

# Ecophysiological study of Siberian larch (*Larix sibirica* LDB) seedlings planted in the degraded areas of the green zone in Ulaanbaatar

Enkhchimeg Tsedensodnom<sup>1,2</sup>, Tsendsuren Dagdan<sup>1</sup>, Sarantuya Baatarsuren<sup>2</sup>, Ser-Oddamba Byambadorj<sup>2</sup>, Azzaya Batkhuyag<sup>1</sup>, Anudari Batbileg<sup>1</sup>, Tuguldur Nyam-Osor<sup>1</sup>, Udval Bayarsaikhan<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Division of Forest Resource and Forest Protection, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

<sup>2</sup>*Laboratory of Forest Genetics and Ecophysiology, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia*

\*Corresponding author email: [udvalb@mas.ac.mn](mailto:udvalb@mas.ac.mn)

<https://orcid.org/0000-0002-0021-9155>

Received: 29 September 2023 / Accepted: 12 December 2023 / Published online: 28 December 2023

## ABSTRACT

Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb.) occupies about 60% of the forest reserve area of Mongolia, and 55.6% (85,167 ha) of larch forests growing in the green zone forest reserve in the capital Ulaanbaatar. The larch forest in the green zone has the importance of directly affecting the environment and health and safety of the population living in the capital Ulaanbaatar. The study aimed to determine the ecophysiological status of seedlings planted in degraded areas after severe fire damage and logging. Afforestation was carried out in the spring of 2023, and the ecophysiological measurements of seedlings were conducted in July. Profit was determined randomly, and measurements were performed on 18 trees from 2 sample plots (3 replicates × 18 trees × 2 plots). For assessing the adaptability of seedlings, the efficiency of photosynthesis was calculated by measuring the fluorescence of needles (between 08:00 AM and 11:00 AM), and the water use efficiency of the seedlings was measured from the water potential of the stems (06:00 AM and 12:00 PM). We evaluated the state of the water potential of the stem of the native forest and understory trees, and the drought tolerance of the afforested seedlings was evaluated. According to the results of the ecophysiological measurements, the fluorescence measurements of the larch in the afforested area ( $F_v/F_m$  0.79) were similar to the fluorescence state of the larch in the native forest trees ( $F_v/F_m$  0.77-0.80). The water potential of the stem did not reveal any differences between the native forest ( $-1.49 \pm 0.18$  Mpa), young trees ( $-1.27 \pm 0.25$  Mpa), seedlings ( $-1.64 \pm 0.25$  Mpa), or sample trees ( $df=6$ ;  $p=0.5$ ). However, it differed between sample sites ( $df=2$ ;  $p=0.002$ ). This finding indicated that the juvenile trees have higher adaptability to the environment and the survival of the seedlings is relatively high. Afforested seedlings have a low water stress exposure, indicating their high tolerance to drought and adaptability.

**Keywords:** Green zone forest, reforestation, chlorophyll fluorescence, water potential of the stem, Ulaanbaatar

# Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн доройтсон ойд тарьсан Сибирь шинэсний (*Larix sibirica* LDB). тарьцын экофизиологийн судалгаа

Энхчимэг Цэдэнсодном<sup>1,2</sup>, Цэндсүрэн Дагдан<sup>1</sup>, Сарантуяа Баатарсүрэн<sup>2</sup>, Сэр-Оддамба Бямбадорж<sup>2</sup>, Аззаяа Батхуяаг<sup>1</sup>, Анударь Батбилэг<sup>1</sup>, Төгөлдөр Ням-осор<sup>1</sup>, Удвал Баярсайхан<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Ойн нөөц, ой хамгааллын салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

<sup>2</sup> Ойн генетик, экофизиологийн лаборатори, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

\*Холбоо баригч зохиогч: [udvalb@mas.ac.mn](mailto:udvalb@mas.ac.mn)

<https://orcid.org/0000-0002-0021-9155>

Хүлээн авсан: 2023 оны 09 сарын 29 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2023 оны 12 сарын 12 өдөр / Нийтлэгдсэн: 2023 оны 12 сарын 28 өдөр

