

**Сөөгөн боролзгоно (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.)
ургамлын тархацыг Монгол орны хэмжээнд Махент
ашиглан загварчлах нь**

**Мөнхтөрийн Даваагэрэл^{1*}, Индрээгийн Түвшинтогтох¹,
Оюунбилэгийн Мөнхзул¹, Дамдиндоржийн Маньдарь²,
Нямжанцангийн Нямбаяр¹**

¹ Шинжлэх Ухааны Академи, Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн, Улаанбаатар, 13330, Монгол улс

² Нийслэлийн Замын Хөгжлийн Газар, Мэдээллийн сангийн хэлтэс, Улаанбаатар, 13330,
Монгол улс

*И-мэйл: davaagerel_m@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0002-5924-0258>

<https://doi.org/10.5564/mjb.v5i31.3265>

Хүлээн авсан: 2023.05.23

Хянасан: 2023.10.31

Хэвлэлтэнд: 2023.12.15

Хураангуй. Уур амьсгалын өөрчлөлт, хур тунадасны хэлбэлзэл, температурын өсөлт, байгалийн гамшигт үзэгдлүүдийн давтамж нэмэгдэх, мөн хүний шууд болон шууд бус нөлөөгөөр ургамлын төрөл зүйлийн тархац ихээхэн өөрчлөгдөж байна. Тэр дундаа эмийн болон ашигт ургамлын хэрэглээ нэмэгдсэнтэй холбоотойгоор байгаль дээрээс нь түүж бэлтгэх нь ихэссэн. Иймд бид Махент загварчлалаар Сөөгөн боролзгоно ургамлын одоо байгаа тархцын талбайг тогтоож, цаашлаад уур амьсгалын өөрчлөлтөөс хамааран талбайн хэмжээ хэрхэн өөрчлөгдөхийг илрүүлэх зорилготой. Монгол орны Хэнтийн уулын тайга, Монгол Дагуурын уулын ойт хээр, Хангайн уулын ойт хээр, Хөвсгөлийн уулын тайгын тойргуудад 2018, 2020 болон 2021 онд хийгдсэн судалгаагаар цуглуулагдсан 525 тархцын цэгэн мэдээллийг ашигласан. Бидний судалгаагаар орчны 21 үзүүлэлтээс 5 хүчин зүйлс хамгийн их хамааралтай байна. Үүнд зуны улирлын 6-8 сарын хур тунадас 65.2 хувь, зуны улирлын 6-8 сарын дундаж температур 16.2 хувь, жилийн дундаж температур 8.1 хувь, хэвгийн налуу 7.4 хувь, жилийн нийлбэр хур тунадас 3 хувийн нөлөө үзүүлж байна. Одоогийн Сөөгөн боролзгонын ургах тохиромжтой газар Монгол орны нийт газар нутгийн 30 хувийг эзэлж байна үүнээс 8 хувьд нь хамгийн тохиромжтой, 7 хувьд өндөр тохиромжтой. Харин үлдсэн 70 хувьд нь ургах боломжгүй байна. Уур амьсгалын өөрчлөлт нь Сөөгөн боролзгонын тааламжтай тархац нутгийн хэмжээг багасгах чиг хандлагатай байна.

Түлхүүр үгс: Махент загвар, Сөөгөн боролзгоно, уур амьсгалын өөрчлөлт, тархац

Эшлэл авахдаа: Даваагэрэл М*, Түвшинтогтох И., Мөнхзул О., Маньдарь Д., Нямбаяр Н. 2023. Сөөгөн боролзгоно (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.) ургамлын тархацыг Монгол орны хэмжээнд Махент ашиглан загварчлах нь. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 05 (31): 66-80.

Удиртгал

Хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлс, уур амьсгалын өөрчлөлтүүд тэр дундаа температурын өсөлт, хур тунадасны хэлбэлзэл, болон байгалийн гамшигийн

давтамж олшрох нь биологийн олон янз байдлын өөрчлөлтийн гол хөдөлгөгч хүч (R. Warren et al., 2013) болж байна. XXI зуунд дэлхийн дулаарлын нөлөөгөөр агаарын температур өсөн халуун хуурай өдрийн давтамж, орон зай цаг хугацааны хувьд нэмэгдэж цаг агаарын нөхцөл гандуу хуурай байх магадлал улам ихэссээр байгаа бөгөөд цаашид энэ хандлага хадгалагдах төлөвтэй байна гэж үзэж байна (Bordi et al., 2004; Wanders et al., 2017). Монгол орны агаарын дундаж температур 1940 оноос 2015 оны хооронд 2.24 градусаар дулаарсан нь дэлхийн агаарын дундаж температур 1906 оноос 2015 онд 0.81 градусаар (Banka, 2021) нэмэгдсэн үзүүлэлттэй харьцуулахад (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), n.d.) манай оронд дулааралт илүү эрчимтэйгээр явагдаж байгааг харуулж байна. 1961 оноос хойш газрын гадаргын ууршилт 118.1 мм-ээр ихэссэн бол ургамал ургалтын хугацаанд ордог хур тундасны хэмжээ 33.0 мм-ээр буурсан байна. Эдгээр хүчин зүйлүүд нь амьд организмын амьдрах орчны цар хүрээнд нөлөө үзүүлж байгаа нь батлагдсан (Driouech et al., 2010; Moraitis et al., 2019) ба тэр дундаа ургамлын тархцын талбай хумигдах эсвэл нэмэгдүүлэх өөрчлөлтийг бий болгож байна (Wang et al., 2019). Сүүлийн жилүүдэд ургамлын гаралтай эм, хүнсний нэмэлт бүтээгдэхүүний хэрэглээ хурдацтай өсөн нэмэгдэж (WHO, 2004) байгаа бөгөөд дэлхийн нийт хүн амын 80% нь ургамлын гаралтай бүтээгдэхүүнийг өдөр тутамдаа хэрэглэж байна (Woo et al., 2012). Монгол оронд нийт 111 овогт хамаарах 653 төрлийн 3041 зүйлийн (Baasanmunkh et al., 2022) гуурст дээд ургамал бүртгэгдсэний 1000 гаруй зүйл нь эмийн болон ашигт ургамал юм (Лигая, 2015).

