Mongolian Journal of Botany, 2024, 06 (32): 97-113

Ногоон бүсийн хушин ойн өмхөрөл, өсөлтийн хөдлөлзүй

Ганбаатарын Батсайхан[1*], Баярсайханы Удвал[1], Эрдэнэчулууны Наранбаяр[1], Баттулгын Ганболд[1], Чоймаагийн Дуламсүрэн[2]

[1]Монголын Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, 15170, Монгол
[2]Фрайбургийн Их Сургууль, Фрайбург, 79104, Герман

**И-мэйл:* batsaikhang@mas.ac.mn, https://orcid.org/0000-0001-7752-2286

https://doi.org/10.5564/mjb.v6i32.3823

Хүлээн авсан: 2024.06.15 Хянасан: 2024.10.03 Хэвлэлтэнд: 2024.10.07

Хураангуй. Судалгааг Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн ойн рекреаци ашиглалтын нөлөөнд өртсөн хуш (*Pinus sibirica* Du Tour.)-н ойд гүйцэтгэв. Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн ойгоор бүрхэгдсэн талбайн 85.5%-ийг байгалийн ой эзлэх бөгөөд бүрэлдэхүүний хувьд шинэс, хуш, гацуур, хус, улиас, бургас, улиангар зэрэг мод тархан ургаж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь ойн рекреаци ашиглалтын нөлөөнд өртсөн ногоон бүсийн хушин ойн өсөлтийн зүй тогтлыг илрүүлэх, түүнд нөлөөлөх уур амьсгалын хүчин зүйл болон ишний өмхөрлийн үнэлгээг нарийвчлан судалж, цаашид хушин ойн хамгааллын арга хэмжээг сайжруулахад оршино. Судалгааны дээж материал цуглуулах, боловсруулах ажлыг 2022-2023 оны ургамал ургалтын хугацааны төгсгөлд гүйцэтгэж үр дүнг энэхүү өгүүлэлд нэгтгэн оруулав. Судалгааны дээж талбайг 20 м х 20 м хэмжээтэй тусгаарлан, моддын өндөр, диаметрийг хэмжиж, мод тус бүрээс өсөлтийн дээжийг өрөмдөж авсан. Мөн модны ишний дотоод задралыг 30 см-ээс дээш диаметртэй мод тус бүрийн ишний 50 см болон 150 см-ийн өндөрт хэт авианы багажаар томографын хэмжилт хийв. Судалгаа гүйцэтгэсэн бүс нутгийн 1900-2023 он хүртэлх уур амьсгалын үзүүлэлтүүдийн цуваag олон улсын уур амьсгалын мэдээллийн сангийн (CRU TS Version 4.06 - Open source) өгөгдлийг ашигласан. Хуш моддын диаметрийн өсөлтийг "Lintab 6" багажаар хэмжиж, үр дүнг "TsapWin-4.64" программаар тодорхойлов. Өгөгдөл боловсруулалтыг статистикийн R болон XLSTAT программаар боловсруулав. Судалгааны дүнгээс үзэхэд, хотын ногоон бүсийн Сибирь хушны өсөлт 1800 оны эхээр сайн, 1870-1950 оны хооронд дундаж хэмжээтэй байсан бол 1940 оноос эрс багассан байна. 40 гаруй жилийн (1983-2022) хугацаанд моддын өсөлтөд тухайн жилийн 4 болон 6-р сарын хур тунадас ихээхэн нөлөө үзүүлсэн байна. Судалгааны талбайн нийт моддын 15 хувь нь бүдүүн буюу 30 см-ээс дээш диаметртэй, үлдсэн 85 хувь нь 30 см-ээс доош диаметртэй модод байх бөгөөд 30 см-ээс бага хэмжээтэй модод нэг га талбайд дунджаар 704 ширхэг, газрын дээд хэсгийн нийт биомассын 56% (97.5 тн/га)-ийг эзэлж байгаа бол 30 см-ээс дээш диаметртэй модод нэг га талбайд дунджаар 125 ширхэг, газрын дээд хэсгийн нийт биомассын 44% (76.7 тн/га)-ийг тус тус эзэлж байна. Бүдүүн, хөгшин нийт моддын 94.7% эрүүл буюу өмхрөөгүй, үлдсэн 5.3% нь өмх байна. Үүнийг биомассаар илэрхийлбэл, газрын дээд хэсгийн нийт биомасс 81.1 тн/га байгаагаас өмхгүй, эрүүл биомасс 77.3 тн/га, ишний нийт биомасс 55.4 тн/га байгаагаас өмхгүй, эрүүл биомасс 52.6 тн/га буюу 1 га талбайд дунджаар 2.8 тонн өмх байгааг тогтоов.

Түлхүүр үг: Хушин ой, өсөлт, доройтол, өмхөрөл, уур амьсгал, ногоон бүсийн ой

Эшлэл авахдаа: Батсайхан Г*., Удвал Б., Наранбаяр Э., Ганболд Б., Дуламсүрэн Ч. 2024. Ногоон бүсийн хушин ойн өмхөрөл, өсөлтийн хөдлөл зүй. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 06 (32): 97-113.

Удиртгал

Сэрүүн бүсийн ой нь дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагаст 15.7х108 га талбайг эзэлдэг бөгөөд гол төлөв гацуур, жодоо, шинэс зэрэг шилмүүст модноос бүрдсэн байгалийн ой юм (Grower et al., 2003, Farjon, 2010). Монгол орны ой нь Сибирийн их тайгын үргэлжлэл, түүний өмнөд төгсгөл бөгөөд ойн сангийн ойгоор бүрхэгдсэн талбай нь нийт газар нутгийн 8.28 хувийг эзэлдэг (Монгол орны ойн сан, 2023).

Монгол орны ойн нөөц 1 246 517 781 шоо.метр бөгөөд 140 гаруй зүйлийн мод, сөөгөөс бүрддэг. Ойн нөөцийн 79.3 хувийг шинэс (*Larix sibirica* Ldb.), 5.0 хувийг нарс (*Pinus sylvestris* L.), 8.9 хувийг хуш (*Pinus sibirica* Du Tour.), 0.2 хувийг гацуур (*Picea obovata* Ldb.), 0.01 хувийг жодоо (*Abies sibirica* Ldb.), 6.0 хувийг хус (*Betula platyphylla* Sukacz.), 0.17 хувийг улиас (Populus L.), 0.05 хувийг улиангар (*Populus tremula* L.), 0.01 хувийг хайлаас (*Ulimus pumila* L.), 0.3 хувийг бургас (*Salix pentandra* L.), 0.005 хувийг тоорой (*Populus diversifolia* Schrenk.), 0.14 хувийг заган (*Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey.) Bge. ойн нөөц тус тус эзэлнэ (Монгол орны ойн сан, 2023).

Монгол орны ой нь бүтээмж багатай, өсөлт удаашралтай, уур амьсгалын өөрчлөлт, ган, түймэр, хортон шавж зэрэг хүний болон байгалийн хүчин зүйлийн нөлөөнд өртөмтгий бөгөөд сүүлийн жилүүдэд эдгээр нөхцөлөөс шалтгаалан ойн доройтол нэмэгдэж байна (Tsogtbaatar, 2016). Тухайлбал, 1996-1997 оны хооронд ойн түймэрт 7 сая га ой мод шатаж, 2000-2002 оны хооронд 3.33 сая га талбай хортон шавжид нэрвэгдсэн байдаг (МЕТ, 2019).

