지에 토양석을 실시하였다(사 1). 2023 년에 Arvaikheer, Murun 양묘장, 2024 년에 Bugant 양묘장 양묘를 시작되었다. 2023 년에 Arvaikheer, Murun 양묘장, 2024 년에 Bugant 양묘장에 토양분석을 시작하여 실행하였다. 2024 년에 Arvaikheer, Murun 양묘장에 토양 샘플을 채취해 탄산 칼슘, 자갈, 유기물 등의 지표물 기반으로 매핑을 실시했다.

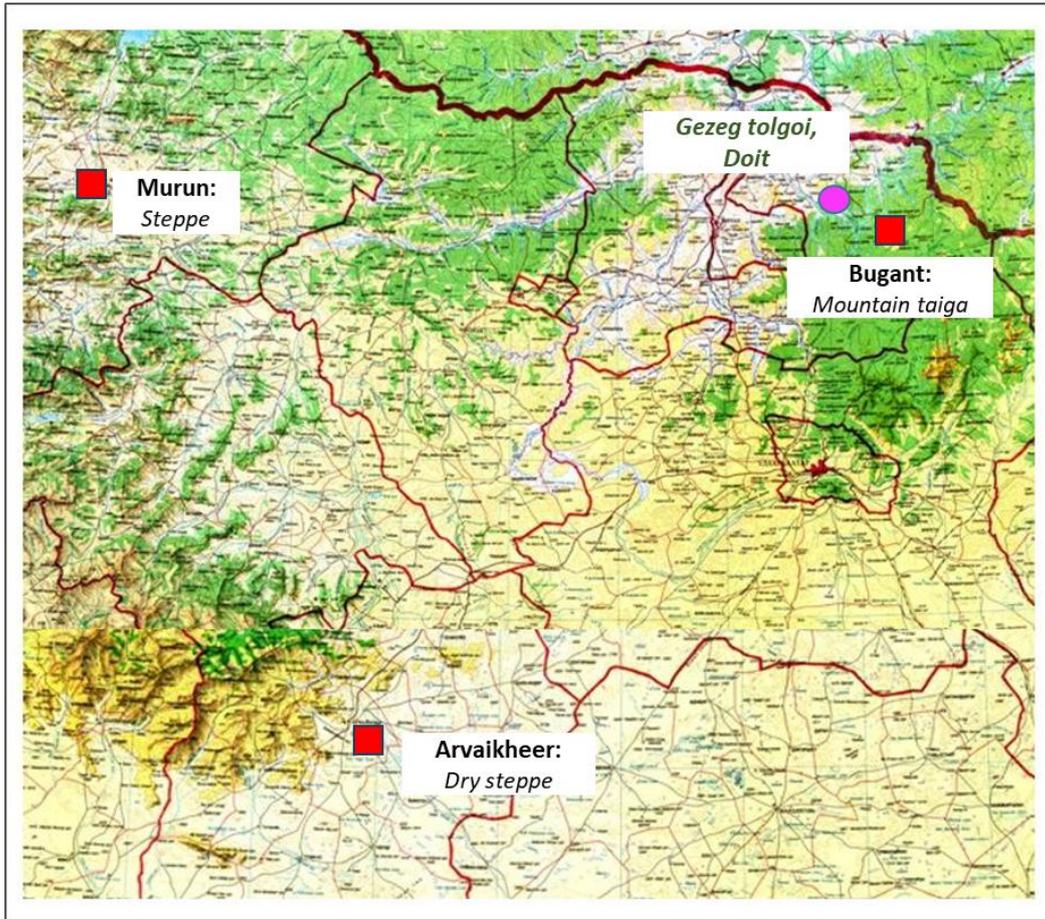


사진 1. 조사 대상지

연구방법론

Selenge aimag Yeroo soum 에 Gezeg togloi, Doit 복원지에 2024 년 6 월에 토양조사를 실시하였다. 총 4 개 토양단면(토심), 15 개 토양시료를 채취하였다. 실험실 분석을 통해 토양 화학, 물리적 특성, 염도를 포함한 11 까지 지표물 실험하였다.

토양습도 복원 실험을 Murun, Arvaikheer 양묘장에 2024 년 9 월에 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 5 처리로 6 회 실행하였다. 비술나무(Ulmus pumila) 구덩이 안에 5cm 멀칭으로 토양을 덮었다. 토양 A 층인 0-20 에 토양의 용적 수분 함량 (VWC), 전기전도도(EC)를 TDR 측정기를 사용, 나무 수고를 측정하였다.

Bugant 양묘장에 토양개량을 위해 석회를 사용한 실험을 2024 년 9 월 14 일 시작하였다. Ca(OH)_2 석회를 0.5 kg/m^2 비율로 토양에 투입하였다. 플로러를

삽목으로 양묘한 비늘로 멀칭(mulching)한 노지에 6 회 반복해 control, 석회 등 2 개 처리로 실험을 하여 수고를 측정하였다.

또한, 온실에 파종한 구주소나무 포트묘에 토양을 석회를 사용해 12 회 반복해 control, 석회 등 2 개 처리로 실험을 하여 수고를 측정하였다. 또한, 관수하지 않은 조건에서 구주소나무와 버드나무에 질산칼슘 비료를 사용하여 토양을 개량하는 실험을 6 회 반복하여 실시하였다. 2025년에는 토양개량 시험의 결과가 발표될 예정이다.

Murun, Arvaikheer 양묘장에 탄산염, 자갈, 유기물, pH, EC 와 같은 토양 유기물을 파악하기 위한 조사가 수행되었다. 전체 지역을 포함하는 균일한 격자를 따라 토양 A 층인 0~20cm 와 20~40cm 깊이에서 20 개 지점에서 토양 샘플을 채취하고, 실험실에서 토양 특성을 확인했다.

“Mongolian Academy of Science, Institute of Geology, Soil Science Lab” 에 토양 분석을 실시하였다. 토양 시료를 건조시키고 2mm 로 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 (CaCO₃): Volumetric method
- 전기전도도 (EC): Electrical conductivity meter
- 인산 (AP - P₂O₅): 1% Ammonium carbonate-NH₄CO₃
- 산화 칼륨 (AP - K₂O): Phlame spectrometer
- 토성 (sand, silt, clay): Pippete methods
- 입경 (> 2 mm): Gravimetric method
- 염도 및 이온조성(CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K): Titration and spectrometric methods

MS Excell, SPSS 23 를 활용하여 통계분을 실시하였다. 토양 색상을 조사할때 Muncel Soil Color Charts 를 활용하였다(MSCC, 2000). 토양 속성 분포도는 ArcGIS Arcmap 10.8 의 IDW(spatail analyst) tools 를 사용하여 처리되었다.

"Gezeg tolgoi", "Doit" 복원 사업지 토양

토양 조사는 Selenge aimag, Yeroo soum 에서 Bugant village 가는 도로를 따라 25km 떨어진 산림 복원지인 "Gezeg tolgoi", "Doit"에서 실시하였다(그림 2). "Gezeg tolgoi"는 Yeroo river 의 지류인 Bayan river 계곡의 북쪽에 위치하고, "Doit"는 Bayan river 계곡의 남쪽에 위치하고 있다.

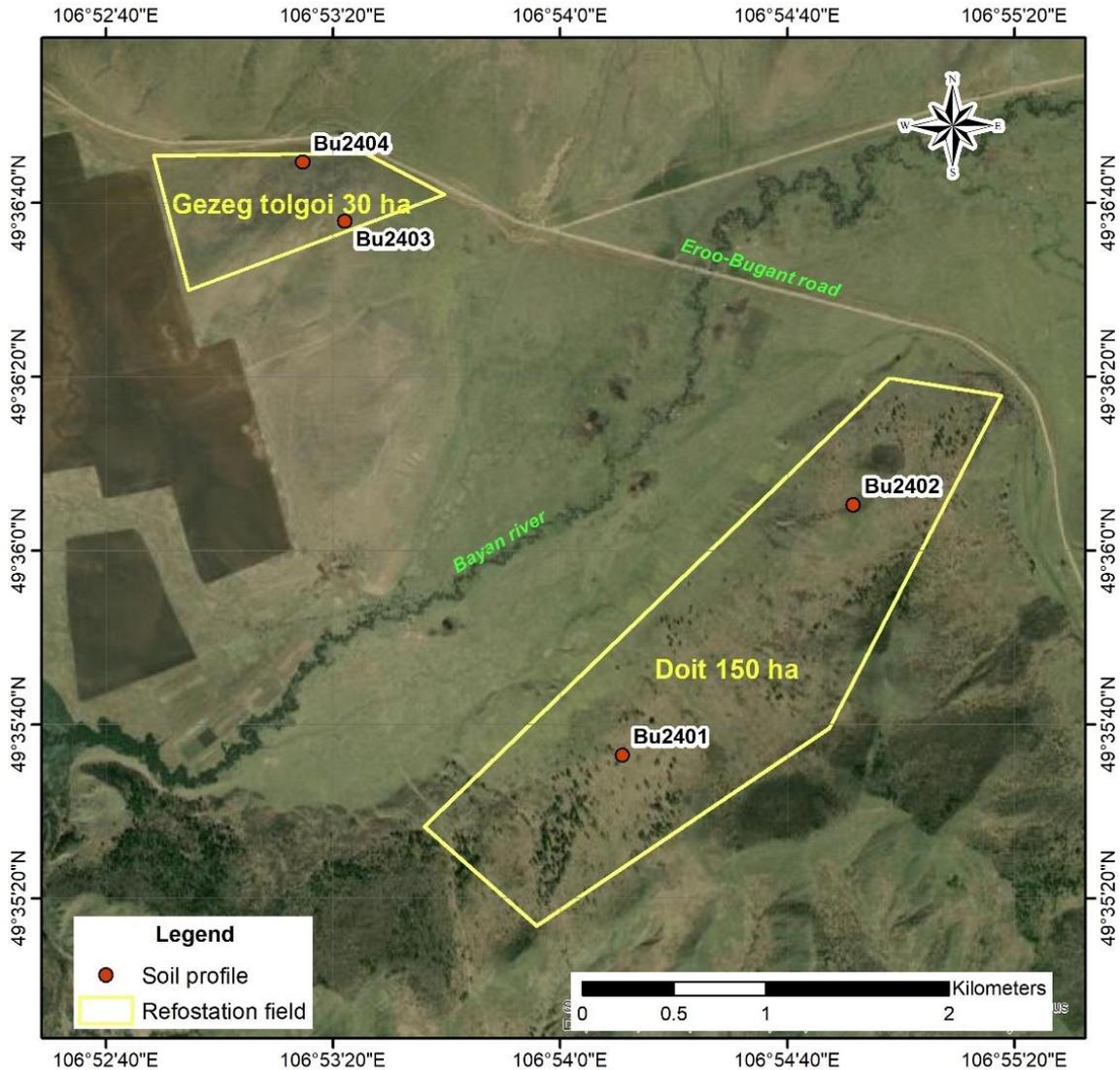


사진 2. “Gezeg tolgoi”, “Doit” 복원사업지위치, 토양 단면도

+

“현장 조사는 2024 년 6 월에 실시되었으며, 2 개 복원지의 4 개 지점에서 15 개 샘플을 채취하였다. 토양 분석을 Mongolian Academy of Science, Institute of Geology, Soil Science Lab”에서 실시하였다.

“Gezeg tolgoi” 복원 사업지 토양

“Gezeg tolgoi” 서쪽에서 동쪽으로 뻗어 있는 높이 약 80m 의 작은 돛형 언덕으로, 뒤쪽에는 예전에 숲이 있었던 흔적이 있다. 산림 복원사업이 계획된 30ha 에 울타리를 치었다. 뒤쪽은 grass-forb 풀이 무성한 초원과 그루터기가 그대로 남아 있다. 앞쪽은 grass-forb 풀이 있는 대초원 식물로 덮여 있다(사진 3). 해발고도는 높이 710~792 m 이며, “Gezeg tolgoi” 뒤와 앞면에 단면분석을 2 표본점을 지정하여 토양의 형태, 화학적, 물리적 특성을 보았다.



사진 3. 'Gezeg tolgoi' 앞면 경사(2024.06.09)

토양단면 BU2403, Selenge aimag Yeroo soum 'Gezeg tolgoi' 복원사업지에 동남 쪽에 경사도는 10°도이며, 식생은 grass-forb 풀로 식생도는 80% 이며, 좌표 x:107.88946° y: 49.61054°, 해발고도는 816m 로 나타났다.

2024 년 6 월 9 일.



토양: MollicLeptosols(BU2403)

A 0-20 cm:

Wet kastanozems(7.5YR 4/3), 작은 aridicFlvisols 돌이 있으며 토양 lithification 은 35%, loam, 식물 뿌리 많음, 입자 구조를 가지고 있음,

ABκ 20-40 cm: Wet calcisolsLeptosols(7.5YR 5/3), 토양 lithification 은 25%, loam, 식물 뿌리 있음, 약간 과립상의 구조, сий рэгдүү, 10 % HCl 에서는 끓는다

BCκ 40-60 cm. Wet calcisols(7.5YR 5/4), 10 % HCl 에서는 끓는다. 토양 lithification 은 50%, loam 식물 뿌리 있음,

표 1. Soil chemical properties of Gezeg tolgoi

Soil profile #	Depth cm	pH (1:2.5)	CaCO ₃ %	SOM %	EC dS m ⁻¹	Available, mg 100 ^{-g}	
						P ₂ O ₅	K ₂ O
BU2403	0-20	8.08	1.02	4.75	0.137	0.92	8.03
	20-40	8.76	24.72	0.56	0.104	0.80	0.46
	40-60	8.92	26.17	0.49	0.108	1.15	0.65
BU2404	0-20	7.65	0.00	3.71	0.061	0.24	4.25
	20-35	7.70	0.00	2.25	0.050	0.45	2.16
	35-45	7.86	0.00	2.34	0.088	0.68	1.79
	45-70	8.21	7.49	0.93	0.095	1.24	1.41

표 2. Soil texture and gravel content of Gezeg tolgoi

Soil profile #	Depth, cm	Stone, % (>2mm)	Particles, % (size by mm)			Bulk density g cm ⁻³
			Sand (2-0.05)	Silt (0.05-0.002)	Clay (< 0.002)	
BU2403	0-20	36.2	62.0	28.0	10.0	0.84
	20-40	25.7	64.0	23.6	12.4	0.94
	40-60	47.4	60.0	24.0	16.0	1.19
BU2404	0-20	17.3	48.0	38.0	14.0	0.85
	20-35	16.9	56.0	32.2	11.8	1.07
	35-45	27.5	50.0	36.0	14.0	0.84
	45-70	26.8	40.0	40.0	20.0	0.93



사진 4. 'Gezeg tolgoi' 뒷면 경사(2024.06.09)

토양단면 BU2404. Selenge aimag Yeroo soum 'Gezeg tolgoi' 복원사업지에 동남 쪽에 경사도는 8°도이며, 식생은 grass-forb 풀로 식생도는 90% 이며, 좌표 x: 106.88740°, y: 49.61242°, 해발고도는 770m 로 나타났다.



토양: Chernozem

A 0-20 cm. Wet Chernozems(5YR 3/2), loam, leptic(15 %), 실물 뿌리가 얽혀 있고, 크고 울퉁불퉁한 구조, 10 % HCl 용출 없음

AB 20-35 cm. Wet kastanozems(5YR 3/4), leptic(20 %) loam, 실물 뿌리가 있고, 10 % HCl 용출 없음

B 35-45 cm. Wet Leptosols(5YR 5/3), leptic(25 %) loam,

C 45-70 cm. Wet yermicCaclisols(5YR 6/4), leptic(25%) loam, 10 % HCl 에서는 끓는다.

"Doit" 산림복원 사업지 토양

"Doit" 산림복원 사업지는 경사도는 200m 이며, 면적은 150ha 산 뒷면에 위치한다.

grass-forb 식생이 대표적이며 사업지 윗부분에 소나무 자작나무 숲이 있다. 해발고도는 720-900m, "Doit" 산림복원사업지 앞면 뒷면에 2 번 토양단면을 하였다.