## ХУРААНГУЙ

Сибирь шинэс (*Larix sibirica* Ldb.) Монгол орны ойн сан бүхий газар нутгийн 60 орчим хувийг, Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн ойн сангийн 55.6% (85,167 га)-ийг эзлэдэг. Ногоон бүсийн шинэсэн ой нь хотын хүрээлэх орчин, хүн амын эрүүл, аюулгүй орчинд амьдрахад шууд нөлөөлөх ач холбогдолтой юм. Бидний судалгааны ажлын зорилго нь эрчимтэй түймрийн нөлөөгөөр доройтсон ба хавтгайруулан огтолсны дараа доройтсон талбайд ойжуулалт хийсэн таримал өсвөр моддын (тарьц) экофизиологийн төлөв байдлыг тодорхойлоход оршино. Ойжуулалтыг 2023 оны хавар хийсэн бөгөөд тарьцын экофизиологийн хэмжилтүүдийг 7-р сард гүйцэтгэв. Тарьцын дасан зохицох чадварыг үнэлэхдээ шилмүүсний флюоресценцийн хэмжилтээр (өглөө 08:00-11:00 цагийн хооронд) фотосинтезийн үр ашгийг тооцох, мөн ишний усны потенциалын хэмжилтээр (үүр цайхаас өмнөх 06:00 цаг; үд дундын 12:00 цаг) тарьцын ус ашиглах үр ашгийг тодорхойлов (дээжийн давталт 3 × 18 мод × 2 талбай). Экофизиологийн хэмжилтүүдийн үр дүнгээс харахад түймрийн нөлөөгөөр доройтож, ойгүй болсон талбайд ойжуулалт хийсэн тарьцны шилмүүсний флюоресценцийн хэмжилтүүд (Fv/Fm 0.79) эх ойн моддын шилмүүсний флюоресценцийн (Fv/Fm 0.77-0.80) төлөв байдалтай ойролцоо утга илтгэж байгаагаар нь тухай орчинд тарьцын дасан зохицох чадвар сайн, тарьцын амьдрах чадвар өндөр байгааг илтгэж байна. Мөн ишний усны потенциалын хэмжилтээр харахад Эх ой (-1.49±0.18 МПа), өсвөр модод (-1.27±0.25 МПа), тарьц (-1.64±0.25 МПа) буюу дээж моддын хувьд ялгаагүй (df=6; p=0.5), харин дээж талбайн хооронд ялгаатай байлаа (df=2; p=0.002). Үүнээс харахад ойжуулалт хийсэн тарьцны усны стресс өртөх байдал харьцангуй бага буюу хуурайшилтад гэсвэрлэх чадвар өндөр, дасан зохицох чадвар сайтай байгааг илтгэж байна.

**Түлхүүр үгс:** Ногоон бүсийн ой, ойжуулалт, тарьц, флюоресценци, ишний усны потенциал, Улаанбаатар

## 1. ОРШИЛ

Даян дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлт нь хүн төрөлхтний өмнө тулгарч буй хамгийн том асуудлын нэг бөгөөд хүрээлэн буй орчин, экологи, нийгэм-эдийн засагт гүнзгий ул мөрөө үлдээж байна [1]. Дэлхийн нийтийн хэмжээнд 1970, 1980-аад оноос уур амьсгалын өөрчлөлтөөс үүдсэн газрын доройтлын асуудлуудад анхаарлаа хандуулж эхэлжээ [2]. Эдгээр ар араасаа дараалсан байгаль-экологийн эрс тэс, огцом өөрчлөлтүүд дэлхийн өнцөг булан бүрд харилцан адилгүй илэрч байгаа боловч хүний эрүүл, аюулгүй, хамгаалагдсан орчинд амьдрах орон зайг бага багаар хумьсаар байгаа билээ. Хурдацтай өсөн нэмэгдэж буй уур амьсгалын өөрчлөлтийг тогтоон барихад сэрүүн бүсийн ой, Сибирийн их тайгын экотон чухал үүрэг гүйцэтгэдэг [3]. Сэрүүн бүсийн ойн моддын гол төлөөлөгч Сибирь шинэс Монгол орны хэмжээнд ой бүхий газар нутгийн ойролцоогоор 60 орчим хувийг эзэлдэг. Шинэсэн ой нь мөнх цэвдэгтэй шүтэлцэн тайгын бүсийн шилмүүст ойн оршин тогтнох, тасралтгүй сэргэн ургах нөхцөлийг бүрдүүлдэг бөгөөд уур амьсгалыг зөөлрүүлэх, ус мөрний урсцыг тогтоон барих гэх мэт олон талын ач холбогдолтой юм [4]. Шинэсэн ойг монгол орны хэмжээнд үйлдвэрлэлд өргөн ашиглаж байсан боловч одоогийн байдлаар аж ахуйд хэт ашиглахыг хориглоод байна. Шинэсэн ойн тархалтын өмнө хэсэг Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хотын ногоон бүс, Богд хан уулын өмнөд хэсэг хүрдэг. Ногоон бүсийн Шинэсэн ой нь нийслэлийн хүрээлэх орчин, хүн амын эрүүл, аюулгүй орчинд амьдрахад шууд нөлөөлөх ач холбогдолтой юм. Гэвч нийслэл орчмын ногоон бүсийн ойд хотжилтын нөлөө үүнээс агаарын бохирдол, дуу чимээ, орчны бохирдол асар их дарамт учруулдаг. Эдгээр нөлөөллөөс гадна түймэр болон хортны нөлөө ногоон бүсийн ойд хөнөөл учруулж байдаг. Нийслэлийн эргэн тойронд байх

