

Study on soil organic carbon in permafrost regions

Batzorig Batbold¹, Saruulzaya Adiya^{1,*}, Maralmaa Ariunbold¹,
Purevdulam Yondonrentsen¹ Nemekhbayar Gankhuyag²

¹*Division of Permafrost Research, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

²*Department of Environmental and Forest Engineering, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia*

*Corresponding author email: saruulzaya@gmail.com

Received: 29 April 2024 / Accepted: 12 August 2024 / Published online: 29 November 2024

ABSTRACT

The Bayanzurkh soum of Khuvsgul province is located in the continuous and discontinuous permafrost zones. We investigated the soil organic carbon content in the Dood Toom, Dund Toom, Altarga and Beltes rivers valleys in Bayanzurkh Soum. In the study area, we collected 720 soil samples at 181 sites between 2022 and 2023. We determined soil organic carbon content (SOC, %), soil organic carbon density (SOCD, kg m⁻²), bulk density (g/cm³), stone content (%), and moisture content (%). The *cryic umbrisols*, *cryic histosols*, *umbrisols*, *calcic histosols*, *skeletal regosols*, and *mollic cambisols* soils were distributed across the study area. The result showed that the SOC content ranged between 1.7 and 93.8%, and *cryic histosols* was a higher values in SOC content. Whereas, SOC density ranges between 4.7 and 72.7 kg m⁻², and *cryic histosols* was higher values in SOC density. According to our results, SOC density of *cryic umbrisols* and *cryic histosols* were a higher value than previous study. But, the SOC density of our study was lower than in permafrost regions of the Northern Hemisphere (Arctic). In addition, the SOC content had a high positive correlation with moisture content ($r^2 = 0.63$), and highly negatively correlated with bulk density ($r^2 = -0.87$) and stone content ($r^2 = -0.52$).

Keywords: Permafrost, Soil organic carbon, Soil organic carbon density, Bayanzurkh soum

Цэвдэгт бүс нутгийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн судалгаа

Батзориг Батболд¹, Саруулзаяа Адъяа^{1,*}, Маралмаа Ариунболд¹,
Пүрэвдулам Ёндонрэнцэн¹, Нэмэхбаяр Ганхуяг²

¹Цэвдэг судлалын салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

²Хүрээлэн буй орчин, ойн инженерчлэлийн тэнхим, Инженер технологийн сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: saruulzaya@gmail.com

Хүлээн авсан: 2024 оны 04 сарын 29 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2024 оны 08 сарын 12 өдөр / Нийтлэгдсэн: 2024 оны 11 сарын 29 өдөр

ХУРААНГУЙ

Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх сум нь цэвдгийн үргэлжилсэн ба тасалданги тархалттай бүсэд оршдог. Бид энэхүү судалгаагаар Баянзүрх сумын Доод Тоом, Дунд Тоом, Алтарга, Бэлтэс голуудын хөндийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламжийг судалсан. Судалгааны талбайд 2022-2023 оны хооронд нийт 181 хөрсний зүсэлт хийж, 720 орчим дээж цуглуулан хөрсний органик нүүрстөрөгчийн хэмжээ (ХОН, %), хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж (ХОН-ийн агууламж, кг м⁻²), эзлэхүүн жин (г/см³), чулууны агууламж (%), чийгийн хэмжээ (%) зэрэг үзүүлэлтүүдийг тодорхойлов. Судалгааны талбайд *тайгын цэвдэгт, хүлэрлэг цэвдэгт, тайгын ширэгт, карбонаттай хүлэрлэг, чулуурхаг ялзмагт, уулын бараан* хөрс тус тус тархсан байна. Судалгааны талбайн ХОН-ийн хэмжээ 1.7-93.8 % хооронд хэлбэлзэж *хүлэрлэг цэвдэгт* хөрсөнд хамгийн өндөр байсан. Харин ХОН-ийн агууламж 4.7-72.7 кг м⁻²-ийн хооронд хэлбэлзэж *тайгын цэвдэгт* хөрсөнд өндөр байсан. Судалгааны үр дүнг Монгол орны тайгын болон хүлэрлэг цэвдэгт ХОН-ийн агууламжийн өмнөх судалгаатай харьцуулахад бидний судалгааны үзүүлэлт өндөр байсан бол дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын (Арктикийн) цэвдэгт бүс нутгийн ХОН-ийн агууламжаас бага байсан. Судалгааны цэгүүд дээрх ХОН - ийн хэмжээг чулуу болон чийгийн хэмжээ, эзлэхүүн жинтэй харьцуулахад чулууны агууламж ($r^2 = -0.52$) болон эзлэхүүн жин ($r^2 = -0.87$) - ээс хүчтэй урвуу хамааралтай байсан бол чийгийн хэмжээ ($r^2 = 0.63$) - ээс хүчтэй эерэг хамааралтай байна.