사진 5. 'Doit' 복원 사업지 앞면 (2024.06.09)



사진 6. 'Doit' 복원 사업지 뒷면(2024.06.09)

토양단면 BU2401. "Doit" 산림복원 사업지 면적은 150ha 산 뒷면 경사도는 8 도, Tapmar 소나무 숲, grass-forb, 식생도는 80 %, 좌표는 x: 106.9035° , y: 49.5935°,해발고도는 859m



토양: follicPhaeozems
 AO 0-20 cm. Wet phaeozems(7.5YR 3/2), small rounded Gravel (15%) loam, 식물 뿌리 많음, 중간 크기 구조

A 20-45 cm. Wet kastanozems(7.5YR 3/4), small fluvisols stone(15%) loam, 식물 뿌리 많음, 입자구조, 10 % HCl 용출 없음

AB 45-60 cm. Wet kastanozems(7.5YR 4/4), loam, 뿌리가 있음

BC 60-80 cm. Wet calcisols(7.5YR 5/6), loam, 10 % HCl 용출 없음



토양: mollicLeptosols
 단면도 BU2402. "Doit" 산림복원 사업지 면적은 150ha 산 뒷면, 경사도 12 도,
Spiraea L.- *Gramineae* Juss.- 풀이 있는 초원. 자작나무 몇 그루가 있음, 식생도 70 %, 좌표 x: 106.91435° y: 49.60146°, 해발고도 858m(날짜: 2024. 06.09.)

AO 0-10 cm. Wet phaeozems (7.5YR 3/4), mollicLeptosols (30%) loam, 식물뿌라가 많음, 희소한 입자 구조

A 10-27 cm. Wet kastanozems(7.5YR 4/3), stone(40%) loam, 식물 뿌리가 있음, 조밀한 입자 구조, 10 % HCl 용출 없음

ABk 27-40 cm. Wet kastanozems(7.5YR 5/4), stone(40%) loam, calcic, 뿌리 있음, 10 % HCl 에서는 끊는다.

BCk 40-60 cm. Wet gypsisols(7.5YR 6/4), stone(50%) loam, 10 % HCl 에서는 끊는다.

표 3. Soil chemical properties of Doit

Soil profile #	Depth cm	pH (1:2.5)	CaCO ₃ %	SOM %	EC dS m ⁻¹	Available, mg 100 ^{-g}	
						P ₂ O ₅	K ₂ O
BU2401	0-20	7.15	0.00	4.23	0.080	0.07	15.6
	20-45	7.47	0.00	3.05	0.023	0.89	8.03
	45-60	7.82	0.00	2.09	0.032	1.21	5.19
	60-80	8.00	0.00	0.91	0.029	0.83	4.25
BU2402	0-10	6.88	0.00	5.19	0.031	0.95	8.98
	10-27	7.27	0.00	3.30	0.054	1.21	3.30
	27-40	8.42	11.27	1.89	0.091	1.18	2.35
	40-60	8.72	1.82	1.82	0.100	0.45	0.46

표 4. Soil texture and gravel content of Doit

Soil profile #	Depth, cm	Stone, % (>2mm)	Particles, % (size by mm)			Bulk density g cm ⁻³
			Sand (2-0.05)	Silt (0.05-0.002)	Clay (< 0.002)	
BU2401	0-20	14.9	50.0	41.0	9.0	0.96
	20-45	19.8	36.0	50.0	14.0	1.07
	45-60	20.0	28.0	54.0	18.0	1.23
	60-80	32.5	36.0	46.0	18.0	1.28
BU2402	0-10	28.5	60.0	28.6	11.4	0.78
	10-27	42.7	58.0	30.0	12.0	1.46
	27-40	36.9	66.0	21.0	13.0	1.17
	40-60	51.5	70.0	18.0	12.0	1.17

“Doit” 및 “Gezeg tolgoi”에 경사와 지형의 영향은 토양 피복에서 뚜렷하게 드러난다. “Doit” 복원사업지는 산 뒷면에 위치해 나무 식재에 적합한 토양을 갖고 있다. 토양 전기전도도는 0,137-0,023 dS/m로 토양 염화가 없다. 조사 대상지 토양에서 교목 생장을 제한하는 주요 요인은 토양 탄산염 /Carbonate (CaCO³) 함량이다.

결론

Selenge aimag Yeroo soum Bugant village 근처에 위치한 “Gezeg tolgoi”(30ha), “Doit”(150ha) 복원사업지에 2024년 6월에 토양 조사를 실시하였다.

“Gezeg tolgoi” 복원사업지 뒷면에 grass-forb, hernozeims 토양이 분포하였다. 토양은 약알칼리성(pH 7.65-7.86)이며, the humus layer 두께는 35cm, 토양 유기물 함량은 3.71-2.25 %, 자갈 함량은 적고, 탄산염 /Carbonate (CaCO³)은 45cm 깊이에 많다. 이러한 토양에 활엽수, 침엽수를 식재하는데 적합하다. “Gezeg tolgoi” 앞면에 алаг өвс- *Gramineae* Juss. 식생, mollicLeptosols 토양이 분포하였다. 토양은 알칼리성(pH 8.08~8.92)이며, the humus layer 은 20cm 두께의 유기물 함량은 4.75%에서 급격히 감소한다. 다산요소는 평균이며, 토양은 loam 입자로 구성되어 있다. 토심 20cm 이하에서 탄산염 함량은 24.72-26.17 % 로 높고, 알칼리성에서 침엽수, 포플러류, 자작나무, 등 수종의 식재에 적합하지 않다. 알칼리성과 탄산염 토양에서 자라는 비술나무가 적합하다.

“Doit” 150 ha 복원사업지 뒷면에 비교적 follicPhaeozems 토양은 분포하며, 북쪽 경사면에 mollicLeptosols 토양이 군데 군데 흩어져 있다. 복원사업지의 follicPhaeozems 토양은 약알칼리성, the humus layer 두께는 60cm, 토양 유기물 함량은 4.23-2.09 %, 토양 탄산염 /Carbonate (CaCO³) 함량이 없다. 이러한 토양에는 침엽수, 포플러류, 자작나무 등 수종에 적합하다. “Doit” 복원사업지 북쪽 경사면에 mollicLeptosols 토양을 갖고 있으며, 이러한 토양은 약알칼리성, the humus layer 두께는 27cm, 토양 유기물 함량은 5.19-1.82 %, 토심 27cm 밑으로 토양 탄산염 /Carbonate (CaCO³) 이 있으며 함량은 11.27 % 로 나타났다. 토양은 loam 입자로 구성되어 있다. 이런 토양의 탄산염은 침엽수에 부정적인 영향을 미친다.

“Gezeg tolgoi” 뒷면은 토양 특성이 다르며 토양 탄산염 /Carbonate (CaCO³) 함량이 높고, mollicLeptosols 토양으로 침엽수 식재에 적합하지 않아 탄산염 환경에 저항성이 있는 비술나무 등을 식재하는 것이 가능하다. 앞면에는 토양 탄산염

/Carbonate (CaCO_3) 함량이 적고, 자갈 없는 chernozems 토양으로 침엽수 등의 나무 식재에 적합하다.

“Doit” 복원사업지에 follicPhaeozems 토양이 분포되어 침엽수 등의 나무 식재에 적합하다. 그러나, 뒷면에 북쪽 경사면에 mollicLeptosols 토양이 군데 군데 흩어져 있어 침엽수에 적합한 토양 조건 평균 이하로 보인다.

Murun soum 양묘장 토양 분석

양묘장 토양층 분석

이 양묘장은 Khuvsgul aimag Murun 시의 서쪽에 Delger 강의 뒷쪽 평지에 위치하며, Khuvsgul aimag 서부에는 석회암으로 형성된 탄산염(carbonate) 함량이 높은 토양이 흔하다(Batkhisig, 2006). 이 양묘장의 토양은 탄산염 함량이 높아 교목을 양묘하는데 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 해당 지역 토양의 탄산염 분포와 농도를 알아보기 위해 토양 조사를 실시하였다.

2024 년 9 월에 현장 조사를 하여 시료를 채취하였다. 전체적으로 토심 0~20cm 와 20~40 cm 에서 19 지점(그림 7)을 에서 총 38 개의 토양 시료를 채취하고 실험실에서 분석을 실시하였다. 2022~2023 년에 실시한 5 개 토양 단면 조사 결과를 포함하여 총 52 개 토양 시료의 결과를 활용하여 분석하였다.

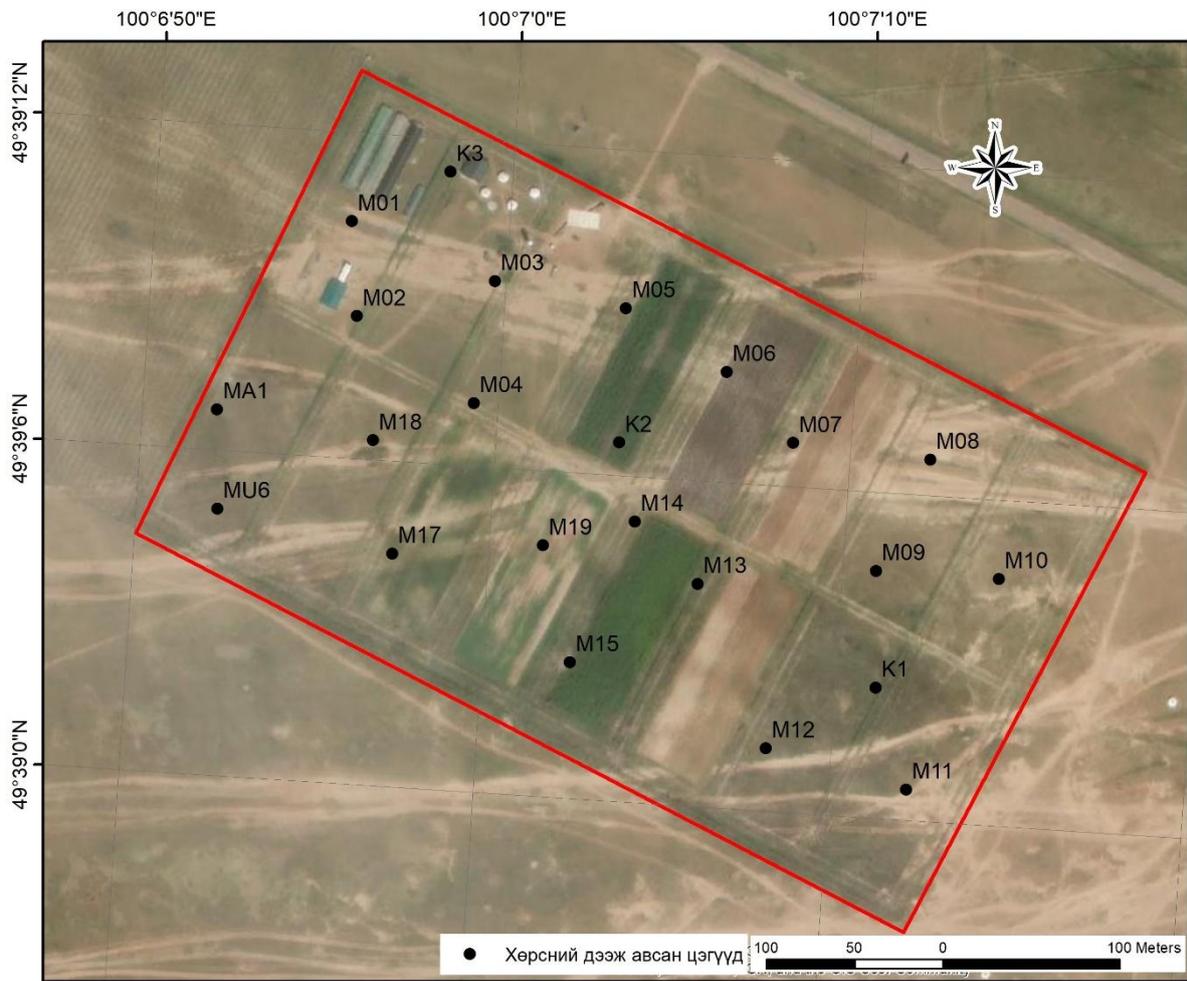


사진 7. Murun 양묘장 토양 시료 plot(2024.09)

실험실 분석을 통해 탄산염(CaCO_3), 돌(stone), pH, 전기 전도도(EC), 유기물(SOM-soil organic matter)을 측정하였다. 현장에서는 토양 수분(VWC)을 TDR 기기를 사용하여 측정하였다(표 5).

표 5. Soil chemical properties of Murun tree nursery

Soil properties	Unit	Depth, cm	n	Mean	STD	Max	Min
Stone	%	0-20	26	15.7	18.2	53.8	0.0
		20-40	26	22.3	21.5	55.0	0.0
		0-40	52	19.0	20.0	55.0	0.0
pH		0-20	26	8.7	0.5	9.2	7.6
		20-40	26	8.7	0.6	9.4	7.6
		0-40	52	8.7	0.5	9.4	7.6
CaCO ₃	%	0-20	26	13.8	7.5	27.3	2.8
		20-40	26	17.2	5.8	29.8	9.1
		0-40	52	15.5	6.9	29.8	2.8
SOM	%	0-20	26	2.00	1.00	4.39	0.26
		20-40	26	0.83	0.74	3.32	0.24
		0-40	52	1.42	1.05	4.39	0.24
EC	dS/m	0-20	26	0.201	0.175	0.987	0.072
		20-40	26	0.190	0.115	0.587	0.085
		0-40	52	0.196	0.147	0.987	0.072
VWC (2024.09.14)	%	0-20	19	8.1	2.8	13.0	2.8

Murun 양묘장에 토양 자갈 함량은 15.7-22.3 %이며, 토심 0-20cm 자갈 함량 평균 19.0 % 이며, 밑으로 내려갈수록 자갈 함량이 감소한다(표 5).

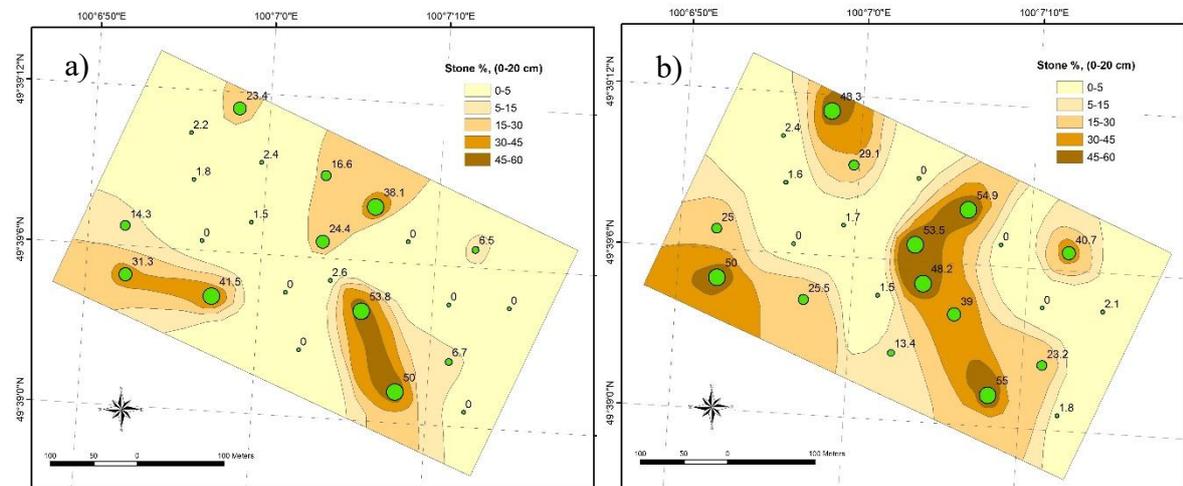


사진 8. Murun 양묘장 자갈 함량 분포도 (a: 0-20cm, b: 20-40 cm)

토양 자갈 함량 분포도(사진 8)를 살펴보면 사업지 북동쪽 부분은 돌이 거의 없는 반면, 사업지 중앙과 남쪽 부분은 자갈 함량이 최대 50%까지 있다. 토심 0~20cm 와 20~40cm 사이에서도 자갈 분포가 다르며, 자갈 함량의 변동성이 매우 크기 때문에 표준편차(STD)가 18.2~21.5%로 높은 것으로 나타났다.

