

УРГАМАЛЖЛЫН ЭКОЛОГИ

**Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens* L.F.) ургамлын тархцыг монгол орны хэмжээнд тахент ашиглан загварчлах нь**

**Алтангэрэлийн Сүхбат\*, Индрээгийн Түвшинтогтох, Цамбаагийн Батцэрэн, Баясгаланхүүгийн Лянхуа, Мөнхтөрийн Даваагэрэл, Нямжанцангийн Нямбаяр, Гачмаагийн Батзаяа**

*Шинжлэх Ухааны Академи, Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол Улс*

\*И-мэйл: [sukhbat\\_a@mas.ac.mn](mailto:sukhbat_a@mas.ac.mn), <https://orcid.org/0000-0002-6403-4280>

<https://doi.org/10.5564/mjb.v7i33.5377>

---

Хүлээн авсан: 19.05.2025

Хянасан: 26.08.2025

Хэвлэлтэнд: 03.09.2025

---

**Хураангуй.** Дэлхийн уур амьсгалын хурдацтай өөрчлөлт нь антропоген шинж чанартай болж байгаа нь зүйлийн олон янз байдал, тархалт, тухайн зүйлийн тогтвортой байдалд нөлөөлдөг. Уулархаг бүс нутгаар тархан ургадаг ургамлууд өндөршлийн хувьд дээшилж тархсаар байна. Уур амьсгалын өөрчлөлтийн асуудлаар засгийн газар хоорондын зөвлөл (IPCC) ирээдүйн арван жил тутамд агаарын температур 0.2 хэмээр нэмэгдэнэ гэж тооцоолжээ. Зүйлийн тархалтыг урьдчилан таамагласнаар зүйлийн тархалтын бүсэд ирээдүйн асуудлаас урьтаж судалгааг хэрэгжүүлэх, улмаар хамгаалах арга хэмжээг нэн тэргүүнд тавих арга хэрэгсэл болж чадна. Иймд уламжлалт анагаах ухаанд өргөн хэрэглэгддэг эмийн ашигт зүйл болох Хэвтээ дэгд ургамлыг Монгол орны хэмжээнд тааламжтай ургах орчныг зураглан загварчилж, ирээдүйн чиг хандлагыг тодорхойлох зорилго тавьж ажиллалаа. Бид 2014-2023 он хүртэлх хийгдсэн судалгааны өгөгдлийг боловсруулж 249 тархцын цэгэн мэдээлэл, болон хүрээлэн буй орчны 14 хүчин зүйлсийн үзүүлэлтийн 40 гаруй жилийн өгөгдлийг ашиглан боловсруулалт хийв. Судалгааны үр дүнд тахент загварчлалд дараах 14 орчны хүчин зүйлийг авч үзэхэд зуны улирлын хур тунадас (6-8 сар) 32.8%, хаврын улирлын дундаж температур (3-5 сар) 11.1%, жилийн дундаж температур 10.7%, газрын өндөршил д.т.д) 10.7%, зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/ 9.4%-ийг эзэлж байна. Харин бусад хүчин зүйлүүд үлдсэн хувийг эзэлж байв. Хэвтээ дэгдийн ургахад тохиромжтой талбайн хэмжээ Монгол орны нийт газар нутгийн 30.11% эзэлж байгаагаас 5.78% нь хамгийн тохиромжтой (Увс, Хөвсгөл, Завхан, Архангай, Орхон, Булган, Сэлэнгэ, Өвөрхангай, Баянхонгор, Төв, Хэнтий, Дорнод тус аймгуудын зарим сумд), 5.82% өндөр тохиромжтой, дунд тохиромжтой 6.58%, бага 11.93% тус тус эзэлж байна. Харин үлдсэн 69.89%-д нь ургах орчин таагүй буюу ургах боломжгүй байв. 2100 он хүртэл ургах орчны талбайн хэмжээг тооцоолж үзэхэд уур амьсгалын өөрчлөлт нь Хэвтээ дэгдийн ургах таатай газар нутгийн хэмжээнд сөргөөр нөлөөлөх чиг хандлагатай байна.

**Түлхүүр үгс:** Хэвтээ дэгд, тахент, тархац, орчны хүчин зүйлс, *Gentiana decumbens*

**Эшлэл авахдаа:** Алтангэрэлийн Сүхбат\*, Индрээгийн Түвшинтогтох, Цамбаагийн Батцэрэн, Баясгаланхүүгийн Лянхуа, Мөнхтөрийн Даваагэрэл, Нямжанцангийн Нямбаяр, Гачмаагийн Батзаяа, Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens* L.f.) ургамлын тархцыг монгол орны хэмжээнд тахент ашиглан загварчлах нь. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 07 (33): 1-19.

---

## Удиртгал

Дэлхийн уур амьсгалын хурдацтай өөрчлөлт нь антропоген шинж чанартай болж байгаа нь (Pearman et al., 2008; Houghton et al., 2001) зүйлийн олон янз байдал, тархалт, тухайн зүйлийн тогтвортой байдалд нөлөөлдөг(Thomas et al. 2004; Thuiller et al., 2005; Botkin et al., 2007). Жишээлбэл, уур амьсгал өөрчлөгдөж байгааг илтгэж буй гол зүйл бол уур амьсгалд мэдрэмтгий гол хүчин зүйл болох шавж, шувууд хойд зүгт чиглэн тархсаар байна(Walther et al. 2002; Parmesan & Yohe 2003). Харин уулархаг бүс нутгаар тархан ургадаг ургамлууд өндөршлийн хувьд дээшилж тархсаар байна (Grabherr et al., 1994; Gehrig-Fasel et al., 2007). Уур амьсгалын өөрчлөлтийн асуудлаар Засгийн газар хоорондын зөвлөл (IPCC) ирээдүйн арван жил тутамд агаарын температур 0.2 хэмээр нэмэгдэнэ гэж тооцоолжээ (Khanum et al., 2013; IPCC, 2007). Температурын энэхүү өсөлт нь экосистемд сөрөг үр дагавар үзүүлж болзошгүй (Khanum et al., 2013; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Уур амьсгалын өөрчлөлтийн экосистемд үзүүлэх нөлөөллийг бууруулахын тулд биологийн олон янз байдлыг хамгаалах нь биологийн олон янз байдлын тоо хэмжээг тогтоох, түүний алдагдлыг хянах шаардлагатай болоод байна (Balmford and Bond, 2005). Зүйлийн тархалтыг урьдчилан таамаглаж тухайн зүйлийн тархалтын бүсэд ирээдүйн асуудлаас урьтаж судалгааг хэрэгжүүлэх, улмаар хамгаалах арга хэмжээг нэн тэргүүнд тавих арга хэрэгсэл болж чадна (Guisan and Thuiller, 2005). Хүрээлэн буй орчны мэдээлэл дээр үндэслэн зүйлийн газарзүйн тархалтыг урьдчилан таамаглах нь ургамал бүлгэмдлийн судалгааны үндэс суурийг тавихаас гадна тухайн зүйлийг нутагшуулах, тархалтыг шинэчлэх, хамгаалах, тогтвортой ашиглах арга зүйг төлөвлөхөд маш чухал юм (Merow and Jr, 2014).

Дэлхий нийтэд байгалийн эмийн гаралтай гоо сайхны бүтээгдэхүүн, биологийн нэмэлт тэжээл, эмийн хэрэглээ ихсэж байна. Сүүлийн жилүүдэд эмийн болон ашигт ургамлын гаралтай бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэл нэмэгдэх хэрээр түүний нөөцийг тогтоох, үйлдвэрлэлийн зориулалтаар түүж ашиглах эрэлт хэрэгцээ нэмэгдэж байна (Сүхбат ба бусад, 2024). Монгол оронд нийт 3041 зүйл гуурст ургамал бүртгэгдээд байгаагаас (Baasanmunkh et al., 2022) 800 гаруй зүйл нь эмийн ач холбогдолтой (Лигаа, 2015). Эдгээрээс 200-гаад зүйл ургамлыг бүтээгдэхүүн болгох, худалдан борлуулах зэргээр хэрэглэж байна. Дэгдийн төрлийн 400 орчим зүйл дэлхийн сэрүүн болон хүйтэн бүс нутгаар тархдаг (Zhang, Zhang & Ji, 2009; Li et al., 2023). Үүнээс Монгол оронд 22 зүйлийн Дэгд ургадгаас 11 зүйлийг эмчилгээний зориулалтаар өргөн хэрэглэдэг байна (Лигаа, 2015). Хэвтээ дэгд нь Монгол орны Хөвсгөл, Хэнтий, Хангай, Ховд, Монгол Дагуур, Монгол Алтай, Дундад Халх, Их нуруудын хотгор, Олон нуур, Говь Алтай (Лигаа, 2015; Грубов, 2008; Urgamal et al., 2014) тойргуудын нуга хээртэй энгэр, хээрийн болон эргийн нуга, чулуут хээр хийгээд энгэр, асга эргийн хайрганд ургадаг (Лигаа, 2015; Грубов, 2008). Мөн уг зүйл ургамлыг Монгол орны уламжлалт анагаах ухаанд газрын дээрх хэсгийг шарлах, элэг, цөсний замын өвчин, ужиг өвчний улмаас үдээс хойш халуурахыг арилгах, бүлх шөрмөс өвдөхийн намдаах, шар усыг арилгахад; цэцгийн хорын халуун, уушгины халуун, цээжин биеийн халуун, хоолойн халуун, хижгийн халуун, хар