Эдгээр ургамлын нэг болох Сөөгөн боролзгоно нь дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагаст өргөн тархсан (He & Li, 2016) бол Монгол орны ургамал газарзүйн мужлалаар Хөвсгөл, Хэнтий, Хангай, Монгол Дагуур, Хяangan, Ховд (Хархираа Түргэн уулс), Монгол-Алтай, Дундад халх (хойд хэсэг), Дорнод Монгол, Олон нуурууд, Говь-Алтайн (Гурван Богд) тойргуудын ойт хээр, ой, өндөр уулын бүслүүрт голын эрэг, хотос хонхор, ам хавцал, сөөгөн шугуй, нугархаг энгэр хажуу, шинэсэн ой, ойн зах, боролж, чулуурхаг асгархаг орчинд ургадаг (Грубов, 2008). Уг ургамлын навч цэцгийг ашиглан цайны ханд хандлах, уламжлалт анагаах ухаанд цус тогтоох, хоолны дуршил нэмэгдүүлэх, мэдрэл-сэтгэцийн өвчин болон суулга татраах, бөөрний өвчинд хэрэглэдэг (Мөнхжаргал et al., 2011). Мөн О. Мөнхзул нарын (2019) бичигдсэн өгүүлэлд Сөөгөн боролзгоны ургалт хурдан байдаг тул уул уурхайн нөхөн сэргээлт болон хот тохижуулалт, цэцэгжүүлэлт, ландшафтад гоёл чимэглэлийн зориулалтаар тарималжуулж, түгээмэл хэрэглэж ирсэн байна. Өнөө үед эмийн гаралтай бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг аж ахуй нэгжүүд цайны гол түүхий эд болгон Сөөгөн боролзгоно ургамлыг их хэмжээгээр түүж бэлтгэж байгаа хэдий ч одоогийн байдлаар тархцын зураг Монгол орны хэмжээнд хийгдээгүй байна. Тухайн зүйлийн одоогийн тархцын талбай тохиромжтой газар нутгийг нарийвчилсан судалснаар цаашид ургах орчныг хамгаалах, нөхөн сэргээх, тарималжуулах зэрэг урьдчилсан арга хэмжээ авахад маш чухал ач холбогдолтой (Franklin & Miller, 2010).

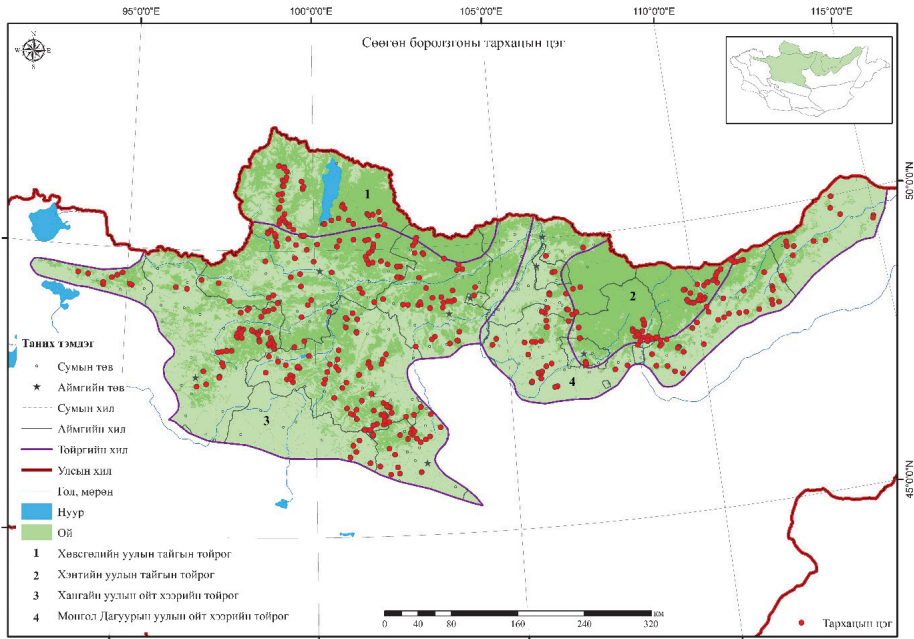
Бид судалгаандаа *Maхent* амьдрах орчны загварчлалыг ашигласан. *Maхent* загварчлал нь зүйлийн бүртгэгдсэн буюу тохиолдсон цэгэн мэдээллээс (coordinate) хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлүүд дээр тулгуурлан газарзүйн боломжит тархалтыг загварчлах боломжтой хамгийн өргөн хүрээнд хэрэглэгддэг аргуудын нэг (D. L. Warren & Seifert, 2011). Хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлүүд дээр хязгаарлалт хийдэггүй бөгөөд тухайн зүйлд хамаарах ямар ч үзүүлэлтийг шалгах боломжтой байдгаараа давуу талтай байна.

Монгол орны хэмжээнд ургамлын тархцыг илрүүлэх, талбайн хэмжээг тодорхойлж хээрийн судалгааны эрэл хайгуул хийхэд эдийн засгийн хувьд өндөр өртөгтэй бөгөөд цаг хугацаа ч их шаардлагатай байдаг. Иймд бид *Maхent* загварыг ашиглан Сөөгөн боролзгоно ургамлыг Монгол орны хэмжээнд тааламжтай ургах орчинг зураглаж загварчилах зорилготой ба үүний хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлж байна: (1) Сөөгөн боролзгонын тархцад нөлөө үзүүлж буй орчны хүчин зүйлүүд юу вэ? (2) Одоо ямар хэмжээтэй талбайд тархаж байна вэ? (3) Ирээдүйн уур амьсгалын өөрчлөлт Сөөгөн боролзгонын ургах орчинд ямар нөлөө үзүүлэх вэ?.

