

## Морин тэсэг (*Ceratoides arborescens*)-ийн ган тэсвэрлэх чадварын судалгаа

Ж. Цэнгэл<sup>1</sup>, Норовсамбуугийн Тогтохбаяр<sup>2</sup>, Товуугийн Алтанзаяа<sup>2</sup>, Ванжилдоржийн Энхчимэг\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Хөх хотын Хөдөө аж ахуй, мал аж ахуйн шинжлэх ухааны академи, Хөх хот, БНХАУ

<sup>2</sup> Мал аж ахуй, биотехнологийн сургууль, ХААИС, Зайсан 17024, Улаанбаатар

\*Холбоо баригч зохиогч: [enkhchimeg.v@muls.edu.mn](mailto:enkhchimeg.v@muls.edu.mn)

 - <https://orcid.org/0000-0002-5919-0350>

Хүлээн авсан: 14.10.2020

Хянасан: 18.01.2021

Хэвлэлтэд орсон: 08.02.2021

### Хураангуй

Морин тэсэг нь удаан хугацааны туршид усгүй, гантай нөхцөлд амьдарч чаддаг ургамлуудын нэг юм. Тэсгийн төрлийн ургамлыг бэлчээр сайжруулахад ашиглах боломжтой бөгөөд хуурай уур амьсгалтай улиралд малын гол тэжээл болохоос гадна элсэрхэг хөрсөнд ургаж, элсний нүүдлийг зогсооход чухал нөлөөтэй. Бид энэхүү судалгаанд Морин тэсгийн Хорчин ба Улаанцав хэмээх 2 экотипийг ердийн усалгаатай нөхцөлд болон зохиомлоор гангийн стресст оруулсан нөхцөлд харьцуулан судалж гангийн стресс тэсвэрлэх чадварыг нь тогтоов.

Гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам фотосинтезийн эрчим болон хлорофиллын агууламж хоёр экотипийн морин тэсэгт буурч байсан хэдий ч Хорчин тэсгийнх Улаанцав тэсгийнхээс 2.69% болон 0.19%-иар тус тус их байв. Гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тутам Морин тэсгийн хоёр экотипийн пролин ба малондиальдегидын агууламж нэмэгдэж байв. Супероксид дисмутаза (SOD) болон каталаза (CAT)-ийн идэвхжилт гангийн стрессийн үргэлжлэх эхний үед нэмэгдэж, дараа нь буурах зүй тогтолтой байсан бөгөөд Хорчин экотип нь Улаанцав экотипээс ганд илүү тэсвэртэй болох нь тогтоогдлоо.

**Түлхүүр үгс:** хлорофилл, пролин, малондиальдегид, физиологийн үзүүлэлт, ган тэсвэр

### Оршил

Ургамалд стресс үүсгэдэг абиотик хүчин зүйлүүдэд температурын өөрчлөлт, усны хомсдол, давсны өндөр концентраци, нарны хэт хурц гэрэл зэрэг орно. Ийм тохиромжгүй нөхцөл бүрдэхэд түүнийг даван туулах физиологи, биохимийн онцлог шинж ургамалд бий болдог. Сүүлийн үед ургамалд стресс үүсгэдэг хүчин зүйлүүдэд ургамлын зүгээс яаж хариу үйлдэл үзүүлдэг, хэрхэн сөрж тэсвэрлэдэг, цаашид хэрхэн тэсэн амьдардаг физиологийн шалтгаан, генотипийн үндсийг илрүүлэх, улмаар таримал ургамлын ургац, бүтээмжийг нэмэгдүүлэх, сортын стресс тэсвэрийг сайжруулах арга замыг тогтоох чиглэлээр судалгаа шинжилгээний ажлууд эрчимтэй хийгдэж байна.

Ургамлын ган тэсвэрт чанарын чухал үзүүлэлтийн нэг бол пролины хуримтлал юм. Пролин нь амин хүчлүүдийн доторх хамгийн хэрэгцээтэй осмос тохируулагч болдог бөгөөд

чөлөөт хэлбэрээр ургамлын биед их хэмжээгээр оршдог. Ургамалд агуулагдаж байгаа пролины хуримтлал нь эс болон гадаад орчны осмосын тэнцвэрийг барьж ургамлын биеэс усны алдагдалтыг саатуулж, уургийн тогтворт чанарт нөлөөлдөг [1]. Ургамлын эсийн мембраны тогтвортой бат бэх шинж нь гангийн стресс тэсвэржих чадварыг илэрхийлэх физиологийн чухал индикатор юм [2]. Гангийн стресс буюу усны хомсдол нь навчны усны агууламжийг бууруулж фотосинтезийн идэвх, мембраны тогтвортой шинжийг алдагдуулан липидийн давхрааг исэлдүүлж мембраныг эвдрэлд оруулах гол шалтгаан болдог [3]. Эсийн бүрхүүлийн ханаагүй тосны хүчлийг исэлдүүлснээр эцсийн бүтээгдэхүүн болох малондиальдегидыг үүсгэдэг. Малондиальдегид нь липидийн хэт исэлдэлтийн үеийн гол бүтээгдэхүүн болдог учир түүний хэмжээгээр эсийн мембраны