Түлхүүр үгс: Цэвдэг, Хөрсний органик нүүрстөрөгч, Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж, Баянзүрх сум

1. ОРШИЛ

Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын 21.8 %-д цэвдэг тархсан байдаг [1]. Цэвдэг нь экосистемийн тогтвортой байдал, гадарга орчмын ус, чийг ба дулааны эргэлтэд чухал үүрэг гүйцэтгэхээс гадна их хэмжээний органик нүүрстөрөгчийг өөртөө агуулдаг [2], [3]. Монгол орны нийт газар нутгийн 29.3 %-д цэвдэг тархах ба Алтай, Хангай, Хөвсгөл, Хэнтийн уулархаг бүсэд төвлөрсөн байдаг [2]. Цэвдэгт хөрс нь өөртөө их хэмжээний органик нүүрстөрөгчийг агуулж байдаг бөгөөд энэ одоогийн агаар мандалд агуулагдаж буй нүүрстөрөгчийн хэмжээнээс 2 дахин их юм [3].

Хөрсний органик нүүрстөрөгч (ХОН) нь хөрсний органик бодисын үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг болдог ба хөрсний үржил шимийн хэмжээг илэрхийлэгч гол үзүүлэлт юм [4]. Хөрсөн дэх органик нүүрстөрөгчийн нөөц (ХОНН) нь хуурай газрын нүүрстөрөгчийн хуримтлалын чухал бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд дэлхийн нүүрстөрөгчийн эргэлтэд чухал нөлөө үзүүлдэг [5]. Манай дэлхийн хуурай газрын нийт ХОНН нь 0-30 см гүнд 684-724 Пг, 0-100 см гүнд 1462-1548 Пг (Петаграмм $=10^{15}$ г) [6] байдаг. Харин цэвдэгт бүс нутгийн ХОНН нь 0-30 см гүнд 217 (± 12) Пг, 0-100 см гүнд 472 (± 27) Пг [7] байгаа нь дэлхийн нийт ХОНН-ийн ойролцоогоор 30-35 %-ийг эзлэж байна. Өөрөөр хэлбэл дэлхийн нийт хуурай газрын 15 %-д (Антарктидыг оруулаагүй) ХОНН-ын 30 гаруй хувь нь агуулагддаг бөгөөд энэ нь цэвдэгтэй бүс нутагт өндөр байгааг тодорхой харуулж байна [3]. Харин Монгол орны хувьд ХОНН нь дунджаар 1 га талбайн 0-30 см гүнтэй хөрсөнд 43.0 тн, 0-100 см гүнтэй хөрсөнд 65.2 тн байна. Монгол орны ХОНН 0-30 см хөрсөнд нийт 6.5 Пг, 0-100 см хөрсөнд 9.9 Пг бөгөөд энэ нь дэлхийн 0.94 %-ийг эзэлнэ [8].

Хөрс нь нүүрстөрөгчийн эх үүсвэр,

мөн шингээгчийн үүрэг гүйцэтгэдэг ба хуурайшилт, цөлжилт, хүний үйл ажиллагаатай холбоотойгоор хөрс эвдрэл, доройтолд орж, хөрсний үржил шимийн үндсэн элемент болох органик нүүрстөрөгч задарч агаар мандалд ялгардаг [9], [10].