토양 pH 는 알칼리성으로 평균 8.7 정도이며, 일부 지점은 9.2-9.4 까지 높아지기도 하는데, 이는 석회암의 영향으로 인한 것으로 보인다. 토양의 알칼리성은 나무 생장에 부정적인 영향을 미친다.

석회암 퇴적물의 영향으로, Murun 양묘장 토양은 탄산염(CaCO_3) 함량이 높아 평균 15.5%이다. 토심 0~20cm 깊이에서 탄산염 함량은 평균 13.8%이고, 20~40cm 깊이에서는 17.2%로 증가하는 것으로 보인다(표 5). Steppe 지대의 토심 0~20cm 깊이에서는 탄산염 함량이 없다.

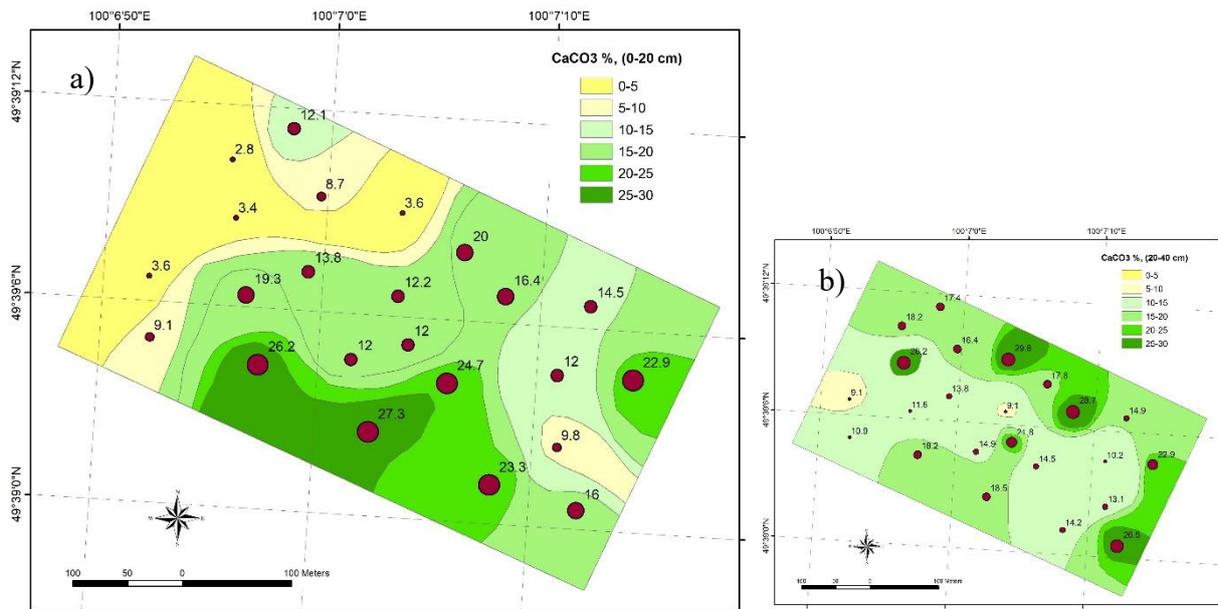


사진 9. 토양 탄산염(CaCO_3) 함량 분포도(a:0-20 cm, b:20-40 cm)

토양 탄산염(carbonate) 분포는 불규칙적이며(사진 9) 양묘장 중앙, 남부에 탄산염 함량이 24.7-27.3 % 에 달하는 반면, 양묘장 동부에 2.8-3.6 % 로 약 10 배 낮다. 토심 20~40cm 깊이에 탄산염 함량은 양묘장 중앙, 남동부에 약간 더 높은데, 이는 교목 뿌리가 발달하여 내려갈수록 생장에 부정적인 영향을 미친다. 양묘장 남부에 양묘한 묘목은 잎이 노랗게 변하고 생장이 느려지는 현상이 나타났으며, 토양 탄산염 함량이 24.7-27.3%에 달했다. 탄산염은 토양 비옥도에 영향을 미치는 중요한 지표 중 하나이다(Zamanian, et.a., 2016).

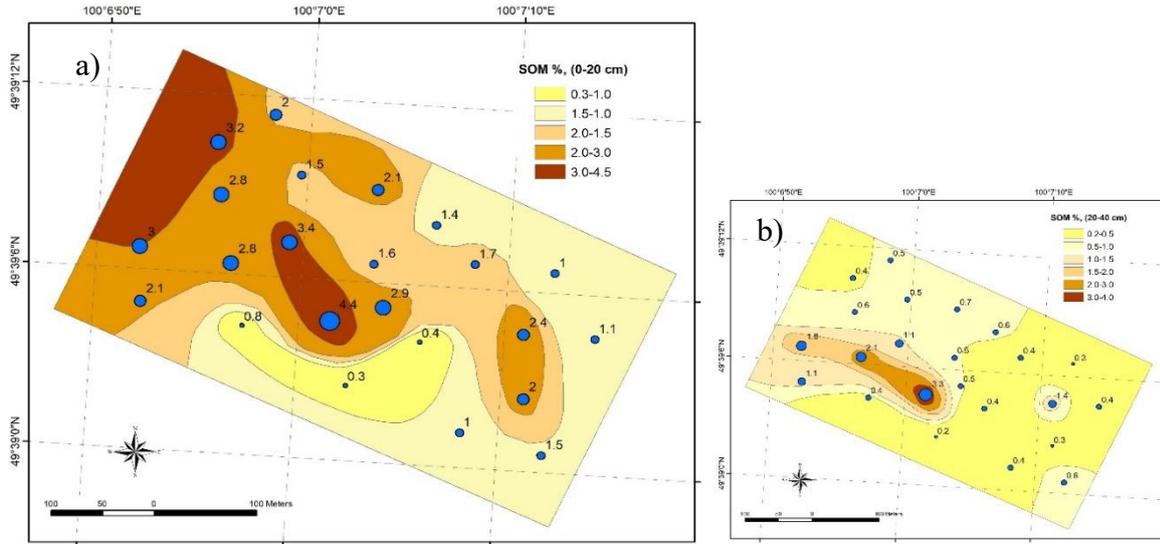


사진 10. 토양 유기물 함량(SOM) (a: 0-20 cm, b:20-40 cm)

Murun 양묘장 토양 유기물 함량 평균은 1.42 %, 토심 0-20cm 의 토양 유기물 함량 평균은 2.00%이며, 토심 20-40cm 에서는 유기물 함량은 0.83 %로 감소한다. 양묘장 중앙서쪽에 토양 유기물 함량이 2.8~4.4 %로 높은 반면, 양묘장 동쪽에 유기물 함량이 평균 1.0~2.0 % 로 낮다. 양묘장 동쪽에 양묘한 묘목에 토양 비옥도를 개선하기 위해 퇴비 등 비료를 주어야 한다.

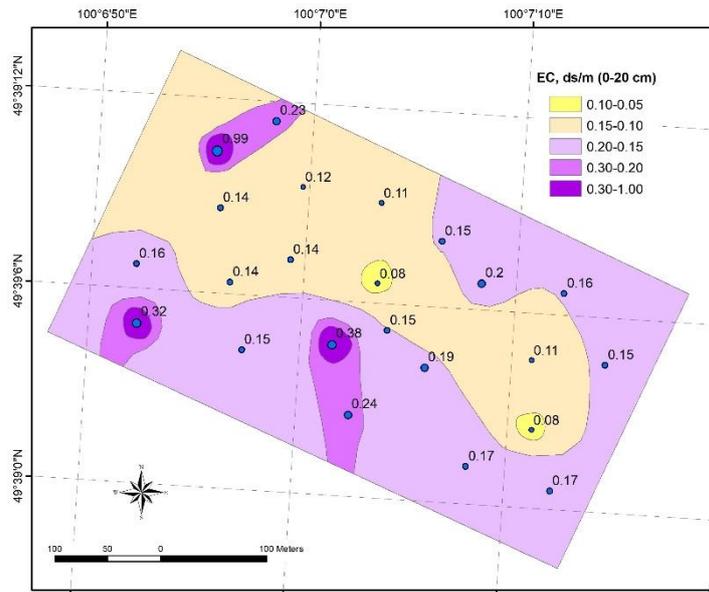


사진 11. 토양 전기전도도 (EC) (0-20 cm)

토양 전기전도도(EC) 값은 평균 0.196 dS/m 로 낮지만 일부 지점에 0.987 dS/m 까지 높은 것으로 나타났다(표 5). 이는 주로 탄산염 함량 때문이지만, 어떤 경우에는 관수로 인해 토양에 쉽게 용해되는 염분이 증가했을 수도 있다. EC 지표는 양묘장에서 시료 채취한 지점마다 다르다(그림 11).

토양수분 보존 실험 조사

토양수분 보존 실험을 비술나무(*Ulmus pumila*) 수고, 토양전기전도도(EC), 수분(VWC) 을 2024 년 9 월 31 일에 측정하여 작년(2023.09.11)에 측정한 결과랑 비교하였다 (표 6).

표 6. 수고 측정(*Ulmus pumila*), cm

Date	2023.09.11	2024.09.13				Growth (1 year)		
Variables	Mean	Mean	STD	Max	Min	cm	%	% (by control)
Manure (6)	64.5	137.0	46.4	180.0	70.0	72.5	112.4	59.9
Sand (6)	76.3	135.2	17.9	152.0	107.0	58.8	77.1	24.6
Stone (6)	67.7	139.7	12.2	158.0	123.0	72.0	106.4	53.9
Vegetation (6)	67.5	114.7	31.5	150.0	63.0	47.2	69.9	17.4
Control (6)	60.7	92.5	28.0	124.0	58.0	31.8	52.5	0.0
Total (30)	67.3	123.8	33.1	180.0	58.0	56.5	83.9	31.4

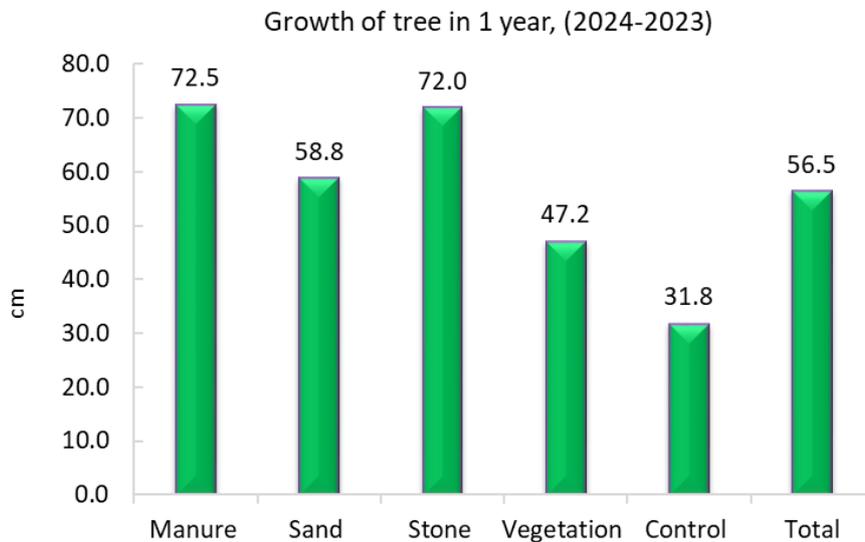


사진 12. Murun 양묘장 비술나무 수고 측정(*Ulmus pumila*)

점적 관수와 멀칭을 활용한 토양 수분 보존 실험을 1 년동안 실시하였으며 평균 수고는 62.6cm 로 Control 처리보다 2 배 높은 것으로 나타났다(표 6). Manure 멀칭 처리 수고는 72.5 cm, Stone 멀칭 처리 수고는 72.0 cm 로 다른 멀칭 처리보다 높은 것으로 나타났다. Sand 멀칭 처리에서 비술나무의 연간 수고는 58.5cm, Vegetation 멀칭 처리에서 47.2cm 로 Manure, stone 멀칭보다 낮은 것으로 나타났다(사진 12). Manure, stone 멀칭은 토양수분 증발을 줄여 교목 성장에 직접적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

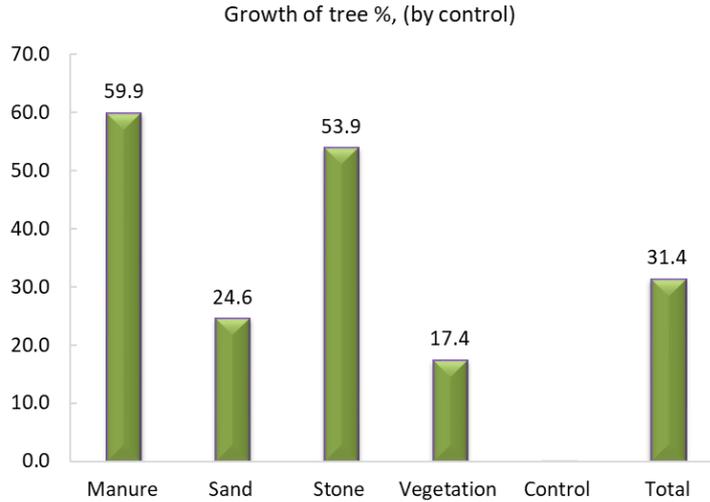


사진 13. Murun 양묘장 토양 수분 보존 실험지 교목 성장(2023-2024)

교목 성장 변화를 Control 처리와 비교했을 때 Manure 멀칭은 59.9%, stone 멀칭은 53.9%로 가장 높았고, 그 다음으로 sand 멀칭은 24.6%로 나타났으나, Vegetation 멀칭은 17.5%로 가장 낮은 것으로 나타났다. Manure, stone 멀칭은 sand, vegetation 멀칭보다 좋은 것으로 보인다.

표 7. 토양 전기전도도, mS/cm

Date	2023.09.1	2024.09.13				Change		
	Mean	Mean	STD	Max	Min	mS/cm	%	% (by control)
Manure (6)	0.063	0.187	0.037	0.220	0.120	0.123	194.7	13.4
Sand (6)	0.092	0.202	0.025	0.230	0.160	0.110	120.0	-61.3
Stone (6)	0.143	0.207	0.023	0.240	0.180	0.063	44.2	-137.1
Vegetation (6)	0.092	0.202	0.029	0.250	0.170	0.110	120.0	-61.3
Control (6)	0.080	0.225	0.039	0.270	0.180	0.145	181.3	0.0
Total (30)	0.094	0.203	0.033	0.270	0.120	0.109	115.6	-65.7

2024년 9월에 측정한 결과 관수 조건에서 평균 전기전도도는 0.109 dS/m로 염도가 없는 것으로 나타났다(표 7). 1년 사이에 EC 지수가 115.6%, 2배 이상 증가하였는데, 이는 관수로 인해 토양 염분이 증가하고 있는 것으로 나타났다. Manure 멀칭을 실험한 토양의 EC 지수는 1년 사이에 가장 높은 것으로 3배(194.7%), sand, vegetation 멀칭을 실험한 토양의 EC 지수는 2배(120.0%) 증가한 것으로 나타났다. 그러나, stone 멀칭을 실험한 토양의 EC 지수는 44.2%로 가장 적게 증가하여, stone 멀칭은 토양 증발을 줄이는 것으로 추정할 수 있다. Control 처리와 비교했을 때 EC 지수는 stone 멀칭에서 가장 낮고, manure 멀칭에서 가장 많이 증가하였다(사진 14).