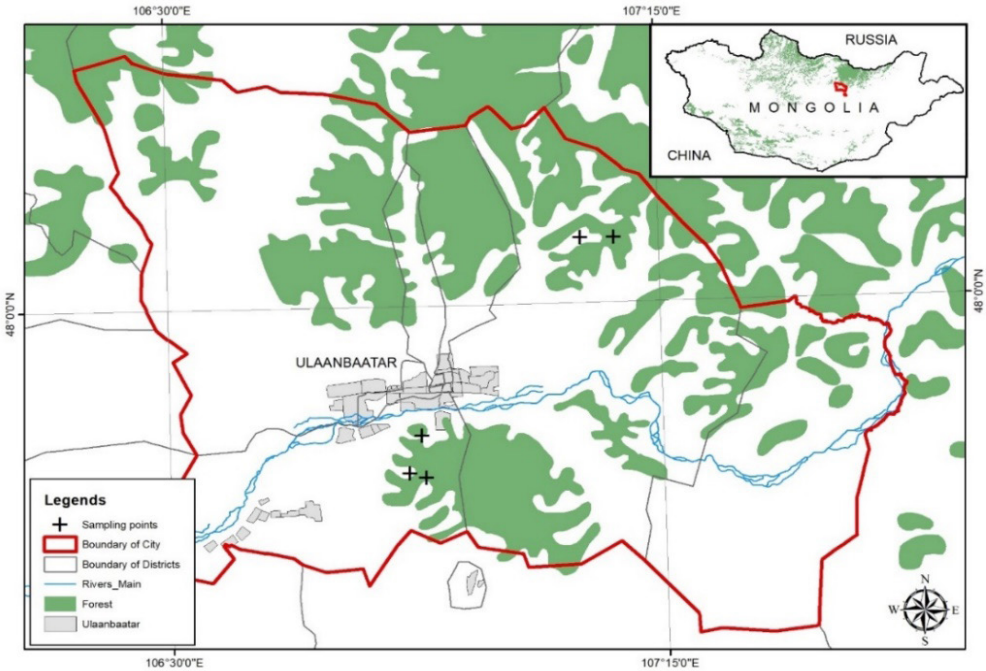
Ойн рекреаци ашиглалтын нөлөөнд өртсөн ногоон бүсийн хушин ойн өсөлтийн зүй тогтлыг илрүүлэх, ишний өмхөрлийн үнэлгээг нарийвчлан хийж, цаашид хушин ойн хамгааллын менежментийг сайжруулах шаардлагатай юм.

Олон улсын хэмжээнд дууны хурдны долгионоор хэмждэг дууны (SoT) томограф болон цахилгаан эсэргүүцлийн (ERT) томографыг нэмэлт болгон ашиглав. Эдгээр багажаар ой моддын эрсдэлийг үнэлэх (Gilbert and Smiley, 2004) болон модны ишний өмхрөлийг үнэлж (Gilbert et al., 2016), ойн нүүрстөрөгчийн бүртгэл, загварчлалд шаардлагатай мэдээлэл бүрдүүлэхэд өргөн ашигладаг. Судалгааны дүнгээс үзэхэд, модны өмхрөлөөс үүдэлтэй нүүрстөрөгчийн алдагдлыг тооцохгүй бол нүүрстөрөгчийн тооцооны загваруудад ойд хуримтлагдсан нүүрстөрөгчийн массыг хэт өндөр үнэлэгддэг байна.

Энэхүү судалгааны зорилго нь ногоон бүсийн хушин ойн а) өсөлтийн хөдлөлзүй, б) өсөлтөд үзүүлэх уур амьсгалын нөлөө в) ишний дотоод задралыг үнэлэх, цаашлаад ойн нүүрстөрөгчийн бүртгэл, загварчлалд шаардлагатай мэдээлэл бүрдүүлэхэд оршино. Судалгааны үр дүнг хотын ногоон бүсийн хушин ойн хамгаалал, менежмент болон нүүрстөрөгчийн шингээлтийг тооцоход модны ишний дотоод задралыг үнэлэхэд чиглэсэн томоохон судалгаанд ашиглах боломжтой юм.

Судалгааны материал, аргазүй

Бид энэхүү судалгааг ургамал ургалтын хугацааны төгсгөлд Улаанбаатар хотын ногоон бүсийн ойн санд гүйцэтгэв. Судалгааны талбайг Нүхт (НА), Хандгайт (ХА), Санзай (СА), Жигжид (ЖА), Гачуурт (ГА), Түргэн (ТА), Улиастайн амны (УА) ойд 2022, 2023 оны VII-IX сард гүйцэтгэв (Зураг 1, Хүснэгт 1). Тус бүс нутаг эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай бөгөөд өвөл хүйтэвтэр, агаарын дундаж температур 1-р сард -26°C, 7-р сард +39°C хүрнэ. Хөрсний сарын дундаж температур 7-р сард +21°C хүрч, 10-р сард 0°C, 1-р сард -24°C болж хэлбэлзэнэ. Монгол орны ой бүхий хойд хэсэг ой-ургамалжилтын 3 муж, 9 хошуунд хуваагддаг (Цэдэндаш, 1996). Бидний судалгаа явуулсан газар нь Хэнтийн нурууны ойн тархалтын хамгийн урд хилийн ой бөгөөд Өмнөт-Өвөр байгалийн ой-ургамалжилтын мужийн Зүүн Хэнтийн хошуунд хамаарна.



Зураг 1. Судалгаа явуулсан газрын байршил

Дээж талбай тусгаарлах, моддыг хэмжих. Судалгааг VIII-IX сарын хугацаанд гүйцэтгэсэн бөгөөд дээж талбайг 20мх20 м-ийн хэмжээтэй, тэгш өнцөгт хэлбэртэй тусгаарлав. Дээж талбай дахь 7 см-ээс дээш диаметртэй бүх моддыг хэмжсэн бөгөөд модны өндрийг Vertex IV хэт авианы клинометр ба T3 транспондероор (Хаглоф, Лангсел, Швед), ишний диаметрийн 1.3 м-ийн өндөрт туузан метрээр хэмжив. Өсөлтийн өрөмдсөн дээжийн өсөлтийг лабораторид “Lintab 5” багажаар 10 μм-ийн нарийвчлалтайгаар хэмжив. Модны цагаргийн он дараллыг тогтоох, хоорондын зайг хэмжих, чанарын үнэлгээ хийхэд дендрохронологийн үндсэн арга зүйгээр гүйцэтгэсэн.

Дээж материал цуглуулах. Дээж талбайд хэмжигдсэн бүх моддын ишний 1.3 м дэх өндрөөс өсөлтийн өрмөөр (5 мм-ийн диаметртэй) дээж авав. Дэлхийн цаг уурын байгууллагын уур амьсгалын мэдээллийн сангаас (CRU TS Version 4.06 - Open source) сүүлийн 123 жилийн (1900-2023) уур амьсгалын мэдээг ашиглан харьцуулалт боловсруулалт хийсэн. Уур амьсгалын мэдээ боловсруулахад "R 4.2.2" программ ашиглан ууршилт, усны баланс, гангийн индекс зэргийг сар бүрээр тооцоолов.

Дууны долгион болон цахилгаан эсэргүүцлийн томограф (SoT болон ERT). Судалгаанд PiCUS® томографын Sonic Томограф (SoT), TreeTronic Томограф (ERT), Калипер 3 геометрийн хэмжилтийн систем (Argus Electronic GMBH, Rostock, Герман) төхөөрөмж ашигласан бөгөөд эдгээр хоёр багажийг хослуулан хэрэглэх нь өмхөрөл, хөндийн эвдрэлийг хамгийн зөв үнэлдэг болохыг судлаачид тогтоосон байна (Brazee et al., 2011).

Бүдүүн (DBH>30cm) моддын ишний 50 см болон 150 см-ийн өндөрт ишний хэлбэрийг "Calliper", өмхрөлийг хэт авианы (PiCUS Sonic tomograph) болон цахилгаан томограф (Electric tomography) багажаар тодорхойлов.