Монгол орны хэмжээнд уур амьсгалын дулаарал, малын тоо толгойн өсөлтөөс шалтгаалж бэлчээрийн хөрс талхлагдан доройтож байгаа талаар судлаачид бичих болсон [8], [11], [12] Тухайлбал: Монгол орны төвийн бүс нутагт дээрх хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр ХОНН-ийн хэмжээ сүүлийн 93 жилийн хугацаанд 16.5 %-иар багассан байна [13]. Тэгвэл Монгол орны цэвдгийн тархалтын талбайн хэмжээ сүүлийн 50 жилийн хугацаанд уур амьсгалын хүчин зүйлийн нөлөөгөөр хоёр дахин буурсан гэж судлаачид тогтоосон [2]. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц буурснаар хөрс элэгдэлд орж агаар дахь CO_2 , CH_4 -ийн хэмжээ тэр хэмжээгээр ихэсдэг. Хөрсний органик нүүрстөрөгч нь хөрсний бүтцийг тогтворжуулах, хөрсний шим тэжээл болон ус барих чадварын дээшлүүлэхээс гадна микро организмын үйл ажиллагааг идэвхжүүлдэг [14].

Монгол орны цэвдэгт бүс нутгийн ХОНН-ийн судалгаа нь одоо хүртэл нарийвчлан хийгдээгүй бөгөөд уур амьсгалын дулаарал, бэлчээр ашиглалтын нөлөө, хуурайшилт эрчимжих хандлагатай байгаа өнөө үед энэхүү асуудлыг нарийвчлан судлах шаардлагатай юм. Органик нүүрстөрөгчийн агууламжийг тооцоолсноор агаар мандал болон хуурай газрын нүүрстөрөгчийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлоход дөхөм болдог [15]. Иймд бид энэхүү судалгаагаар Монгол орны цэвдгийн үргэлжилсэн, тасалданги тархалттай бүсэд орших Баянзүрх сумын Доод Тоом, Дунд Тоом, Алтарга, Бэлтэс зэрэг голуудын хөндийн хөрсийг хэв шинжээр нь ангилан, тухайн ангилал тус бүр дээрх ХОНН-ийн агууламж (kg m^{-2}),

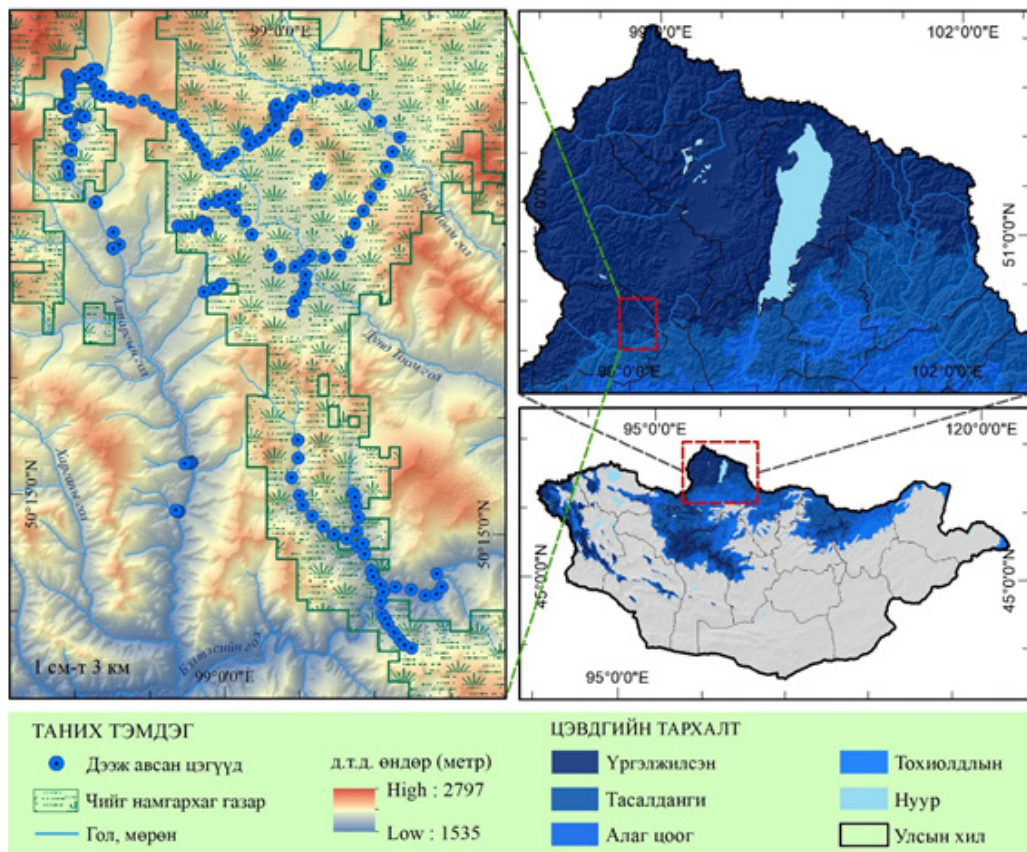
ХОН-ийн хэмжээ (%) - ийг тодорхойлж, ХОН-ийн хэмжээг чулуу, чийгийн болон эзлэхүүн жингээс хэрхэн хамаарч байгааг тодорхойлохыг зорьсон.