байгалийн үүсэлтэй ойн талбайд түймэр болоод өвчин, хортон гарах нь маш их эрсдэл дагуулах хүчин зүйл болж байна [5]. Хотжилтын улмаас ойн талбай руу шахаж буусан зуслангийн айлууд түймэрт өртөх эрсдэл бий болохоос гадна ойд түймэр гарахад түймэр унтраах баг хүрэлцэн очих зам харгуй хаагдмал болсон байдаг. Тийм учраас зуслангийн ойд түймэр гарахад түймрийг унтраахад цаг алдсанаас болж түймрийн эрчим ойн хөрсийг шатаах, моддын гол иш, титэм хүртэл шатах, улмаар ой бүхэлдээ шатааж, доройтсон ойн талбайн хэмжээ нэмэгдэх эрсдэлтэй юм. Энэ үйл явц нь ой болон ойн талбай, ойн сан бүхий газруудыг доройтолд оруулдаг. Өндөр эрчимтэй түймрийн дараа байгалийн аясаар ойн талбай сэргэн ургах явцыг сукцесс гэх бөгөөд ойн талбай бий болох нь сукцессийн хурдаас шалтгаална [6]. Хавтгайруулан мод огтолсон талбай болон эрчимтэй түймрийн дараа энэ явц удаан хугацаанд үргэлжилж, зарим үед хээржих явц бий болдог. Хээржих үйл явцаас урьдчилан сэргийлэх арга зам бол түймэр болсноос хойш тодорхой хугацааны дараа тухайн ойн үндсэн бүрэлдэхүүнээр ойжуулалт хийдэг. Ойжуулалт хийснээр ойн талбайг үндсэн төрлөөр нь богино хугацаанд нөхөн сэргээж, ойн санг бүрдүүлэх чухал ач холбогдолтой юм. Манай оронд ургамлын экофизиологийн судалгаа 1970 оноос, ойжуулалт, нөхөн сэргээх судалгаа 1975 оноос эхлэлтэй [4]. Шинэсэн ойн ойжуулалт, нөхөн сэргээлт, физиологи, экофизиологийн судалгаанууд амжилттай хийгдэж байгаа боловч ойжуулалт хийсний дараа (байгалийн нөхцөлд) таримал өсвөр модны экофизиологийн судалгаанууд хангалттай биш байна. Шинэсний таримал өсвөр моддын экофизиологийн судалгааг хийснээр ойжуулалт, нөхөн сэргээлтийн дараа тарьцын дасан зохицох чадварыг ойлгох, мөн бага хэмжээний ойжуулалт хийсэн талбайн арчилгаа, усалгааны менежментийг төлөвлөх боломжтой юм.

Судалгааны ажлын зорилго нь эрчимтэй түймрийн нөлөөгөөр доройтсон ба хортонд идэгдсэний дараа огтолсон талбайд ургаж буй өсвөр моддын экофизиологийн төлөв байдлыг тодорхойлоход оршино.

Доройтсон ойн талбайд ойжуулалт, нөхөн сэргээлт хийсэн таримал өсвөрийн (тарьц) физиологийн хэмжилтийг эх ойн өсвөр моднуудтай харьцуулан судалснаар ойн талбайд шилжүүлсний дараах дасан зохицох чадварыг тодорхойлох бөгөөд улмаар ойжуулалтын дараах арчилгааны менежментийг боловсруулахад ач холбогдолтой юм.

## 2. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

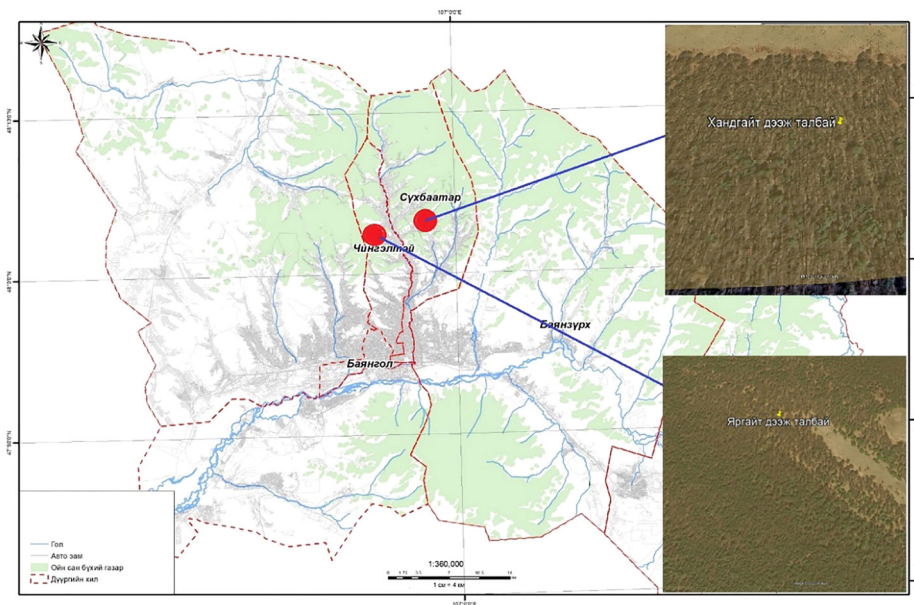
### 1.1. Судалгаа гүйцэтгэсэн газар:

Судалгааны дээж талбайнууд Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн ойн санд байрлах Өвөр-Байгалийн ой-ургамалжлын мужийн Туул-Бархын тойрогт хамаарна [7].

Бид хавтгайруулан мод огтолсны улмаас болон түймрийн улмаас доройтсон ойн

хоёр талбай сонгов. Эхний дээж талбайг Хандгайтын ( $48^{\circ}3'20.29''N$ ;  $106^{\circ}56'56.20''E$ ) аманд эрчимтэй түймэрт өрсөн талбайд, дараагийн талбайг Яргайтын аманд ( $48^{\circ}2'20.51''N$ ;  $106^{\circ}52'25.73''E$ ) хавтгайруулан огтолсон талбайд байгуулав. Хандгайтын амны ой нь шинэс давамгайлсан хуш, нарс, хус бүхий тайгын холимог ой бөгөөд тус ойд 2012 онд өндөр эрчимтэй түймэр гарч, ой модод бүхэлдээ, хөрсний 0-10 см хүртэл үе давхарга шатсан байна. Яргайтын амны ой нь хуш, нарс, хус бүхий тайгын шинэсэн ой юм. Яргайтын аманд 2004 онд хөнөөлт шавжид өртөж, 2010 онд босоо хагсан моддыг хавтгайруулан огтолсон байна.