бүтцийн эвдрэлийн хэмжээг үнэлэн тогтоодог [4]. Ганд тэсвэртэй ургамал нь удаан хугацааны туршид усгүй нөхцөлд амьдарч чаддаг онцлогтой бөгөөд хэт гантай нөхцөл буюу цөл газарт гангийн стресст дасан зохицож амьдрах чадвар нь өндөр байдаг [5]. Ийм онцлог ургамлуудын нэг бол луулийн овгийн эртний төрлийн нэг болох тэсэг (*Ceratoides* (Tourn) Gagnebin) юм. Тэсгийн төрлийн ургамлыг бэлчээр сайжруулахад ашиглах боломжтой бөгөөд хуурай уур амьсгалтай улиралд малын гол тэжээл болохоос гадна элсэрхэг хөрсөнд ургаж, элсний нүүдлийг зогсооход чухал нөлөөтэй. Морин тэсэг нь 1-2.5 м өндөр ургадаг,

## Материал, арга зүй

### Ургамлын дээжийг судалгаанд бэлтгэх

Морин тэсгийн экотип тус бүрийг 4 давталттай, 6 хувилбараар, амсрын диаметр нь 30 см, ёроол нь 25 см, өндөр нь 28 см нийт 24 хоовон саванд элсэрхэг хөрсөнд тарьж, 5 долоо хоногийн турш ургуулан, 15-20 орчим см өндөртэй болоход нь хэвийн услалтыг нь хязгаарлан гангийн стресст оруулав. Гангийн стресс үйлчилснээс хойш 3, 6, 9, 12, 15 дахь өдрүүдэд ганд тэсвэр чанарт хамааралтай индексүүдийг тодорхойлж, харин хяналтын ургамлыг хэвийн усалгаагаар хангаж байв.

### Тоон боловсруулалт

Туршилт бүрийг 4 давталттай хийж, тоон боловсруулалтыг SPSS 22.00 программын General Linear, Model Univariate тест, SPSS 22.0 программын One way Anova-аар тестээр бодит ялгааг бодож гаргав.

### Фотосинтезийн эрчим ба хлорофиллын агууламжийг тодорхойлох

Хлорофиллын агууламжийг Порра (1989) арга зүйн дагуу [6] спектрофотометр ашиглан

хос үрийн талт, олон наст сөөгөнцөр ургамал юм. Тэсгийн төрлийн ургамлын биеийн гадаргууг бүрхсэн цацраг үс нь нарны цацрагийн тусгалын нэг хэсгийг ойлгож, шууд цацрагийн нөлөөгөөр үүсдэг ургамлын эсийн хананы гэмтлийг багасгаж, усны ууршилтыг бууруулдаг учир стресс тэсвэрлэх чадавхийг нь нэмэгдүүлдэг байна. Бид энэхүү судалгаанд морин тэсгийн Хорчин ба Улаанцав гэсэн 2 экотипийг ердийн усалгаатай болон зохиомлоор гангийн стресст оруулсан нөхцөлд харьцуулан судалж гангийн стресс тэсвэрлэх чадварыг нь тогтоох зорилгыг тавилаа.

тодорхойлов. Дээжинд 0.2 г навчийг сонгон авч 80%-ийн ацетонор хандалж бэлтгэв. 663-645 нм гэрлийн шингээлтээр спектрофотометрээр хэмжинэ. Фотосинтезийн эрчмийг Li-6400 багаж ашиглан хэмжилт хийв. Гангийн стресст оруулсны дараах 3, 6, 9, 12, 15 дахь өдөр өглөөний 8-9 цагийн турш 3-4 навчийг сонгож хэмжилт хийв.

### Малондиальдегид (MDA)-ын агууламжийг тодорхойлох

MDA-ын агууламжийг Хит (1968) арга зүйн дагуу [7] тодорхойлов. 0.25 г дээжинд 4 мл  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ -ийн буфер уусмал нэмж, усан баннд 5 мл болтол байлгаад центрифугийн 6000 эрг/мин-д 30 минут центрифугдсэний дараа тасалж авсан 2 мл уусмал дээр 0.6%-ийн тиобарбитурины хүчил (ТВА)-ын уусмал нэмэн 15 минут буцалсан усанд халаагаад, маш хурдан хөргөж центрифугийн 2000 эрг/мин-д 15 минут центрифугдэнэ. Супернатантыг гарган авч 532-600 нм-ийн гэрлийн шингээлтээр хэмжилт хийв.

$$\text{Малондиальдегид (MDA)-ын агууламж (нмоль/Fw)} = (\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600} * R * V_1) / (0.155 * V_2 * W)$$

R- урвалын шингэний нийт хэмжээ

W- дээжний жин, г

$V_1/V_2$ - тасалж авсан уусмалын хэмжээ/ нийт уусмалын хэмжээ

0.155- Малондиальдегид (MDA)-ын моль.