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

2.1. Судалгааны талбай

Энэхүү судалгааг Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх сумын нутагт хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны талбай нь Монгол орны цэвдгийн тархалтын зурагт үзүүлснээр үргэлжилсэн, тасалданги тархалтын бүсэд оршино (Зураг 1). Уур амьсгалын

мужлалын хувьд чийглэгдүү, хүйтэвтэр зунтай, хахир өвөлтэй мужид хамаарах ба жилийн дундаж агаарын температур $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ - аас бага, 1 дүгээр сарын агаарын дундаж температур $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-34\text{ }^{\circ}\text{C}$), 7 дугаар сарын агаарын дундаж температур $+10$ - ($+15$) $^{\circ}\text{C}$ байна. Жилийн нийлбэр хур тунадасны хэмжээ ойролцоогоор 200-300 мм орчим байна [16]. Хөрсний дээжийг Баянзүрх сумын нутагт орших Доод Тоом, Дунд Тоом, Алтарга, Бэлтэс зэрэг голуудын хөндийн цэвдэгтэй болон чийг намагтай газраас цуглуулсан.



Зураг 1. Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх сумын нутагт сонгосон судалгааны цэгийн байршил ба цэвдгийн тархалт

2.2. Хээрийн судалгаа болон лабораторийн шинжилгээний арга зүй

Хээрийн судалгааг Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх сумын нутагт 2022 оны 8 сар болон 2023 оны 9 сард тус тус хийсэн. Нийт 181 судалгааны цэгт хөрсний дээжийг 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см, 15-30 см-ийн гүнээс 4 давталтаар 720 орчим хөрсний дээжийг цуглуулсан.

Хөрсний шинжилгээг ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Хөрс судлалын салбарын лабораторид шинжлүүлсэн бөгөөд ХОН-ийн хэмжээг “Шатаалтын алдагдлын арга”-аар тодорхойлсон [8].

Органик нүүрстөрөгч нь 360°C-т шатаах зууханд 2 цаг шатаахад нүүрсхүчлийн хий болж бүрэн исэлддэг. Энэ урвалаас үүссэн жингийн алдагдал буюу шатаахын өмнөх ба дараах дээжний жинг хэмжихэд хялбар байдаг.

Шинжилгээг хийхдээ урьдчилан бэлтгэсэн 2 мм-ээр шигшсэн хуурай хөрснөөс 5-10 г-ийг жинлэн авч жинг нь тогтмолжуулсан шаазан тигельд хийж 105°C-т 6 цаг хатаана. Дээжийг хөргөөд аналитик жин дээр жинлэж жинг тэмдэглэж аваад 360°C-т 2 цаг шатаана. Шатаасан дээжийг хөргөөд мөн аналитик жин дээр жигнэнэ. Шинжилгээний үр дүнг тооцохдоо “томьёо (1)”-г ашиглав.

$$\text{ШГА, \%} = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 100}{(M_1 - M_c)} \quad (1)$$

ШГА-Шатаахад гарах алдагдлын хувь (%)

M_1 -Шатаахын өмнөх хөрстэй тигелийн жин (г)

M_2 -Шатаасны дараах хөрстэй тигелийн жин (г)

M_c -Тигелийн жин (г)

ХОН-ийн агууламж (кг м-2)-ыг “томьёо (2)”-г ашиглан тооцоолсон [17].