Судалгааны материал аргазүй

Монгол орон нь сэрүүн тайгын бүсэд оршдог томоохон газар нутагтай орнуудын нэг (Miao et al., 2013). Сибирийн тайгын урд зах, хойд талаараа Оросын Холбооны улс, өмнөд талаараа Хятад улстай хиллэдэг өргөн уудам тал хээрийг багтаасан Төв Азийн цөлийн хойд хил болох маш өвөрмөц байгалийн хэв шинжийг агуулдаг орон юм (Bayarsaikhan et al., 2009). Цөл, хээр, ой гэсэн 3 томоохон биомд багтдаг бөгөөд тэдгээрийн тархалтыг ихэвчлэн хур тунадасны градентаар тодорхойлогддог. Эх газрын эрс тэрс уур амьсгалтай зун нь дулаан 24°C, өвөл нь маш хүйтэн -28°C (Banka, 2021), жилийн дундаж хур тунадас 90-433 мм-ийн хооронд хэлбэлздэг (Fernandez-Gimenez & Allen-Diaz, 1999). Ихэнх хур тунадас 6-8-р сард унадаг, хамгийн оргил үе нь 8-р сард ордог байна (A. Li et al., 2012).

2019 онд Хөвсгөлийн уулын тайгад хийгдсэн “Эмийн болон цайны ургамлын тархац, нөөцийн судалгаа, генийн санг хадгалсан тарималжуулалт, ашигт ургамлын плантаци” ШУ технологийн сангийн захиалгат төсөл (Очгэрэл & Энхтуяа, 2019), 2020 онд хийгдсэн “Хэнтийн уулын тайга, Монгол Дагуурын уулын ойт хээрийн тойргийн ургамлын тархац, нөөцийг тогтоох” БОАЖЯ 20/223 дугаар гэрээт ажил (Түвшинтогтох et al., 2020), болон 2021 онд хийгдсэн “Нэн ховор, ховор ургамлын талаарх судалгаа” БОАЖЯ 21/163 дугаар гэрээт төслийн (Түвшинтогтох et al., 2021) хүрээгээр цуглуулагдсан 525 тархцын газрын мэдээллийг ашиглаж боловсруулалт хийсэн (Зураг 1).



Зураг 1. (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.)-Сөөгөн боролзгонын тархац

Агаарын температур, хур тунадас зэрэг уур амьсгалын хүчин зүйлүүд нь төрөл зүйлийн тархцад нөлөөлдөг гол үзүүлэлтүүд юм (J. Li et al., 2020). Доорх уур амьсгалын 19 хүчин зүйлс, өндөршил болон хэвгийн налуу (цаашид орчны хүчин зүйл) (Хүснэгт 1) зэргийг зүйлийн тархцын загварчлалд хамгийн чухал хувьсагччууд гэж үзэн судлаачид голчлон ашигладаг (Guisan & Zimmermann, 2000; Yang et al., 2013). Одоо үе (1950-2020), ирээдүй (2021-2040, 2041-2060) оны хүрээлэн буй орчны 19 хүчин зүйлс (Bio1-Bio19), болон өндөршлийг WorldClim албан ёсны цахим мэдээллийн сүлжээнээс татаж авсан (<https://www.worldclim.org/>). Ирээдүйн загварыг таамаглахын тулд бид хүлэмжийн хийн ялгаруулалтын хамгийн бага хувилбарыг (RCP2.6) сонгосон. Энэ загварт ашигласан орчны бүх хүчин зүйлс нь 30 секундийн (ойролцоогоор 1 км²) орон зайн нарийвчлалтай.

Хүснэгт 1. Орчны хүчин зүйлүүд

Д/д	Хүчин зүйлс	нэгж	Уур амьсгалын хүчин зүйлсийн №
1	Жилийн дундаж температур	°C	Bio 1
2	Хамгийн их дундаж температур	°C	Bio 2
3	Изотермизм (bio2/bio7) (× 100)	хувь	Bio 3
4	Улирлын температурын хазайлт (стандарт хазайлт x 100)	°C	Bio 4
5	7 сарын хамгийн их температур	°C	Bio 5
6	1 сарын хамгийн бага температур	°C	Bio 6
7	Жилийн температурын хязгаар (bio5-bio6)	°C	Bio 7
8	Намрын улирлын дундаж температур (9-11 сар)	°C	Bio 8
9	Хаврын улирлын дундаж температур (3-5 сар)	°C	Bio 9
10	Зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/	°C	Bio 10

11	Өвлийн улирлын дундаж температур /12-2 сар/	°C	Bio 11
12	Жилийн нийлбэр хур тунадас	мм	Bio 12
13	8 дугаар сард хур тунадас	мм	Bio 13
14	3 дугаар сард орсон хур тунадас	мм	Bio 14
15	Улирлын хур тунадасны хазайлт (вариацийн коэффициент)	хувь	Bio 15
16	Намрын улирлын хур тунадас /9-11 сар/	мм	Bio 16
17	Хаврын улирлын хур тунадас /3-5 сар/	мм	Bio 17
18	Зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/	мм	Bio 18
19	Өвлийн улирлын хур тунадас /12-2 сар/	мм	Bio 19
20	Газрын өндөршил /д.т.д/	м	Elevation
21	Хэвгийн налуу	градус	Slope

Тархцын загварчлал:

Maxent нь тархцын хамгийн их энтропийн (орчны хүчин зүйлийн хувьсагч бүр нь тухайн зүйл ургамлын тархацын загварчлалыг урьдчилан таамаглаж загварт хамгийн их нөлөөтэй эсэхийг тооцолдог) магадлалыг олж авдаг ба 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 (Phillips et al., 2006; Reese et al., 2005). 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 25 хувийг туршилтын, үлдсэн 75 хувийг Maxent загварыг загварчлахад ашигласан бөгөөд энэ нь загварчлалыг илүү найдвартай болгодог байна (Merow et al., 2013).