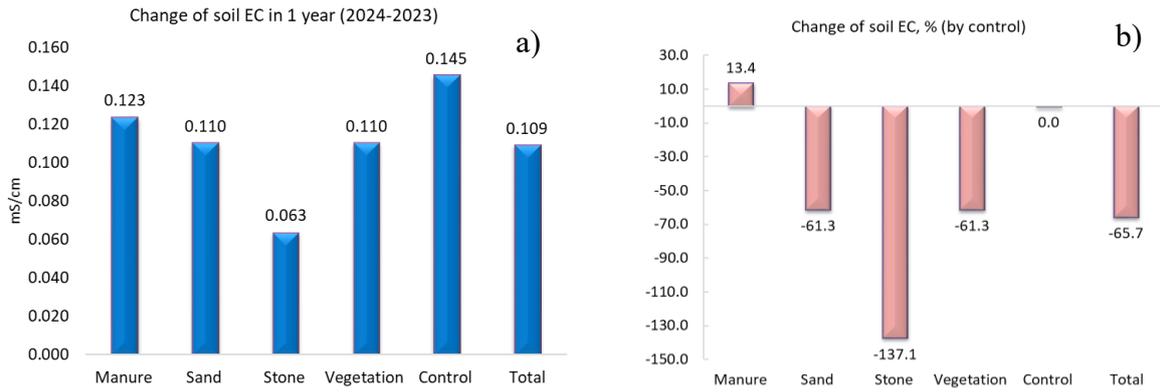


사진 14. 토양 전기전도도 변화(a - value, b - %)

Murun 양묘장에서 2024년 9월 13일에 측정한 토양의 용적 수분 함량 (VWC) 평균은 31.9%로 나타나 작년보다 10.6%로 증가하였다(표 8). 토양수분 보존 멀칭을 통해 토양 수분을 잘 유지하는 것으로 보인다.

표 8. 토양 용적 수분 함량, % (VWC)

Date	2023.09.11		2024.09.13			Change	
Variables	Mean	Mean	STD	Max	Min	VWC, %	%
Manure (6)	20.7	30.0	4.3	34.6	22.9	9.3	44.8
Sand (6)	22.5	31.5	5.9	39.3	23.9	9.0	40.0
Stone (6)	25.8	33.6	1.2	34.6	31.3	7.8	30.4
Vegetation (6)	23.1	35.2	3.1	39.6	31.9	12.1	52.3
Control (6)	19.1	29.3	3.0	33.5	24.6	10.2	53.4
Total (30)	22.2	31.9	4.2	39.6	22.9	9.7	43.6

Murun 양묘장의 토양 탄산염(CaCO_3) 함량 평균은 15.5%로 높은 것으로 나타났다. 양묘장 중앙, 남쪽에 토양 탄산염(CaCO_3) 분포도는 24.7-27.3% 이었고, 동쪽에는 2.8-3.6%로 10 배 낮은 것으로 나타났다. 토양 탄산염(CaCO_3) 분포도가 높은 남쪽에 양묘한 묘목 잎이 노랗게 되어 생장이 늦어지는 현상이 보인다. Murun 양묘장의 자갈 함량은 19.0%, 양묘장 북동쪽에 자갈이 거의 없고, 양묘장 중앙에 자갈 함량이 50 % 로 높은 것으로 나타났다. 점적 관수와 멀칭을 활용한 토양 수분 보존 실험을 1년 동안 실시하였으며 평균 수고는 62.6cm 로 높은 것으로 나타났다. 멀칭은 토양수분 보존하는 것으로 나타났다(Mulumba., & Lal, 2008). Manure 멀칭한 나무 수고는 72.5 cm, stone 멀칭한 나무 수고는 72.0 cm 높은 것으로 다른 멀칭 처리보다 높은 것으로 나타났다. 멀칭 처리는 교목 생장에 직접적인 영향을 미치고 있다.

Uvurkhangai aimag Arvaikheer soum 양묘장 토양 조사

토양 수분 보존 실험

Arvaikheer 양묘장 남쪽에 토양수분 보존 실험지를 선정하였다. 포플러류 수종을 선정하여 stone, sand, vegetation, manure 등 멀칭으로 각각 6 회 반복하여 실시하였다(사진 15). 조사 목적은 stone, sand, vegetation, manure 등 멀칭을 활용하여 토양수분, 염도의 차이 및 교목 성장을 측정하는 것이다. 2023 년에 준비를 하여 2024 년에 첫번째 결과가 나왔다.

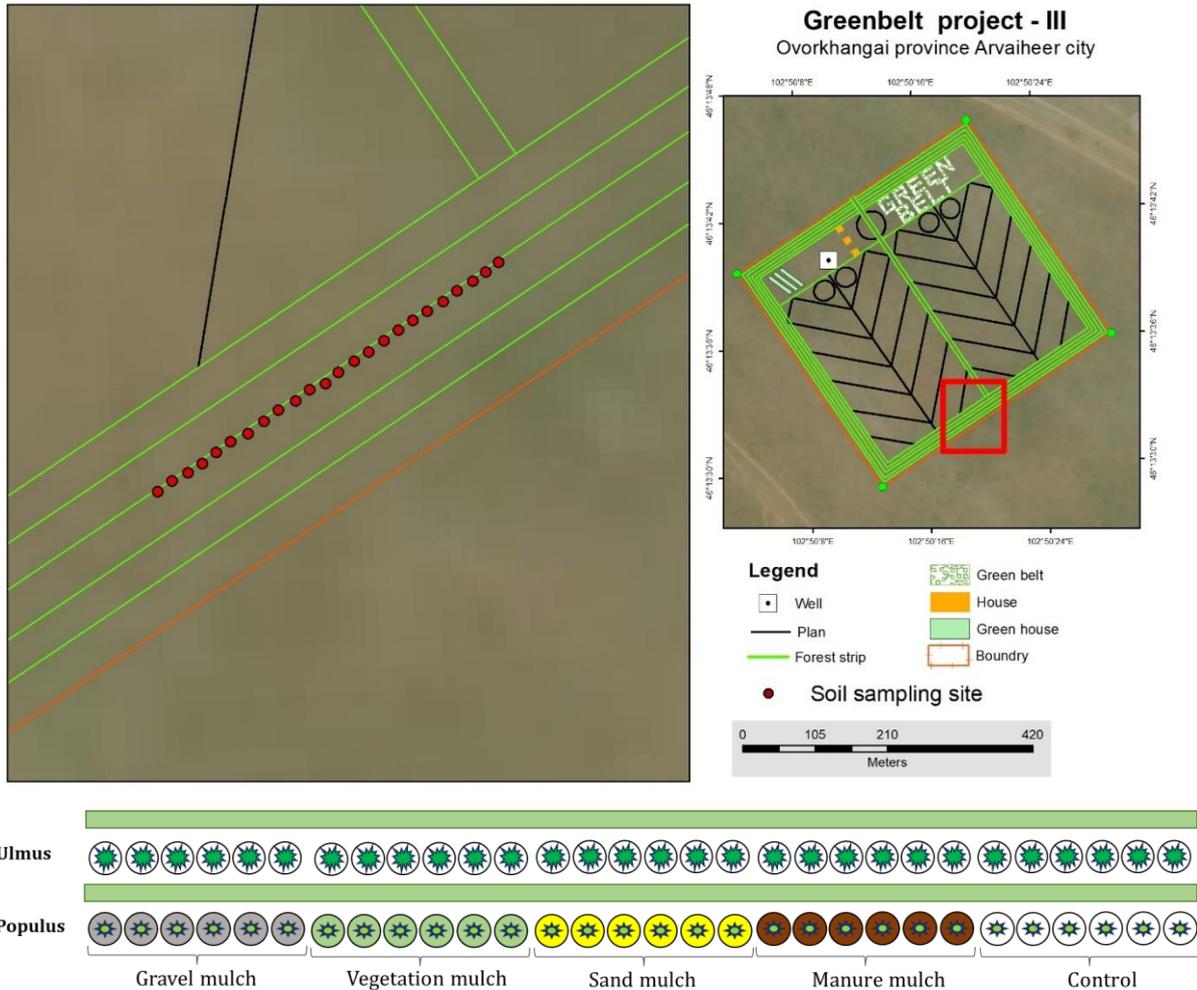


사진 15. 실험 대상지 위치 및 멀칭

토양수분은 매우 중요하며, 나무 식재와 생태계 복원에 직접적인 영향을 미친다. 그래서, 한-몽 그린벨트 제 3 단계 사업지에서 토양수분 보존 조사를 실시하였다. 조사 결과를 보면, 토양 수분 함량은 2023 년에 17.6%이였으며 2024 년 9 월에 14.8%로 감소한 것으로 나타났다. 그러나 멀칭별로 토양수분을 보면 사진 16 과 같다. 예를 들어, manure 멀칭 처리는 19%로 다른 멀칭 처리보다 비교적 높은 것으로 나타났다. 이는 manure 멀칭은 강수량이 적고 토양이 건조한 지역에서 토양 수분을 유지하는 데 도움이 될 수 있는 것으로 보인다.

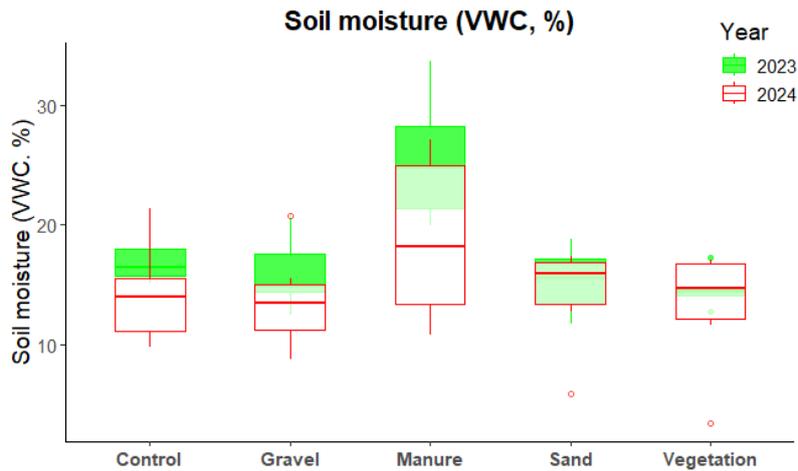


사진 16. 토양 수분 변화

전기전도도(EC)는 조립사업에 중요한 지표 중 하나로 토양 염분 함량을 보여 준다. 이는 식물 성장 및 생태계 복원에 직접적인 영향을 미친다. 조사 대상지 평균 전기전도도는 2023년에 0.099 dS/m이었으며, 2024년에 0.055 dS/m로 나타났으며, 염분 함량은 2023년과 비교하면 2024년에 25.5%로 감소한 것으로 나타났다. 염분 함량의 감소와 증가는 멀칭 처리별로 다른 것으로 나타났다. Manure 멀칭 처리의 염분 함량은 다른 멀칭 처리 보다 40% 감소한 것으로 나타났다(사진 17).

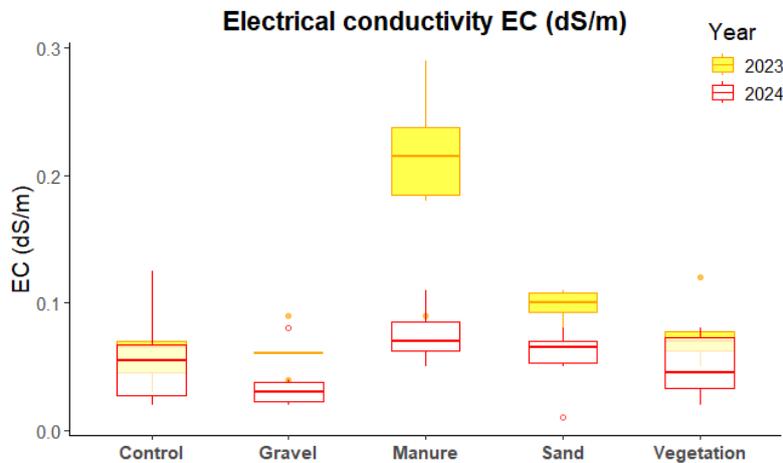


사진 17. 토양 전기전도도(EC) 변화

매년 나무에는 일정량의 생장이 있다. 2023년에 9월에 측정한 결과 실험지 나무 평균 수고는 76.6 cm이었으며, 2024년에 153 cm이었다. 실험지에 식재한 포플러류 평균 76.6 cm로 성장한 것으로 나타났다. 이러한 생장은 멀칭 처리에 따라 달랐는데, control 처리와 vegetation 멀칭한 나무 수고가 92cm로 비교적으로 양호했으나 다른 멀칭 처리에는 나무 수고는 68~76.6 cm이었다(사진 18).

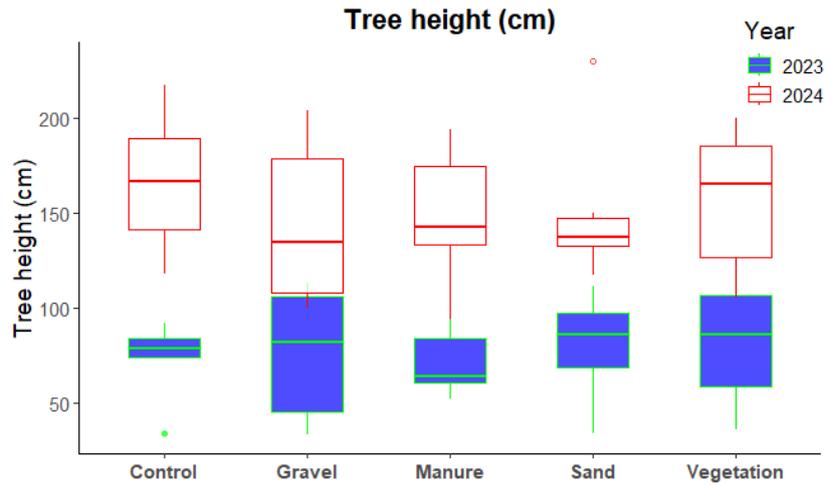


사진 18. 포플러류 수고 측정 결과(2023 년, 2024 년)

양묘장 토양피복 특성

Uvurkhangai 양묘장 토양 특성을 알아보기 위해 2024 년 9 월에 현장 조사를 하여 시료를 채취하였다. 전체적으로 토심 0~20cm 와 20~40 cm 에서 20 지점(그림 19)을 에서 총 40 개의 토양 시료를 채취하고 실험실에서 분석을 실시하였다.

채취한 시료를 건조시켜 실험실 분석을 통해 탄산염(CaCO_3), 돌(stone), pH, 전기 전도도(EC), 유기물(SOM-soil organic matter)을 측정하였다. 현장에서는 토양 수분(VWC)을 TDR 기기를 사용하여 측정하였다.

ArcGIS Arcmap 10.8 버전에서 IDW (spatial analyst) tools 를 활용해 토양 분포도를 만들었다. 2024 년에 20 지점에서 채취한 40 개 시료, 2022 년에 25 지점에서 채취한 50 개 시료 분석 결과를 통해 분포도를 만들었다.