бод зэргийг анагаахад хэрэглэдэг (Лигаа, 2015). Энэхүү ургамлыг олон улсад эмийн зориулалттай түүж хэрэглэдгээс гадна гоёл чимэглэлийн, хүнсний зэрэг эдийн засгийн ач холбогдолтой ургамал юм.


### Судалгааны ажлын зорилго, зорилтууд

Эмийн, ашиглалтад өртөмтгий Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens* L.f.) ургамлын одоогийн тархцыг тодорхойлох болон ургахад тохиромжтой талбайн хэмжээг тооцоолох зорилгоор дараах зорилтуудыг тавьж ажиллалаа.

- Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens* L.f.) зүйл ургамлын тархцын цэгэн мэдээлэл болон орчны хүчин зүйлсийг ашиглан махент загварт боловсруулалт хийж одоогийн тархац, ургахад тохиромжтой талбайн хэмжээг тодорхойлох
- Махент загвар ашиглан 2100 он хүртэлх тархцын талбайн хэмжээг тооцоолж гаргах

### Судалгааны объект

Хүснэгт 1. Хэвтээ дэгдийн ерөнхий мэдээлэл

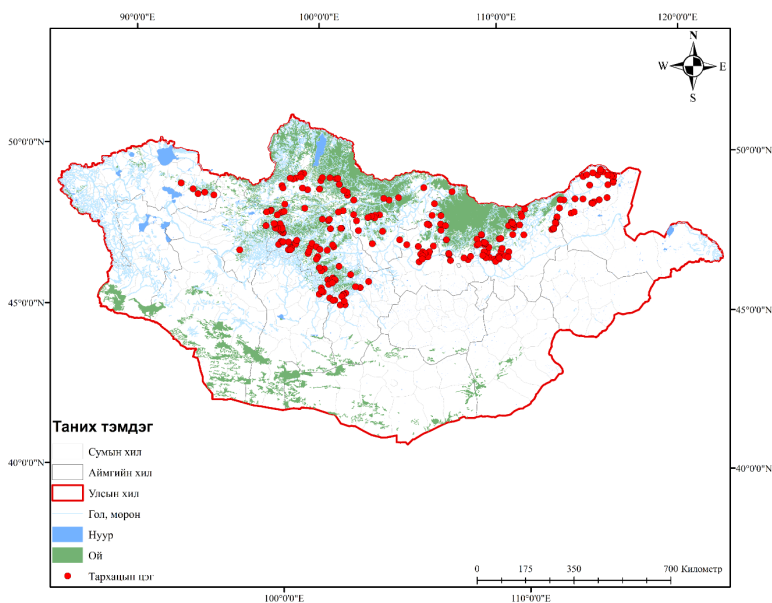
Латин нэр	<i>Gentiana decumbens</i> L.f.
Ургамлын зураг	
Овог	Gentianaceae Juss.
Монгол нэр	Хэвтээ дэгд
Англи нэр	Decumbent gentian
Орос нэр	Горечавка лежащая

Ерөнхий шинж	Дунд хэсгээрээ бага зэрэг тахийсан шулуувтар 15-30 см өндөр, нүцгэн ногоон иштэй олон наст өвслөг ургамал. Ишний угийн навчис угларгатай, шугаман юлдэрхүү, ишний навчис суурийнхаас нэлээд богино, нарийн бөгөөд урт угларга болон угаараа нийлж 2-3 хосоор чагтлан байрлана. Цэцэг хар хөх, хонхон юлдэрхүү, дэлбээ өндгөрхүү, мохоо буюу мохоовтор дугариг, үзүүр нь салбарсан байна. Цоморлог нь нэг тал руугаа дундаа хүртэл юм уу сууриндаа тултал цуурсан, 2-5 богино шүдтэй буюу шүдгүй ч байж болно. Цэцэг суумал юм уу маш богино шилбэтэй. Дэлбээ 2.5-3.5 см урт байдгаараа Дагуур дэгдээс ялгаатай (Лигаа, 2015).
Амьдралын хэлбэр	Голлосон үндэст олон наст өвс
Цэцэглэх үрлэх хугацаа	7-8 сард
Ургах орчин	Нуга хээртэй энгэр, хээрийн болон эргийн нуга, чулуут хээр хийгээд энгэр, асга эргийн хайрганд ургадаг (Лигаа, 2015; Грубов, 2008).
Хэрэглээ	Монгол ардын эмнэлэгт газрын дээрх хэсгийг шарлах, элэг, цөсний замын өвчин, ужиг өвчний улмаас үдээс хойш халуурахыг арилгах, бүлх шөрмөс өвдөхийг намдаах, шар усыг арилгахад; цэцгийн хорын халуун, уушгины халуун, цээжин биеийн халуун, хоолойн халуун, хижгийн халуун, хар бод зэргийг анагаахад хэрэглэнэ (Лигаа, 2015; Жамъяндорж ба бусад, 2011).
Үйлчилгээ	Халуун бууруулах, өвдөлт намдаах, шээс хөөс үйлдлүүд үзүүлнэ (Лигаа, 2015; Цэндээхүү ба бусад, 2023).
Химийн бүрэлдэхүүн	Газар дээрх хэсэг 0.6% орчим алкалойд, апигенин, гомоориентин, сапонаретин бүхий 6.0-7.4 мг/г флавоноид, гентиопикрозид (иридиод) агуулна. Үндсэнд 0.62% алкалойд, 0.8 мг/г орчим флавонойдтой (Лигаа, 2015).
Эмийн түүхий эд, бэлтгэх хугацаа	Зуны сүүлч, намар ургамлын цэцгийг, хавар буюу намар үндсийг хураан авч гэмтэж муудсан, хатаж шарласан хэсгийг огтлон хаяж бусад элдэв хольцоос сайтар цэвэрлээд сүүдэр газар хатааж хэрэглэнэ (Лигаа, 2015).
Тархац /ургамал-газарзүйн тойргоор:	Хөвсгөл, Хэнтий, Хангай, Ховд, Монгол Дагуур, Монгол Алтай, Дундад Халх, Их нуруудын хотгор, Олон нуур, Говь Алтай (Лигаа, 2015; Грубов, 2008; Urgamal et al., 2014).

### Судалгааны материал

Хэвтээ дэгдийн тархцын цэгэн мэдээллийг (2020 онд хийсэн “Хэнтийн уулын тайга, Монгол Дагуурын уулын ойт хээрийн тойргийн ургамлын тархац, нөөцийг тогтоох”, 2021 онд хийсэн “Нэн ховор, ховор ургамлын талаарх судалгаа хийх”, 2022 онд хийсэн “Монголын тэгш өндөрлөг дэх чухал эмийн

ургамлын нөөцийн үнэлгээ, тогтвортой хөгжил: Дэгд / *Gentiana L.* /-ийн төрлийн ургамлын жишээн дээр” тус судалгаануудын хүрээнд цуглуулсан тархцын мэдээлэл, гэх мэт) Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгийн Ургамлын экологи, Ашигт ургамлын инновацын салбар (хуучнаар “Ургамалжлын экологи ургамлын эдийн засгийн лаборатори”)-ийн 2014-2023 он хүртэлх хээрийн судалгааны өгөгдөл дээр тулгуурлан 249 тархцын мэдээллийг боловсруулж гаргасан (Зураг 1).