Загварчлалын нарийвчилсан тест:

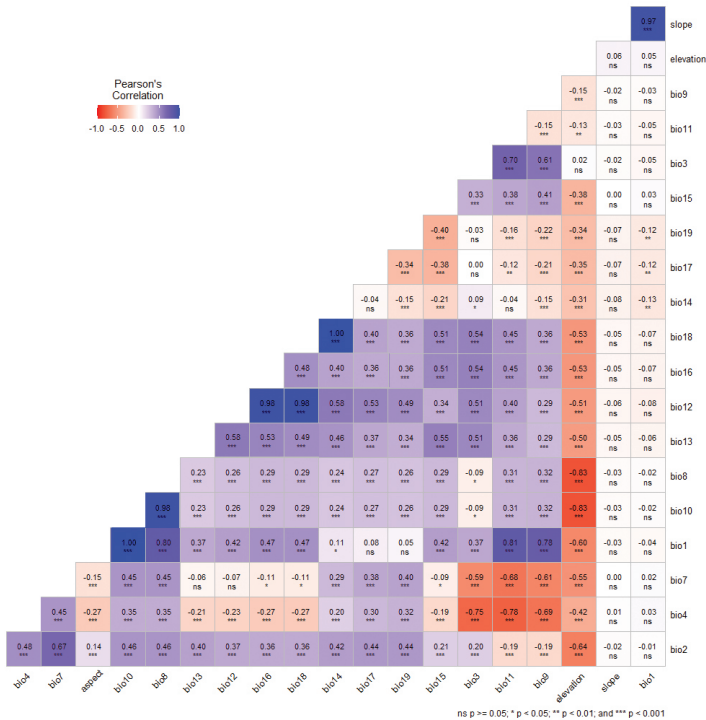
Загварын нарийвчлал буюу зөв зурагласан эсэхийг үнэлэхийн тулд хүлээн авагч операторын муруй (Receiver Operation Curve-ROC), болон муруй доорх талбай (The area under the curve-AUC) ашигладаг. Ерөнхийдөө AUC-ийн утга 0-1-ийн хооронд хэлбэлздэг бөгөөд AUC 0.5 нь санамсаргүй тохиолдол буюу загварыг гүйцэтгэл 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 10.7-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 ($0.71 < AUC \leq 1.00$) (Zhao et al., 2022).

Судалгааны үр дүн

Загварчлалын гүйцэтгэл болон, орчны хүчин зүйлүүдийн үүрэг оролцоо:

Орчны хүчин зүйлүүд болох (уур амьсгалын 19-н хүчин зүйл, өндөршил болон хэвгийн налууун) үзүүлэлтүүдийн аль нь хамгийн Сөөгөн боролзгонын

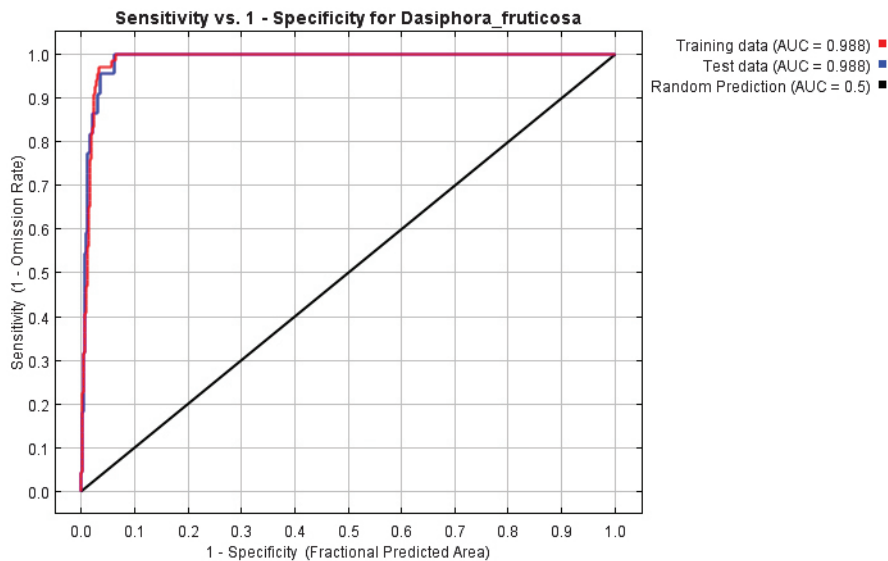
тархцад хамааралтай байгааг тогтоосон. Ингэж хамгийн их хамааралтай хүчин зүйлсийг тодорхойлсноор Maxent загварчлалын үр дүн маш сайн гүйцэтгэлтэй гардаг. Эдгээр хүчин зүйлсийн утгыг гаргахдаа 21 орчны хүчин зүйлийн зургийг 525 цэг тус бүр дээр давхцуулан цэг бүр дээрх утгыг гаргаж Персоны корреляцийн коэффициентийг R программ дээр METAN багцыг ашиглан ≥ 0.85 утгыг хасаж цааш судалгаандаа ашигласан. 21 үзүүлэлтээс орчны 5 хүчин зүйлс болох жилийн дундаж температур (Bio 1), зуны улирлын дундаж температур (Bio 10), жилийн нийлбэр хур тунадас (Bio 12), зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/ (Bio 18), мөн хэвгийн налуу нөлөөлдөг болохыг тогтоосон (Зураг 2).



Зураг 2. Орчны хүчин зүйлс хоорондын Персоны корреляци

Сөөгөн боролзгоно ургамлын тархцын загварчлалын үр дүн муруйд багтах (AUC)-г үнэлэхэд утга нь 0.988 (± 0.001) байгаа нь бидний гаргасан загварын үр дүн үнэмшилтэй болохыг харуулж байна (Зураг 3). Иймд бид цаашдын ирээдүйн загварчлалыг хийхэд тохиромжтой гэж үзэж байна.

Сөөгөн боролзгонын тархцад дээрх 21 орчны хүчин зүйлээс хамгийн их нөлөө үзүүлж байгаа нь дараах 5 үзүүлэлт болохыг тогтоолоо. Үүнд жилийн нийлбэр хур тунадаснаас 3 хувь хамаарч байхад, 6-8 сарын хур тунадас 65.2 хувь хамаарч байна. Харин зуны улирлын 6-8 сарын дундаж температур 16.2 хувь байхад жилийн дундаж температур 8.1 хувь, хэвгийн налуу 7.4 хувь нөлөө үзүүлж байна (Хүснэгт 2). Жилийн хур тунадас, температураас илүүтээгээр 6-8 сарын хур тунадас, температур Сөөгөн боролзгонын ургах орчинд өндөр нөлөөтэй байна.