Статистик боловсруулалт. Дээж талбай дахь моддын таксацийн үзүүлэлтүүдийн хоорондын ялгааг статистикийн "XLSTAT", бүдүүний өсөлтийн явцыг "TSAP- Win" программаар тус тус тодорхойлов. Модны насыг өрөмдсөн дээжийн жилийн цагаргийн тоогоор тогтоов. Жил хоорондын цагаргийн өргөний хэлбэлзэл, цуваа бүрийн дундаж өсөлтийн стандарт хазайлтыг тооцоолох замаар цагаргийн өргөний жилийн өөрчлөлтийг гаргасан. Монгол орны хуш (Altanzagas et al., 2019), ойн моддын жишээн дээр гарган авсан биомассын тэгшитгэлүүдээр бодон эдгээрийн дундаж үзүүлэлтээр тооцоолсон. Модны цагаргийн индексүүд болон цаг агаарын сарын мэдээний хоорондын хамаарлыг "R 4.2.2" программаар (Zang, Biondi, 2015) тогтоов. Шинжилгээнд уур амьсгалын мэдээний ургамал ургалтын хугацааны дундаж температур, нийлбэр хур тунадас, ууршилт, усны баланс болон гангийн индексийг (өмнөх оны 4-р сараас 9-р сар; тухайн оны 4-р сараас 9-р сар) тооцсон болно.

Цуглуулсан материал. Судалгааны аргазүйн дагуу 7 дээж талбай тусгаарлаж, нийт 232 мод хэмжиж, өсөлтийн өрөмдсөн дээжийг авсан. Дээж талбайн моддоос том (DBH>30 cm), хөгшин 30 модонд ишний өмхөрөл илрүүлэх томографын хэмжилт хийв. Дээж талбай нь уулын хойд, баруун хойд, зүүн хойд ам бөгөөд далайн төвшнөөс дээш дунджаар 1704 мийн өндөрт уулын дунд хажууд оршино (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Судалгааны дээж талбайн мэдээлэл

№	Газрын нэр	ДТ	Бүрэл дэхүүн, нас	Уртраг (°N)	Өргөрөг (°E)	Өндөр, д.т.д., м	Байршил	Налуу
1	Нүхтийн ам	НА	7Хш(165) 3Нс(205)	47°49′22.6″	106°51′47.5″	1572	Х	12

2	Хандгайтын ам	ХА	5Хш(180) 3Шс(143) 2Гц(201)	47°51′45.4″	106°52′57.2″	1533	Х	4
3	Санзайн ам	СА	4Хш(140) 3Хс(110) 2Шс(125) 1Нс(100)	48°08′25.9″	106°55′5.5″	1626	Х	6
4	Жигжидийн ам	ЖА	5Шс(104) 4Гц(98) 1Хш(93)	47°49′22.7″	106°51′47.7″	1615	ЗХ	6
5	Гачууртын ам	ГА	8Хш (151) 1Шс (85) 1Хс (78)	48°04′07.4″	107°10′55.6″	1916	Х	3
6	Түргэний ам	ТА	8Хш(135) 1Нс(144) 1Гц(148)	47°49′04.7″	106°53′16.7″	1833	ЗХ	4
7	Улиастайн ам	УА	10Хш(124) +Шс(109)	48°04′09.0″	107°07′50.3″	1838	Х	6

Тайлбар: N-1 га дахь модны тоо, DBH-диаметр, Х-хойд, ЗХ-зүүн хойд

Судалгааны үр дүн

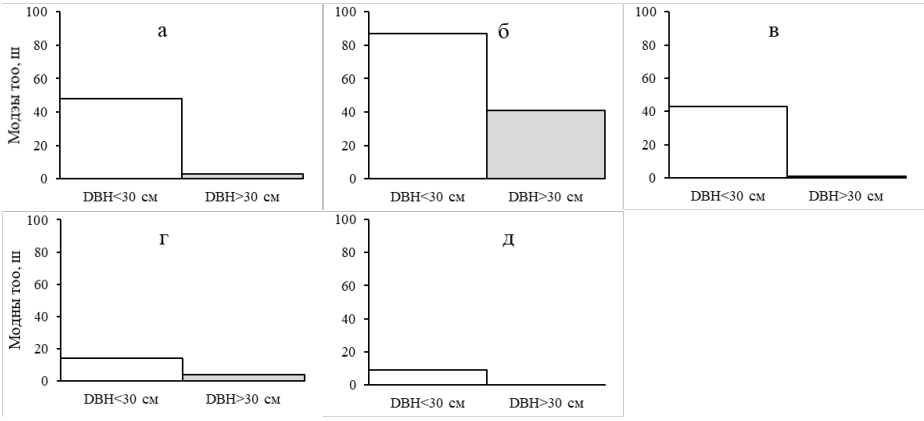
Хушин ойн таксацын үзүүлэлт. Дээж талбай дахь моддын таксацын үзүүлэлтүүдийн хоорондын ялгааг статистикийн "XLSTAT" программаар тодорхойлов. Боловсруулалтаас үзэхэд, дээж талбайн моддын ишний диаметр ($F=5.501$, $P<0.0001$), хөндлөн огтлолын талбай ($F=5.790$, $P<0.0001$) болон нөөц ($F=5.870$, $P<0.0001$) статистикийн хувьд эрс ялгаатай байгаа бол өндрийн хувьд төдийлөн ялгаа ($F=1.083$, $P=0.340$) илрэхгүй байна (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Ойн моддын өндөр, диаметрийн үзүүлэлт

№	Үзүүлэлт	Дундаж/ хазайлт	Чөлөөний зэрэг	F	Pr>F	p-утга ач холбогдол
1	Диаметр	21.6±10.7	97	5.501	0.0001	***
2	Өндөр	14±4.6	97	1.083	0.3400	°
3	ХОТ, м^2	37.9±0.45	97	5.790	0.0001	***
4	Нөөц, м^3/га	285.5±4.48	97	5.870	0.0001	***

*Тайлбар: ± - хазайлт, ач холбогдлын код: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*

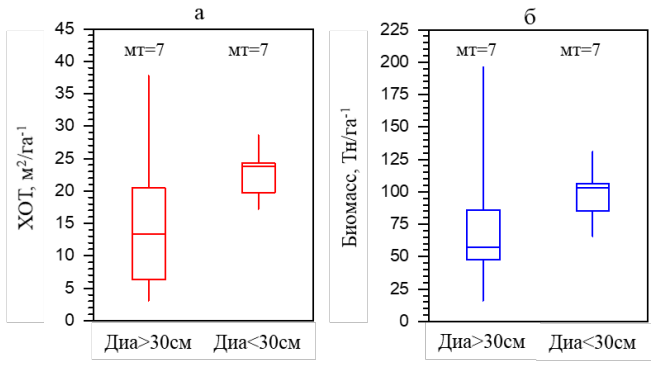
Судалгааны талбайн нийт моддын 15 хувь нь бүдүүн буюу 30 см-ээс дээш диаметртэй, үлдсэн 85 хувь нь 30 см-ээс доош диаметртэй модод байна (Зураг 2). Өөрөөр хэлбэл, ойд бүдүүн, хөгшин модод цөөн байгааг харуулж байна. Ойн санд газар ашиглалт (Lindenmazer et al., 2012) болон ган, хуурайшилтын улмаас (Bennett et al., 2021) том, хөгшин моднууд дэлхий даяар буурч байгааг судлаачид тэмдэглэсэн байна.



Зураг 2. Судалгааны талбайн бүдүүн (диаметр>30 см) болон нарийн (диаметр<30 см) моддын харьцаа. а) Шинэс, б) Хуш в) Гацуур г) Нарс д) Хус

Бүдүүн моддын хөндлөн огтлолын талбайн нийлбэр дунджаар 15.4 м^2/га байгаа бол 30 см-ээс бага диаметртэй моддын хөндлөн огтлолын талбайн нийлбэр дунджаар 22.5 м^2/га байна (Зураг 3а). Хэдийгээр бүдүүн модод талбайд цөөн тоотой байгаа хэдий ч ойн газрын дээд хэсгийн биомассыг бүрдүүлэхэд эдгээр моддын оролцоо их болохыг харуулж байна.