Зураг 1. Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*)-ийн цэгэн тархцын мэдээлэл

## Судалгааны арга зүй

### Орчны хүчин зүйл

Агаарын температур, хур тунадас зэрэг уур амьсгалын хүчин зүйлүүд нь төрөл зүйлийн тархцад нөлөөлдөг гол үзүүлэлтүүд юм (Даваагэрэл ба бусад., 2024; Lee et al., 2020). Доорх уур амьсгалын 19 хүчин зүйл, өндөршил (Хүснэгт 2) зэргийг судлаачид зүйлийн тархцын загварчлалд хамгийн чухал хувьсагчууд гэж үзэн голчлон ашигладаг (Guisan and Zimmermann, 2000; Yang et al., 2013). Одоо үе (1970-2020), ирээдүй (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100) оны хүрээлэн буй орчны 19 хүчин зүйл (Bio1-Bio19), болон өндөршлийг WorldClim албан ёсны цахим мэдээллийн сүлжээнээс (<https://www.worldclim.org/>) татаж авсан. Ирээдүйн загварыг таамаглахын тулд бид хүлэмжийн хийн ялгаруулалтын хамгийн бага хувилбарыг (SSP126) сонгосон. Энэ загварт ашигласан орчны бүх хүчин зүйлс нь 2 минут 30 секундийн (ойролцоогоор 21 км<sup>2</sup>) орон зайн нарийвчлалтай.

**Хүснэгт 2.** Орчны хүчин зүйлс

№	Хүчин зүйл	Нэгж	Товчилсон нэр
1	Жилийн дундаж температур	°C	bio1
2	Хамгийн их дундаж температур	°C	bio2
3	Изотермизм (bio2/bio7) (× 100)	хувь	bio3
4	Улирлын температурын хазайлт (стандарт хазайлт х 100)	°C	bio4
5	Хамгийн дулаан сарын хамгийн их температур /7 сар/	°C	bio5
6	Хамгийн хүйтэн сарын хамгийн бага температур /1 сар/	°C	bio6
7	Жилийн температурын хязгаар (bio5-bio6)	°C	bio7
8	Намрын улирлын дундаж температур	°C	bio8
9	Хаврын улирлын дундаж температур	°C	bio9
10	Зуны улирлын дундаж температур	°C	bio10
11	Өвлийн улирлын дундаж температур	°C	bio11
12	Жилийн нийлбэр хур тунадас	мм	bio12
13	Чийгтэй үед орсон хур тунадас /8 дугаар сар/	мм	bio13
14	Хуурай үед орсон хур тунадас /4-р сар/	мм	bio14
15	Улирлын хур тунадасны хазайлт (вариацийн коэффициент)	хувь	bio15
16	Намрын улирлын хур тунадас /9-11 сар/	мм	bio16
17	Хаврын улирлын хур тунадас /3-5 сар/	мм	bio17
18	Зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/	мм	bio18
19	Өвлийн улирлын хур тунадас /12-2 сар/	мм	bio19
20	Газрын өндөршил /д.т.д/	м	Ele

**Тархцын загварчлал**

Maxent нь тархцын хамгийн их энтропийн (орчны хүчин зүйлийн хувьсагч бүр нь тухайн зүйл ургамлын тархцын загварчлалыг урьдчилан таамаглаж, загварт хамгийн их нөлөөтэй эсэхийг тооцоолдог) магадлалыг тооцоолдог. Өөрөөр хэлбэл бүх нөхцөлд жигд тархацтай хамгийн ойр байх тархцыг илрүүлдэг, мөн тодорхой байршлын мэдээг цуглуулсан өгөгдөлд зориулсан хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлийн хамаарлыг тооцолдог загварчлалын хамгийн найдвартай, дэвшилтэт програмуудын нэг юм (Reese et al., 2005; Phillips et al., 2006). Хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлсийн параметрийн тохиргоонд Jackknife аргыг ашигласан. Jackknife утга нь хувьсагч бүрийн үүрэг оролцоог гаргаж ирдэг. Үүний тулд загварын гүйцэтгэлийг үнэлэхийн тулд 30%-ийг туршилтын, үлдсэн 70% Maxent загварыг загварчлахад ашигласан бөгөөд энэ нь загварчлалыг илүү найдвартай болгодог байна (Merow et al., 2013).

### Загварчлалын нарийвчлалын тест

Загварын нарийвчлал буюу зөв зурагласан эсэхийг үнэлэхийн тулд хүлээн авагч операторын муруй (Receiver Operation Curve-ROC) болон муруй доорх талбай (The area under the curve-AUC) ашигладаг. Ерөнхийдөө AUC-ийн утга 0-1-ийн хооронд хэлбэлздэг бөгөөд AUC 0.5 нь санамсаргүй тохиолдол буюу загварыг гүйцэтгэл хангалттай сайн хийгдээгүйг илэрхийлдэг бол 1.0 утга нь төгс гүйцэтгэлтэй загварчлалыг илэрхийлдэг (Swets, 1988). Тохиромжтой байдлын зургийг Maxent-ийн логистикийн үр дүнг ашиглан тооцоолсон бөгөөд энэ нь 0-ээс 1-ийн хооронд хэлбэлздэг. Цаашлаад тархцын зургийг хийхийн тулд бид Maxent-ийн үр дүнг ArcGIS 10.5-д оруулж, амьдрах орчны тохиромжтой байдлын зургийг 5 түвшинд хуваасан: тохиромжгүй ( $0 < AUC \leq 0.10$ ), бага ( $0.11 < AUC \leq 0.30$ ), дунд ( $0.31 < AUC \leq 0.50$ ), өндөр ( $0.51 < AUC \leq 0.70$ ), болон маш өндөр буюу хамгийн тохиромжтой амьдрах орчин ( $0.71 < AUC \leq 1.00$ ) (Даваагэрэл ба бусад, 2024; Zhao et al., 2022).

### Орчны хүчин зүйлсийн боловсруулалт

Орчны хүчин зүйлүүд хоорондоо хэтэрхий хүчтэй хамааралтай байх нь загварчлалын үр дүн, тархалтын таамаг зэрэг боловсруулалтад алдаа гарах магадлалыг ихэсгэдэг (Sillero, 2011). Иймд орчны хүчин зүйлсийн үүрэг оролцоог Maxent 3.4.4 ([https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)) программын Jackknife тестээр үнэлж, корреляцийн шинжилгээг IBMSPSS Statistics26 (IBM Corp., 2019) программ ашиглан боловсруулж өндөр хамааралтай утга  $> 0.90$ ; (Sharma et al., 2018) орчны хүчин зүйлүүдийг хассан. Эцэст нь одоогийн болоод, ирээдүйн уур амьсгалын нөхцөлд Хэвтээ дэгдийн тархалтыг загварчлахын тулд хүрээлэн буй орчны 14 хүчин зүйл (жилийн дундаж температур (bio 1), хамгийн их дундаж температур (bio 2), изотеризм (bio 3), улирлын температурын хазайлт (bio 4), жилийн температурын хязгаар (bio5-bio6) (bio 7), зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/ (bio 10), зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/ (bio 11), жилийн нийлбэр хур тунадас (bio 12), 4-р сард орсон хур тунадас (bio 14), улирлын хур тунадасны хазайлт (вариацийн коэффициент) (bio 15), хаврын улирлын хур тунадас /3-5 сар/ (bio 17), зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/ (bio 18) болон газрын өндөршил)-ийг ашигласан.