Дээж талбайгаас тухайн ойн үндсэн төрлийн моддоос болц гүйцсэн, ямар нэгэн гэмтэл согоггүй хэвийн моддыг *Эх ойг* төлөөлүүлэн сонгов (болц гүйцсэн модны ишний диаметр 20 см-ээс дээш байна); мөн доройтсон талбайд сэргэн ургасан залуу моддын буюу *өсвөр мод* (өсвөр модны өндөр 20 см хүртэл байна); Ойжуулалт хийсэн талбайн *тарьц* (0-10 см) гэсэн гурван дэд талбай байгуулан хэмжилтүүдийг хийв



Зураг 1. Судалгааны дээж талбайн байршил

## 2.2 Хэмжилтүүд

Дээж талбайн моддын хэмжилтүүд (модны өндөр, диаметр), моддын төлөв байдлын үнэлгээг Н. П.Анучин [8], А.Г.Мошкалев [9], Curtis [10] нарын арга зүйн дагуу хэмжив. Хэмжилт хийх моддыг сонгохдоо насны анги бүрээс титэм бүтэн, иш болон холтос хугарч гэмтээгүй, өвчин хортонд идэгдээгүй 3 дээж модыг санамсаргүй байдлаар сонгов. Сонгож авсан моддыг туузан уяагаар тэмдэглэж, өсөлтийн хэмжилт хийж, газарзүйн байршлыг тэмдэглэв.

## 2.3. Фотосинтезийн үр ашиг

Шинэсний шилмүүсний флюоресценцийн хэмжилтийг 2 дээж талбайн 18 модонд (3 давталт × 18 мод × 2 талбай) дээр хийв. Хэмжилтийг өглөө 08:00-11:00 цагийн хооронд фотосинтезийн уналтаас өмнө хийнэ. Хэмжилт хийх өдрийг өглөө бороо ороогүй, салхигүй, цэлмэг өдөр хийнэ. Хлорофилл “a” флюоресценцийг Handy PEA+ флюориметрээр (Plant Efficiency Analyser, Hansatech Instruments Ltd., Great Britain) хэмжсэн бөгөөд энэ нь хлорофилл ба флюоресценцийн 10 мкс-ээс 1 секундийн доторх өөрчлөлтийг хэмжинэ. Хэмжилт хийхээс өмнө шилмүүсийг тусгай хавчаар ашиглан харанхуй орчин үүсгэнэ.

Харанхуйд дасан зохицсон хугацаа 30 минут байна. Үүний дараа хавчаарыг нээж шилмүүснүүдийг улаан гэрлийн ханасан импульсээр (долгионы урт нь 650 нм, 3000 мкмоль (фотон)  $m^{-2} s^{-1}$ ) хэмжив [11], [12]. Шинэсний шилмүүсний флюоресценцийн хэмжилтүүдээс дараах утгуудыг судалгаанд ашиглав.

## Хүснэгт 1. Флюоресценцийн хэмжилтүүд

$F_0$	2-р фотосистемын урвалын бүх төв нээлттэй байх үеийн хамгийн бага флюоресценци (50 миллисекунд);
$F_m$	2-р фотосистемын урвалын бүх төв хаалттай байх үеийн хамгийн их флюоресценци;
$F_v$	Хувьсах флюоресценци ( $=F_m - F_0$ )
$F_v/F_m$	Харанхуйд дасан зохицсон төлөвт хэмжсэн 2-р фотосистемын (PSII); фотохимийн хамгийн их квант гарц $(F_m - F_0)/F_m$ ;
$PI$	Гүйцэтгэлийн индекс: Электрон зөөвөрлөгчийн гинжин хэлхээгээр шилжин буурч байгаа протонуудын эрчим хүчний хэмнэлтийн үр ашиг $((RC/ABS) [(F_0/(1-F_0)) [(1-VJ)/(1-(1-VJ))]])$

## 2.4. Ишний усны потенциал

Модлог ургамлын ишний усны потенциал болон тэдгээрийн эд, эсэнд агуулагдах чөлөөт усны агууламжийг Model 1000 Pressure Chamber Instruments (PMS Instrument Company, U.S.A.) багажаар хэмжсэн бөгөөд ихэнхдээ навчны усны потенциал нь агаарын температур, чийгийн бодит агууламжтай харилцан хамааралтай байдаг [13]. Ургамлын усны потенциалыг ( $\psi$ ) үүр цайхаас (06:00 цаг) өмнөх усны потенциал ( $\psi_p$ ) ( $\psi$  хамгийн өндөр), үд дундын (12:00 цаг) усны потенциал ( $\psi_m$ ) ( $\psi$  хамгийн бага) гэж хэмжсэн бөгөөд энэ үед ишний усны потенциал хөрсний усны потенциалтай тэнцэж ирдэг. Дээж моддын ишний усны потенциалыг наранд ил гарсан, гадна хальс нь гэмтээгүй мөчрөөс 10 см хайчлан авч хэмжив. Дээж мод бүрээс гурван удаагийн давталттай хэмжив [14].