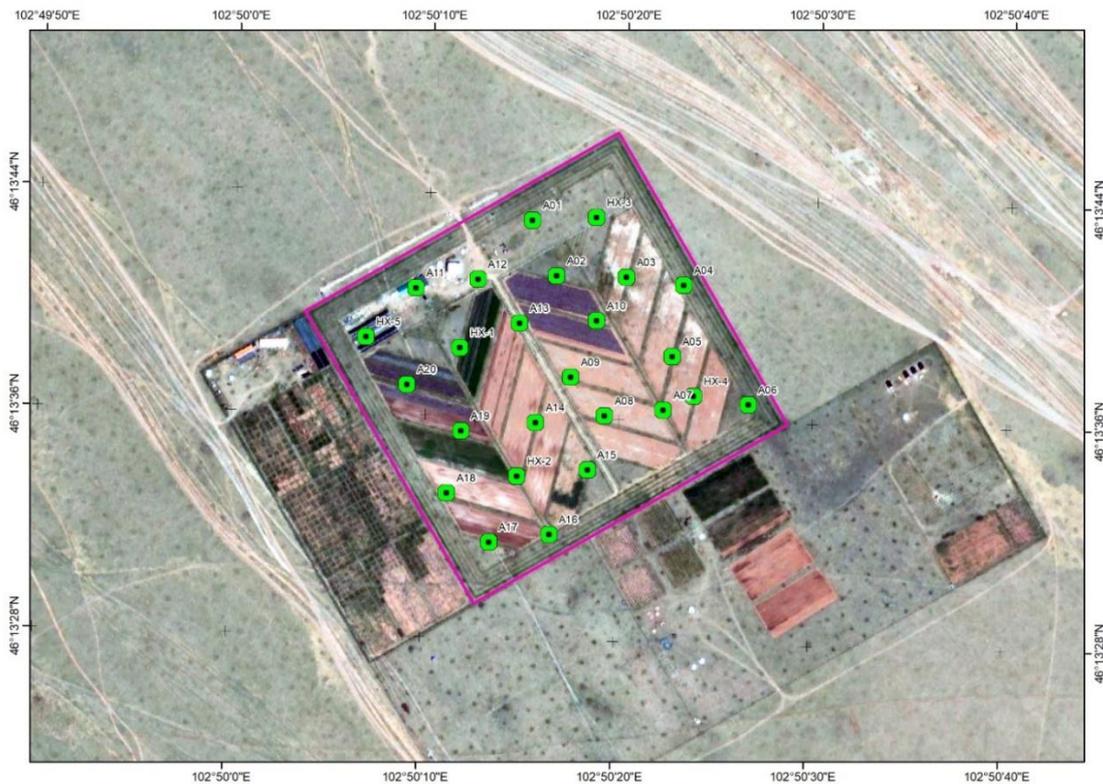


사진 19. 토양 시료 채취한 지점

토양 유기물 함량은 0.43-3.49% 이며 평균적으로 2.38%로 나타났다(표 9). 가장 높은 유기물 함량이(3.49%) 0-20 cm 토심에서 나타났으며, 가장 낮은 유기물 함량은 (0.43%) 20-40 cm 토심에서 보였다. 또한, 토심 0-20 cm 에서 가장 낮은 유기물 함량은 1.95%이었으나 토심 20-40cm 에서 0.43% 로 나타났다. 이는 토심 0-20cm 를 토심 20-40cm 와 비교하면 23.7%로 높은 것으로 나타났다.

표 9. 토양 유기물 함량(SOM), %

Depths	Mean	SD	Max	Min
0-20 cm	2.70	0.42	3.49	1.95
20-40 cm	2.06	0.67	3.06	0.43
Total	2.38	0.64	3.49	0.43

토심 0~20cm 의 유기물 분포를 보면 Arvaikheer 양묘장 중앙부의 유기물 함량이 비교적 높으며 평균 2.9~3.49%임을 알 수 있다(사진 20). 그러나, 면적은 0.2ha 로 매우 작다. 양묘장 총 면적의 대부분 71.6% (10.74 ha)은 2.61%에서 높은 유기물 함량을 갖고 있어 비옥한 토양을 가지고 있다. 토심 20-40cm 에 유기물 함량은 0.43-3.06%이며 양묘장 총 면적의 32.7% (4.91ha)에 유기물 함량이 (0.43-1.95%)로 나타났다. 이러한 유기물 함량이 낮은 구역은 주로 양묘장의 북동쪽, 동쪽, 남동쪽과 중앙부인 것으로 나타났다.

그러나 유기물 함량이 2.31%를 넘는 구역은 널리 퍼져 있지 않으며, 총 면적의 약 24.3%(3.65ha)를 차지한다. 토심 20~40cm 에 유기물 함량이 0.43~2.3%인 토양이 11.34ha 를 차지하며, 이는 총 면적의 대부분(75.6%)이 유기물 함량이 낮은 토양으로 덮여 있는 것으로 나타났다. 이는 토심 20cm 이하의 유기물 함량이 매우 낮다는 것을 나타내며, 양묘를 위해 추가적인 비료가 필요하다는 것을 의미한다.

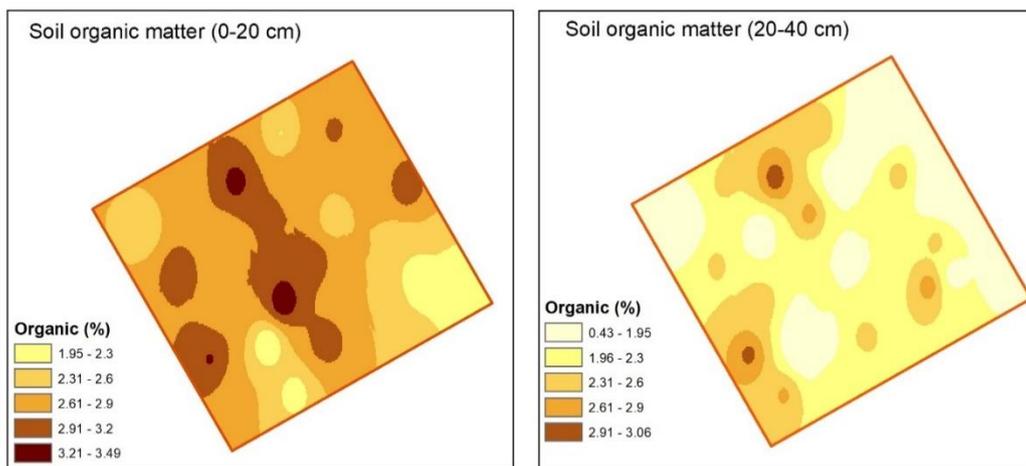


사진 20. 토양 유기물 함량(0-20 cm, 20-40 cm)

Arvaikhaar 양묘장 토양 pH 는 7.48-9.30 이며 평균 8.39 로 알칼리성 토양을 갖고 있다. 토심은 토양 pH 에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(사진 21). 토심 0-20 cm 에서 토양 pH 는 pH \geq 7.8 낮은 약알칼리성 토양은 1.12ha 를 차지하며 주로

양묘장 북서쪽에 분포되어 있다. 또한, pH < 9 이상인 강알칼리성 토양은 0.25ha 를 차지하며 주로 양묘장 동부 및 북동부에 분포되어 있다. 산도(pH)가 7.8~9 인 알칼리성 토양이 양묘장 면적의 13.6ha 에 분포되어 있으며, 이는 전체 면적의 90.6%이다(그림 21).

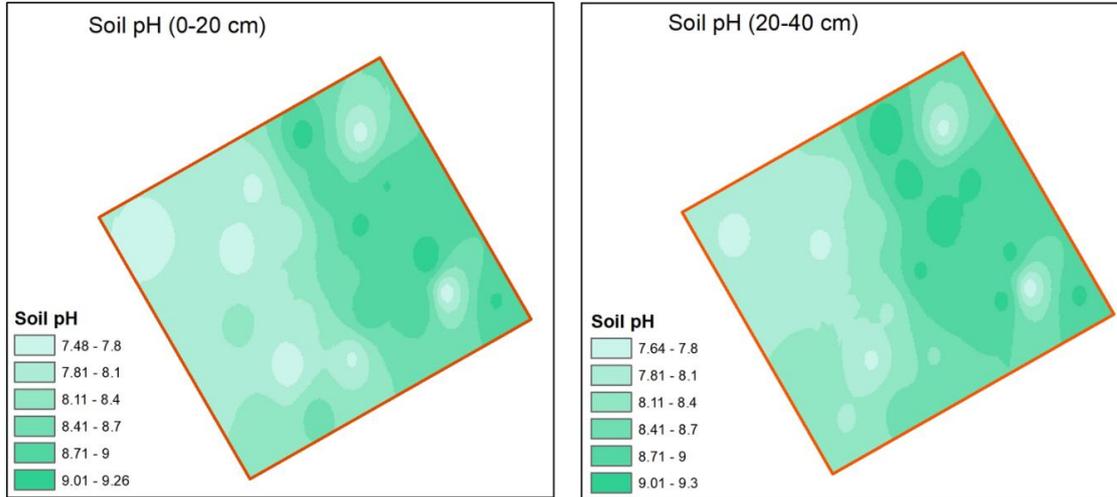


사진 21. 토양 pH (0-20 cm, 20-40 cm)

토심 20-40cm 에 수소 이온 농도(ph)를 0-20 cm 와 비교했을 때 약알칼리성인 것으로 보인다. 토심 20-40cm 에 ph 는 7.81-9.00 로 알칼리성 토양으로 면적은 13.86ha 이며, 양묘장 총 면적의 92.4%에 분포되어 있다. 양묘장 동쪽에 pH > 9.00 이상으로 강알칼리성 토양이 0.79ha 면적을 차지하여 양묘장 동쪽 구역에 알칼리성이 더 강하다는 것을 알 수 있다.

토양 탄산염(CaCO3)은 0.0-28% 사이며 평균은 1.62%이었다(표 10). 양묘장 토심에 따라 탄산염(CaCO3) 함량이 다르다. 토양 탄산염(CaCO3)이 가장 높을 때 토심 0-20cm 에 9.09%, 토심 20-40cm 에 28%로 나타났다.

표 10. 토양 탄산염(CaCO3) 함량, %

Depths	Mean	SD	Max	Min
0-20 cm	0.42	1.78	9.09	0.00
20-40 cm	2.81	6.36	27.99	0.00
Total	1.62	4.82	27.99	0.00

토심 0-20cm 에 탄산염(CaCO3) 함량은 0-9.09% 사이며, 탄산염 함량이 2% 미만이거나 매우 낮은 토양이 총 면적의 95.3%(14.3ha)를 차지한다. 토심 20-40 cm 에 탄산염 함량이 2% 미만이거나 매우 낮은 토양이 총 면적의 57.3%(8.6ha)를 차지한다. 탄산염이 없거나 탄산염 함량이 매우 낮은 것은 식물과 나무의 성장에 유익하다. 그러나, 양묘장, 동쪽 부분에는 탄산염 함량이 2.0~9.1%(0.63ha)를 차지한 것으로 나타났다(그림 22). 토양 탄산염은 토심 20~40cm 에서 증가하는 것을 그림 22 에서 볼 수 있다.

토양 탄산염이 없거나 탄산염 함량이 2% 미만인 토양은 양묘장의 중부, 북부, 남부, 서부 및 남서부에 분포하고 있다. 토양 탄산염 함량이 2.0~5.0%인 토양이 4.66ha 면적, 탄산염이 5~9% 함유된 토양은 1.02ha 면적을 차지하고 있다. 그러나, 탄산염 함량이 9.0% 이상인 토양은 0.7ha 에 달하며, 양묘장의 서쪽과 동쪽에 분포되어 있다.

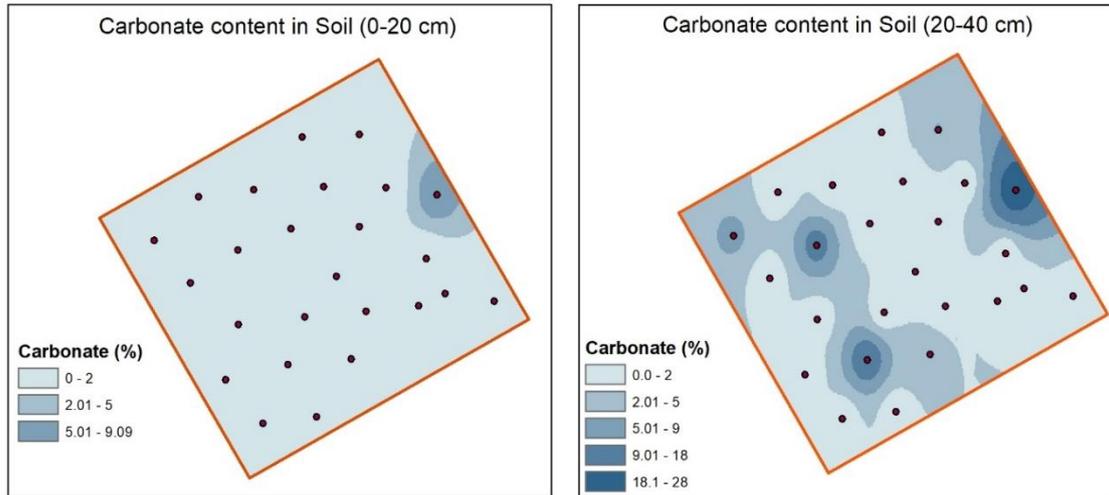


사진 22. 토양 탄산염 함량 - CaCO₃, (0-20 cm, 20-40 cm)

토양 전기전도도(EC)는 채취한 모든 시료에 <2 dS/m 에서 낮아 염도가 없는 것으로 나타났다. 토심 0-20cm 에서 전기전도도(EC) 함량이 0.035~0.1 dS/m 사이며, 평균이 0.062 dS/m 로 나타났다. 그러나 토심 20-40cm 에서 전기전도도(EC)는 0.041~0.13 dS/m 로 좀 높은것으로 나타났다. 전체 양묘장에는 염분이 없으나 전기전도도(EC) 함량은 해당 양묘장의 남서쪽에서 북동쪽, 남동쪽으로 토심 0~20cm 에서 점차 증가한다. EC>0.06 dS/m 의 낮은 토양은 6.26ha 를 차지하고, EC>0.06-0.08 dS/m 의 토양은 7.92ha 를 차지하고 있다(사진 23). 그러나, 토심 20-40cm 에서 염도 농도는 0.041-0.13 dS/m 로 약간 더 높다. EC>0.1 dS/m 인 토양은 0.89ha 의 면적에 분포되어 있다. 토심 20~40cm 에서는 양묘장 남동쪽으로 갈수록 토양 염도가 비교적 높지지만, 묘목 성장에 악영향을 미치지 않는 수준이다.

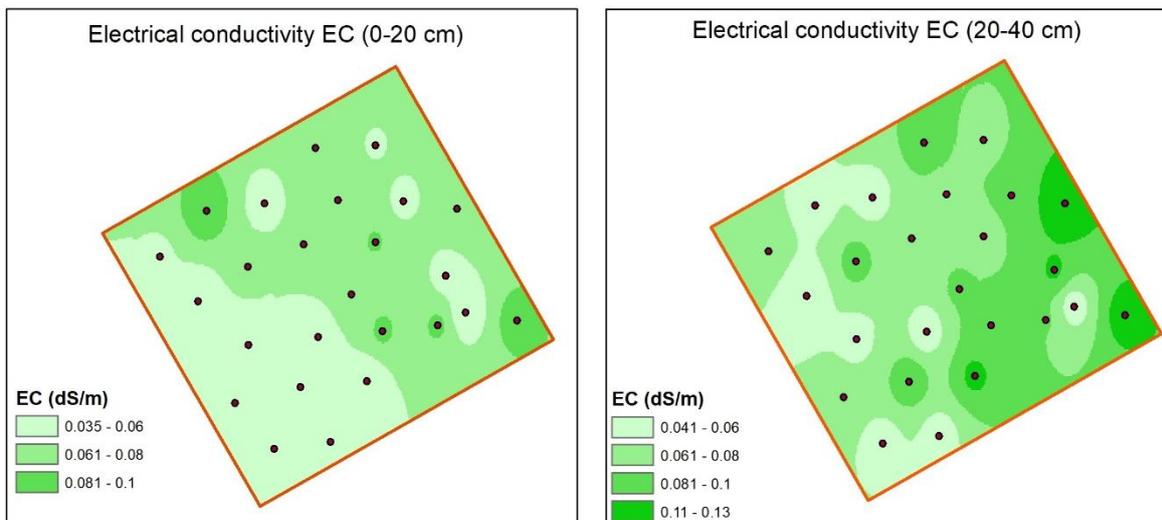


사진 23. 전기전도도(EC) 분포도(0-20cm, 20-40cm)

Uvurkhangai 양묘장은 자갈 함량이 매우 높아 4.5-73.0%로, 평균적으로 47.7%로 나타났다. 자갈 함량은 토양층 상부와 하부에서 비슷하게 많다. 그러나 토심 20~40cm 의 하부 토양층 일부 구역에서는 자갈이 거의 없었고(4.58%), 토심 0~20cm 에서는 토양의 20~71.4%를 자갈이 차지하고 있다. 토심 0~20cm 에 자갈 함량이 50% 이상 포함된 토양은 총 면적의 28.8%(4.32ha)를 차지한다. 자갈 함량이 약 40~50%인 토양이 총 면적의 52.6%인 7.89ha 를 차지한다. 이 결과는 토심 0~20cm 에서 토양층 면적의 80% 이상에 자갈 함량이 40% 미만임을 볼 수 있다(그림 24). 토심 20~40cm 에서 자갈 함량은 4.58~72.9%로, 평균은 49.7%다. 자갈 함량이 40% 미만인 면적은 총 면적의 10.3%(1.55ha)를 차지하고, 양묘장 총 면적의 80.1%(12.02ha)는 자갈 함량이 40~60%로 나타났다. 양묘장 남부쪽은 토심 20~40cm 의 자갈 함량이 30% 미만인 반면, 북부쪽은 자갈 함량이 50~72.9%로 비교적 높다.