**Хүснэгт 3.** Уур амьсгалын 19 хүчин зүйл хоорондын хамаарал (Персоны хамаарлын анализаар шалгасан дүн)

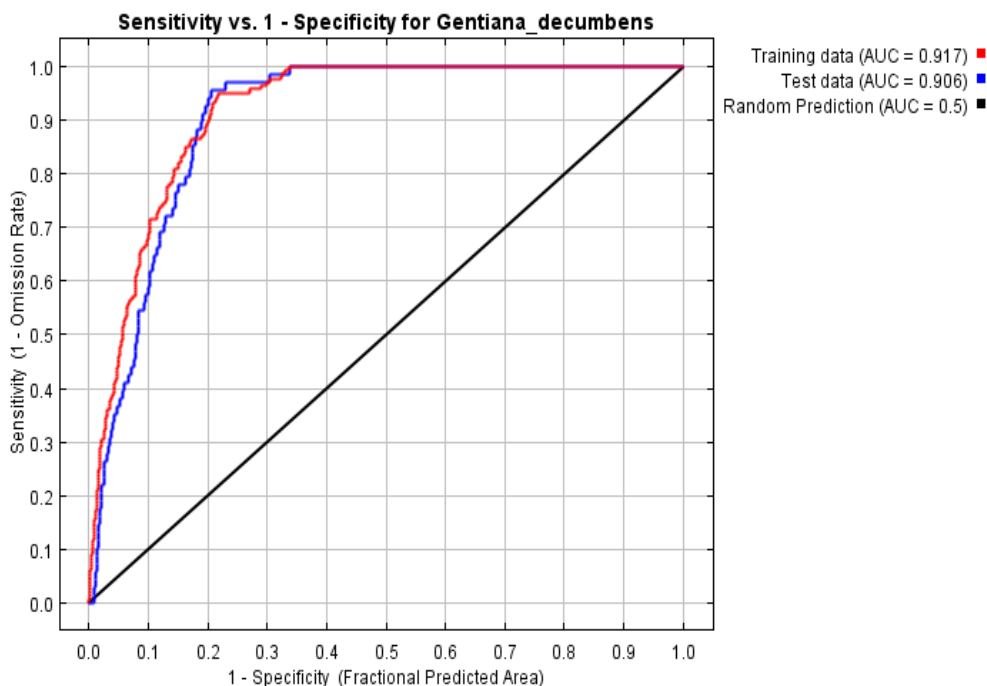
	bio1	bio2	bio3	bio4	bio5	bio6	bio7	bio8	bio9	bio10	bio11	bio12	bio13	bio14	bio15	bio16	bio17	bio18	bio19
bio1	1	.312	.131	0.07	.776	.542	.190	.834	.713	.834	.707	.493	.516	0.1	.549	.559	0.1	.559	.126
bio2	.312	1	.203	.532	.639	-.383	.698	.547	-0.1	.547	-.131	.385	.440	.266	.305	.394	.359	.394	.370
bio3	.131*	.203	1	-.714	-.279	.552	-.557	-.285	.426	-.285	.607	.456	.434	-.195	.205	.484	0.1	.484	0.06
bio4	0.1	.532	-.714	1	.665	-.775	.973	.602	-.477	.602	-.653	-.142	-0	0.03	0.01	-.16	.178	-.162	.214
bio5	.776	.639	-.279	.665	1	-0.1	.759	.991	.226	.991	.125	.306	.363	0.12	.423	.339	.220	.339	.253
bio6	.542	-.383	.552	-.775	-0.1	1	-.716	0.01	.817	0.01	.959	.316	.287	-0	.279	.370	-.134	.370	-.153
bio7	.190	.698	-.557	.973	.759	-.716	1	.688	-.376	.688	-.540	0.008	0.1	0.09	0.11	-0	.242	-0	.278
bio8	.834	.547	-.285	.602	.991	0	.688	1	.308	1.000	.210	.314	.365	0.1	.445	.354	.188	.354	.221

bio9	.713	-.01	.426	-.477	.226	.817	-.376	.308	1	.308	.877	.396	.463	-.01	.549	.492	-.163	.492	-.150
bio10	.834	.547	-.285	.602	.991	0	.688	1.000	.308	1	.210	.314	.365	0.1	.445	.354	.188	.354	.221
bio11	.707	-.131	.607	-.653	.125	.959	-.540	.210	.877	.210	1	.469	.460	0.06	.412	.531	-0	.531	-0.05
bio12	.493	.385	.456	-.142	.306	.316	0	.314	.396	.314	.469	1	.925	.501	.318	.974	.449	.974	.454
bio13	.516	.440	.434	-0.1	.363	.287	0.1	.365	.463	.365	.460	.925	1	1	.588	.965	.238	.965	.251
bio14	0.1	.266	.195	0.03	0.1	-0	0.1	0.1	-0.12	0.1	0.063	.501	.310	1	-.358	.362	.890	.362	.877
bio15	.549	.305	.205	0.01	.423	.279	0.1	.445	.549	.445	.412	.318	.588	-.358	1	.516	-.458	.516	-.440
bio16	.559	.394	.484	-.162	.339	.370	-0	.354	.492	.354	.531	.974	.965	.362	.516	1	.288	1.000	.294
bio17	0.1	.359	0.1	.178	.220	-.134	.242	.188	-.163	.188	-0.04	.449	.238	.890	-.458	.288	1	.288	.993
bio18	.559	.394	.484	-.162	.339	.37	-0	.354	.492	.354	.531	.974	.965	.362	.516	1.000	.288	1	.294
bio19	.126	.370	0.1	.214	.253	-.153	.278	.221	-.150	.221	-0.05	.454	.251	.877	-.440	.294	.993	.294	1
N	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249

## Судалгааны үр дүн

### Загварчлалын гүйцэтгэл болон орчны хүчин зүйлүүдийн үүрэг оролцоо

Хэвтээ дэгдийн тархцын загварчлалын үр дүн туршилтын өгөгдөл болон сургалтын өгөгдлийн дундаж (AUC)-г үнэлэхэд утга нь 0.917 байсан нь бидний гаргасан загварын үр дүн маш сайн байгааг харуулж байна (Зураг 2). Иймд бид цаашдын ирээдүйн загварчлалыг хийхэд тохиромжтой гэж үзсэн. Өргөн тархацтай зүйлийн хувьд AUC утга бага байх хандлагатай байдаг (Mcpherson & Jetz, 2007).



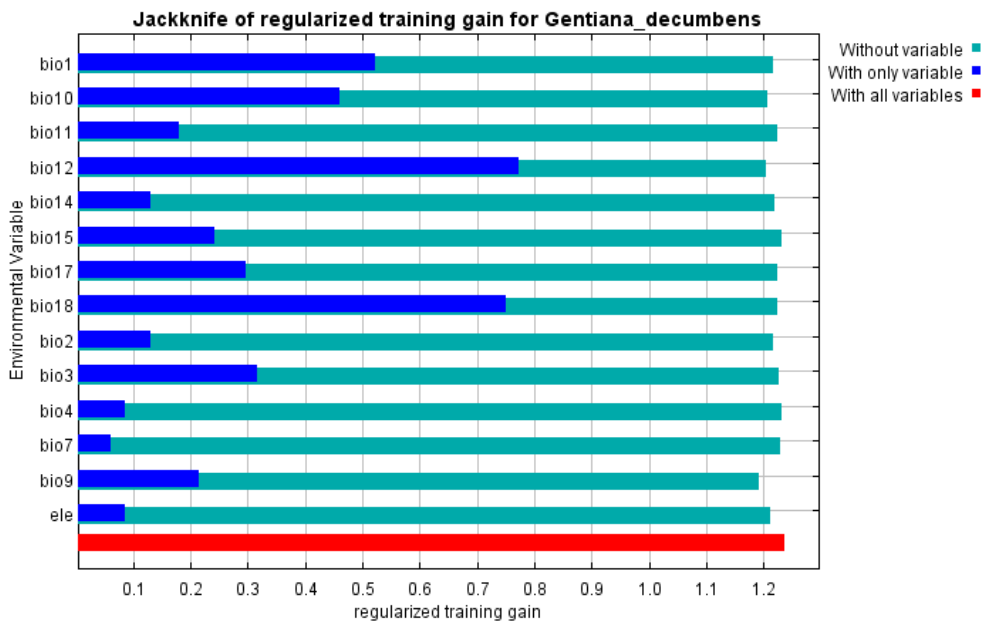
Зураг 2. ROC буюу муруйд багтах талбайн (AUC) хэмжилтийн тахирмаг, 1970-2020 он

Махент загварчлалд дараах 14 орчны хүчин зүйлийг авч үзэхэд зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/ 32.8%, хаврын улирлын дундаж температур (3-5 сар) 11.1%, жилийн дундаж температур 10.7%, газрын өндөршил /д.т.д/ 10.7%, зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/ 9.4% эзэлж байна. Харин бусад хүчин зүйлүүд үлдсэн хувийг эзэлж байв (Хүснэгт 4).