Зураг 3. ROC буюу муруйд багтах талбайн (AUC) хэмжилтийн тахирмаг

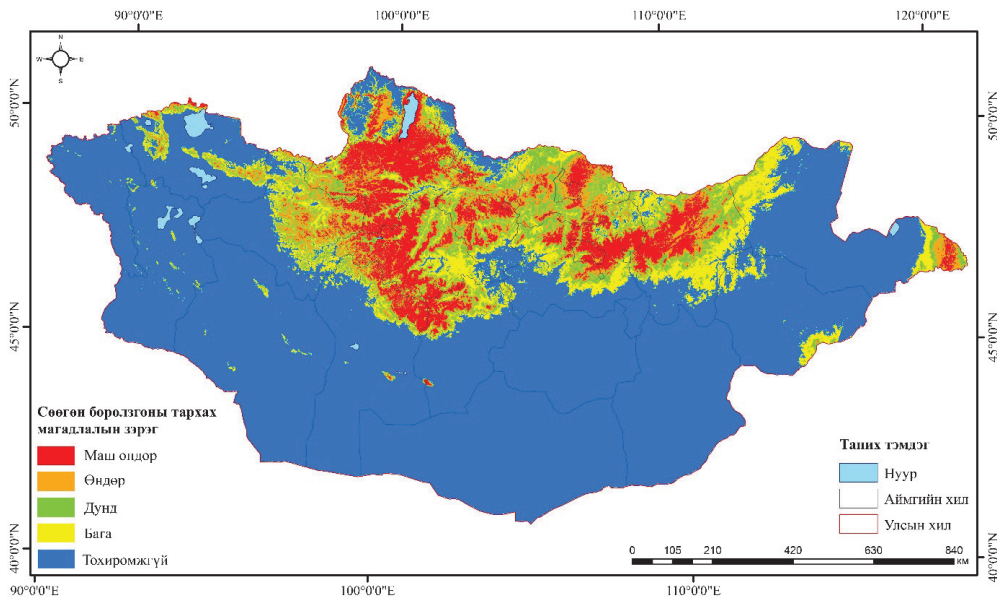
Хүснэгт 2. Сөөгөн боролзгонын тархцад үзүүлж буй орчны үзүүлэлтүүд

Д/д	Хүчин зүйлс	нэгж	Тархцад нөлөөлөх үүргийн эзлэх хувь (%)
1	Зуны улирлын хур тунадас /6-8 сар/	мм	65.2
2	Зуны улирлын дундаж температур /6-8 сар/	°C	16.2
3	Жилийн дундаж температур	°C	8.1
4	Хэвгийн налуу	градус	7.4
5	Жилийн нийлбэр хур тунадас	мм	3

Сөөгөн боролзгоно ургамлын одоогийн тархац. Сөөгөн боролзгоно ургамал нь Монгол орны нийт нутгийн 30 хувьд ургах тохиромжтой, харин 70 хувьд нь огт ургах боломжгүй байна. Үүнээс 15 хувьд ургах орчны нөхцөл маш тохиромжтой бөгөөд 8 аймгийн 43 сумууд байна. Эдгээрийг авч үзвэл: Архангай аймгийн Жаргалант, Тариат, Өндөр-Улаан, Чулуут, Ихтамир, Булган, Цэнхэр, Хотонт, Хангай суманд, Баянхонгор аймгийн Галуут, Эрдэнэцогт суманд, Булган аймгийн Могод, Сайхан, Хишиг-Өндөр сумын хойд хэсгээр, Өвөрхангай аймгийн Бат-Өлзий, Уянга, Зүүнбаян-Улаан суманд, Төв аймгийн Эрдэнэ, Батсүмбэр, Мөнгөнморьт суманд, Хэнтий аймгийн Өмнөдэлгэр, Цэнхэрмандал, Биндэр, Батширээт, Баян-Адрага, Дадал, Норивлийн суманд, Хөвсгөл аймгийн Арбулаг, Алаг-Эрдэнэ, Баянзүрх, Цагаан-Уул, Чандмань-Өндөр, Эрдэнэбулган, Түнэл, Бүрэнтогтох, Шинэ-Идэр, Төмөрбулаг, Галт, Жаргалант, Рашаант, Цэцэрлэг суманд ургах орчин хамгийн тохиромжтой газар нутаг байна (Зураг 4).

Хүснэгт 3. Сөөгөн боролзгоно ургамлын одоогийн болон цаашдын тархах магадлалтай газрын хэмжээ

Д/д	Магадлалын зэрэг	1950-2020 он, талбай		2021-2040 он, талбай		2041-2060 он, талбай		Өөрчлөгдсөн талбай
		га	%	га	%	га	%	
1	Маш өндөр	12035370	8	11940610	8	10603885	7	-1431485
2	Өндөр	11003760	7	10338460	7	10072464	6	-931296
3	Дунд	10001350	6	10678630	6	10680834	7	679484
4	Бага	13593913	9	12556193	8	12336877	8	-1257036
5	Тохиромжгүй	109430977	70	110551477	71	112371308	72	2940330.8
	Нийт	156065370	100	156065370	100	156065370	100	