## 2.5. Хөрсний чийг агууламж

Дээж талбай болон дэд талбайд сонгож авсан дээж моддын ишний усны потенциалыг хэмжих үеийн хөрсний хөдөлгөөнт чийгийн агууламжийг HydroSense II хэмжигч багажаар хэмжив. Хөрсний чийгийн агууламжийг тухайн ойн хөрсний механик бүрэлдэхүүний шинж чанарт үндэслэж багажийн хэмжилтийн утгыг тохируулан бодит утгыг гаргадаг.

## 2.6. Статистик боловсруулалт

Статистик боловсруулалтыг статистикийн багц программ SAS version 3.0.2 (2013-09-25) болон SigmaPlot 14 ашиглан хийв. Хэмжилт хийсэн моддын шилмүүсний хэмжилтийн ялгаа болон дээж талбайн хоорондын ялгааг Вариансын анализаар илэрхийлэв (ANOVA).

## 3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

### 3.1. Фотосинтезийн үр ашиг

Хандгайтын аманд тусгаарласан Эх ой болон өсвөр моддын шилмүүсний хлорофиллын флюоресценцийн

хэмжилтүүд ойжуулсан талбайн тарьцын хэмжилтийн үзүүлэлтүүдээс өндөр байв. Яргайтын амны Эх ой болон өсвөр моддын шилмүүсний флюоресценцийн хэмжилтүүд нь ойжуулсан талбайн тарьцны хэмжилтүүдээс өндөр үзүүлэлттэй байлаа (Хүснэгт 2). Гэвч дээж талбай дотор тусгаарласан дэд талбайнуудад (Эх ой, өсвөр мод, тарьц) шилмүүсний хлорофиллын флюоресценцийн хэмжилтүүд статистикийн хувьд ялгаагүй байлаа. Харин хоёр дээж (Хандгайт, Яргайт) талбайн хооронд шилмүүсний хлорофиллын флюоресценцийн хэмжилтүүд  $F_0$  ялгаагүй, бусад  $F_m$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_m$ ,  $PI$  хэмжилтүүд дээр статистикийн хувьд ялгаатай байв (Хүснэгт 3).

Фотохимийн хамгийн өндөр үр ашиг ( $F_v/F_m$ ) болон гүйцэтгэлийн индексийн ( $PI$ ) хэмжилгээс харахад ойжуулалт хийсэн тарьцууд тухайн ургах орчин нөхцөлд дасан зохицох үйл явц явагдаж байгааг эх ой болон өсвөр моддын үзүүлэлттэй харьцуулахад төсөөтэй утгууд гарч байгаагаар тайлбарлах боломжтой байна (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 2. Моддын шилмүүсний хлорофиллын флюоресценцийн хэмжилтүүд (дундаж стандарт  $\pm$  алдаа)

	$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$	$PI$
<b>Хандгайт</b>					
<b>Эх ой</b>	388.0 $\pm$ 41.69	1660.55 $\pm$ 174.17	1272.5 $\pm$ 147.0	0.77 $\pm$ 0.014	1.53 $\pm$ 0.25
<b>Өсвөр мод</b>	403.4 $\pm$ 47.27	1715.0 $\pm$ 197.5	1311.57 $\pm$ 166.79	0.77 $\pm$ 0.02	1.87 $\pm$ 0.29
<b>Тарьц</b>	503.12 $\pm$ 44.22	2415.7 $\pm$ 184.74	1912.6 $\pm$ 156.0	0.79 $\pm$ 0.01	1.66 $\pm$ 0.27
<b>Яргайт</b>					
<b>Эх ой</b>	500.86 $\pm$ 47.27	2520.0 $\pm$ 197.50	2019.14 $\pm$ 166.78	0.80 $\pm$ 0.016	2.45 $\pm$ 0.29
<b>Өсвөр мод</b>	434.12 $\pm$ 44.22	2339.62 $\pm$ 184.74	1905.5 $\pm$ 156.01	0.81 $\pm$ 0.015	2.68 $\pm$ 0.27
<b>Тарьц</b>	450.0 $\pm$ 62.54	2158.25 $\pm$ 261.27	1708.2 $\pm$ 220.64	0.79 $\pm$ 0.021	2.36 $\pm$ 0.38

**Хүснэгт 3. Шилмүүсний хлорофиллын флюоресценци (дисперсийн шинжилгээ, дээж талбайгаар)**

Хэмжилтүүд	Чөлөөний зэрэг	Квадратууд-ын нийлбэр	F утга
<b>F0</b>	1	9118.081	0.450ns
<b>Fm</b>	1	1677553.52	0.018*
<b>Fv</b>	1	1439317.05	0.010*
<b>Fv/Fm</b>	1	0.00749	0.047*
<b>PI</b>	1	6.587	0.002***

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , ns  $p < 0.1$  түвшний ялгааг илэрхийлнэ.

**3.2. Ишний усны потенциалын хэмжилт**

Судалгаанд Хандгайт болон Яргайтын амны шинэсэн ойн модод болон доройтсон талбайд ойжуулалт хийсэн шинэсний тарьцны ишний усны потенциалыг хэмжив. Хандгайтын амны Эх ойн (эх мод) моддын ишний усны потенциал үүр цайхаас өмнө хамгийн их харин үд дундад буурч байв. Энэ үед хөрсний чийгийн агууламж буурч буй ижил явцтай байлаа. Ойжуулалт хийсэн тарьц болон өсвөр моддын хувьд үүр цайхаас өмнөх ишний усны потенциал бага, харин үд дундад болоход нэмэгдэж байв. Дээж талбай дотор тусгаарласан дэд талбайнуудад (Эх ойн модод, өсвөр мод, тарьц) хийсэн ишний усны потенциал хэмжилт талбай хооронд, хэмжилт хийсэн цаг, дээж моддын хооронд статистикийн хувьд ялгаагүй байв.