Бүдүүн, хөгшин модод дэлхийн ойн биомасс, улмаар органик нүүрстөрөгчийн нөөцөд чухал хувь нэмэр оруулдаг бөгөөд биологийн олон янз байдал, уур амьсгалын өөрчлөлтийн сөрөг нөлөөг бууруулахад онцгой үүрэг гүйцэтгэдэг. Иймд ойн сан бүхий газарт “Ойн аж ахуйн арга хэмжээ”-г үе шаттай хэрэгжүүлж, ойн эрүүл ахуйн нөхцөлийг сайжруулахаас гадна өсөлт, хөгжилтөөр давамгайлсан доминант моддын өсөлт, ургалтыг тогтвортой байлгах улмаар түргэтгэх шаардлагатай бөгөөд тэдгээрийг хамгаалах менежментийг нэн тэргүүнд хэрэгжүүлэх нь зүйтэй юм.

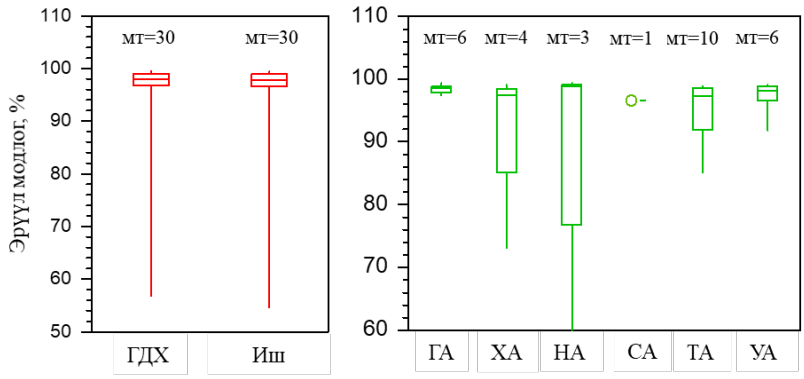


Зураг 3. Дээж талбайн моддын а) хөндлөн огтлолын талбайн нийлбэр, б) газрын дээд хэсгийн нийт биомасс

Судалгааны талбайн моддын газрын дээд хэсгийн нийт биомассыг модны нягт, диаметр болон өндрийг ашиглан аллометрийн регрессийн функцээр

тооцооллоо. 30 см-ээс бага хэмжээтэй модод нэг га талбайд дунджаар 704 ширхэг, газрын дээд хэсгийн нийт биомассын 56% (97.5 тн/га)-ийг эзэлж байхад 30 см-ээс дээш диаметртэй модод нэг га талбайд дунджаар 125 ширхэг, газрын дээд хэсгийн нийт биомассын 44% (76.7 тн/га)-ийг тус тус эзэлж байна (Зураг 3b). James нарын (2018) судлаачдын гол ишний хэмжээ бүдүүн модод нь ойн нийт биомассын 50-аас дээш хувийг бүрдүүлдэг бөгөөд ойн биомасс, модны бүтэц, зүйлийн баялагт том диаметртэй модны оруулах хувь нэмэр их гэсэн дүгнэлттэй бидний судалгааны дүн таарч байна.

Хуш ойн хөгшин моддын өмхөрөл. Томографийн хэмжилт хийгдсэн нийт моддын 94.7% эрүүл буюу өмхрөөгүй, үлдсэн 5.3% нь өмхтэй байна (Зураг 4а, б). Эдгээр бүдүүн модод хатаж ишинд ан цав үүсэн, зарим нь механик гэмтэл авсан зэрэг нь өмхрөлийн хувийг тодорхойлоход хүндрэлтэй, өмхрөлийн хувь бага (тодорхойлох боломжгүй хэсгийн хувь өндөр) гарахад нөлөөлж байв. Судалгааны талбай бүрийн моддын эрүүл болон өмхрөлийн хэмжээ ойролцоо бөгөөд тодорхой хэмжээгээр өмхөрсөн байна. Томографийн үнэлгээг батагтах үүднээс хэмжилт хийсэн моддоос өрөмдсөн дээж авч өмхөрлийн явцыг дахин хянаж үр дүнг баталгаажуулсан болно. Нүүрстөрөгчийн нөөцийг тооцоолох аллометрийн тэгшитгэлийг ихэвчлэн эрүүл буюу өмхрөөгүй модноос гаргаж авдаг (Behre et al., 1926). Ишний өмхрөлийг бодитой үнэлснээр модны биомасс болон нүүрстөрөгчийн хэмжээг зөв гаргах боломжтой (Brazee et al., 2011).

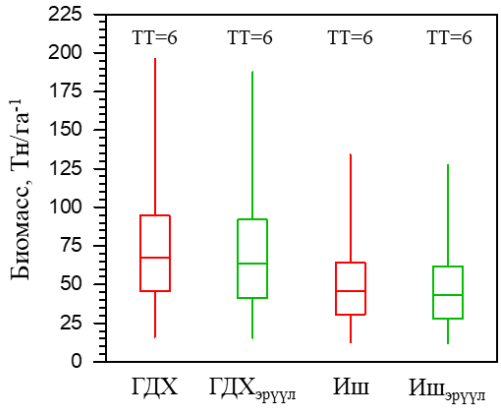


Зураг 4. а) нийт талбайн бүдүүн (DBH>30 см) моддын газрын дээд хэсгийн болон ишний б) талбай бүрийн бүдүүн моддын ишний өмхрөөгүй буюу эрүүл модлогийн эзлэх хувь

Байгаль, цаг агаар, уур амьсгалын үйл явцын нөлөөгөөр ойн модод өмхөрдөг (Heineman et al., 2015, Hietala et al., 2015) бөгөөд модны хэмжээ нэмэгдэх тусам ишинд өмхөрөл явагддаг. Өмхөрөл хөгшин, бүдүүн модны ишний доод хэсэгт ихэвчлэн тохиолддог. Судалгаа гүйцэтгэсэн хотын ногоон бүсийн бүдүүн хуш моддын ишний 5.3%, нарс моддын ишний 6.3%, гацуур моддын ишний 3.5% нь өмхөрсөн байна (Зураг 4).

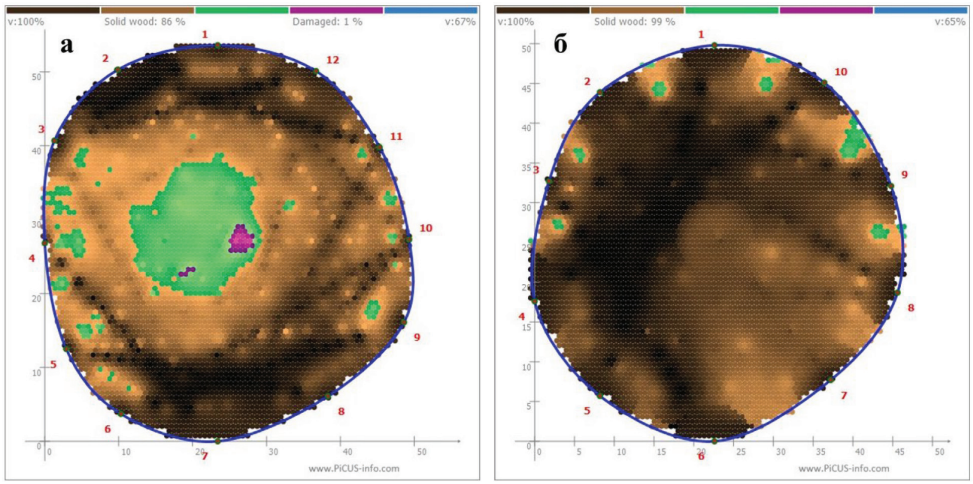
Хушин ойн биомасс. Судлаачид ойн бүх моддыг өмхрөөгүй, эрүүл гэж үзсэн судалгаанууд нь газрын дээрх хэсгийн биомассыг 7%-аар өндөр гаргадаг болохыг тогтоожээ (Heineman et al., 2015). Бидний судалгаагаар моддын газрын

дээд хэсгийн нийт (иш, мөчир, шилмүүс) биомассын 95% нь өмхрөөгүй, үлдсэн 5% нь өмхөрсөн байв. Харин ишний биомассын 94.7% өмхрөөгүй, 5.3% нь өмхөрсөн байна (Зураг 5). Хэдийгээр хөгшин мод нь залуу, менежменттэй ойг бодвол биомасс их, нүүрстөрөгч хуримтлуулалт илүү боловч ямар нэгэн хэмжээгээр өмхөрсөн байдаг тул өмхрөлийг харгалзан шингээлтийг тооцох шаардлагатай байгааг илтгэнэ. Газрын дээд хэсгийн нийт биомасс 81.1 тн/га байгаагаас өмхгүй, эрүүл биомасс 77.3 тн/га, ишний нийт биомасс 55.4 тн/га байгаагаас өмхгүй, эрүүл биомасс 52.6 тн/га байна. Судалгааны дүнгээс үзэхэд, 1 га талбайд дунджаар 2.8 тонн өмх байна (Зураг 5).