Зураг 4. Монгол оронд Сөөгөн боролзгоно ургамал тархах магадлалтай бүс нутаг

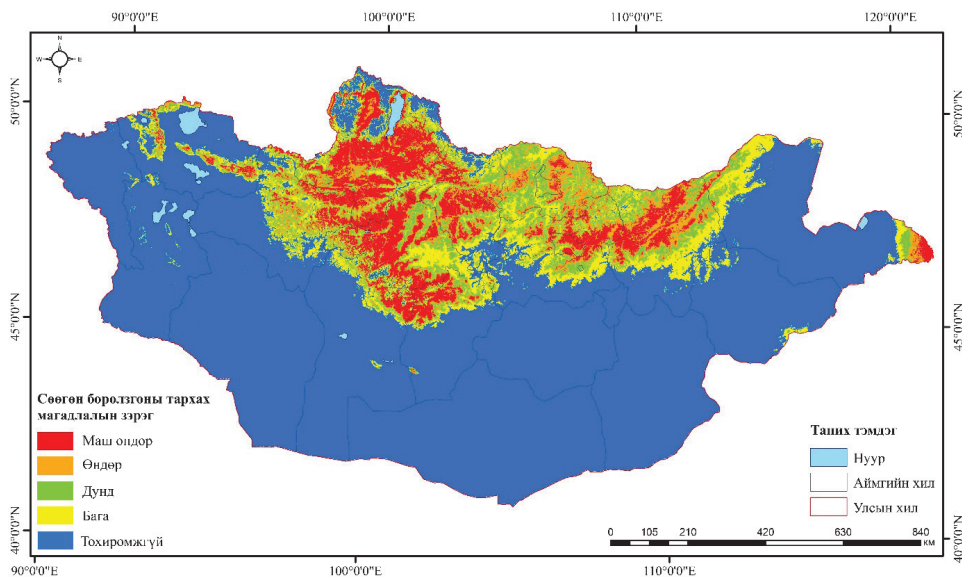
Сөөгөн боролзгоно ургамлын ургах тохиромжтой болон тохиромжгүй орчны өндөршил, хэвгийн налууг авч үзлээ. Ургах тохиромжтой газар өндөршлийн хувьд 1076-3118 метрийн хооронд харин хэвгийн налуун хувьд 1.31-28.4 градусын хооронд байна. Ургах орчин тохиромжгүй газарт 693-1075 метр, хэвгийн налуун 0-0.3 градус байна (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Өндөршил болон хэвгийн налуун дээд, доод хязгаар

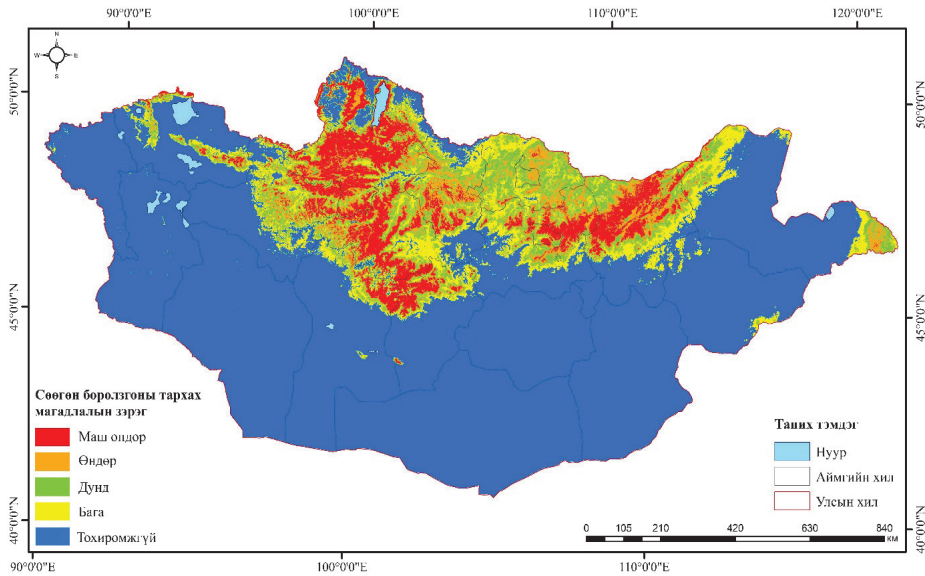
Хүчин зүйлс	Ургах орчны магадлалын зэрэг	Утга
Өндөршил	тохиромжтой	1657 -3118
	дундаж	1076-1656
	тохиромжгүй	693-1075
Хэвгийн налуу	тохиромжтой	6.021-28.4
	дундаж	1.31-6.02
	тохиромжгүй	0-0.3

Сөөгөн боролзгоно ургамлын тархцын цаашдын чиг хандлага. Сөөгөн боролзгоно ургамлын тархцын талбай цаашид хэрхэн өөрчлөгдөхийг (2021-2040, 2041-2060) онд жилийн дундаж температур (Bio 1), зуны улирлын дундаж температур (Bio 10), жилийн нийлбэр хур тунадас (Bio 12), зуны улирлын хур тунадас (Bio 18), мөн хэвгийн налуууг ашиглан тооцоолж үзлээ.

Сөөгөн боролзгоно ургамлын тархцын цаашдын чиг хандлагыг 2021-2060 он хүртэл загварчилж үзэхэд Сөөгөн боролзгононы ургах хамгийн тааламжтай газар нутгийн хэмжээ болох маш өндөр зэрэг -1,431,485 га, өндөр зэрэг -931,296 га, бага зэрэг -1,257,036 га талбайгаар багассан бол, дунд болон ургах орчин тохиромжгүй газар нутгийн хэмжээ 679,484, болон 2,940,330,8 га талбайгаар тус тус нэмэгдсэн байна (Хүснэгт 3). Уур амьсгалын өөрчлөлт нь Сөөгөн боролзгононы ургах орчинд таатай нөлөө үзүүлэхгүй бөгөөд газар нутгийн хэмжээ хумигдах хандлагатай байна.