Уусмалын гэрэл шингээх чадавхи ( $\text{MDA} = \text{нмоль/мл}$   $\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600} = 0.155$ ) [ $\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600} / 0.155$ -ын нэгж нь 1 нмоль MDA/мл)

### Пролин тодорхойлох

Навчны 0.5 г жижиглэсэн дээжинд 5 мл 3% сульфосалицилийн хүчлийн уусмал нэмж шилэн бөмбөг бүхий усанд 10 минут буцалгана. Дараа нь дахин хөргөж хуруу шил бүрт нь 5 мл толуолын уусмал хийж сайтар сэгсрээд дээд

давхаргыг авч, 520 нм-ийн долгионы уртад калориметрийн аргыг ашиглан хэмжилт хийв. Стандарт муруйг тодорхойлж уусмалын пролины концентрацийг олж, дараах томъёоны дагуу пролины хувийг тооцов.

$$\text{Пролин [мкг/г (хуурай болон цэвэр жин)]} = (C V / a) / W$$

C-стандарт муруйтай авсан ханд (мкг)  
 B-пролины хуримтлал  
 V-ханд (мл) нийт хэмжээ  
 a-хэмжилтийн-сорох хэмжээ  
 W- дээжний жин

*Супероксид дисмутаза (SOD)-гийн идэвхжилтийг тодорхойлох*  
 Супероксид дисмутаза (SOD)-ийн идэвхжилтийг Терзи (2006) арга зүйн дагуу [8] тодорхойлов. Ургамлын навчнаас 0.5 г авч дээр нь 1mM этилендиаминететрацетик хүчил (EDTA), 0.05% тритон ба 2% поливинилполипирролидон

(PVPP) агуулсан фосфатын буфер уусмалаас (pH 7.0) 1 мл хийж нунтаглана. Нунтагласан холимог дээр ижил буферын уусмалаас нэмж 5 мл болгов. 2 мл уусмалыг авч 1000 эрг/мин хурдтайгаар 20 мин центрифугдэв. Дээд давхаргын уусмал нь SOD-ын ханд болно. Урвал явагдаж дууссаны дараа гэрлийн нягтыг хэмжив.

$$\text{SOD идэвхжилт} = ((A_{ck} - AE) \times V) / (A_{ck} \times 0.5 \times W \times V_i)$$

A<sub>ck</sub>- гэрлийн хоолойны гэрэл шингээлтийн хэмжээ  
 AE- дээжний хоолойны гэрэл шингээлтийн хэмжээ  
 V<sub>i</sub>- хэмжилтэд хэрэглэх дээжний хэмжээ  
 V- уусмалын эзэлхүүн  
 W- дээжний жин

*Каталаза (CAT)-ийн идэвхжилтийг тодорхойлох*  
 САТ-ийн идэвхжилтийг Бергмейер (1970) арга зүйн дагуу [9] тодорхойлов. 0.5 гр навчны дээжийг 1.5мл Tris-HCl (pH 7.8) буфер уусмал (0.1 М EDTA, 0.2% TritonX-100 бүхий) ашиглан сайтар нунтаглаж холимгийг 4°C орчинд 14 000 эрг/мин-д 30 минут центрифугдэнэ.

Супернатантыг энзимийн идэвхи тодорхойлоход ашиглах бөгөөд фосфатын буфер (pH7) уусмалаар (0.1 М EDTA бүхий ) 1000 мл болтол нь шингэрүүлж 0.1 мл H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> нэмж 240 нм-ын гэрлийн шингээлтээр хэмжилт хийв.

**Судалгааны үр дүн**

Туршилтаас үзэхэд гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам морин тэсгийн хоёр экотипийн фотосинтезийн эрчим буурч байв. Гангийн стрессийн үед ургамлын

фотосинтезэд саатал учирснаар түүний фотосинтезийн эрчим буурч хлорофиллын агууламж багасдаг [3].

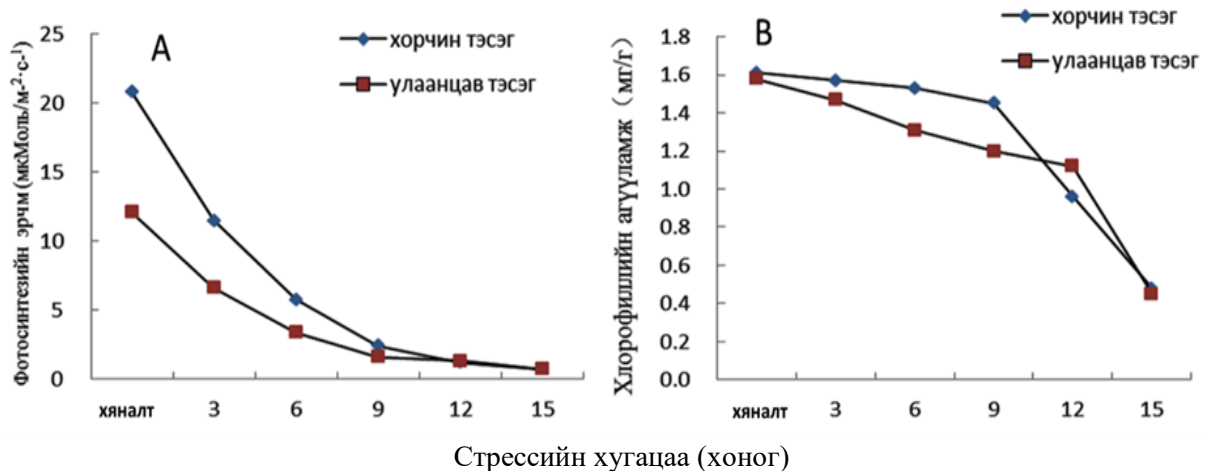


Figure 1. The effect of drought stress on photosynthesis rate (A) and chlorophyll content (B)