**Хүснэгт 4.** Хэвтээ дэгдийн тархцад үзүүлж буй орчны үзүүлэлтүүд

Хүчин зүйл	Нэгж	Үзүүлэлтүүдийн хязгаар	Тархцад нөлөөлөх үүргийн эзлэх хувь, %
Зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/	мм	143<bio18<285	32.8
Хаврын улирлын дундаж температур (3-5 сар)	°C	-26<bio9<-12.8	11.1
Жилийн дундаж температур	°C	-7.2<bio1<0.24	10.7
Газрын өндөршил /д.т.д/	м	627<ele<2789	10.7
Зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/	°C	9.04<bio10<18.5	9.4
Жилийн нийлбэр хур тунадас	мм	214<bio12<396	6.9
Өвлийн улирлын дундаж температур /12-2 сар/	°C	-26.3<bio11<-14.6	3.6
Жилийн температурын хязгаар (bio5-bio6)	°C	40<bio7<57.5	3.6
Хаврын улирлын хур тунадас /3-5 сар/	мм	3<bio17<15	3.4
Хуурай үед орсон хур тунадас /4-р сар/	мм	1<bio14<4	2.8
Улирлын хур тунадасны хазайлт (вариацийн коэффициент)	хувь	83.8<bio15<129.5	1.7
Хамгийн их дундаж температур	°C	11.2<bio2<16	1.4
Улирлын температурын хазайлт (стандарт хазайлт х 100)	°C	1081.4<bio4<1640	1.3
Изотермизм (bio2/bio7) (× 100)	хувь	23.4<bio3<32	0.5

Jackknife тест нь Хэвтээ дэгд ургамлын ургах таатай орчны тархалтад хувьсагч бүрийн нөлөөллийг тусгадаг бөгөөд 14 хүчин зүйлээс хувьсагч бүрийн үүрэг оролцоог Зураг 3-т харуулж байна. Зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/ (bio 18), жилийн нийлбэр хур тунадас (bio 12), жилийн дундаж температур (bio 1), зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/ (bio 10) өндөр өсөлтийг харуулж байна. Энэ нь дээрх 4 хүчин зүйлүүд бусад хувьсагчдаас илүү хүчтэй нөлөө үзүүлж байна. Харин Изотермизм (bio2/bio7) (× 100) (bio 3), хаврын улирлын хур тунадас /3-5 сар/ (bio 17), улирлын хур тунадасны хазайлт (вариацийн коэффициент) (bio 15), хаврын улирлын дундаж температур (3-5 сар) (bio 9) нь дунд зэргийн өсөлттэй байсан. Бусдаасаа хамгийн бага үүрэг оролцоо үзүүлж буй хүчин зүйлс нь улирлын температурын хазайлт (стандарт хазайлт х 100) (bio 4), мөн жилийн температурын хязгаар (bio5-bio6) (bio7) үүрэг оролцоо бага байна (Зураг 3).



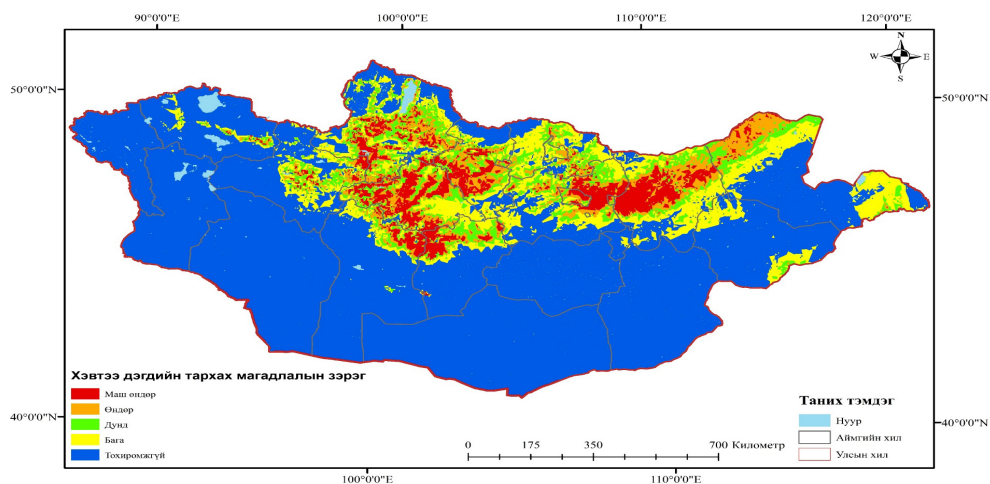
Зураг 3. Jackknife-ын үнэлгээний үр дүн

### Хэвтээ дэгд ургамлын одоогийн тархац

Хэвтээ дэгд ургамал нь 1970-2020 оны байдлаар Монгол орны нийт нутгийн 69.89% нь ургах боломжгүй, харин 30.11% ургах тохиромжтой байна. Үүнээс 5.78% ургах орчны нөхцөл маш өндөр 12 аймгийн 88 сумдын нутаг хамаарч байна. Тухайлбал, Увс аймгийн Хяргас, Өндөрхангай, Зүүнхангай сум, Завхан аймгийн Эрдэнэхайрхан, Яруу, Идэр, Түдэвтэй сум, Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх, Арбулаг, Алаг Эрдэнэ, Чандмань Өндөр, Эрдэнэ булаг, Их уул, Тариалан, Шинэ идэр, Галт, Рашаант, Төмөрбулаг, Бүрэнтогтох, Цагаан уул, Жаргалант сум, Архангай аймгийн Цэцэрлэг, Жаргалант, Эрдэнэмандал, Өндөр улаан, Тариат, Цахир, Хангай, Чулуут, Их тамир, Булган, Цэнхэр, Батцэнгэл, Хайрхан сум, Булган аймгийн Хутаг өндөр, Баян агт, Сайхан, Могод, Бугат, Орхон, Бүрэгхангай сум, Орхон аймгийн Жаргалант, Баян өндөр сум, Сэлэнгэ аймгийн Мандал, Ерөө, Шаамар сум, Төв аймгийн Батсүмбэр, Эрдэнэ, Мөнгөнморьт, Баяндэлгэр, Архуст, Сэргэлэн, Баянцогт, Заамар, Угтаалцайдам, Жаргалант, Баянцогт сум, Өвөрхангай аймгийн Бүрд, Хархорин, Есөнзүйл, Өлзийт, Бат Өлзий, Уянга, Нарийнтгээл, Хайрхандулаан, Зүүнбаян Улаан сум, Баянхонгор аймгийн Өлзийт, Эрдэнэцогт, Галуут, Жаргалант, Баян Овоо сум, Хэнтий аймгийн Цэнхэрмандал, Дэлгэрхаан, Жаргалтхаан, Хэрлэн, Өмнөдэлгэр, Батширээт, Биндэр, Баян Адарга, Норовлин, Батноров, Дадал сум, Дорнод аймгийн Баян Уул, Баяндун, Дашбалбар, Чулуунхороот, Халх Гол сумын нутаг дэвсгэр нь ургах орчин хамгийн тохиромжтой ангилалд багтаж байна (Зураг 5).

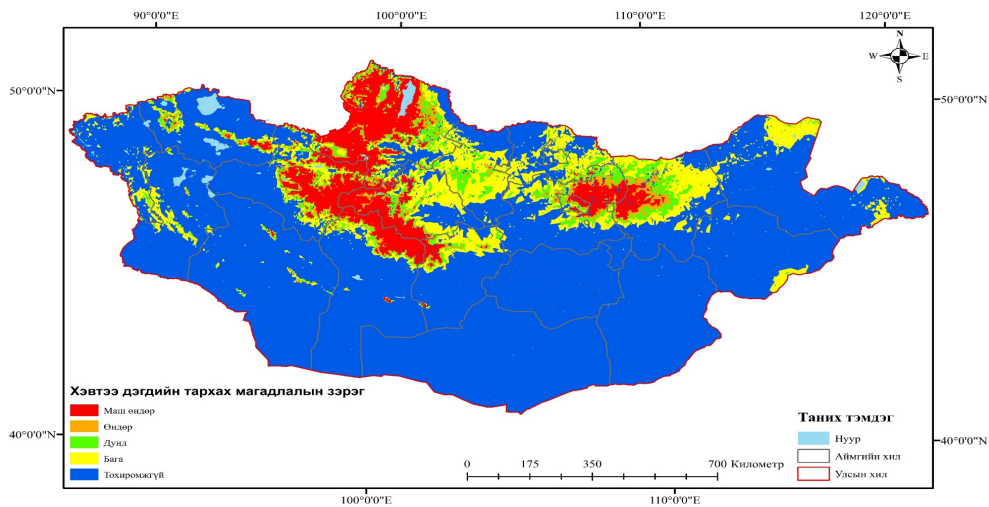
**Хүснэгт 5.** Хэвтээ дэгдийн одоогийн болон цаашдын тархах магадлалтай газрын хэмжээ