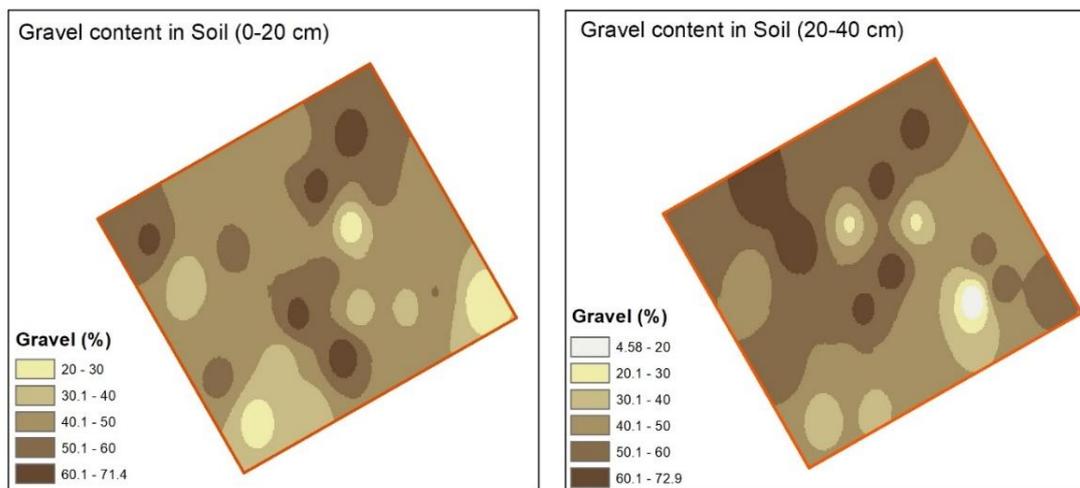


사진 24. 토양 자갈 함량 분포도(0-20cm, 20-40cm)

멀칭을 활용한 실험 결과를 보면, 나무 식재한 구덩이를 manure 멀칭을 하면 토양 수분을 더 오래 유지하는데 도움이 될 뿐만 아니라 토양 염도를 줄이는데 도움이 된다. 그러나, 멀칭을 활용하는 방법은 포플러의 생장에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보인다. Control 처리 포플러의 생장은 멀칭 처리한 포플러보다 좋은 것으로 나타났다. 양묘장의 서쪽은 다른 구역에 비해 알칼리성이 강하고, 탄산염 함량이 높아 염도가 비교적 높으며, 토양 유기물 함량이 낮다. 그러나 양묘장 중앙부에 유기물 함량이 높은 것으로 나타났다. 양묘장 전체가 자갈 함량이 높는데, 북쪽은 자갈 함량이 높고 남쪽은 비교적 낮은 것으로 나타났다.

결론

한-몰 그린벨트 프로젝트제 3 단계 사업지인 Murun, Bugant, Uvurkhangai 에 위치한 양묘장 3 개소 및 Bugant 에 위치한 복원 사업지인 "Gezeg tolgoi", "Doit"에 토양 조사를 실시하였다.

"Gezeg tolgoi" 복원지에 앞면, 뒷면에 토양 조사를 실시한 결과로 토양 특성이 다른 것으로 나타났다. 앞면에 탄산염 mollicLeptosols 토양 특성을 갖고 있어 침엽수를 식재하는데 적합하지 않고, 뒷면에 탄산염이 없고 자갈이 적은 chernozems 토양 특성을 갖고 있어 침엽수 등의 수목 식재에 적합하다. "Doit" 복원지에

chernozems 토양 특성을 갖고 있어 나무 식재에 적합하지만, 뒷면 경사 구역에 kastanozems 토양이 분포되어 있어 침엽수 식재에 적합하지 않다.

Murun 양묘장 토양 탄산염(CaCO_3) 함량 평균이 15.5%로 높은 것으로 나타났다. 탄산염(CaCO_3) 분포는 양묘장 중부와 남부 구역에서는 토양 탄산염 함량이 24.7~27.3%에 달하는 반면, 동부 구역에서는 2.8~3.6%로 약 10 배 낮다. Murun 양묘장 토양 자갈 함량 평균이 19.0%이며, 북동쪽 부분은 자갈이 거의 없지만, 중앙과 남쪽 부분은 자갈 함량이 최대 50%로 나타났다. Murun 양묘장 토양수분 보존 실험한 결과를 보면, 멀칭은 수목 생장에 긍정적인 효과를 주는 것으로 보인다. 멀칭한 구역에 식재한 비술나무 연간 평균 생장이 62.6cm 로, control 처리 비술나무 생장(31.8cm)보다 2 배 높은 것으로 나타났다. Manure, stone 멀칭한 구역 비술나무 생장은 72.0cm 로 다른 멀칭 처리보다 좋은 것으로 나타났다. Murun 양묘장 토양 수분을 보존하기 위해 manure, stone 멀칭을 사용하면 토양 수분 증발을 줄여 수목 생장에 긍정적인 효과가 있다. Arvaikheer 양묘장에 실험한 멀칭 처리는 수목 생장에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

Murun 양묘장 토심 0-20cm 에 토양 탄산염(CaCO_3) 함량 평균이 13.8%로 나타났으며, Arvaikheer 양묘장은 0.42%로 30 배 적은 것으로 나타났다. 그러나, 토심 20-40cm 에 토양 탄산염(CaCO_3) 함량이 6 배 낮은 것으로 보인다. 토양 전기전도도(EC)같은 경우 Murun 양묘장 평균은 0.201 dS/m 인데, Arvaikheer 양묘장 평균은 0.062 dS/m 로 3.4 배 낮다. 토양 유기물 함량 같은 경우 Murun 양묘장 평균은 1.42% 인데, Arvaikheer 양묘장 평균은 2.38%로 나타났다. Arvaikheer 양묘장 자갈 함량 평균은 47.7%로 나타났으나, Murun 양묘장은 19.0 %로 낮은 것으로 나타났다.

Murun 양묘장 토양에는 탄산염 함량이 높기 때문에 토양 비옥도의 전반적인 수준이 평균 이하로 Arvaikheer 양묘장 토양보다 안 좋은 것으로 보인다. Arvaikheer 양묘장 토양의 높은 자갈 함량은 주요 부정적 요인이다.

Murun 양묘장, Arvaikheer 양묘장 토양 특성을 기반으로 분포도를 만들어다. 이 토양 정보를 바탕으로 적합한 수종을 선정하여 관수 및 양묘 기술을 개발하는 것이 중요하다.

참고문헌

- Batkhisig, 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 44th street S.E., Grand Rapids, MI 49512
- Zamanian, K., Pustovoytov, K., & Kuzyakov, Ya. (2016). Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*, 157,1-17.

한-몽 그린벨트 사업단 사업지 산불 조사

몽골 산불피해지 복원·대응 및 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.



사진 1. 활동 사진

최근 자연재해의 발생 건수와 피해 규모가 증가하면서, 재난에 대한 사전 예측과 효과적인 대응의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 기후 변화와 인간 활동의 영향으로 몽골을 포함한 전 세계적으로 각종 재난이 빈번히 발생하고 있으며, 그로 인한 국가적·경제적 피해도 심각한 수준에 이르고 있다.

최근 10년간 재난 발생 건수를 비교한 결과, 그 수가 과거에 비해 10-14 배 증가한 것으로 나타났다. 국제 연구에 따르면, 재난 예방 및 조기 경보 시스템에 대한 투자는 피해 복구에 드는 비용의 15-20 배 낮은 것으로 보고되고 있다. 산불은 산림 생태계와 자원, 환경 전반에 심각한 피해를 초래하는 재난 중 하나로, 산림

토양의 A 층을 파괴하고 침식을 유발함으로써 산림의 성장과 복원을 어렵게 만든다. 또한 산불은 대량의 온실가스를 배출하여 지구 온난화를 가속화하고, 사막화의 주요 원인으로 작용한다.

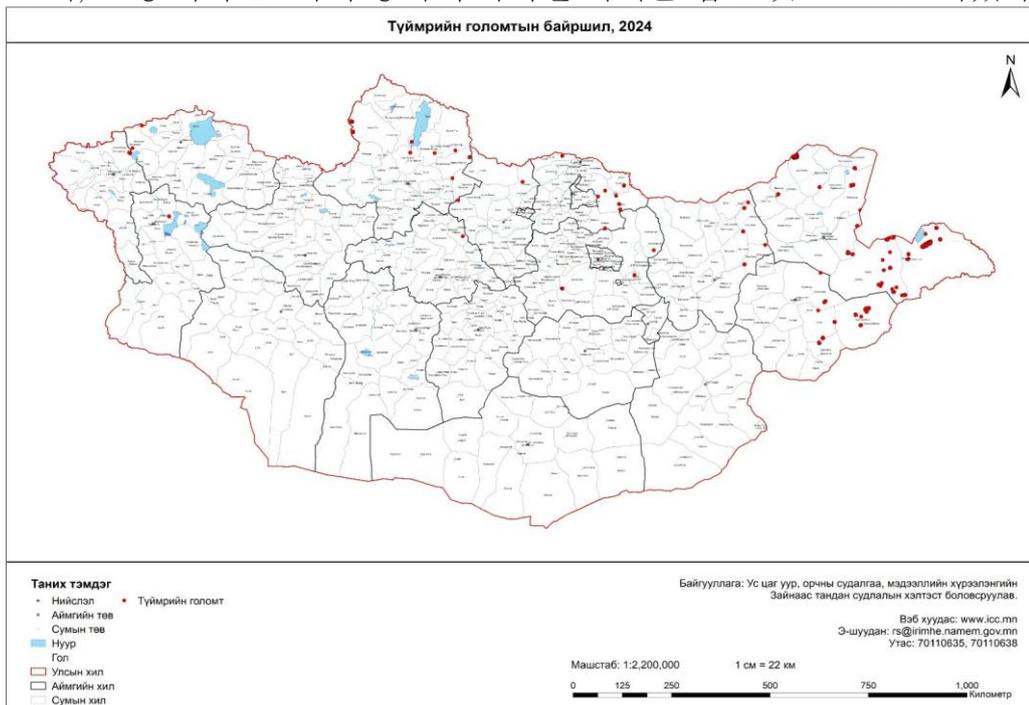
몽골은 강풍에 의한 토양 건조와 수분 손실이 심각하며, 특히 봄철(3 월 말 6 월)과 가을철(9 월 11 월)의 건조한 기후로 인해 산불 발생 위험이 높은 환경을 가지고 있다. 일부 연구에 따르면 몽골 전체 면적의 약 55.3%가 산불 및 화재 발생 가능 지역으로 분류되고 있다.

따라서 산불과 화재에 효과적으로 대응하기 위해서는 감시카메라가 설치된 감시 타워 구축, 첨단 소방 장비 도입, 지역 주민으로 구성된 산불 진화대 창설, 정기적인 교육과 훈련 실시 등의 통합 대응 시스템을 마련하는 것이 바람직하다.

산불발생 현황

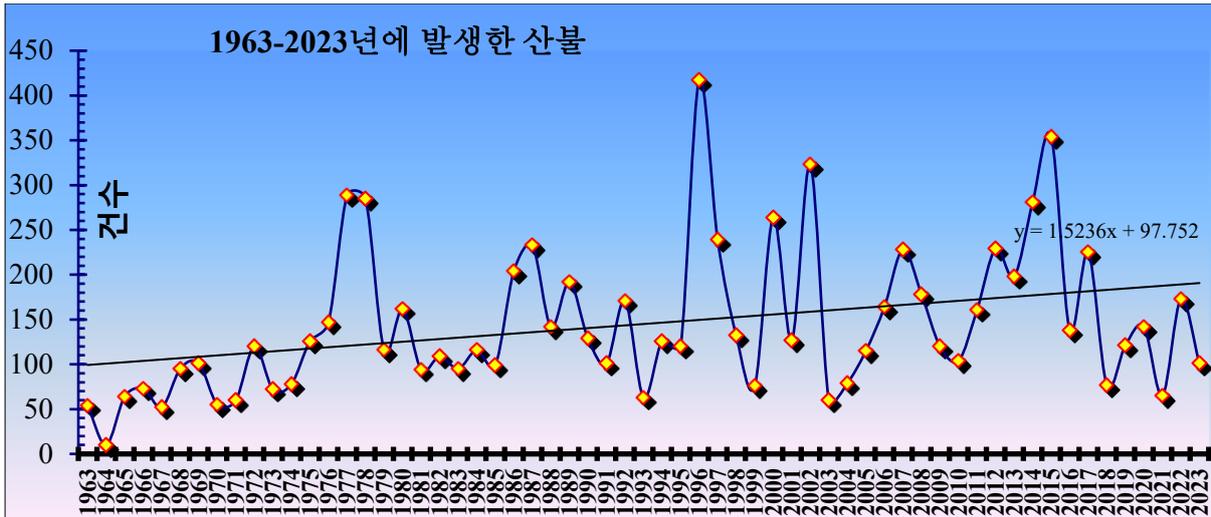
2024 년 11 월 14 일 기준, 몽골 전역에서 산불이 발생한 지역은 총 14 개 아이막(Arkhangai, Bulgan, Darkhan-Uul, Dornod, Zavkhan, Sukhbaatar, Selenge, Tuv, Uvs, Khovd, Khuvsgul, Khentii 등) 54 개 сум에 이르며, 총 산불 발생 건수는 133 건으로 집계되었다. 이는 전년 대비 약 24% 증가한 수치이다.

이러한 산불로 인해 총 1,033,836 헥타르의 토지가 피해를 입었으며, 이 중 산림 951 헥타르, 대초원 1,032,884 헥타르가 포함된다. 또한, 주택 1 채, 계르 7 채, 차량 1 대, 창고 7 채, 소형 가축 19 마리 등이 추가적인 피해를 입은 것으로 보고되었다.



산불 2. 2024 년 국가 산불 현황

몽골 전역의 산불에 대한 통계에 따르면, 산림 및 대초원 화재 발생 건수는 해마다 증가하고 있다(그래프 1).



그래프 1. 1963-2023 년에 발생한 산불 건수

셀렝게 아이막 산불 현황

몽골 전체 산림 면적의 약 37.9%가 셀렝게 아이막(Selenge aimag)에 위치하고 있으며, 이 지역의 Altanbulag, Tushig, Tsagaannuur, Yeroo, Khuder, Mandal 등 6 개 숨은 원시림 지역이 결합된 중요한 산림 지대를 형성하고 있다.

봄과 가을의 건기에는 약 6,000~10,000 명의 개인 및 기업이 이 지역 산림에서 천연 광물(금, 석탄, 철광석) 채굴 및 탐사, 견과류·과일·식물 수확, 야생동물 사냥 등의 활동을 벌이고 있다. 이러한 인간 활동은 산림 및 대초원 지역에서 화재 발생 가능성을 높이는 주요 요인으로 작용하고 있다.

2015년, 2016년, 2017년에는 MODIS 위성 데이터를 활용하여 셀렝게 아이막을 포함한 몽골 중부 지역에서 발생한 대규모 산불의 공간 분포를 분석한 바 있으며, 이는 산불 대응 정책 수립에 중요한 자료로 활용되고 있다.