Яргайтын амны Эх ойн (эх мод), өсвөр моддын ишний усны потенциалын үүр цайхаас өмнө бага харин үд дундад болоход нэмэгдсэн байв. Үд дундад хөрсний чийгийн агууламж бага хэмжээгээр буурч байв. Ойжуулалт хийсэн тарьцны ишний усны потенциал үүр цайхаас өмнө өндөр, харин үд дундад болоход бусад хэмжилт хийсэн моднуудаас хамгийн бага утгатай байлаа. Мөн дээж талбай дотор тусгаарласан дэд талбайнуудад (Эх ой, өсвөр, тарьц) ишний усны потенциалын хэмжилт талбай хооронд, хэмжилт хийсэн цаг, дээд моддын хооронд статистикийн хувьд ялгаагүй байв (Хүснэгт 4). Харин хоёр дээж (Хандгайт, Яргайт) талбайн хооронд ишний усны потенциал, хөрсний чийгийн агууламж статистикийн хувьд ялгаатай байв (Хүснэгт 5).

**Хүснэгт 4. Ишний усны потенциалын хэмжилт (дундаж ± стандарт алдаа)**

Хэмжилтүүд /дээж талбай	Ишний усны потенциал, (φ) МРа		Хөрсний усны агууламж, (%)	
	Үүр цайхаас өмнө	Үд дундад	Үүр цайхаас өмнө	Үд дундад
<b>Хандгайт</b>				
<b>Эх ой</b>	-1.16 ± 0.25	-1.53 ± 0.14	23.35 ± 3.59	14.26 ± 2.27
<b>Өсвөр мод</b>	-1.50 ± 0.25	-1.07 ± 0.24	20.10 ± 2.94	14.83 ± 2.94
<b>Тарьц</b>	-1.28 ± 0.25	-0.96 ± 0.24	33.56 ± 2.94	29.17 ± 2.94
<b>Яргайт</b>				
<b>Эх ой</b>	-1.99 ± 0.17	-1.27 ± 0.17	15.78 ± 2.08	14.52 ± 2.08
<b>Өсвөр мод</b>	-1.43 ± 0.24	-1.08 ± 0.24	24.00 ± 3.59	21.45 ± 3.60
<b>Тарьц</b>	-1.66 ± 0.25	-2.65 ± 0.24	16.77 ± 2.94	24.47 ± 2.94

**Хүснэгт 5. Ишний усны потенциалын хэмжилт  
(дисперсийн шинжилгээ, дээж талбайгаар)**

Хэмжилтүүд	Чөлөөний зэрэг	Квадратуудын нийлбэр	F утга
<b>Ишний усны потенциал</b>	1	1.974	0.002***
<b>Хөрсний усны агууламж</b>	1	82.970	0.084**

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , ns  $p < 0.1$  түвшний ялгааг илэрхийлнэ

**4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ**

Ургамлын навч болон шилмүүсний нэгж талбайд агуулагдах хлорофиллын агууламжаас хамааран фотосинтезийн үйл ажиллагаа өөрчлөгдөж байдаг бөгөөд фотосинтезийн эрчим, түүний үр ашигтай байдлаас иш, навчны биомассын хуримтлал хамаардаг. Ургамалд гадаад орчны зүгээс нарны тусгал, нарны гийгүүлэх хугацаа, хөрс, агаараас шингээгдэх ус, чийгийн хэмжээ шууд нөлөөлөх бөгөөд фотосинтезийн эрчим, хлорофиллын флюоресценцийн үйл ажиллагаанд мөн шууд нөлөө үзүүлдэг [15], [16]. Бидний судалгаанд ашиглагдаж буй флюоресценци метр багажаар моддын тухайн орчинд дасан зохицох, тэсвэрлэх чадвар, тухайн моддын амьдрах чадварыг тодорхойлж болохуйц экофизиологийн чухал шалгуур үзүүлэлтүүдийг гаргаж ирдэг. Эдгээрээс бид  $F_0$ ,  $F_m$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_m$ ,  $PI$  гэсэн хэмжилтүүдийг сонгож авсан бөгөөд үүнээс  $F_v/F_m$ ,  $PI$  хэмжилтийн утгаар тарьцын төлөв байдлыг үнэлэв [17]. Ойжуулалт хийсэн талбайн тарьцыг тухайн орчинд хэрхэн дасан зохицож буйг фотохимийн хамгийн өндөр үр ашиг ( $F_v/F_m$ ) болон гүйцэтгэлийн индексээр ( $PI$ ) хяналт болгож үнэлэв. Орчны ямар нэгэн стресс хүчин зүйлийн нөлөөнд бага өртсөн ургамлуудын фотохимийн хамгийн өндөр үр ашиг ( $F_v/F_m$ ) 0.78-0.85 хооронд [18] байдаг бөгөөд бидний хэмжилтээр эх ойн модод болон өсвөр моддын хувьд дунджаар  $0.78 \pm 0.01$ , тарьцны хувьд  $0.79 \pm 0.01$  байгаа нь судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна.