Д/д	Магадлалын зэрэг	1970-2020 он, талбай		2021-2040 он, талбай		2041-2060 он, талбай		2061-2080 он, талбай		2081-2100 он, талбай	
		Га	Хувь	Га	Хувь	Га	Хувь	Га	Хувь	Га	Хувь
1	Маш өндөр	9105943.606	5.78	12797897.53	8.12	12524681.24	7.95	12451489.35	7.90	13160014.55	8.35
2	Өндөр	9169091.976	5.82	3777371.96	2.40	3077948.976	1.95	2810401.774	1.78	2995381.649	1.90
3	Дунд	10366424.79	6.58	6371352.86	4.04	4614418.754	2.93	4937731.302	3.13	4726101.856	3.00
4	Бага	18798421.36	11.93	17359163.36	11.02	14516330.56	9.21	12875336.5	8.17	12648180.36	8.03
5	Тохиромжгүй	110128305.4	69.89	117262401.4	74.42	122834807.6	77.96	124493228.2	79.01	124038508.7	78.72
<b>Нийт</b>		<b>157568187.1</b>	<b>100.00</b>	<b>157568187.1</b>	<b>100.00</b>	<b>157568187.1</b>	<b>100.00</b>	<b>157568187.1</b>	<b>100.00</b>	<b>157568187.1</b>	<b>100.00</b>

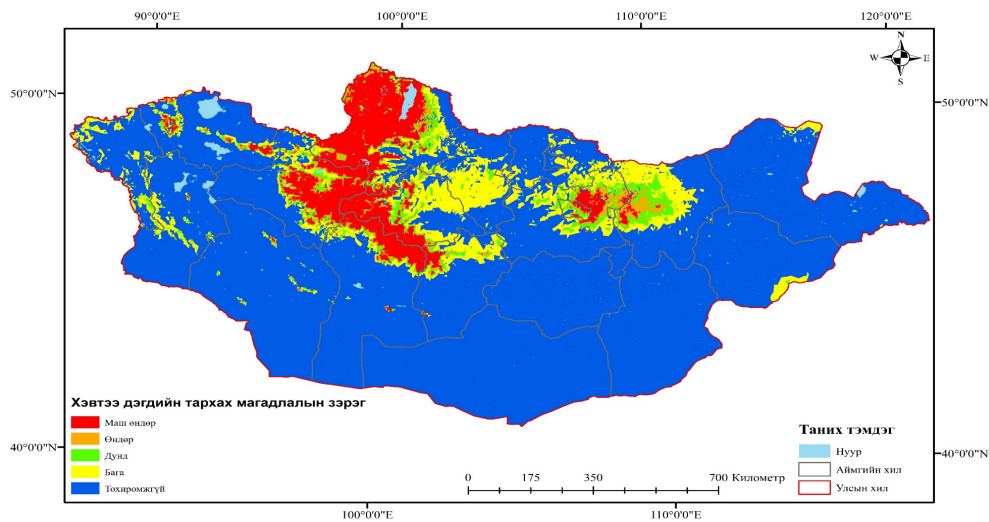
**Зураг 4.** Монгол орны хэмжээнд Хэвтээ дэгд ургамал тархах магадлалтай бүс нутаг**Хэвтээ дэгд ургамлын тархцын цаашдын чиг хандлага**

Хэвтээ дэгд ургамлын тархцын талбай цаашид хэрхэн өөрчлөгдөхийг (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100) дээрх дурдсан 14 хүчин зүйлийг ашиглан тооцоолж үзлээ. Хэвтээ дэгд ургамлын тархцын цаашдын чиг хандлагыг 2021-2100 он хүртэл загварчилж үзэхэд ургах маш өндөр тохиромжтой газар нутгийн хэмжээ 4,054,070.944 га талбайгаар нэмэгдэх хандлагатай байна. Харин өндөр тохиромжтой -6,173,710.327 га талбай, дунд тохиромжтой -5,640,322.934 га, бага тохиромжтой -6,150,241 га талбайгаар тус тус багасах төлөвтэй байна. Мөн ургах орчин тохиромжгүй газар нутгийн хэмжээ 13,910,203.3 га талбайгаар ихсэж нэгтгэн дүгнэвэл тохиромжгүй газар нутгийн хэмжээ эрс нэмэгдэх

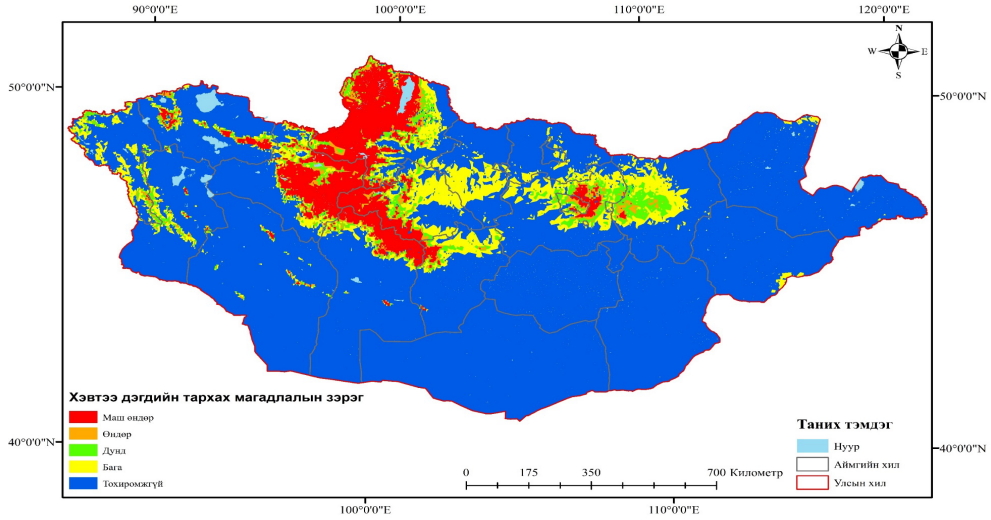
төлөвтэй үр дүн үзүүлсэн (Хүснэгт 4). Үүнээс үзэхэд уур амьсгалын өөрчлөлт нь Хэвтээ дэгдийн ургах орчинд сөрөг нөлөө үзүүлж, тархац нутгийн хэмжээ хумигдах хандлагатай байна.



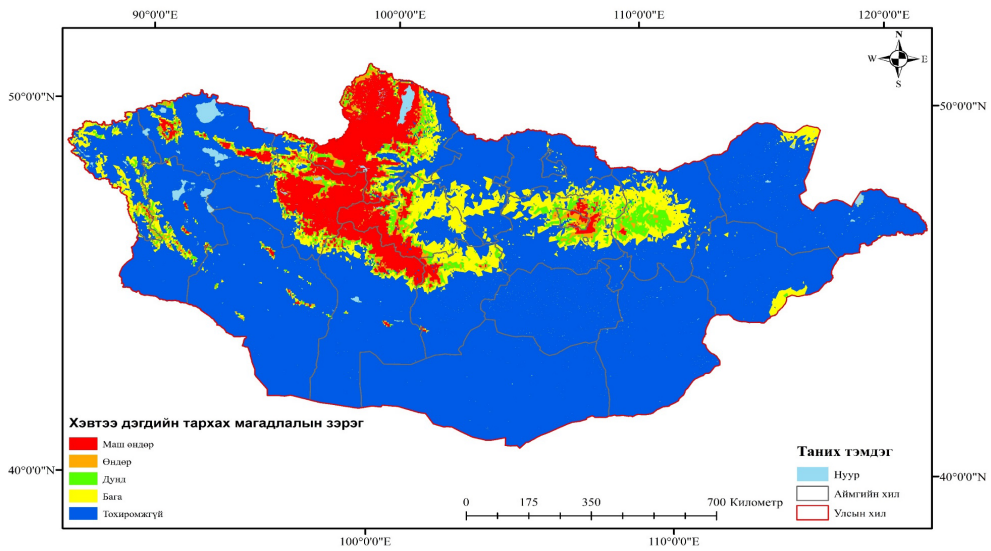
Зураг 5. Хэвтээ дэгдийн 2021-2040 оны тархцын чиг хандлага



Зураг 6. Хэвтээ дэгдийн 2041-2060 оны тархцын чиг хандлага



Зураг 7. Хэвтээ дэгдийн 2061-2080 оны тархцын чиг хандлага



Зураг 8. Хэвтээ дэгдийн 2081-2100 оны тархцын чиг хандлага

## Хэлэлцүүлэг

Махент загварчлал нь зүйлүүдийн газарзүйн тархалтыг тодорхойлох хамгийн өргөн хэрэглэгддэг арга ба орчны хувьсагчийн мэдээлэл дээр суурилан өндөр нарийвчлалтай таамаглал гаргадаг (Phillips et al., 2006). Махент загварчлал ашиглаж боловсруулсан одоогийн зураглал нь тухайн зүйл ургамлын тархац, шинэ популяци илрүүлэх, тухайн ургамлын судалгаанд хамрагдах тохиромжтой газар нутаг, мөн ургах орчныг сэргээх зэрэг үр дүнтэй хамгаалах тэргүүлэх чиглэлийг тогтооход тусална (Phillips et al., 2006; Zhang et al., 2022; Даваагэрэл ба бусад, 2024).