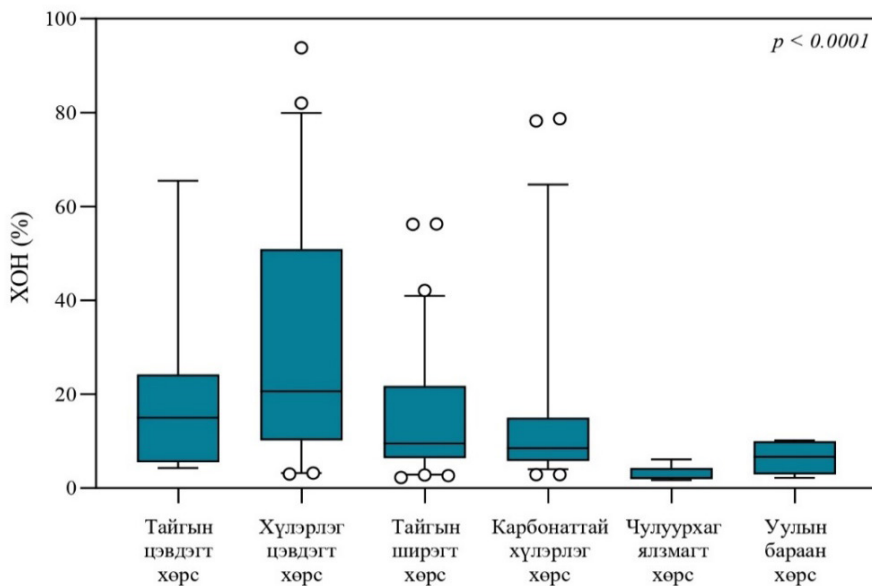
$$\text{SOCD} = \frac{C \cdot \text{BD} \cdot T \cdot (1 - \text{CF})}{10} \quad (2)$$

SOCД – хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж (кг м⁻²), С – хөрсний органик нүүрстөрөгчийн хэмжээ (%), BD – эзлэхүүн жин (г/см³), Т – агууламж тооцох давхаргын зузаан (см), CF – чулууны агууламж (%)

Хөрсний лабораторийн шинжилгээний үр дүн, статистик боловсруулалт, график зэргийг GraphPad Prism 8 программ ашиглан боловсруулсан. Судалгааны талбайн байршлын зургийг ArcGIS 10.8 программ хангамж ашиглан хийсэн.

3. судалгааны үр дүн

Энэхүү судалгаанд хамрагдсан нийт 181 цэгийг Монгол орны хөрсний тархалтын зураг [14]-аас ангилан үзэхэд нийт зургаан төрлийн хөрсөн дээр зонхилон тархаж байсан. Үүнд: *тайгын цэвдэг, хүлэрлэг цэвдэгт, тайгын ширэгт, карбонаттай глейт хүлэрлэг, чулуурхаг ялзмагт, уулын бараан хөрс*. Уг хөрсний ангилал нь Монгол орны цэвдгийн тархалтын үргэлжилсэн ба тасалданги тархалттай бүсэд оршино. Бид лабораторийн үр дүнгүүдийг дээрх 6 төрлийн хөрсөн дээр ХОН-ийн хэмжээ, ХОН-ийн агууламж, эзлэхүүн жин, чийгийн хэмжээ болон чулууны агууламжийг тус тус тодорхойлсон.



Зураг 2. Судалгааны талбайн хөрсний ХОН-ийн хэмжээ, (%)

Судалгааны үр дүнгээс харахад ХОН-ийн хэмжээ 1.7-93.8 %-ийн хооронд хэлбэлзэж дундаж утга нь 14.9 % байсан бөгөөд хүлэрлэг цэвдэгт, тайгын цэвдэгт, тайгын ширэгт, карбонаттай хүлэрлэг хөрсний төрлүүд дээр их; чулуурхаг ялзмагт, уулын бараан хөрсөнд харьцангуй бага байна (Зураг 2 ба Хүснэгт 1). Харин энэхүү 6 төрлийн хөрсөн дээрх ХОН-ийн хэмжээ статистик үнэмшил сайтай байгааг $p < 0.0001$ утга тодорхой харуулж байна (Зураг 2).