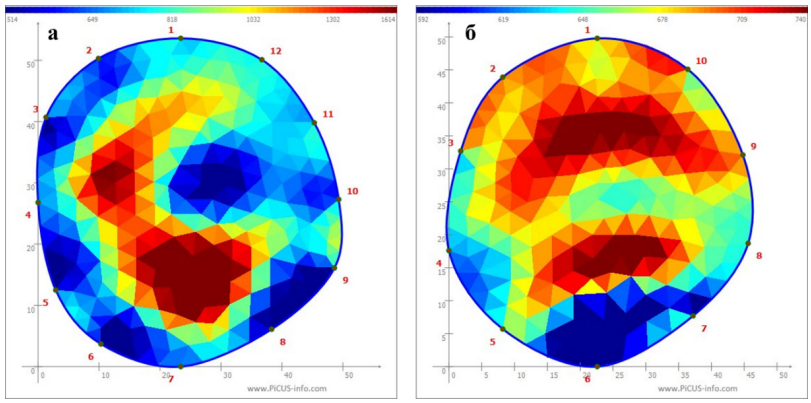


Зураг 5. 1 га талбайн бүдүүн моддын газрын дээд хэсгийн болон ишний өмхтэй болон өмх хасаж тооцсон биомассийн үзүүлэлт

Модны өмхрөлийг дууны болон цахилгаан томографаар тодорхойлсон хэмжилтийн үр дүнг зургаар харуулав (Зураг 6а, б).

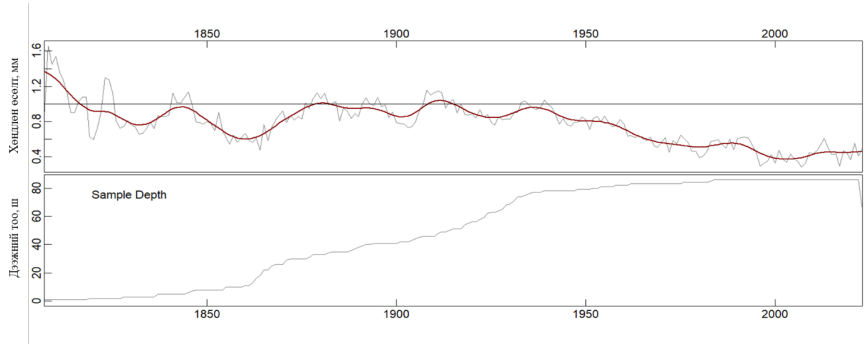


Зураг 6. Улиастайн амны хуш модны ишний а) 50 см болон б) 150 см-ийн өндөрт хэмжсэн долгион томографын хэмжилтийн дүн. Бор өнгө нь хатуу модыг, нил ягаан өнгө нь ялзарсан модыг, хөх өнгө нь хөндийг илэрхийлдэг.



Зураг 7. Улиастайн амны хуш модны ишний а) 50 см болон б) 150 см-ийн өндөрт хэмжсэн цахилгаан томографын үзүүлэлт. Цэнхэр өнгө өмхрөл, хар бор өнгө модлогийг илэрхийлнэ.

Хушин ойн моддын өсөлт. Дээж талбай дахь моддын өсөлтийн явцын хамаарлыг тооцоход корреляцийн коэффициент *r=0.56-0.82* хооронд хэлбэлзэж байгаа бөгөөд дээж авсан моддын хөндлөн өсөлтийн явц ижил зүй тогтолтойгоор явагдаж байгааг харуулж байна. Хотын ногоон бүсийн Сибирь хушны өсөлт 1800 оны эхээр сайн, 1870-1950 оны хооронд дундаж хэмжээтэй байсан бол 1940 оноос эрс буурсан үзүүлэлттэй байна (Зураг 8).



Зураг 8. Хуш моддын хөндлөн өслтийн явц

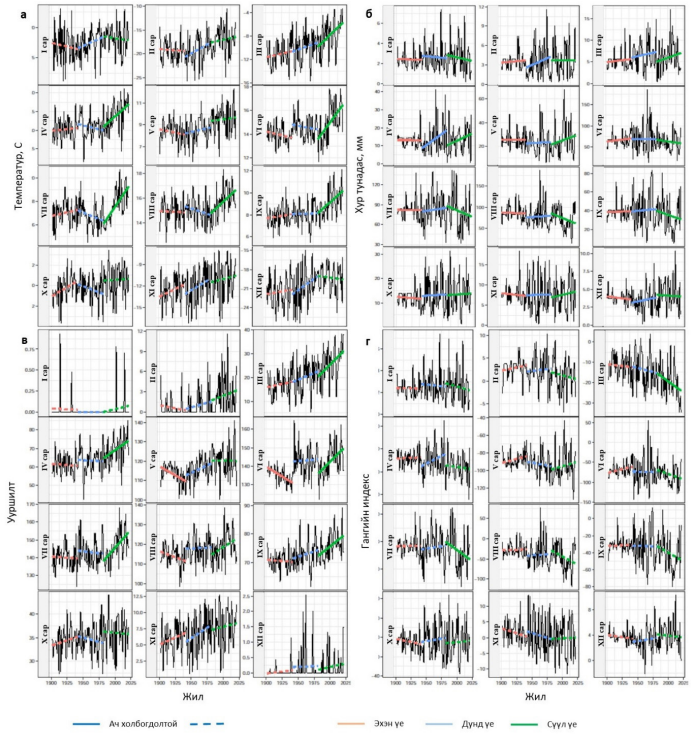
Хэлэлцүүлэг

Судалгааны бүс нутгийн уур амьсгалын үзүүлэлтүүд. Монгол орны ой нь эх газрын эрс тэс, ус, чийг дутмаг, ургамал ургалтын хугацаа харьцангуй богино нөхцөлд дасан зохицож ургасан байдаг (Mühlenberg et al., 2012). Сүүлийн 70 жилд Монгол орны хэмжээнд агаарын температур 2.1°C-ээр нэмэгдсэн нь уур амьсгалын өөрчлөлтөд хамгийн их өртөж буй улс орны тоонд оруулж байна (Монгол орны байгаль орчны төлөв байдлын тайлан 2015-2016). Түүнчлэн агаарын температур нэмэгдэхийн зэрэгцээ хур тунадасны хэмжээ буурсан нь цаг агаарын тааламжгүй үзэгдлүүд болох цөлжилт хуурайшилтыг нэмэгдүүлж,

амьтан, ургамлын амьдрах орчинд сөргөөр нөлөөлж байна (Монгол орны цөлжилтийн атлас, 2013).

Тус бүс нутагт уур амьсгалын үндсэн хэв шинж нь эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай бөгөөд жилийн дөрвөн улиралтай, дэлхийн хамгийн хүйтэн нийслэлүүдийн нэг юм. Өвөл хүйтэвтэр, агаарын дундаж температур 1-р сард -26^{0}C, 7-р сард +39^{0}C хүрнэ. Хөрсний сарын дундаж температур 7-р сард +21^{0}C хүрч, 10-р сард 0^{0}C, 1-р сард -24^{0}C болж хэлбэлзэнэ. Судалгаанд 1900-2023 он хүртэлх хугацааны буюу сүүлийн 123 жилийн уур амьсгалын мэдээг олон улсын уур амьсгалын мэдээллийн (60x40 км-ийн хэмжээтэй сар бүрийн температур, хур тунадасны загварчилсан сүлжээ мэдээллээс) сангаас (CRU TS Version 4.06 - Open source) татан авч, дөчин жилээр гурван үед хуваан дүн шинжилгээ хийж үр дүнг боловсруулаа (Зураг 9).