최근 8년간(2017~2024년) 몽골 전역에서는 총 154건의 산림 및 대초원 화재가 발생하였으며, 이로 인해 39,596 헥타르의 토지가 소실되었다. 해당 화재로 인한 환경 피해는 약 596억 7천만 투그릭에 이르며, 화재 진압을 위해 약 4억 630만 투그릭의 예산이 소요된 것으로 보고되었다.

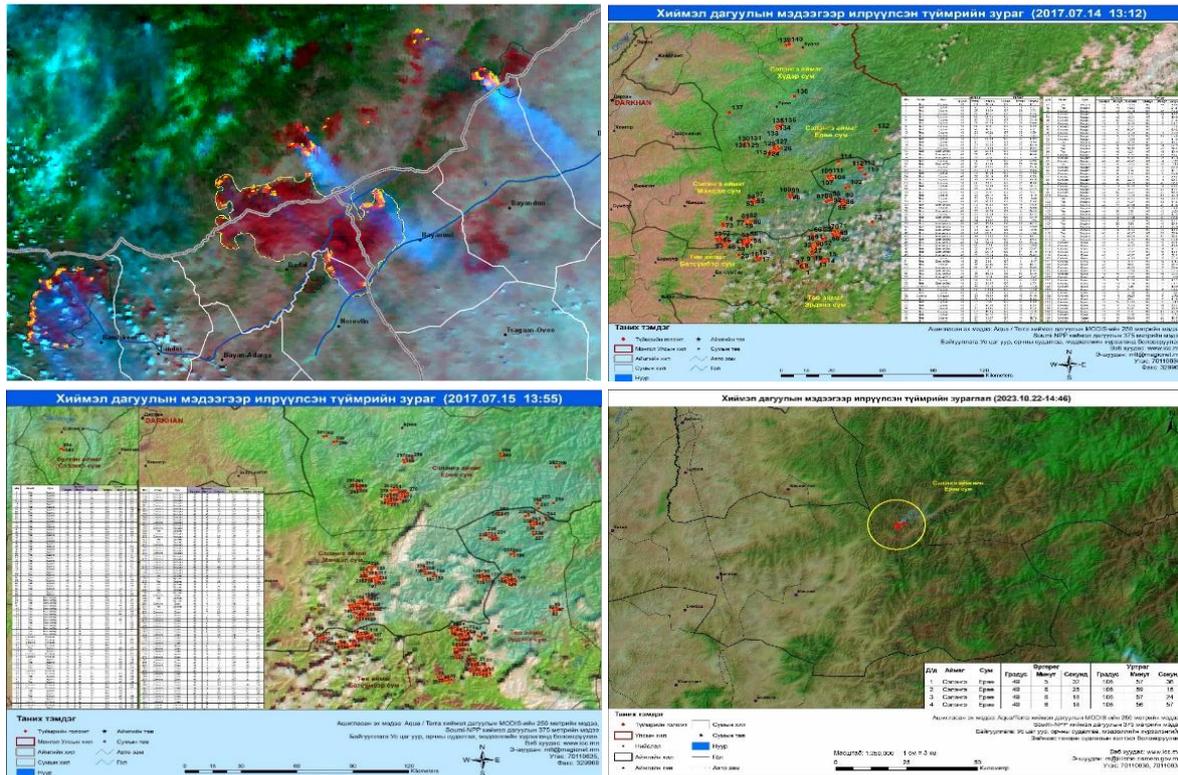


사진 3. 셀렌게 아이막에 발생한 산불 분포도

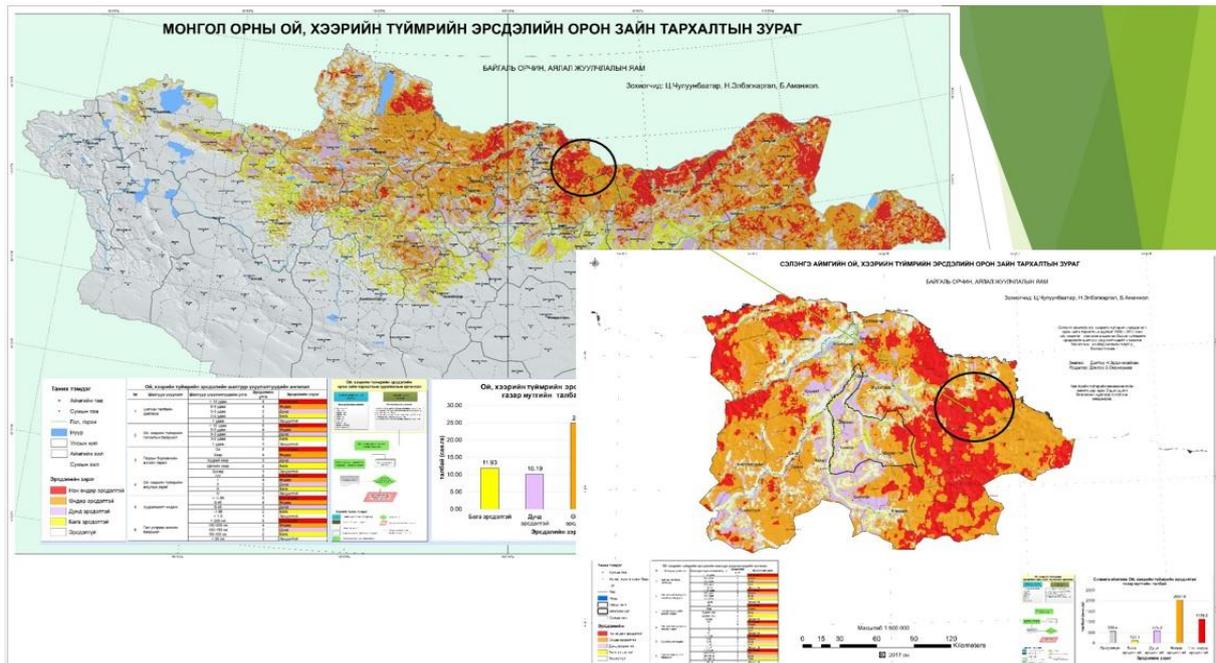
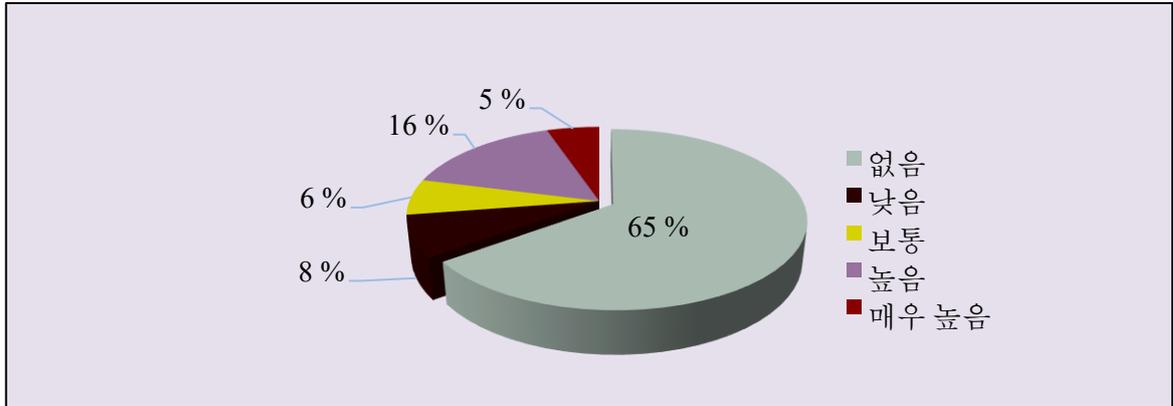


사진 4. 산불 위험지역의 공간적 분포도

몽골은 MODIS 위성 데이터를 활용하여 국가 차원에서 산불 위험 지역을 분석하였고, 이를 서부, 동부, 중부 지역별로 세분화하여 산불 위험 분포 지도를 작성하였다. 이러한 분석 결과는 현장에서 실시간으로 적용되고 있으며, 이를 통해 산불 예방 및 대응 활동이 보다 효율적으로 이루어지고 있다.

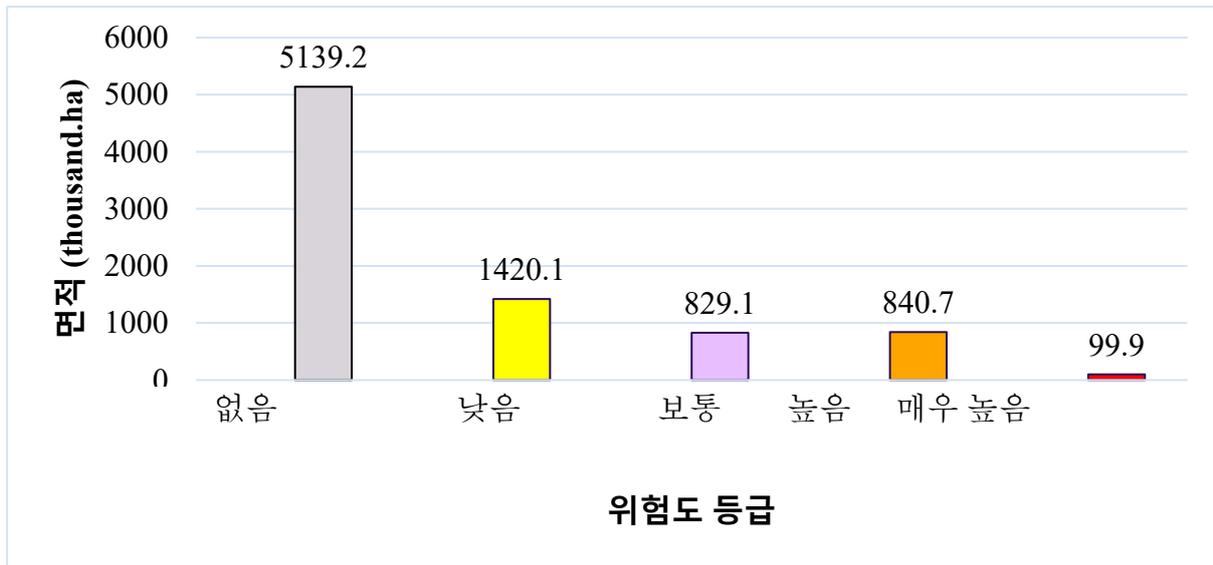
산불 위험도 분석 결과, 몽골 전체 국토 면적 중 5%는 산불 위험이 매우 높음, 16%는 높음, 6%는 보통, 8%는 낮음, 그리고 65%는 산불 위험이 없는 지역으로

분류되었다(그래프 2). 이 분석을 바탕으로 각 지역의 특성에 맞춘 산불 대응 전략이 수립되고 있으며, 실시간 모니터링과 예측 기술을 통해 산불 피해를 최소화하는 데 중요한 역할을 하고 있다.



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 3).



그래프 3. 셀렝게 아이막 전체 면적의 산불 위험도 면적

산불 피해지 조립 및 복원사업 조사

보간트(Bugant) 마을은 몽골 수도 울란바토르에서 북쪽으로 약 450km 떨어져 있으며, ‘유로’강과 ‘자르갈란트’강 등 여러 강과 인접해 있다. 이 지역은 산불 피해를 입은 주요 지역 중 하나로, 2015년, 2016년, 2017년 동안 셀렝게 아이막을 포함한 몽골 중앙 지역에서 대규모 산불이 발생하였다(MODIS 위성 데이터).

이 산불들은 해당 지역의 생태계와 자원을 크게 훼손시켰으며, 이에 대한 복원 작업이 필요하다. 보간트 마을과 주변 지역에 대한 산불 피해 복원과 조립 사업이 중요한 과제로 떠오르고 있다.

2023년, 셀렝게 아이막에서는 총 14건의 산불이 발생하였으며, 이로 인해 60.51 헥타르의 산림과 581.69 헥타르의 초원이 피해를 입었다. 현재 진행 중인 복원사업은 주로 산불로 훼손된 자작나무림과 계곡 주변의 산불 피해 지역을 대상으로 하고 있습니다.

셀렝게 아이막의 2000년부터 2022년까지의 산불 피해 면적을 MODIS 위성 데이터를 통해 분석한 결과, 2000년에는 Shaamar, Yeroo, Zuunburen, Khushaat 등의 숨에서 가장 많은 산불 피해가 발생하였다. 또한, 2007년과 2009년에는 셀렝게 아이막의 전체 면적이 큰 피해를 입었으며, 이 중에서도 Yeroo, Tsagaan-nuur, Tushig 숨이 가장 큰 피해를 입은 지역으로 나타났다.

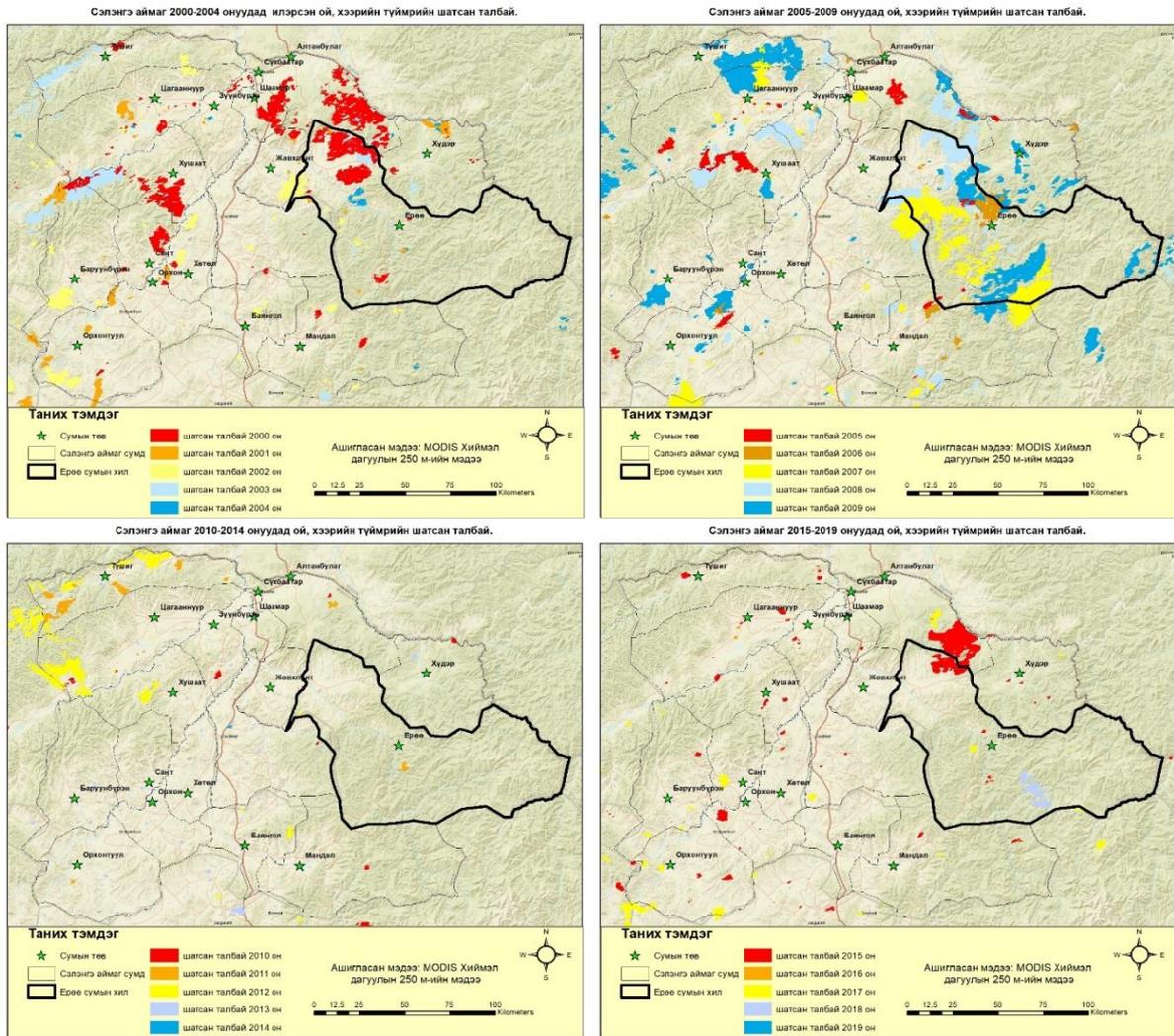
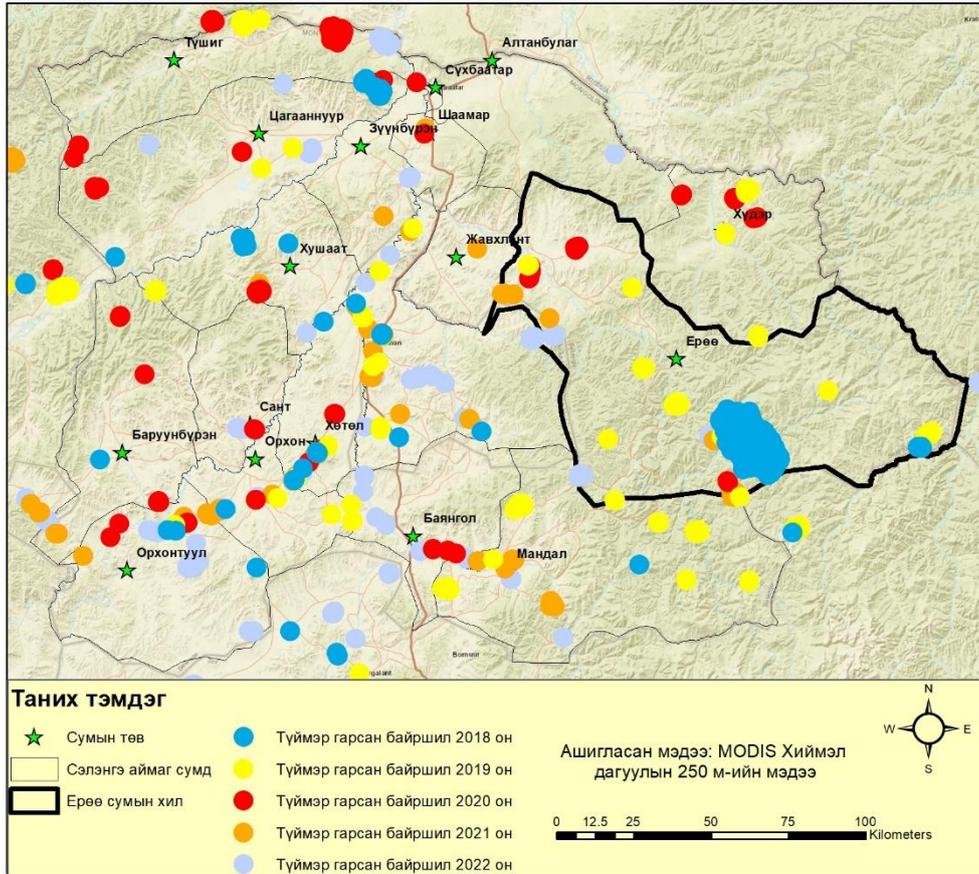