Фотохимийн хамгийн өндөр үр ашиг буурах нь 2-р фотосистемийн (PSII) үр ашиг буурч байгааг илтгэх бөгөөд энэ бууралт бол ургамлын стресс хэр зэрэг өртөж байгаа, улмаар моддын амьдрах чадвар буурч буй хандлагыг илэрхийлдэг [18]. Хандгайт болон Яргайтын амны моддын хувьд гүйцэтгэлийн индексийн ( $PI$ ) үнэлгээ хоёр дээж талбайгаараа ялгаатай байсан боловч дээж талбай доторх моддын индекс ижил төсөөтэй байлаа. Мөн навчит моднуудад хийсэн хлорофиллын флюоресценцийн хэмжилтүүдээс харахад насны ялгаа болон тухайн жилийн ургамал ургалтын хугацааны цаг агаар нөлөөлдөг болохыг дурджээ [19].

Модлог ургамлын өсөлтөд физиологийн хүчин зүйлүүд болох фотосинтез, транспираци, амсрын эсийн хөдөлгөөн (нээгдэлт, хаагдалт), үүнээс гадна иш, навчинд агуулагдах усны потенциал нөлөөлдөг [20]. Усны потенциал ( $\psi$ ) гэдэг нь усны нэвчих, уурших, шингэх чадварыг тодорхойлох юм. Бодисын концентраци нэмэгдэхэд  $\psi$  нь улам бүр хасах утгатай болно [21]. Үндэс нь хөрснөөс ус шингээн авахад хөрсний усны потенциал сөрөг утгатай болдог. Хөрсний усны потенциал буурахад ургамлын усны потенциал буурч, ургамалд бэрхшээлтэй байдлыг дагуулдаг бөгөөд эцэст нь ус шингээх чадваргүй болно [22]. Байгалийн болон таримал шинэсэн ойд хийсэн шилмүүсний усны потенциалын харьцуулсан судалгаанаас байгалийн ойгоос илүү таримал моддын хувьд усны стресс илүү мэдрэмтгий байдаг болохыг тодорхойлсон байгаа нь [5]



бидний хэмжилттэй нийцэж байна. Улмаар Эх ой, өсвөр моддоос илүү тарьцны хувьд усны стресст илүү мэдрэмтгий болохыг хэмжилтийн дүн харуулж байна.

Үндсэн болон навчит модоор их хэмжээний ойжуулалт, нөхөн сэргээлт хийхдээ ихэвчлэн хашаа, хамгаалалт хийх боломжгүй байдаг. Ингэснээр бэлчээрлэлт, өвсөн тэжээлтэн, мэрэгч, хүний нөлөө гэх мэтээр ихэнх тарьц, өсвөр моднууд ихээр хорогдог. Энэ судалгааны онцлог үр дүн нь ойжуулалтын дараа таримал өсвөр моднууд ургах орчиндоо хэрхэн дасан зохицох буйг ойлгох боломжийг олгох юм. Судалгааны дээж талбайнуудад дах таримал өсвөр моднууд ургах орчиндоо богино хугацаанд дасан зохицож байгаа хэдий ч хашаа, хамгаалалтгүй ургаж байгаа механик хүчин зүйлийн нөлөөгөөр хорогдол нэмэгдэх магадлалтай юм [5].

## 5. ДҮГНЭЛТ

Сибирь шинэсний эх ойн мод, өсвөр мод болон ойжуулалтад шилжүүлсэн суулгасан тарьцны шилмүүсний флюоресценци, ишний усны потенциалыг харьцуулан хэмжиж үзэхэд түймрийн нөлөөгөөр доройтож, ойгүй болсон талбайд ойжуулалт хийсэн тарьцны шилмүүсний флюоресценцийн хэмжилтүүд эх ойн моддын шилмүүсний флюоресценцийн төлөв байдалтай төсөөтэй утга илтгэж байгаа бөгөөд энэ нь тухай орчинд тарьцын дасан зохицох чадвар сайн, тарьцын амьдрах чадвар өндөр байгааг илтгэж байна.

Мөн эх ой, өсвөр моддын ишний усны потенциалын төлөв байдлыг үнэлэх замаар ойжуулалт хийсэн тарьцын хуурайшилт тэсвэрлэх чадварыг дам байдлаар үнэлсэн дүнгээс харахад ойжуулалт хийсэн тарьцын усны стресст өртөж буй байдал харьцангуй бага, улмаар ургах орчинд дасан зохицох чадвар сайн байгааг илтгэж байна.

Иймээс түймэр болон огтлолтын нөлөөгөөр доройтолд өртөж, ойгүй болсон талбайд Сибирь шинэсний тарьцаар ойжуулалт хийхэд дасан зохицох чадвар сайн, тарьцын амьдрах чадвар өндөр байгааг экофизиологийн хэмжилтийн үр дүн илтгэж байна.

## ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг “Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн түймэр, хортонд өртөж доройтсон ойг нөхөн сэргээх үндэслэл” сэдэвт суурь судалгааны хүрээнд гүйцэтгэсэн бөгөөд хээрийн судалгаа гүйцэтгэхэд туслалцаа үзүүлсэн Ойн нөөц, ой хамгааллын салбарын эрдэмтэн судлаачид, МУИС-ийн Ойн генетик, экофизиологийн лабораторийн эрхлэгч, профессор Н.Батхүү болон судлаач оюутнуудад талархал илэрхийлье.