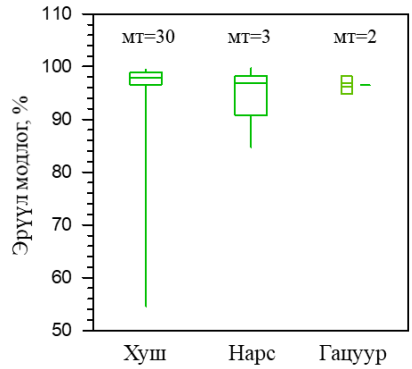
Улаанбаатар хотын ногоон бүс орчмын уур амьсгалын явцын зургаас харахад сүүлийн 40 жилийн хугацаанд агаарын температур II-XI саруудад нэмэгдэж, I болон XII сард буурсан үзүүлэлттэй байна. Нийлбэр хур тунадасны хувьд I, II болон ургамал ургалтын хугацааны VI-IX, өвлийн XII саруудад буурч, III, IX, V, X, XI сард өссөн үзүүлэлттэй байна. Ууршилт жилийн бүх саруудад ямар нэгэн хэмжээгээр нэмэгдэж, усны баланс X сард, гангийн индекс I болон XII-оос бусад сард мөн буурсан байна (Зураг 9). Өөрөөр хэлбэл дээрх жилүүдэд хуурайшилт нэмэгдсэн гэдгийг илтгэж байна.



Зураг 9. Улаанбаатар хот орчмын а) агаарын температур, б) хур тунадас, в) ууршилт, г) гангийн индекс

Хуш моддын өмхөрөл. Модны ишний өмхөрөл нь ойн өсөлт, бүтээмж болон нүүрстөрөгчийн шингээлтэд нөлөөлдөг чухал хүчин зүйл юм (Covey et al., 2012, 2016). Модонд агуулагдаж буй өмхрөлийг гаднах шинж тэмдгээр таамаглах боломжгүй бөгөөд тайрч унагах болон дээж авах замаар мэдэх боломжтой байдаг (Zillgitt and Gevorkiantz 1948, Вагенер, Дэвидсон, 1954, Heineman et al., 2015, Frank et al., 2018). Гэвч энэ арга нь байгаль орчинд болон эдийн засагт ихээхэн сөрөг нөлөөтэй юм. Түүнчлэн энэхүү үйл ажиллагаатай холбоотой тусгай хамгаалалттай газар нутгийн дэглэм алдагдах, экологийн эмзэг экосистем, үйл ажиллагааны зардал гэх мэт хүндрэлүүд тулгардаг. Судлаачид амьд модны өмхрөлийн үйл явцыг бүрэн гүйцэд судлаагүй байна (Frank et al 2018). Ойн моддын ишний өмхрөлийг үнэлснээр ойн бүтээмжийн тооцоолол болон хүлэмжийн хийн шингээлт, ойн хамгааллын менежментийг боловсруулахад ихээхэн ач холбогдолтой байдаг. Сүүлийн үед олон улсын хэмжээнд хот суурин газар болон хотын захын ойн моддын ишний өмхрөлийн судалгаанд дууны (PiCUS Sonic tomograph) болон цахилгаан (Electric tomography) томограф, Калипер геометрийн хэмжилтийн (Argus Electronic GMBH, Rostock, Герман) төхөөрөмжийг өргөн ашиглаж байна (Gilbert et al 2016). Томограф нь модны ишний өмхөрлийн хэлбэрийг үнэлэх дэвшилтэт оношилгооны хэрэгсэл бөгөөд энэхүү багажны тусламжтайгаар модны эрсдэлийн менежментийн урьдчилсан мэдээг гаргах бүрэн боломжтой юм. Дууны томограф нь модон доторх дууны долгионы хурдыг хэмжих замаар босоо модны ялзрал, хөндийг илрүүлдэг. Хурдны ялгаа нь эрүүл модтой харьцуулахад уян хатан чанар, нягтрал багатай бөгөөд модны гэмтсэн талбайн хэмжээг тооцоолон гаргадаг байна.

Монгол оронд хушны боргоцой бүрэн боловсорсон үед буюу намар 10-р сарын 20-ноос тогтвортой цасан бүрхүүл үүсэх хүртэл, хавар цас ханзарч газрын боргоцой харагдах үеэс 3 сар хүртэл түүж болно гэж заасан байдаг (Ойн дагалт баялгийн хамгаалах, зохистой ашиглах журам, 2023). Гэвч ойн дагалт баялаг ашиглагчид хушны самар боловсрох хугацаанаас өмнө зориулалтын бус аргаар түүж байна. Хушны боргоцойг гол төлөв модон мунаар (Зураг 10) түншиж бэлтгэж байгаа бөгөөд энэ нь модны холтос болон модлогийг гэмтээх, улмаар өвчлөх, хортон шавжид нэрвэгдэх нөхцөлд хүргэдэг (Удвал нар, 2020). Болц гүйцээгүй боргоцой нь давирхай ихтэй байдаг тул модны гол ишийг мунаар цохиж самрыг унагааж байгаа нь модонд физиологийн хаталт өгөх, модлогийн хортон үүрлэх, давирхай их хэмжээгээр гоожих зэрэг олон сөрөг үр дагаврууды бий болгож байна (Удвал, Хоролгарав, 2016).



Зураг 10. Судалгааны талбайн бүдүүн (DBH>30 cm) моддын эрүүл модлогийн эзлэх хувь

Зураг 11. Хуш моддыг а) цохиж, доргиох зориулалттай модон муна, б) түүнээс үүссэн сорви

Төв суурин газартай ойр ногоон бүсийн хушин ойд хууль бус самар бэлтгэл ихээхэн явагддаг бөгөөд үүний нөлөөгөөр хушин ойн талбай хүний нөлөөгөөр ихээхэн талхлагдаж, байгалийн аясаар сэргэн ургах явц хязгаарлагдмал болсон байна. Тухайлбал судлаачид хушин ойн байгалийн сэргэн ургалт удаашралттай, рекреаци ашиглалтын нөлөөгөөр ойн талбай талхлагдаж байгалийн сэргэн ургалт хангалтгүй явагдаж байгааг тогтоосон байдаг (Удвал, Хоролгарав, 2016) бөгөөд байгалийн сэргэн ургалтыг дэмжих буюу өсвөр модыг хамгаалах ажлыг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай байгааг зөвлөсөн байдаг (Цэндсүрэн нар, 2002).