Zhang (2022) нарын судалгаанд 17 хүрээлэн буй орчны хувьсагчаар “*Gentiana rhodantha* Franch.” зүйл ургамлын ургах орчныг загварчилж үзэхэд тохиромжтой орчинд нөлөөлж буй хамгийн чухал хувьсагч нь зуны улирлын хур тунадас (Bio18-ийн нөлөө 51.71%; 499.50–1154.41 мм) болон өвлийн улирлын дундаж температур (Bio11 0.78 °C–9.93 °C) юм. Энэ нь дэгд төрлийн ургамлын тархцад хур тунадас ихээхэн чухал нөлөөтэй гэдэг нь батлагдаж байна.

Махент-ийн загварчлал ашиглаж боловсруулсан Монгол дахь судалгааны ажлууд цөөнгүй бий. Тухайлбал: Маньдарь (2020) нарын судалгаанд Орос Махирс (*Lycium ruthenicum* Murray.) ургамлын хувьд одоо тархаж буй талбайн хэмжээ 2080 он хүртэл буюу 60-аад жилийн хугацаанд ургах боломжтой газар нутгийн хэмжээ 15 дахин ихсэх хандлагатай байна. Мөн энэ судалгаанд Орос махирс ургамлыг говь, цөлийн элсэрхэг сайр, хөндийд, давслаг, шүлтлэг хөрсөнд сайн ургадаг гэж тодорхойлсон.

Даваагэрэл (2024) нарын судалгаанд Бариулт бүйлэс (*Prunus pedunculata* (Pall.) Maxim)-ний одоогийн болон ирээдүйн тархцыг Махент ашиглан загварчилж тооцоолоход 2021-2060 онд тохиромжгүй талбайн хэмжээ 5.5% (-9,889,223 га) багасах, харин тааламжтай талбайн хэмжээ 0.8% (1,919,439 га) нэмэгдэх хандлагатай байгаа нь уур амьсгалын өөрчлөлт нь түүний ургах орчинд эерэг нөлөө үзүүлж байна.

Махент загварчлалын аргаар Монгол орны Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens*) болон Чонон хармаг (*Lycium ruthenicum*), Бариулт бүйлэс (*Prunus pedunculata*) ургамлын тархалтыг 2100 он хүртэл харьцууллаа. Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens*) ургамлын ургах боломжтой талбайн хэмжээ ирээдүйд буурах хандлагатай байгаа бол Чонон хармаг, Бариулт бүйлэс ургамлын тархах талбай харьцангуй нэмэгдэх төлөвтэй байна. Энэ нь тухайн ургамлуудын экологийн онцлогтой холбоотой бөгөөд Чонон хармаг, Бариулт бүйлэс нь голчлон хуурай, говийн бүс нутгийн нөхцөлд амьдрах чадвартай байдаг. Цаашид Монгол орны хуурай болон говийн бүс нутгийн эзлэх хувь нэмэгдэхийн хэрээр Чонон хармаг, Бариулт бүйлэс-ний ургах тааламжтай газар нутгийн хэмжээ ч нэмэгдэх хандлагатай байна. Харин Хэвтээ дэгд нь илүү сэрүүн, чийглэг орчинд ургадаг тул уур амьсгалын өөрчлөлтөөс шалтгаалан тохиромжтой орчны хэмжээ багасах, улмаар тархалтын хүрээ нь агших магадлалтай байна.

Сүүлийн жилүүдэд ургамлын тархац өндөрлөг газар эсвэл температур сэрүүн өргөрөг рүү шилжиж байна. Жишээлбэл, өндөр уулын болон хойд туйлын зарим зүйл ургамал хойд зүг рүү эсвэл өндөршлийн хувьд дээшлэн тархах магадлал

өндөр байв (Parmesan & Yohe, 2003; Kelly & Goulden, 2008). Мөн цаг уурын өөрчлөлт нь тухайн ургамлын нахиалах, цэцэглэх, үрлэх гэх мэт амьдралын мөчлөгийн үйл явцад нөлөөлж улмаар амьдралын мөчлөг өөрчлөгдсөнөөр тоос хүртээгч эсвэл өвсөн тэжээлт амьтадтай холбогдож буй экологийн харилцааг тасалдуулж болзошгүй (Cleland et al., 2007; IPCC, 2021). Цаг уурын эрс тэс уур амьсгал нь ургамлын стрессийг нэмэгдүүлж, өсөлтийг бууруулж, ургамлын хорогдлын түвшин нэмэгдүүлдэг. Мөн ургамалд хор хөнөөл учруулдаг тахал, эмгэг тээгч нарын оршин тогтнох чадварыг нэмэгдүүлж байгаа нь эргээд тухайн ургамлын тархцад сөргөөр нөлөөлөх боломжийг олгодог (Bale et al., 2002; Bebber et al., 2013).

### Дүгнэлт

Хэвтээ дэгдийн тархцад хүрээлэн буй орчны 14 үзүүлэлтээс 5 хүчин зүйл нь чухал нөлөө үзүүлдгийг тогтоов. Үүнд: 8 дугаар сарын хур тунадас, зуны улирлын хур тунадас (6-8 сар), зуны улирлын дундаж температур (6-8 сар), жилийн дундаж температур, жилийн нийлбэр хур тунадас эзэлж байна.

Одоогийн ургах магадлал “тохиромжтой” талбайн хэмжээ Монгол орны газар нутгийн 30.11%-ийг эзэлж байна. Харин ургах орчин тохиромжгүй талбайн хэмжээ 69.89% байв.

2021-2100 онд “тохиромжгүй” талбайн хэмжээ нь 8.83% (13,910,203.3 га) ихсэж, “маш өндөр” тархах магадлалтай талбайн хэмжээ 2.57% (4,054,070.944 га) нэмэгдэх хандлагатай байна. Харин тархах магадлал “өндөр, дунд, бага” талбайн хэмжээ мэдэгдэхүйц буурч байгаа нь уур амьсгалын өөрчлөлт түүний нийт ургах орчинд сөрөг нөлөө үзүүлж болзошгүй байгааг илтгэж байна.

### Эшилсэн бүтээл

- Baasanmunkh, S., Urgamal, M., Oyuntsetseg, B., Sukhorukov, A. P., Tsegmed, Z., Son, D. C., & Choi, H. J. (2022). Flora of Mongolia: annotated checklist of native vascular plants. *PhytoKeys*, 192, 63.
- Bale, J.S., et al. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1–16.
- Balmford, A., Bond, W., 2005. Trends in the state of nature and their implications for human well-being. *Ecology Letters* 8 (11), 1218e1234.
- Bebber, D.P., et al. (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature Climate Change*, 3, 985–988.
- Botkin, D.B., Saxe, H., Araujo, M.B., Betts, R., Bradshaw, R.H.W., Cedhagen, T. et al. (2007). Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *Bioscience*, 57, 227–236.
- Cleland, E.E., et al. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(7), 357–365.
- Gehrig-Fasel, J., Guisan, A. & Zimmermann, N.E. (2007). Tree line shifts in the Swiss Alps: climate change or land abandonment? *J. Veg. Sci.*, 18, 571–582.
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (1994). Climate effects on mountain plants. *Nature*, 369, 448.
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecol. Lett.*, 8, 993–1009.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2–3), 147–186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X. et al. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contributions of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2021). *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC, 2007. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climatic Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to Fourth Assessment Report of The Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kelly, A.E., & Goulden, M.L. (2008). Rapid shifts in plant distribution with recent climate change.
- Khanum, R., Mumtaz, A. S., & Kumar, S. (2013). Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica*, 49, 23-31.
- Lee, H. K., Lee, S. J., Kim, M. K., & Lee, S. D. 2020. Prediction of Plant Phenological Shift under Climate Change in South Korea.
- Li, Y., Zhang, J., Fan, J. Y., Zhong, S. H., & Gu, R. (2023). Tibetan medicine Bang Jian: a comprehensive review on botanical characterization, traditional use,