Хорчин тэсгийн фотосинтезийн эрчим гангийн стресст оруулсаны дараах 3, 6, 9, 12, 15 дахь өдөр хяналттай харьцуулахад 44.8%, 72.2%, 88.3%, 94.1%, 96.5%, Улаанцав тэсгийнх 45.3%, 72.0%, 86.8%, 88.9%, 94.1% тус тус буурч байна. Гангийн стресст орсоны дараах 3-9 дэхь өдрийн хооронд Хорчин тэсгийн фотосинтезийн эрчим Улаанцавынхаас өндөр байна (Зураг 1). Хлорофиллын агууламж гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам хоёр экотипийн

морин тэсэгт буурч байв. Тухайлбал Хорчин тэсгийн хлорофиллын агууламж гангийн стресст оруулсаны дараах 3, 6, 9, 12, 15 дахь өдөр хяналттай харьцуулахад 2.5%, 4.9%, 9.9%, 40.4%, 70.2%, Улаанцав тэсгийнх 6.9%, 17.1%, 24.1%, 29.1%, 71.5% тус тус буурчээ. Гангийн стресст орсон эхэн үед буюу 3-9 дэхь өдрүүдэд Хорчин тэсгийн хлорофиллын агууламж Улаанцавынхаас 4-7% -иар их байна (Зураг 1).

### Морин тэсгийн пролин болон малондиальдегидийн агууламжид гангийн стрессийн үзүүлэх нөлөө

Пролины хуримтлал бол ургамал ганд дасан зохицох чухал нөхцөл болдог. Пролин нь бие

махбодын эсийн протоплазм болон гадаад орчны хоорондох тэнцвэрийг барьж усны алдагдлыг багасгадаг. Мөн уургийн чанарт нөлөөлж уусах чанарыг нэмэгдүүлэн уусамтгай уургийн хэмжээг багасгаж мембраны бүтцийг хамгаална.

Table 1

Content of proline and malondialdehyde

Стресст орсон хугацаа (хоногоор)	Пролин (мкг/г) (цэвэр жин)		Малондиальдегид (мкмоль/г) (цэвэр жин)	
	Хорчин Тэсэг	Улаанцав тэсэг	Хорчин тэсэг	Улаанцав тэсэг
Хяналт	4.6193 <sup>a</sup>	5.7551 <sup>a</sup>	3.0763 <sup>a</sup>	3.2512 <sup>a</sup>
3	5.1217 <sup>a</sup>	6.0153 <sup>a</sup>	3.1682 <sup>a</sup>	3.7548 <sup>b</sup>
6	6.8717 <sup>b</sup>	6.4018 <sup>a</sup>	3.7728 <sup>b</sup>	4.1318 <sup>b</sup>
9	14.4257 <sup>c</sup>	9.1542 <sup>b</sup>	4.7034 <sup>c</sup>	4.6071 <sup>c</sup>
12	22.9172 <sup>d</sup>	16.2781 <sup>c</sup>	6.3181 <sup>d</sup>	6.2233 <sup>d</sup>

*Ялгаатай үсэг нь экотипүүдийн SPSS 22.0 программын One way Anova-аар бодит ялгааг бодож гаргав.*

Гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тутам хоёр экотипийн морин тэсгийн пролины агууламж нэмэгдэж, стресст оруулсаны дараах 12 дахь өдөр пролины агууламж хамгийн дээд цэгт хүрч Хорчин тэсгийнх 22.92 мкг/г, Улаанцав тэсгийнх 16.28 мкг/г хүрч байв (Хүснэгт 1). Гангийн стресст оруулсаны дараах 3, 6, 9, 12 дахь өдөр Хорчин тэсгийн пролины агууламж хяналттай харьцуулахад 10.9%, 48.8%, 212.3%, 396.1% нэмэгдэж, Улаанцав тэсгийнх 4.5%, 11.2%, 59.1%, 182.8% тус тус нэмэгджээ. Гангийн стрессийн эхэн үед пролины хуримтлагдах хэмжээ хоёр экотипд адил байсан бол 9 хоногоос эхлэн Хорчин тэсэгд пролин хуримтлагдах нь Улаанцав тэсгийнхээс илэрхий хурдан болсон.