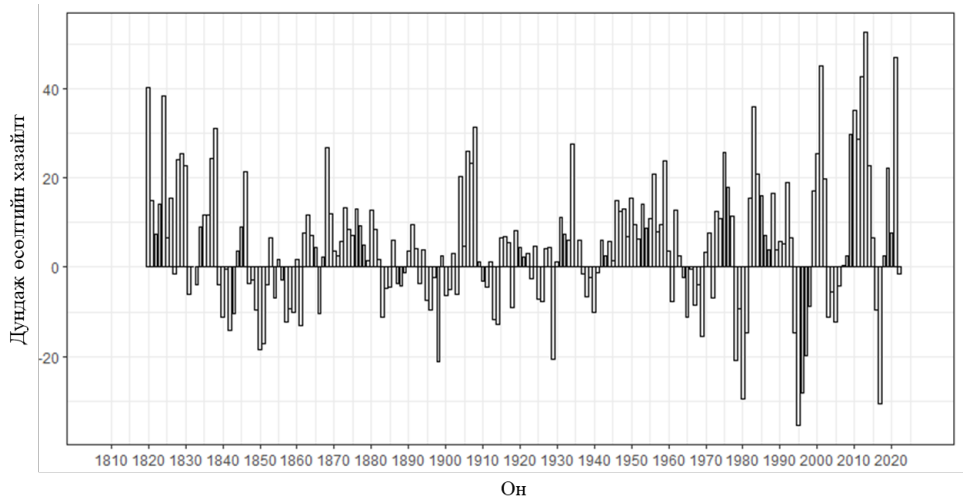
Хуш моддын өсөлтөд үзүүлэх уур амьсгалын нөлөө. Цаг уурын хуурайшилтыг R багц SPEI хувилбар 1.6 ашиглан 3-р сараас 8-р сар хүртэлх хур тунадасны ууршилтын стандартчилсан индексийн (SPEI3; Висентеррано нар, 2010) 3-р сарын дундаж утгыг тооцоолох замаар энэ үеийн цаг агаарын мэдээнээс цаг уурын хуурайшилтыг үнэлэв. Мөн боломжит ууршилтыг сарын дундаж температур ба өдрийн уртыг олж авах өргөргөөс гаргаж авсан коэффициент (Торнтвейт, 1948) болон сарын хэмжсэн хур тунадастай холбоотой

коэффициентоор тооцоолсон. Боловсруулалтаас харахад, 1995, 1996, 1998, 2017 онуудад ган гачиг болсон нь илэрч байна.

Хүснэгт 3. Хуурайшилттай жилүүд

Negative pointer years	Mar (SPEI value 3 month)	Apr (SPEI value 3 month)	May (SPEI value 3 month)	Jun (SPEI value 3 month)	Jul (SPEI value 3 month)	Aug (SPEI value 3 month)
1995	-1.631028456	-	-	-	-	-
1996	-	-	-1.729460441	-1.18758452	-	-
1997	-1.18758452	-1.18758452	-1.18758452	-	-	-
1998	-1.479873892	-1.805028438	-1.448413693	-1.133986009	-	-
2017	-1.256389517	-1.958934881	-2.206264469	-2.477089487	-2.45125342	-1.42818552

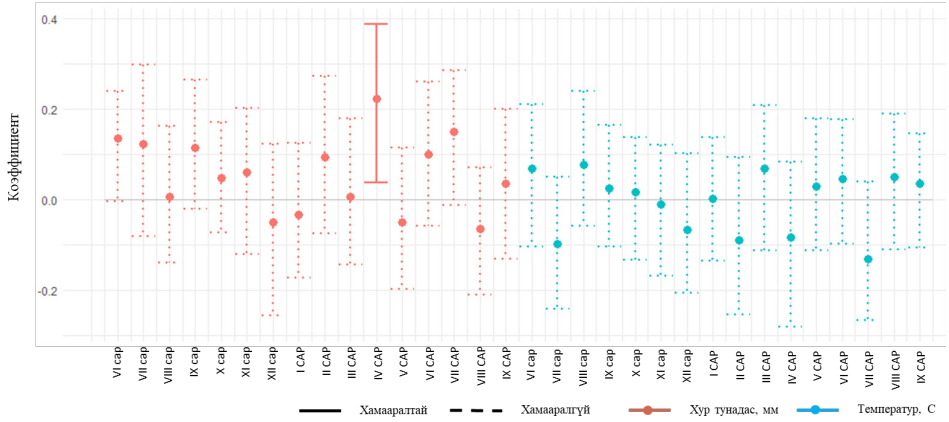
Ихээхэн хуурайшилт болсон жилүүдэд диаметрийн өсөлт саарсан байна (Хүснэгт 3, зураг 12). Тухайлбал, 1986, 1999, 2005 онуудад агаарын температур харьцангуй их, хур тунадасны үзүүлэлт олон жилийн дундаж үзүүлэлтээс бага буюу хуурайшилттай жилүүд байсан байна. Модод ихэвчлэн дараалсан зуны гантай жил болон дараах жилд бага өссөн байна (Зураг 12).



Зураг 12. Хуш моддын жил бүрийн өсөлт ерөнхий дундаж өсөлтөөс ялгарах хэмжээ, хувиар

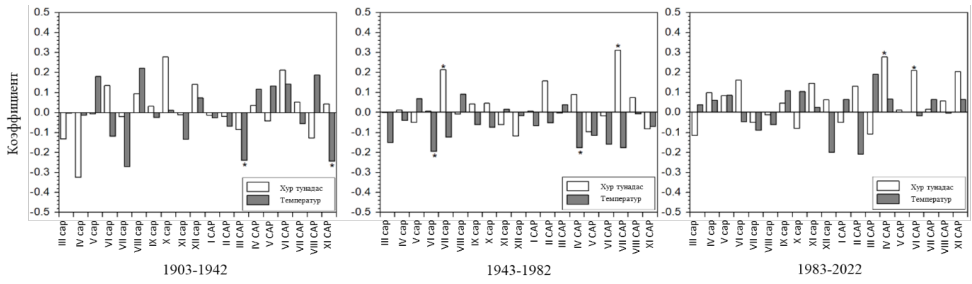
Монгол орон зах зээлийн эдийн засагт шилжсэнтэй холбогдон хот суурин газруудад хүн амын төвлөрөл үүсэж хотын хүн амын нягтрал огцом хурдацтайгаар нэмэгдэх болсон. Үүнтэй холбоотойгоор хот орчмын ойн ашиглалт эмх замбараагүй, төлөвлөгөөгүй явагдаж, хот орчмын малын тоо толгой нэмэгдэж байгаагаас гадна агаарын бохирдол, уур амьсгалын өөрчлөлт нь ойд ихээхэн нөлөөлөх болсон. Ойн моддын диаметрийн өсөлт хөгжилтийн бүхий л үе шатанд цаг агаарын үзүүлэлтүүдийн үзүүлэх нөлөө онцгой байр суурийг эзэлдэг. Моддын диаметрийн өсөлтөд үзүүлэх уур

амьсгалын нөлөөг тодорхойлж үзэх шаардлагатай байв. Иймд хуш моддын жилийн цагаргийн өсөлтөд агаарын температур, хур тунадасны өөрчлөлтийн нөлөөнд дүн шинжилгээ хийв. Өсөлтийн өрмөөр дээж авсан моддын хувьд нийт амьдралынхаа туршид тухайн жилийн 6-р сарын хур тунадаснаас онцгой хамаарч өсөлт явагддаг байна. Тухайн жилийн ургамал ургалтын хугацааны хур тунадасны хувиарлалт нь нийт ургамал ургалтын хугацааны өсөлтийн явцыг тодорхойлдгийг харуулжээ (Зураг 13).



Зураг 13. Хуш моддын хөндлөн өсөлтөд уур амьсгалын үзүүлэх нөлөө

Уур амьсгалын нөлөөг цаг хугацааны хувьд ангилан авч үзэхэд, 1903-1942 оны хугацаанд моддын өсөлтөд тухайн жилийн 4 болон 9-р сарын агаарын температур, 1943-1982 оны хугацаанд өмнөх оны 6-р сар, тухайн жилийн 4-р сарын агаарын температур сөрөг, өмнөх жилийн 7-р сар болон тухайн жилийн 7-р сарын хур тунадас хүчтэй эерэг нөлөө үзүүлдэг болох нь харагдаж байна. Харин сүүлийн 40 гаруй жилийн (1983-2022) хугацаанд моддын өсөлтөд тухайн жилийн 4 болон 6-р сарын хур тунадас ихээхэн нөлөө үзүүлсэн байна (Зураг 14).



Зураг 14. Моддын диаметрийн өсөлтөд үзүүлэх уур амьсгалын нөлөө
Тайлбар: Том үсгээр тухайн жилийн, жижиг үсгээр тэмдэглэсэн энэ жилийн саруудыг.