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1]. K. M. Abbass et al., “A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures”. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 29, pp. 42539-42559, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- [2]. UN General Assembly, “Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa”. A.AC.241/27. United Nations: New York, 1994.
- [3]. Ch. Dulamsuren, M. Hauck, Kh. Mookhor, and C. Leuschner, “Diverging climate trends in Mongolian taiga forests influence growth and regeneration of *Larix sibirica*”. *Oecologia*. Vol. 163, pp. 1091-1102, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1689-y>
- [4]. Ц. Дашзэвэг, Монгол орны шилшүүст ойн нөхөн сэргээх шинжлэх ухааны

- үндэслэл. Улаанбаатар: “Согоо нуур” хэвлэлийн үйлдвэр, -224 х, 2014.
- [5]. Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн ойн экосистемийн судалгаа, Сэдэвт ажлын тайлан. Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн. Улаанбаатар, -188 х. 2015.
- [6]. Ч. Доржсүрэн, “Структура и антропогенная динамика растительных сообществ лиственных лесов Монголии”, дисс. ... док. биол. наук. - Красноярск, - 111 с. 2006.
- [7]. Ч. Доржсүрэн, Ч. Дугаржав, Г. Цэдэндаш, Ж. Түшигмаа болон Б. Хосбаяр, “Монгол орны ой-ургамалжлын шинэчилсэн мужлал”. “Монгол орны ойн нөхөн сэргээлтийн өнөөгийн байдал, цаашдын чиг хандлага” сэдэвт үндэсний тавдугаар хурлын эмхтгэл. Улаанбаатар, х.13-14, 2021.
- [8]. Н. П. Анучин, “Лесная таксация”, -Москва, - 522 с. 1977.
- [9]. А. Г. Мошкалев и др. “Закладка лесотаксационных и дешифровочных пробных площадей”. - Ленинград , - 78 с. 1988.
- [10]. R. O. Curtis, “Procedures for Establishing and Maintaining Permanent Plots for Silvicultural and Yield Research”. USDA. Forest Service General Technical Report. PNW, pp.155-156, 1983. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-155>
- [11]. R. J. Strasser, A. Srirastava, and M. Tsimilli-Michael. “The fluorescence transient as a tool to characterise and screen photosynthetic samples,” Taylor & Francis, Bristol, U.K. pp. 445-483, 2000.
- [12]. M. A. Yusuf et al., “Overexpression of  $\gamma$ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. *Biochim. Biophys. Acta.* Vol. 1797. Issue 8, pp. 1428-1438, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2010.02.002>
- [13]. F. Scholander, H. T. Hammel, E. A. Hemmingsen, and E. D. Bradstreet, “Hydrostatic Pressure and Osmotic Potential in Leaves of Mangroves and Some Other Plants”. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 52, no. 1, pp. 119-125, 1964. <https://doi.org/10.1073/pnas.52.1.119>
- [14]. J. Roberts, F. Christine, J. Pymar, S. Wallace, and M. Pitman, “Seasonal Changes in Leaf Area, Stomatal and Canopy Conductances and Transpiration from Bracken Below a Forest Canopy”. *Journal of Applied Ecology* Vol. 17, No. 2, pp. 409-422, 1980. <https://doi.org/10.2307/2402336>
- [15]. J. Lippu, “Assimilation and allocation of carbon in Scots pine seedlings during shoot elongation and as affected by soil temperature,” Doctoral thesis. Univ. Helsinki Dept. For. Ecol. Publications. 1998.
- [16]. B. J. Hawkins, S. B. R. Kiiskila, and G. Henry, “Biomass and nutrient allocation in Douglas-fir and amabilis fir seedlings: Influence of growth rate and temperature,” *Tree Physiol.* Vol. 19. pp. 59-63, 1999. <https://doi.org/10.1093/treephys/19.1.59>
- [17]. A. K. Jägerbrand, G. Kudo, “Short-Term Responses in Maximum Quantum Yield of PSII (Fv/Fm) to ex situ Temperature Treatment of Populations of Bryophytes Originating from Different Sites in Hokkaido Northern Japan,” *Plants.* Vol. 5, pp. 22, 2016. <https://doi.org/10.3390/plants5020022>

- [18]. L. Guidi, L. Piccolo, and M. Landi, "Chlorophyll Fluorescence, Photo inhibition and Abiotic Stress: Does it Make Any Difference the Fact to Be a C3 or C4 Species?," *Front. Plant Sci.* 10:174. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00174>
- [19]. S. Byambadorj et al., "Leaf morpho-physiological traits of *Populus sibirica* and *Ulmus pumila* in different irrigation regimes and fertilizer types," *Peer J* 11: e16107. 2023. <https://doi.org/10.7717/peerj.16107>
- [20]. T. N. Erika et al., "Diurnal and Seasonal Water Relations of the Desert Phreatophyte *Prosopis Glandulosa* (Honey Mesquite) in the Sonoran Desert of California," *Ecology*. Vol.64, Issue 6. pp. 1381-1393, 1983. <https://doi.org/10.2307/1937492>
- [21]. Ц. Цэндээхүү ба Ц. Энхтуяа. Ургамлын физиологи. Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг, 2009.
- [22]. Ts. Enkhchimeg, B. Ser-Oddamba, D. Narantugs, A. Khaulanbek, and N. Batkhuu, "Comparison of Shoot Water Potential in Plantation and Natural Forest Trees of *Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey) Bunge ex Fenzl Desert Region, Mongolia," *Advances in Engineering Research*, vol. 206, pp. 20-25, 2021.