Зураг 5. Сөөгөн боролзгоно ургамлын 2021-2040 оны тархцын чиг хандлага



Зураг 6. Сөөгөн боролзгоно ургамлын 2041-2060 оны тархцын чиг хандлага

Хэлэлцүүлэг

Энэхүү судалгаа нь Сөөгөн боролзгоно ургамлын газарзүйн тархцад орчны хүчин зүйлийн нөлөөллийг Maxent амьдрах орчны загварчлалыг ашиглан тодорхойлсон анхны судалгаа юм. Цаашид MaxEnt загварчлалыг биологийн төрөл зүйлийн амьдрах орчин, тархалтад хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлс хэрхэн нөлөөлж байгааг, аль хүчин зүйл хамгийн өндөр нөлөөлөлтэй байгааг оновчтой тогтооход ашиглахад тохиромжтой. Ингэснээр тухайн зүйлийн амьдрах орчныг тогтвортой хамгаалах, уур амьсгалын өөрчлөлтөөр цаашдын чиг хандлагыг урьдчилан тодорхойлох ингэснээр зүйл ургамлын байгаль дээрх тархац хумигдах аль эсвэл тэлэх эсэхийг тооцоход тохиромжтой (Zare Chahouki & Piri Sahragard, 2016).

Сөөгийн ургалт болон хур тунадасны хамаарал нь бүс нутгийн хэмжээ мөн хүрээлэн буй орчны бусад хүчин зүйлээс хамаарч өөр өөр байдаг ч хур тунадас нь сөөгийн өсөлт хөгжилтөд ихээхэн үүрэг гүйцэтгэдэг (Remm & Remm, 2017). Хятадад хийгдсэн *Hydrangea macrophylla* сөөг ургамлын одоо ба ирээдүйн тархцыг Maxent загварчлалаар тооцсон судалгаагаар тус зүйл ургамлын тархцад 6-8 сарын зуны улирлын хур тунадас (Bio 18) 23 хувийн нөлөө үзүүлсэн боловч хамгийн их оролцоотой гэж үнэлэгдсэн байна (Yan et al., 2021). Монгол оронд хийгдсэн Орос махирсын тархцад гол нөлөө үзүүлж буй 7 хүчин зүйлийн нэг болох жилийн дундаж температур (Bio 1) 25.5 хувийн нөлөөтэй газар нутгийн хэмжээ 2021-2080 он хооронд ургамал тархан ургах өндөр магадлалтай орчин 2.31 дахин нэмэгдсэн байна (Мандарь, 2020). Харин хармагийн төрөл зүйлийн хувьд өвлийн улирлын хур тунадас (Bio 19) 64.6 хувийн нөлөө үзүүлж байсан бөгөөд одоо үед тааламжтай амьдрах орчны хэмжээ 23,727.28 км² байсан бол

2041-2080 онд 7,168.23 км²-аар буюу 1.4 хувиар багассан байна (J. Li et al., 2020). Цаашид уур амьсгал улам дулаарч температурын өсөлт, хур тунадасны хэмжээ багасаад байвал жилийн дундаж температурт таатай Орос махирсны ургах орчин тэлэх, харин Хармагийн төрөл зүйлд өндөр нөлөөтэй өвлийн улирлын хур тунадас багасах нь тархац нутгийн хэмжээ хумигдахад хүрж байна.

Дүгнэлт

Сөөгөн боролзгонын тархцыг Махент загвараар загварчлахад орчны 21 үзүүлэлтээс 5 хүчин зүйлс хамгийн их хамааралтай байна. Үүнд зуны улирлын 6-8 сарын хур тунадас 65.2 хувь, зуны улирлын 6-8 сарын дундаж температур 16.2 хувь, жилийн дундаж температур 8.1 хувь, хэвгийн налуу 7.4 хувь, жилийн нийлбэр хур тунадас 3 хувийн нөлөө үзүүлж байна.

Одоогийн Сөөгөн боролзгонын ургах тохиромжтой газар Монгол орны нийт газар нутгийн 30 хувийг эзэлж байна үүнээс 8 хувьд нь хамгийн тохиромжтой, 7 хувьд өндөр тохиромжтой. Харин үлдсэн 70 хувьд нь ургах боломжгүй байна.

Сөөгөн боролзгоно ургамлын тархац 2021-2060 онд тохиромжгүй талбайн хэмжээ 1.02 (2,940,331 га) хувиар нэмэгдэж, харин тааламжтай талбайн хэмжээ 1.07 (1,431,485 га) хувиар багассан байна. Уур амьсгалын өөрчлөлт нь Сөөгөн боролзгонын тааламжтай тархац нутгийн хэмжээг багасгах чиг хандлагатай байна.

Эшилсэн бүтээл

- Baasanmunkh, S., Urgamal, M., Oyuntsetseg, B., Sukhorukov, A. P., Tsegmed, Z., Son, D. C., Erst, A., Oyundelger, K., Kechaykin, A. A., Norris, J., Kosachev, P., Ma, J. S., Chang, K. S., & Choi, H. J. (2022). Flora of Mongolia: annotated checklist of native vascular plants. *PhytoKeys*, 192, 63–169. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.192.79702>
- Banka, W. (2021). *Climate Risk Country Profile: Ethiopia*. 1–32. www.worldbank.org
- Bayarsaikhan, U., Boldgiv, B., Kim, K. R., Park, K. A., & Lee, D. (2009). Change detection and classification of land cover at Hustai National Park in Mongolia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4), 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.03.004>
- Bordi, I., Fraedrich, K., Jiang, J. M., & Sutera, A. (2004). Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(1–2), 81–91. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0053-8>
- Driouech, Déqué, & Sánchez-Gómez. (2010). Weather regimes-Moroccan precipitation link in a regional climate change simulation. *Global and Planetary Change*, 72(1–2), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.03.004>
- Fernandez-Gimenez, M. E., & Allen-Diaz, B. (1999). Testing a non-equilibrium model of rangeland vegetation dynamics in Mongolia. *Journal of Applied Ecology*, 36(6), 871–885. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1999.00447.x>