Дүгнэлт

Судалгааны талбайн нийт моддын 15 хувь нь бүдүүн буюу 30 см-ээс дээш диаметртэй, үлдсэн 85 хувь нь 30 см-ээс доош диаметртэй модод байх бөгөөд 30 см-ээс бага хэмжээтэй модод нэг га талбайд дунджаар 704 ширхэг, газрын дээд хэсгийн нийт биомассын 56% (97.5 тн/га)-ийг эзэлж байгаа бол 30 см-ээс дээш диаметртэй модод нэг га талбайд дунджаар 125 ширхэг, газрын дээд хэсгийн нийт биомассын 44% (76.7 тн/га)-ийг тус тус эзэлж байна. Томографийн хэмжилт хийгдсэн бүдүүн, хөгшин нийт моддын 94.7% эрүүл буюу өмхрөөгүй, үлдсэн 5.3% нь өмх байна. Өөрөөр хэлбэл, газрын дээд хэсгийн нийт биомасс 81.1 тн/га байгаагаас өмхгүй, эрүүл биомасс 77.3 тн/га, ишний нийт биомасс 55.4 тн/га байгаагаас өмхгүй, эрүүл биомасс 52.6 тн/га байх бөгөөд 1 га талбайд дунджаар 2.8 тонн өмх байна. Моддын хөндлөн өсөлт 1800 оны эхээр сайн, 1870-1950 оны хооронд дундаж хэмжээтэй байсан бол 1940 оноос эхлэн эрс буурсан байна. Сүүлийн 40 гаруй жилийн (1983-2022) хугацаанд моддын өсөлтөд тухайн жилийн 4 болон 6-р сарын хур тунадас ихээхэн эерэг нөлөө үзүүлсэн байна.

Хөгшин модод нь ойн биомассыг бүрдүүлэх, нүүрстөрөгчийг ихээр хуримтлуулах болон биологийн олон янз байдал, уур амьсгалын өөрчлөлтийн сөрөг нөлөөг бууруулахад онцгой үүрэг гүйцэтгэдэг. Иймд ойн хөгшин, бүдүүн моддыг хамгаалах менежментийг хэрэгжүүлэх шаардлагатай юм.

Эшилсэн бүтээл

Brazee NJ., Marra RE., Göcke L and Wassenaer PV. 2011. Non- destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography *Forestry,* 84: 33–39.

Behre E., Bruce D., Munns E., Chapman HH., Hansen TS., Mason DT., Illick J S., Pratt MB and Siecke EO. 1926. Methods of preparing volume and yield tables, report of the committee on standardization of volume and yield tables *J. For.,* 24: 653–666.

Covey KR. et al. 2016. Greenhouse trace gases in deadwood Biogeochemistry. 130: 215–226.

Frank J., Castle ME., Westfall JA., Weiskittel AR., MacFarlane DW., Baral SK., Radtke P J and Pelletier G. 2018. Variation in occurrence and extent of internal stem decay in standing trees across the eastern US and Canada: evaluation of alternative modelling approaches and influential factors Forestry: Int. J. For. Res. 91: 382–399.

Farjon A. 2010. A handbook of the world's conifers. 2nd ed. rev. Leiden: Brill, Vol. I, 544 pp.

Grower S.T., Landsberg J.J. and Bisbee K.E. 2003. Forest biomes of the world. In: Young, R.A. and Giese, R.L. (Eds.) Introduction to forest ecosystem science and management. 3rd ed. Hoboken, NJ (USA): John Wiley and Sons, p. 57–74.

Gilbert GS et al. 2016. Use of sonic tomography to detect and quantify wood decay in living treesAppl. Plant Sci. 4 1600060.

Gilbert EA and Smiley ET. 2004. Picus sonic tomography for the quantification of decay in white oak (Quercus alba) and hickory (Carya spp.) *J. Arboric.* 30: 277–281.

Heineman KD., Russo SE., Baillie IC., Mamit JD., Chai P P-K., Chai L., Hindley EW., Lau B-T., Tan S and Ashton PS. 2015. Evaluation of stem rot in 339 bornean tree species: implications of size, taxonomy, and soil-related variation for aboveground biomass estimates *Biogeosciences,* 12: 5735–5751.

Hietala AM., Dörsch P., Kvaalen H. and Solheim H. 2015. Carbon dioxide and methane formation in Norway spruce stems infected by white-rot fungi *Forests,* 6: 3304–3325.

MET (Ministry of Environment and Tourism) (2019). State of Environment of Mongolia. Ulaanbaatar, Mongolia. 78-98.

Mühlenberg M., Appelfelder J., Hoffmann H., Ayush E., Wilson K.J. 2012. Structure of the montane taiga forests of West Khentii, Northern Mongolia. *J. For. Sci.* 58: 45–56. [CrossRef]

Tsogtbaatar J. 2008. Forest Policy Development in Mongolia. IUFRO Task Force Science/Policy Interface. p. 11. Available online: http://iufro-archive.boku.ac.at/iufro/taskforce/tfscipol/chennai-papers/ ftsogtbaatar.pdf (accessed on 15 March 2016).

Zang C., Biondi F. 2015. treeclim: a R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. *Ecography*, 38:431–436.

Zillgitt W. and Gevorkiantz SR. 1948. Estimating cull in northern hardwoods with special reference to sugar maple *J. For.* 46:588–594.

Монгол орны ойн сан, 2023 он.

Монгол орны цөлжилтийн атлас, Улаанбаатар хот, 2013, х.1-8.

Монгол орны байгаль орчны төлөв байдлын тайлан, 2015-2016.

Цэдэндаш Г. 1996. Умард Монголын ой-ургамалжилтын мужлалын асуудалд. *Ой, ан судлалын хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл*, 2:24-29.

Удвал Б., Хоролгарав Д. 2016. ГТБЦГ-ын хушин ойн тархалт, дагалт баялаг ашиглалтын өнөөгийн байдал. Хүрэлтогоот, 184-187.

Mongolian Journal of Botany, 2024, 06 (32): 97-113

Growth dynamics and decaying status of Siberian pine forest of the Ulaanbaatar green zone

Batsaikhan Ganbaatar[1*], Udval Bayarsaikhan[1], Naranbayar Erdenechuluun[1], Ganbold Battulga[1], Dulamsuren Choimaa[2]

[1]Institute of Geography, geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, 15170, Mongolia
[2]University of Freiburg, Freiburg, 79104, Germany

**E-mail:* batsaikhang@mas.ac.mn, https://orcid.org/0000-0001-7752-2286

Received: 31.05.2022 Revised: Accepted: 16.06.2022

Abstract. The study was conducted in the cedar (*Pinus sibirica* Du Tour.) forest impacted by recreational activities in Ulaanbaatar's green zone. Natural forest covers 85.5% of the forest area in the green zone, with an abundance of trees such as larch, cedar, spruce, birch, poplar, willow and aspen. The aim of this study is to observe the growth patterns of cedar forests in the green zone impacted by recreational forest usage and to explore the climate factors in-depth, examine stem decay, and recommend measures to better safeguard cedar forests in the future. The research samples were collected and processed in the 2022-23 vegetative season, with their results analyzed in this article. The sample area was divided into plots of 20 m x20 m , with the height and diameter of trees being measured while growth samples were obtained by coories. Also, the internal decomposition of tree stems was measured by ultrasound tomography at the 50 cm and 150 cm heights of each tree with a diameter of more than 30 cm. The international climate database (CRU TS Version 4.06 - Open source) provided the data for the climate indicators of the studied region during 1900-2023. Measuring the cedar trees' diameter growth involved employing the "Lintab 6" device, with the results determined by the "TsapWin-4.64" program. Data processing was performed using the R and XLSTAT statistical software packages. The research findings indicate that the diameter growth of Cedar forests within the green zone increased until 1800, followed by a rapid decline in 1940, and an increase in growth in 2000. The growth process was significantly influenced by climate parameters, with the air temperature at the beginning of the plant growth period and precipitation in the IV and V months having a dominant impact.

Keywords: *Pinus sibirica*, growth, damaged forest, decay, climate, green zone forest

© The Author(s). 2024 **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.