Малондиальдегид нь липидийн исэлдэх үеийн гол бүтээгдэхүүн бөгөөд хоруу чанар ихтэй учир мембраныг гэмтээж үйл ажиллагааг нь

доголдуулдаг. Малондиальдегидийн өөрчлөлт нь стрессийн үед эс дэх чөлөөт бүлгийн хуримтлалаас үүссэн мембраны липидийн исэлдэлтийг тодорхойлдог. Гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам хоёр экотипийн морин тэсгийн малондиальдегидын агууламж нэмэгдэж байв. Хорчин тэсгийн малондиальдегидын агууламж гангийн стресст оруулсаны дараах 3, 6, 9, 12 дахь өдөр хяналттай харьцуулахад 2.9%, 22.6%, 52.9%, 105.4%, Улаанцав тэсгийн 15.5%, 27.1%, 41.7%, 91.4% -иар тус тус нэмэгджээ. Гангийн стресст оруулсаны дараах 9 өдрөөс өмнө Улаанцав тэсгийн малондиальдегидын агууламж нь Хорчин тэсгийнхээс мэдэгдэхүйц их байсан бол 9 болон 12 дахь өдөр хоёр экотипийн морин тэсгийн малондиальдегидын агууламж адил болов (Хүснэгт 1).

### Гангийн стрессийн үед супероксид дисмутаза болон каталаза-гийн идэвхжилт

Супероксид дисмутаза (SOD) нь эс дэх исэлдэх процессын дүнд үүссэн чөлөөт радикалыг саатуулах антиоксидант үйлчлэлтэй ферментүүдийн нэг юм. Морин тэсгийн хоёр

экотипийн супероксид дисмутазагийн идэвхжилт нь гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацааг уртасгах тусам эхний үед нэмэгдээд дараа нь буурсан зүй тогтолтой байсан бөгөөд Хорчин тэсгийн SOD-ийн идэвхжилт Улаанцав тэсгийнхээс өндөр байв (Хүснэгт 2).

Table 2

The effect of drought stress on content of superoxide dismutase and catalase in *Ceratoides arborescens*

Стрессд орсон хоногийн тоо	Супероксид дисмутаза (SOD) (нэгж·г /мин) (цэвэр жин)		Каталаза (CAT) (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> мг/мин) (цэвэр жин)	
	Хорчин Тэсэг	Улаанцав Тэсэг	Хорчин Тэсэг	Улаанцав Тэсэг
Хяналт	87.8286 <sup>a</sup>	80.4114 <sup>b</sup>	0.4127 <sup>a</sup>	0.2723 <sup>a</sup>
3	95.2487 <sup>b</sup>	87.0381 <sup>a</sup>	0.4641 <sup>a</sup>	0.3183 <sup>ab</sup>
6	112.5410 <sup>c</sup>	111.9205 <sup>c</sup>	0.7392 <sup>b</sup>	0.4574 <sup>c</sup>
9	95.1857 <sup>b</sup>	86.5437 <sup>a</sup>	0.4347 <sup>a</sup>	0.3327 <sup>b</sup>
12	81.3451 <sup>d</sup>	78.3406 <sup>d</sup>	0.3163 <sup>c</sup>	0.2624 <sup>d</sup>

Ялгаатай үсэг нь экотипүүдийн  $P < 0.05$  –ын түвшний бодит ялгааг илэрхийлнэ. SPSS 22.0 программын One way Anova–аар бодит ялгааг бодож гаргав.

Супероксид дисмутазагийн идэвхжилт гангийн стресс оруулсаны дараах 6 дахь өдөрт хамгийн дээд хэмжээндээ хүрч, Хорчин тэсгийнх 112.54 нэгж/г/мин, хяналттай харьцуулахад 28.1% нэмэгдэж, Улаанцав тэсгийнх 111.92 нэгж/г/мин болж, хяналттай харьцуулахад 39.2% нэмэгдээд дараа нь буурч байлаа. Гангийн стресс оруулсаны дараах 12 дахь өдөр супероксид дисмутазагийн идэвхжилт хамгийн доод хэмжээндээ хүрч, хяналттай харьцуулахад Хорчин тэсгийнх 7.4%, Улаанцав тэсгийнх 2.6% багассан байна.

Каталаза нь ургамлын хэт илүүдэл H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ийг арилган мембраны бүтцийг хамгаалдаг. Гангийн стрессийн нөхцөлд хоёр экотипийн морин тэсгийн САТ-ийн идэвхжилтийн өөрчлөлт нь

### Гангийн стрессийн үеийн физиологи, биохимийн үзүүлэлт болон ганд тэсвэрт чанарын хоорондох харьцааны үнэлэлт

Морин тэсгийн хоёр экотипийн ганд тэсвэрт чанар нь усны агууламж, усны дутагдлын хэмжээ, навчны чийгтэй нягт холбоотой байж, тэдгээрийн ганд тэсвэрт чанарыг бий болгох чухал нөхцөл болдог. Гангийн стрессийн үеийн навчны чийг, усны агууламж, усны дутагдлын

SOD-ийн өөрчлөлттэй ижил зүй тогтолтой байв. Гангийн стресс оруулсаны дараах 6 дахь өдөр хоёр экотипийн морин тэсгийн САТ-ийн идэвхжилт эрс нэмэгдэж хамгийн дээд хэмжээнд хүрч, Хорчин тэсгийнх 0.74 мг H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> цэвэр жин/мин, Улаанцав тэсгийнх 0.46 мг H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-цэвэр жин/мин болсон ба хяналттай харьцуулахад дээрх дарааллаар 79.1%, 68.0% тус тус нэмэгджээ. Харин 12 дахь өдөр САТ-ийн идэвхжилт хамгийн бага хэмжээнд хүрч, хяналттай харьцуулахад Хорчин тэсгийнх 23.4%, Улаанцав тэсгийнх 3.6%-иар тус тус багассан байна. Гангийн стрессийн нөхцөлд Хорчин тэсгийн САТ-ийн идэвхжлийн нэмэгдэх хэмжээ нь Улаанцав тэсгийнхээс илүү байлаа (Хүснэгт 2).