- phytochemistry, and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1295789.
- McPherson, J. M., & Jetz, W. 2007. Effects of species' ecology on the accuracy of distribution models. November 2006, 135–151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04823.x>
- Merow, C., & Jr, J. A. S. 2014. A comparison of Maxlike and Maxent for modelling species distributions. *i*, 215–225. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12152>
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058–1069. <https://doi.org/10.1111/j.16000587.2013.07872.x>
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37–42.
- Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37–42.
- Pearman, P. B., Randin, C. F., Broennimann, O., Vittoz, P., Knaap, W. O. V. D., Engler, R., ... & Guisan, A. (2008). Prediction of plant species distributions across six millennia. *Ecology letters*, 11(4), 357–369.
- Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. 2006. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Reese, G. C., Wilson, K. R., Hoeting, J. A., & Flather, C. H. 2005. Factors affecting species distribution predictions: A simulation modeling experiment. *Ecological Applications*, 15(2), 554–564. <https://doi.org/10.1890/03-5374>
- Sharma, S., Arunachalam, K., Bhavsar, D., & Kala, R. (2018). Modeling habitat suitability of *Perilla frutescens* with MaxEnt in Uttarakhand—A conservation approach. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 10, 99–105.
- Sillero, N. (2011). What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. *Ecological Modelling*, 222(8), 1343–1346.
- Swets, J. A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science (New York, N.Y.)*, 240(4857), 1285–1293. <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beau mont, L.J., Collingham, Y.C. et al. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145–148.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M.B., Sykes, M.T. & Prentice, I.C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proc. Natl Acad. Sci. U.S.A.*, 102, 8245–8250.
- Urgamal M., Oyuntsetseg B., Nyambayat D., Dulamsuren Ch. 2014. *Conspectus of the vascular plants of Mongolia*. UB, Mongolia. “Admon Printing” Press. 334pp.

- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C. et al. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389
- Yang, X. Q., Kushwaha, S. P. S., Saran, S., Xu, J., & Roy, P. S. 2013. Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological Engineering*, 51, 8387. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.004>
- Zhang, H. T., Zhang, X. L., and Ji, L. J. (2009a). Fingerprinting study of *Gentiana farreri* Balf. f. *Nat. Prod. Res. Dev.* 21 (B10), 349–352.
- Zhang, H., Sun, X., Zhang, G., Zhang, X., Miao, Y., Zhang, M., ... & Huang, L. (2022). Potential global distribution of the habitat of endangered *Gentiana rhodantha* Franch: Predictions based on MaxEnt ecological niche modeling. *Sustainability*, 15(1), 631.
- Батцэрэн, Ц., Түвшинтогтох, И., Азаяа, Ж., Батзаяа, Г., Нямбаяр, Н., Доржсумъяа, Г., Сүхбат, А., Уртнасан, М., Цэрэнцоо, Б. 2022. “Монгол орны тэгш өндөрлөг дэх чухал эмийн ургамлын нөөцийн үнэлгээ, тогтвортой хөгжил: Дэгд /*Gentiana* L./-ийн төрлийн ургамлын жишээн дээр”.
- Грубов В.И. 2008. Монголын гуурст ургамал таних бичиг. Ган принт. УБ.
- Даваагэрэл М\*, Түвшинтогтох И., Нямбаяр Н. 2024. Бариулт бүйлэс (*Prunus pedunculata* (Pall.) Maxim) ургамлын тархацыг Монгол орны хэмжээнд Maxent ашиглан загварчлах нь. Монголын ботаникийн сэтгүүл, 06 (32): 67-83.
- Жамъяндорж Х., Лигаа У., Отгонбилэг Х., Саарал Н. 2011. Хэрлэний хөдөө-аралд тарьсан нэн ховор, ховор, ашигт ургамал. УБ.
- Лигаа У. 2015. Монгол орны эмийн ургамлыг өрнө дорнын анагаах ухаанд хэрэглэхүй. УБ. Бемби сан. 163-164х.
- Маньдарь, Д. 2020. Орос махирс (*Lucium ruthenicum* Murray.) ургамлын тархацыг монгол орны хэмжээнд maxent ашиглан загварчлах нь.
- Сүхбат А\*, Түвшинтогтох И., Батцэрэн Ц. 2024. Өлчир дэгд (*Gentiana algida*), Томнавчит дэгд (*Gentiana macrophylla*)-ийн биомассыг аллометрийн тэгшитгэлээр тооцох. Монголын ботаникийн сэтгүүл, 06 (32): 40-53.
- Түвшинтогтох, И., Маньдарь, Д., Нямбаяр, Н., Билгүүн, Ц., Түмэнжаргал, Ц., Энхриймаа, Н., Энхмаа, Э., Лянхуа, Б., Даваагэрэл, М., Батзориг, Т., Мөнхзул, О., Гантуяа, Б., Мөнх-Эрдэнэ, Т., Энхболд, Т., & Тэмүүжин, Б. 2021. Нэн ховор, ховор ургамлын талаарх судалгаа хийх.
- Түвшинтогтох, И., Маньдарь, Д., Нямбаяр, Н., Билгүүн, Ц., Түмэнжаргал, Ц., Отгонсүх, С., Энхриймаа, Н., Энхмаа, Э., Жавхлан, Н., Намуулин, Т., Тэмүүжин, Б., Жавзандолгор, Ч., & Цэгмид, З. 2020. Хэнтийн уулын тайга, Монгол Дагуурын уулын ойг хээрийн тойргийн ургамлын тархац, нөөцийг тогтоох.
- Ургамал М, Оюунцэцэг Б, Тунгалаг, Гүндэгмаа Б, Оюундарь, 2019. “Монгол орны ургамлын улаан данс” хоёрдугаар цуврал, Улаанбаатар хуудас.
- Цэндээхүү Ц., Энхтуул Ц. 2023. Эмийн ургамал (Medicinal plants).

## Using maxent to model the distribution of *Gentiana decumbens* L.f. in Mongolia

Sukhbat Altangerel\*, Tuvshintogtokh Indree , Battseren Tsambaa, Lyankhua Bayasgalankhuu, Davaagerel Munkhtur, Nyambayar Nyamjantsan, Batzaya Gachmaa

Botanic Garden and Research Institute, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, 13330, Mongolia

\*E-mail: [sukhbat\\_a@mas.ac.mn](mailto:sukhbat_a@mas.ac.mn), <https://orcid.org/0000-0002-6403-4280>

---

Received: 19.05.2025

Revised: 26.08.2025

Accepted: 03.09.2025

---

**Abstract:** The rapid change in global climate, which is anthropogenic in nature, affects species' diversity, distribution, and stability. Plants that grow in mountainous regions are increasingly spreading in altitude. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) estimates that air temperatures will increase by 0.2 degrees Celsius per decade in the future. Predicting the distribution of species can be a tool to anticipate future problems in the distribution area of a species, and thus prioritize conservation measures. Therefore, we aimed to map and model the favorable growing environment for the medicinal plant species *Gentiana decumbens* L.f., which is widely used in traditional medicine throughout Mongolia, and determine future trends. We processed our research materials from 2014 to 2023 and used 249 distribution point data. The distribution was processed using 14 environmental factors. According to the results of the study, when the following 14 environmental factors were considered in the maxent modeling, precipitation in the summer season (June-August) is 32.8%, the average temperature in the spring season (March-May) is 11.1%, the average annual temperature is 10.7%, land elevation is 10.7% and the average temperature in the summer season (June-August) is 9.4%. Other factors accounted for the remaining percentage. The area suitable for the growth of horizontal sedge accounts for 30.11% of the total land area of Mongolia, of which 5.78% is most suitable (in some soums of Uvs, Khuvsgul, Zavkhan, Arkhangai, Orkhon, Bulgan, Selenge, Uvurkhangai, Bayankhongor, Tuv, Khentii, and Dornod province), 5.82% is highly suitable, 6.58% is moderately suitable, and 11.93% is low. However, the remaining 69.89% is unsuitable for growth. When estimating the area of suitable growing areas until 2100, climate change is likely to negatively affect the area of suitable growing areas for the species.

**Keywords:** *Gentiana decumbens*, maxent modelling, distribution

---

© The Author(s). 2025 Open Access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.