- Franklin, J., & Miller, J. A. (2010). Mapping species distributions: Spatial inference and prediction. *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*, 1–320. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602>
- 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)
- He, J. L., & Li, X. G. (2016). *Potentilla fruticosa* has a greater capacity to translocate phosphorus from the lower to upper soils than herbaceous grasses in an alpine meadow. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 228, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.021>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (n.d.). *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
- Li, A., Wu, J., & Huang, J. (2012). Distinguishing between human-induced and climate-driven vegetation changes: A critical application of RESTREND in inner Mongolia. *Landscape Ecology*, 27(7), 969–982. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9751-2>
- Li, J., Fan, G., & He, Y. (2020). Predicting the current and future distribution of three *Coptis* herbs in China under climate change conditions, using the MaxEnt model and chemical analysis. *Science of the Total Environment*, 698, 134141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134141>
- 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.1600-0587.2013.07872.x>
- Miao, L., Luan, Y., Luo, X., Liu, Q., Moore, J. C., Nath, R., He, B., Zhu, F., & Cui, X. (2013). Analysis of the phenology in the Mongolian Plateau by inter-comparison of global vegetation datasets. *Remote Sensing*, 5(10), 5193–5208. <https://doi.org/10.3390/rs5105193>
- Moraitis, M. L., Valavanis, V. D., & Karakassis, I. (2019). Modelling the effects of climate change on the distribution of benthic indicator species in the Eastern Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 667, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.338>
- 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>
- Remm, K., & Remm, L. (2017). Shrubby cinquefoil (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.) mapping in Northwestern Estonia based upon site similarities. *BMC Ecology*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12898-017-0117-0>
- 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>

- Wanders, N., Van Loon, A. F., & Van Lanen, H. A. J. (2017). Frequently used drought indices reflect different drought conditions on global scale. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions, August*, 1–16. <https://doi.org/10.5194/hess-2017-512>
- Wang, B., Deveson, E. D., Waters, C., Spessa, A., Lawton, D., Feng, P., & Liu, D. L. (2019). Future climate change likely to reduce the Australian plague locust (*Chortoicetes terminifera*) seasonal outbreaks. *Science of the Total Environment*, 668, 947–957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.439>
- Warren, D. L., & Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: The importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, 21(2), 335–342. <https://doi.org/10.1890/10-1171.1>
- Warren, R., Vanderwal, J., Price, J., Welbergen, J. A., Atkinson, I., Ramirez-Villegas, J., Osborn, T. J., Jarvis, A., Shoo, L. P., Williams, S. E., & Lowe, J. (2013). Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change*, 3(7), 678–682. <https://doi.org/10.1038/nclimate1887>
- Woo, C. S. J., Lau, J. S. H., & El-Nezami, H. (2012). Herbal Medicine. Toxicity and Recent Trends in Assessing Their Potential Toxic Effects. In *Advances in Botanical Research* (1st ed., Vol. 62). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394591-4.00009-X>
- Yan, X., Wang, S., Duan, Y., Han, J., Huang, D., & Zhou, J. (2021). Current and future distribution of the deciduous shrub *Hydrangea macrophylla* in China estimated by MaxEnt. *Ecology and Evolution*, 11(22), 16099–16112. <https://doi.org/10.1002/ece3.8288>
- 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, 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.004>
- Zare Chahouki, M. A., & Piri Sahragard, H. (2016). Maxent modelling for distribution of plant species habitats of rangelands (Iran). *Polish Journal of Ecology*, 64(4), 453–467. <https://doi.org/10.3161/15052249PJE2016.64.4.002>
- Zhao, H., Xian, X., Zhao, Z., Zhang, G., Liu, W., & Wan, F. (2022). Climate Change Increases the Expansion Risk of *Helicoverpa zea* in China According to Potential Geographical Distribution Estimation. *Insects*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/insects13010079>
- Грубов, В. И. (2008). *Монголын гуурст ургамал таних бичиг*.
- Лигаа, У. (2015). *Монгол орны эмийн ургамлыг өрнө дорнын анагаах ухаанд хэрэглэхүй*.
- Мандарь, Д. (2020). *Орос махирс (Lucium ruthenicum Murray.) ургамлын тархацыг монгол орны хэмжээнд тахент ашиглан загварчлах нь*.
- Мөнхжаргал, Б., Цэцэгмаа, Ч., Наранцэцэг, Ц., & Баатарчулуун, Д. (2011). *Эмийн ургамал*.

- Очгэрэл, Н., & Энхтуяа, Л. (2019). *Эмийн болон цайны ургамлын тархац, нөөцийн судалгаа, генийн санг хадгалсан тарималжуулалт, ашигт ургамлын плантаци.*
- Түвшинтогтох, И., Мандарь, 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 ойт хээрийн тойргийн ургамлын тархац, нөөцийг тогтоох.*
- Түвшинтогтох, И., Мандарь, 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.*

Using Maxent to model the distribution of *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. in Mongolia

Munkhtur Davaagerel^{1*}, Indree Tuvshintogtokh¹, Oyunbileg Munkhzul¹,
Damdindorj Manidari², Nyamjantsan Nyambayar¹

¹ Botanic Garden and Research Institute, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, 13330, Mongolia

²Capital City road Development Agency, Ulaanbaatar, 13330, Mongolia

*E-mail: davaagerel_m@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0002-5924-0258>

Received: 23.05.2023

Revised: 31.10.2023

Accepted: 15.12.2023

Abstract: Due to climate change, precipitation variability, temperature rise, an increase in the frequency of natural disasters, and direct and indirect human impact, the range of plant species is changing significantly. Specifically, there has been an increase in gathering plants from nature because of the growing use of these valuable and medicinal plants. Thus, by simulating the plant's existing range using Maxent simulation, our goal is to determine its area as well as how it would alter in response to climate change. 525 ranges from surveys conducted in 2018, 2020, and 2021 in the Mongolian districts of Khentii, Mongolian Dauria, Khangai, and Khuvsgul were utilized. Based on our research, out of 21 environmental indicators, five are the most significant. It is influenced by 65.2% of precipitation of the warmest quarter, 16.2% of the mean temperature of the warmest quarter, 8.1% of the annual mean temperature, 7.4% of slope, and 3% of total annual precipitation. Currently, 30% of Mongolia's total land area is suitable for *Dasiphora fruticosa* cultivation, of which 8% is ideal and 7% is exceptionally suitable. However, the remaining 70% cannot expand. The favorable range of *Dasiphora fruticosa* tends to shrink as a result of climate change.

Keywords: Maxent model, *Dasiphora fruticosa*, climate change, distribution

© The Author(s). 2023 **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 the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.