хэмжээ, фотосинтезийн эрчим, хлорофиллын агууламж, пролины агууламж, малондиальдегидийн агууламж, супероксид дисмутаза ба каталазагийн идэвхжилт зэрэг үзүүлэлтүүдийг сонгон авч [10] тоон боловсруулалт хийж ган тэсвэрт чанарыг харьцуулан үзэхэд Хорчин тэсгийн ганд тэсвэрт чанар нь Улаанцав тэсгийнхээс илүү өндөр байна (Хүснэгт 3).

Table 3

Comparison of drought tolerance characteristics of two ecotypes

Төрөл	Хорчин тэсэг	Улаанцав Тэсэг
навчны чийг (%)	2	1
усны агууламж (%)	2	1
усны дутагдлын хэмжээ (%)	2	1
фотосинтезийн эрчим (мкмоль/м <sup>2</sup> /с <sup>-1</sup> )	2	1
хлорофиллын агууламж (мг/г)	2	1
пролины агууламж (мкг/г)	2	1
малондиальдегидийн агууламж (мкмоль/г)	2	1
супероксид димутазагийн идэвхжилт (нэгж·г /мин)	1	2
каталазагийн идэвхжилт (мгН <sub>2</sub> О <sub>2</sub> /мин)	1	2
<b>Нийт дүн</b>	<b>16</b>	<b>11</b>

### Шүүн хэлэлцэхүй

Гангийн стрессийн үед ургамлын навчны талбай багасч, амьсгал хурдасч, навчин дахь нүүрстөрөгчийн зөөвөрлөлт болон тогтворжилт өөрчлөгдөн фотосинтезийн бүтээгдэхүүний зөөвөрлөлт саатаж фотосинтезийн процесс зогсож, хлорофиллын агууламж буурдаг [11]. Бидний судалгаагаар гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам хоёр экотипийн морин тэсгийн хлорофиллын агууламж буурч байна. Хорчин тэсгийн навчны хлорофиллын агууламж нь Улаанцав тэсгийнхээс их байгаа нь гангийн стрессийн үед түүний фотосинтезийн процесс харьцангуй тогтвортой байгааг харуулж байна.

Гангийн стрессийн үед ургамлын навчны амсар хаагдахад нүүрстөрөгчийн давхар ислийн дутагдал бий болсноос фотосинтезийн эрчим буурдагийг тогтоосон [12] бол зарим судалгаагаар гангийн стресс нь навчны эс болон хлоропластыг гэмтээдгийг илрүүлсэн [13]. Бидний судалгаагаар гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам хоёр экотипийн Морин тэсгийн фотосинтезийн эрчим буурч байсан ба Хорчин тэсгийнх Улаанцавынхаас их байгаа нь түүний фотосинтезийн процессоо хадгалах чадвар харьцангуй илүү болохыг харуулж байна.

Гангийн стрессийн үед навчин дахь пролины агууламж нь эрс нэмэгдэж байсныг Яламын модны [14] болон эрдэнэ шишийн судалгаан дээр тогтоожээ [15]. Стрессийн хэмжээ бага үед төрлүүдийн хооронд бодит ялгаа ажиглагдахгүй байсан ч стрессийн хэмжээ нэмэгдэх тусам ганд тэсвэртэй эрдэнэшишийн пролины агууламж нь

эрс нэмэгдэж, осмосын даралтыг зохицуулахад оролцож, гангийн стрессийн үзүүлэх хор хөнөөлийг бууруулж байв. Стрессийн үед пролин нь осмос даралтыг зохицуулахад оролцон, уургийг тогтворжуулан, бодисын солилцоог хэвийн явуулахад тусалдаг төдийгүй пролины агууламж нь физиологийн хэвийн үйл ажиллагааны алдагдлын илрэл болдог [16]. Бидний судалгаагаар гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам морин тэсгийн хоёр экотипд пролины хэмжээ нэмэгдэж байгаа нь дээрх судлаачдын судалгааны дүнтэй нийцэж байна.

Малондиальдегид нь мембраны липидийн исэлдэх үеийн гол бүтээгдэхүүний нэг бөгөөд хоруу чанар өндөртэй. Малондиальдегид нь мембран болон эсийн уураг, нуклейн хүчил, ферментийн идэвхи зэргийг сулруулж мембраны бүтэц, үйл ажиллагааг алдагдуулдаг. Гангийн стрессийн хэмжээ нэмэгдэхтэй зэрэгцэн малондиальдегидийн агууламж эрс нэмэгдэнэ. Бидний судалгаагаар гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам хоёр экотипийн морин тэсгийн малондиальдегидийн хэмжээ нэмэгдэж байгаа нь тэдгээрийн мембраны гэмтэл их байгааг харуулж байна.