사진 5. 2000~2002 년에 셀렝게 아이막에 발생한 산불 위치

자료에 따르면, 복원사업이 시행될 셀렝게 아이막 유로(Yeroo) 숨 보간트 마을 인근 지역에서는 총 1934.6 헥타르의 면적에 재조림이 필요할 것으로 보인다. 이 중 630 헥타르에 대해 산불 피해지 조림 및 복원사업이 진행될 것으로 예상된다. MODIS 위성 데이터를 활용하여 지난 5년간 셀렝게 아이막에서 발생한 산불 위치를 파악한 결과를 지도에 표시한 내용은 아래와 같다.

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



саян 6. 지난 5 년간 셀렌게 아이막에 발생한 산불 위치

산불 피해지 조립 및 복원 대상지는 1996 년, 1998 년, 2006 년, 2007 년, 2015 년에 발생한 산불 이후 자작나무 및 사시나무림으로 자연적으로 갱신(natural regeneration)된 지역으로, 향후에는 다양한 희귀 수종을 포함한 나무로 복원할 계획이다. 복원 대상지는 총 630 헥타르로, '게젝 톨고이(Gezeg Tolgoi)' 30 헥타르, '도잇(Doit)' 150 헥타르, '자르갈란트(Jargalant)' 450 헥타르 등 세 구역으로 나뉘어 있습니다. 해당 지역에 대한 평가 및 산림 관리 작업은 협의된 NGO 단체가 수행하며, 다음과 같은 작업을 진행할 계획이다.



사진 7. 산불복사업지 현장

다음과 같은 작업을 진행하기로 계획하였다.

- 잡목숙아베기(cleaning cutting): 밀삭기와 간벌작업의 중간에 실시되는 작업으로서 불필요하다고 생각되는 나무를 제거하는 일. 불요수 중 또는 불량임목을 제거하는 일인 데 임목이 울폐하기 시작했을 때 실시한다. 일본에서는 소제벌(掃除伐), 세벌(洗伐), 또는 사벌(捨伐)이라고도한다. 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.

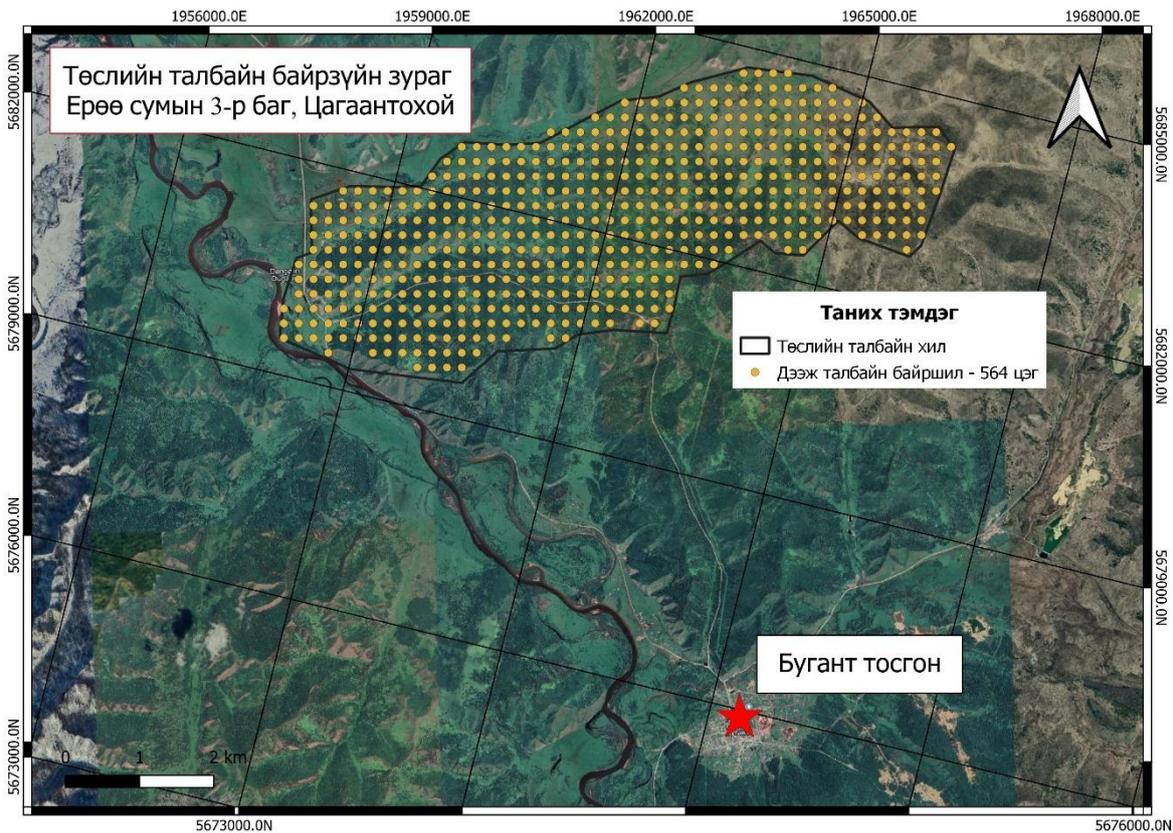


사진 8. 산불복원사업 대상지 'Jargalant'(450ha)

산불감시 타워 및 산불진화장비 조사

산불 예방하고 진압하기 위한 대책을 효과적으로 시행하기 위해 화재 감지 및 모니터링 카메라를 설치하는 탑을 건설하고, 소화 장비를 제공했으며, 자원봉사 소방대를 훈련시켰습니다.



사진 9. 산불 교육

차고는 상황실 외부에 설치되었고, 6m*6m 크기의 창고의 3 면에는 2 층짜리 정사각형 골판지 지붕 샌드위치 패널과 폼을 사용하여 창고의 기둥, 벽, 지붕, 문, 지붕 등의 작업을 실시하였다.



사진 10. 차고 및 산불상황실

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.

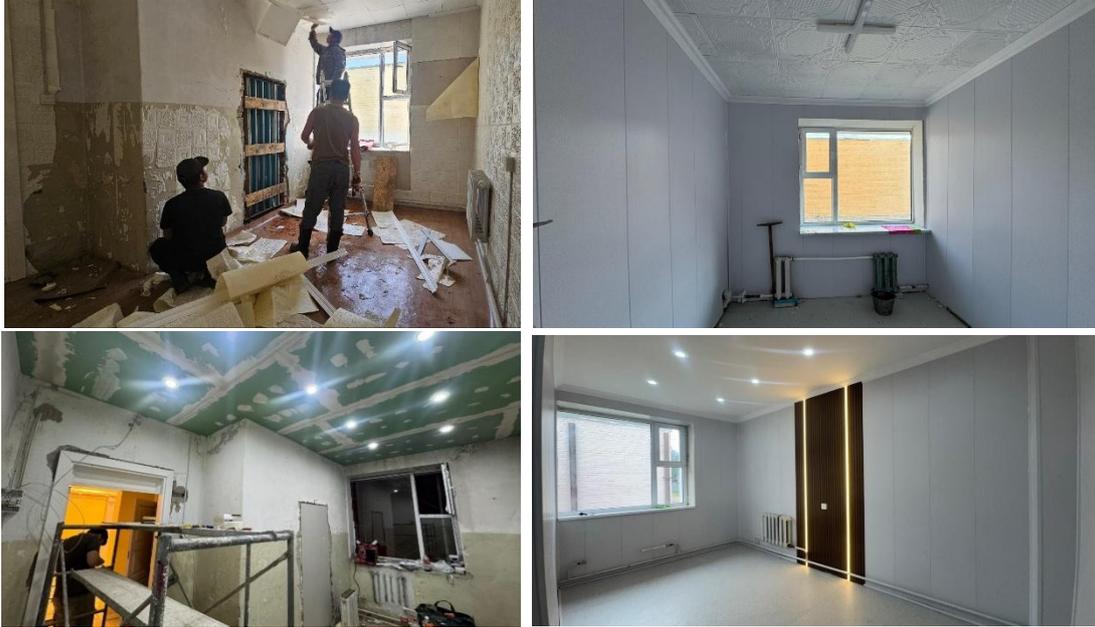


사진 11. 산불 상황실 내부 공사

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 ≤ 50mK
- 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 12. 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.

		8000 m			
Узэгдэх гэрэл		объект	Гал(1m*1 m)	Гал(2m*2m)	
Ашиглалтын зай	Дулааны дүрслэл	Алармын зай	6000 m	13,000 m	
	Аларм	Өндөр температурын талбай 2*2 pixels			
Аларм	Алармын тохиргоо	1-255 түвшин			
	Зорилго зай	2*2-640*512pixel			
	Алармын зорилго	1-16 зорилт гавьж, өндөр температурын зорилтыг			
	Аларм	Аудиотой видео дохиолол			
Өндөр нягтралтай ливэ	Тогцоолол	Тогцоолол 0.1S, саатаггүй, мэдээлэл ашагладаггүй			
	Фокусын ливэ	12.5-750mm			
	FOV	0.5°-38.7°			
	Автомат Iris	DC метен			
Камер	урьдчилсан тохируулах	томруулах, фокусын хяналтын хурдыг тасралтгүй			
	3D байршил	Боломжтой			
	Мэдэгчийн төрөл	1/ Прогрессив сканнер 1.8" CMOS			
	Өнгөний горим	Интеграцийн ICR, давхар шүүлтүүрийг өдөр шөнийн			
	Зурга авал хурд	Автомат гараар			
	Видео удирдлага	AGC, AWB, өдөр шөнийн горимыг автомат гараар сольжыг			
	Манангийн тохиргоо	WDR			
	BLC	асаах, унтраах болон сонголтгоор			
	Сонирхсон газар	Дэмжлэг ON/FF, нямалтээр			
	Будах фокус тохируулах технологи	Дэмжлэг, алсын удирдлага			
	Дуу чимээг бууруулах	3D дижитал			
	Кодын төрөл	H.264/MPEG/MPEG4			
	Дүрсний нягтрал	1080p			
	Видеоны чанар	32Kbps-16Mbps			
Давтамж	50Hz:25fps(1920*1080),25fps (1280*720)				
Тэмдэгт нэмэх	60Hz:30fps(1920*1080),30fps (1280*720)				
Зургийн тохируулга	Камерын дугаар, цаг, огноо				
Интернет протокол	Гэрэл, тодосгогч, ханалт, хурц TCP/IP/RTSP/RTSP/HTTP/DNS/DDNS/DHCP/FTP/NTP/PPPOE/SNMP/UPNP				
Хэт улаан гужаан ливэ	Фокусын урт	20~230mm			
	FOV	2.7°x2.0°~30.4°x23.1°			
	Линзийн хяналт	Цахим томруулалт/фокус (автоматаар фокус нь			
	Дүрсний нягтрал	0.07~0.85mmrad			
	Урьдчилсан тохируулгуул	томруулах, фокусын хяналтын хурдыг тасралтгүй			
	3D Байршил	Боломжтой			
	Илрүүлчийн төрөл	хөргөөгүй микроболومتر, фокусын хавтгай массив(VOx)			
	Пикселын хэмжээ	640*512			
	Спектрийн хүрээ	8-14um			
	Температурын мэдрэмж	≤50mK@F1.0,300K			
Frame gate	25Hz				
Зургийн үйл явц	DDE, Псевдо өнгө				
Видео гаралт	PAL				
NUC	Автомат Гараар/Арын дэвсгэр засвар				
Хазайлгах	Давхин багтаамж	50kg(дээд ачаалал)			
	Өнгө	Хэвтээ 360° тасралтгүй эргэлт, налуу -45°~+45°			
	Хурд	Хэвтээ 0.01°-12°/с, налуу 0.01°-8°/с			
	Урьдчилсан тохируулсан бигдүүл	2048			
	Нарийвчлалыг урьдчилан тохируулна	±0.1°			
	Автомат аялал	2 зам, зам бүр 64 урьдчилсан тохиргоог тохируулах			
	Автомат скан хийх	1			
	Протокол	Pelco-D, Pelco-P дамжуулах хурд нэмэлт			
	Дохионы түвшин	2400/4800/9600/19200 fps нэмэлтээр			
	Аянга цахилгааны эсрэг	Эрчим хүч 2000V, Видео дохио 2000V			
Интерфейс	Цахилгаан хангамжийн интерфейс	DC 30 V			
	Сүлжээний интерфейс	1*10Base-T/100Base-TX/RJ45			
Байгаль орчны үзүүлэлтүүд	Бусад интерфейсүүд	RS422 холбоо, BNC видео гаралт, дохиолол			
	Ажлын температур	-25°C~+55°C /-25°C илүү хүйтэнд халаагч хэрэглэх/			
	Халгалах температур	-40°C~+65°C			
	Хамгаалалтын зэрэг	IP66			
Цахилгаан хангамж	Давс манантай	GB/T2423.17-2008			
	Цахилгаан хангамж	DC 30 V			
Физик швек чанар	Хэрэглээ	≤130W			
	Жин	≤ 45kg			
	Суурилуулах арга	Гална тавцанд суурилуулах			

사진 13. 산불감시 CCTV(PTZ) 주요 기능