Эрдэнэ шишийн ганд тэсвэртэй хэд хэдэн зүйлд хийсэн судалгаагаар гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам SOD болон CAT-ийн идэвхижилт буурах зүй тогтолтойг илрүүлжээ [15]. Гангийн стрессийн үед чихэр өвс [17], хайтан цэцгийн [18] төрлүүд дээр SOD-ийн идэвхжилт эхэн үедээ нэмэгдээд, цаашид буурч байжээ. Бидний судалгаагаар хоёр экотипийн

морин тэсгийн SOD-ийн идэвхжилт гангийн стрессийн эхний үед нэмэгдэж, дунд үед хамгийн өндөр хэмжээнд хүрч, цаашдаа буурч хамгийн бага хэмжээнд хүрч байв. Гангийн стрессийн хугацаанд CAT-ийн идэвхжилтийн зүй тогтол нь SOD-тай төстэй бөгөөд стрессийн эхэн үеэс нэмэгдэж, дунд үед хамгийн өндөр хэмжээнд хүрч, цаашдаа буурах зүй тогтолд шилжсэн. Энэ нь тэдгээрийн зохицуулах механизм өөр өөр байгаатай холбоотой юм. Хорчин тэсгийн SOD болон CAT-ийг идэвхжүүлэх чадвар Улаанцавынхаас илүү сайн болохыг харуулж байна. SOD болон CAT ферментийн идэвхжилт гангийн стрессийн эхний үед нэмэгдэж дараа нь

### Дүгнэлт

Морин тэсгийн хоёр экотипийн ганд тэсвэрлэх чанарыг тэдгээрийн фотосинтезийн эрчим, хлорофилл, пролин, малондиальдегидийн агууламж, супероксид дисмутаза болон каталазагийн идэвхжилт дээр нь тулгуурлан харьцуулан үзэхэд Морин тэсгийн Хорчин экотип нь Улаанцав экотипээс ганд илүү тэсвэртэй болох нь тогтоогдлоо. Хорчин тэсгийн малональдегидийн агууламж гангийн стресст оруулсаны дараах 12 дахь өдөр хяналттай харьцуулахад 105.4%, Улаанцав тэсгийн 91.4% тус тус нэмэгдэж байсан бол пролины агууламж Хорчин тэсгийнх 22.92 мкг/г, Улаанцав тэсгийнх

буурч байгаа нь гангийн стресс ургамлын биед их хэмжээтэй хүчилтөрөгчийн исэлдүүлэгч молекул (Reactive oxygen species-ROS) болон чөлөөт радикалуудыг өдөөн үүсгэж, тэнцвэрийг алдагдуулдаг. Энэ үед ургамал өөрийгөө хамгаалах үйлдэлтэй ферментүүдийг ялгаруулж, хүчилтөрөгчийн исэлдүүлэгч молекул болон чөлөөт радикалыг устгадаг. Гэвч ургамлын өөрийгөө хамгаалах үйлдэлтэй фермент ялгаруулах чадвар хязгаартай учраас стрессийн хэмжээ зохих хязгаараас хэтрэх үед хамгаалах үйлдэлтэй ферментүүдийн идэвхжилт эрс буурч байна.

16.28 мкг/г хүрч байгаа нь ган тэсвэрт чанарын чухал үзүүлэлтийн нэг болох пролины хуримтлалаар Хорчин тэсэг илүү болохыг харуулж байна. Гангийн стрессийн үргэлжлэх хугацаа уртсах тусам фотосинтезийн эрчим болон хлорофиллын агууламж хоёр экотипийн морин тэсэгт буурч байсан хэдий ч Хорчин тэсгийнх Улаанцав тэсгийнхээс 2.69% болон 0.19%-иар тус тус их байв. Супероксид дисмутаза (SOD), каталаза (CAT)-ийн идэвхжилтийн зүй тогтол болон ганд тэсвэрт чанарын үзүүлэлтүүдийн харьцуулалт нь дээрх ерөнхий дүгнэлтийг нотолж байна.

### Ашигласан бүтээлийн жагсаалт

- [1] Boyer J S, Kozlowski T. Ted (1976) Water deficits and plant growth. New York: Academic Press, 153-190
- [2] Kocheva, K., P. Lambrev, G. Georgiev, V. Goltsev and M. Karabaliyeva. 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. Bioelectro Chemistry. 63: 121-124
- [3] Chowdhury J. A. Karim M. A. Khaliq Q. A. and Ahmed H (2017). Effect of drought stress on bio-chemical change and cell membrane stability of soybean genotypes. Bangladesh J. Agril. Res. 42(3): 475-485
- [4] Smirnoff N (1995). Antioxidant systems and plant response to the environment. In: Smirnoff N. [ed.], Environment and plant metabolism: Flexibility and acclimation, 217-243. Bios Scientific Publishers, Oxford
- [5] Michel BE, Kaufmann MR (1973). The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. Journal :Plant Physiology, 51: 914~916
- [6] Porra RJ, Thompson WA, Kriedemann PE (1989) Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophyll a and b with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll by atomic absorption spectroscopy. Biochimica et Biophysica Acta 9 75:384-394
- [7] Terzi R (2006). Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa* ACTA BIOLOGICA CRACOVENSIS Series Botanica 48/2: 89-96, 2006
- [8] Bergmeyer N (1970) Methoden der enzymatischen analyse. Vol. 1. pp. 636-647. (Akademie Verlag, Berlin)
- [9] Qinggele (Ж. Цэнгэл) Морин тэсэг (*Ceratoides arborescens*)-ийн физиологи, биохими, уургийн нийлэгжилтэнд гангийн стрессийн нөлөө: ХААШУ-ны докторын (Ph.D) зэрэг горилсон диссертац: 08.11.01.03/ УБ, 2017, 118х

- [10] Фү Рү Шү (2001) “Сү Тэ ургамлын стресс тэсвэр чанар болон фотосинтезийн судалгаа”, Ү И шинжлэх ухааны сэтгүүл, 17(1): 44-50
- [11] Лү Цун Мин, Зан Чи Дэ (1994) Гангийн стрессийн үед ургамлын фотосистемд үзүүлэх нөлөө, Ургамал судлал сэтгүүл.9-14
- [12] Лин Жин Кэ (1998) Гангийн стрессийн үедэх цайны модны фотосинтезийн өөрчлөлт, Фү Жиэний Тариалангийн Их Сургуулийн сэтгүүл, 27(4): 423-427
- [13] Жан Ли Жүн (1985) Гангийн стрессийн үеийн морин тэсгийн бие дэх пролины хуримтлал болон мембранаар нэврэх чанарын харьцааны судалгаа, Өвөрмонголын Тариалангийн их сургуулийн сэтгүүл, 45-73
- [14] Ма Шиү Фан, Шин Шү Ен (2002). Хэдэн зүйлийн эрдэнэшишийн ганд тэсвэрт чанарыг харьцуулсан физиологи, биохимийн судалгаа. Шин Ян И тариалангийн их сургуулийн сэтгүүл.33(3):167-170
- [15] Зү Зи Ми, Ян Чи (2003) Ургамлын цөлжилтийн явцад дасан зохицуулалтын судалгаа Өвөрмонголын Их Сургуулийн сэтгүүл, 34(1): 103-114
- [16] Ли Мин, Ван Гэн Шүен (2002) Гангийн стрессийн үед Чихэр өвсний мембраны хамгаалалтын ферментийн идэвхжилтэнд үзүүлэх нөлөө. Экологийн сэтгүүл.22(4):503-507
- [17] Ван Ша (1999) Гангийн стресс уд модонд үзүүлэх нөлөө. Ган бүсийн судалгааны сэтгүүл, 16(2)7-11

## The study of drought tolerance capacity of *Ceratoides arborescens*

Qing Ge-le<sup>1</sup>, Togtokhbayar Norovsambuu<sup>2</sup>, Altanzaya Tovuu<sup>2</sup>, Enkhchimeg Vanjildorj\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Science Academy of Agriculture and animal husbandry in Khuh hot, Khuh hot, China

<sup>2</sup> School of Animal Science and Biotechnology, Mongolian University of Life Sciences, Zaisan 17024, Ulaanbaatar, Mongolia

\* Corresponding author: [enkhchimeg.v@muls.edu.mn](mailto:enkhchimeg.v@muls.edu.mn)

 - <https://orcid.org/0000-0002-5919-0350>

Received: 14.10.2020

Revised:18.01.2021

Accepted: 08.02.2021

### Abstract

The *Ceratoides arborescens* is the kind of plant that can live in drought or extremeness drought condition. In drought grassland, desertification grassland and desertification area, they have important value in economy and ecology. The *Ceratoides arborescens* is one of the promising drought resisting species for developing natural meadow. In the article, a study was developed on two ecotypes of *Ceratoides arborescens* by observing physiological and biochemical indices of them. The results could be used to evaluate the drought resistance ability, give a guide for *Ceratoides arborescens* introduction, and make a function on desert control and water and soil conservation, developing meadow and pasturing by planting plant of the *Ceratoides arborescens*. The photosynthesis and chlorophyll content were gradually decreased with the increase of drought stressed days. In the stressed period, the decrease of ecotype of Kerqin's photosynthesis and chlorophyll were less than that of ecotype of Wu. The proline and malondialdehyde (MDA) were gradually increased with the increase of drought stressed days. In the stressed period, the increase of ecotype of Kerqin's proline and MDA were more than that of ecotype of Wu during the stressed period, the activity of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) increased firstly, reached the climax on the sixth day after stressed, then decreased. The activity of SOD and CAT of ecotype of Kerqin were higher than that of ecotype of Wu. It is considered that two ecotypes in *Ceratoides arborescens* both have strong drought resistance ability, and analyzing results of main component analysis and comprehensive appraisal of all indices, the drought resistance ability of ecotype of Kerqin is stronger than ecotype of Wu. **Keywords:** Chlorophyll, proline, malondialdehyde, physiological parameters, drought tolerance