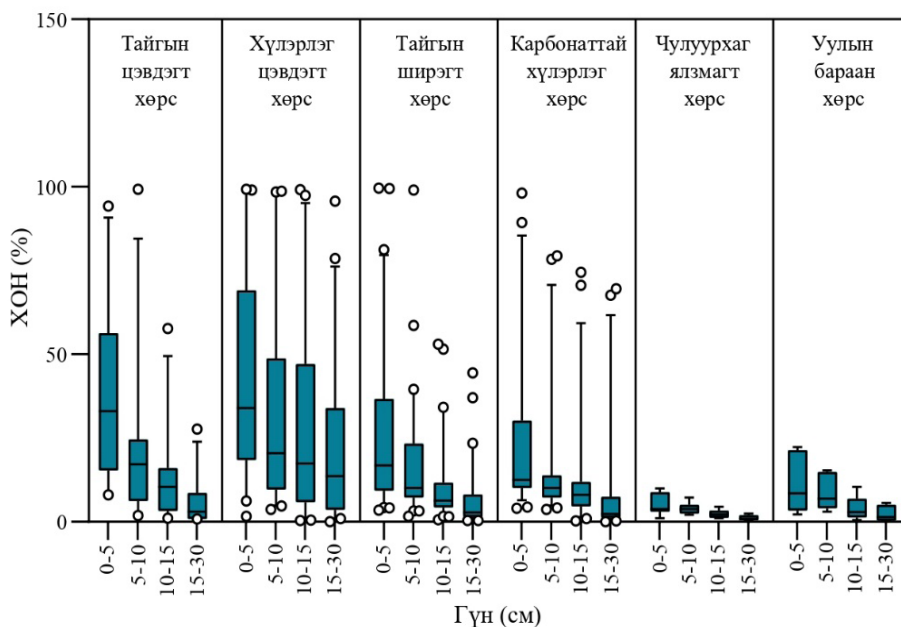
Судалгааны талбайн ХОН-ийн агууламж 4.7-72.7 кг м² - ийн хооронд хэлбэлзэж дунджаар 24.0 кг м² байна. Хөрсний төрөл тус бүрээр авч үзвэл дундаж ХОН-ийн агууламж нь тайгын цэвдэгт хөрсөнд 27.8 кг м², хүлэрлэг цэвдэгт хөрсөнд 32.8 кг м², тайгын ширэгт хөрсөнд 21.9 кг м², карбонаттай хүлэрлэг хөрсөнд 21.2 кг м², чулуурхаг ялзмагт хөрсөнд 11.1 кг м², уулын бараан хөрсөнд 8.2 кг м² буюу хамгийн бага байсан (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 1. Нийт 181 судалгааны цэгүүдийн 0-30 см-ийн гүн дэх ХОН-ийн статистик утгууд

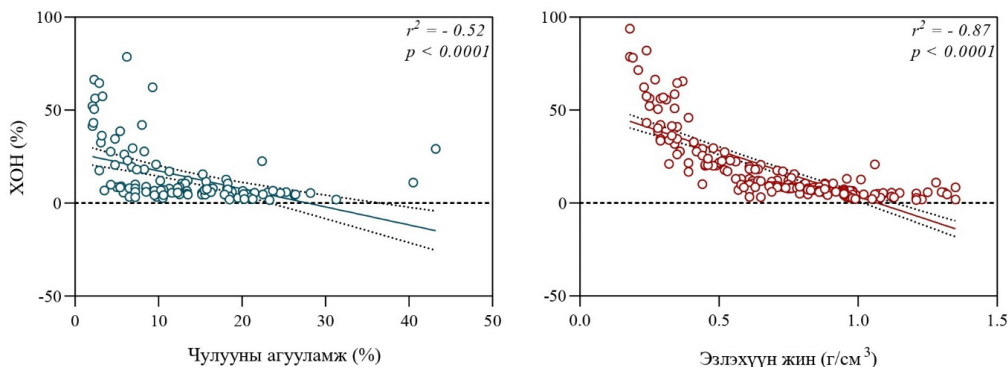
Хөрсний төрөл	Дээжний тоо	Хамгийн их утга (%)	Хамгийн бага утга (%)	Дундаж утга (%)	Стандарт хазайлт
Тайгын цэвдэгт	(10)	65.5	4.3	19.5	17.5
Хүлэрлэг цэвдэгт	(44)	93.8	3.0	31.1	24.1
Тайгын ширэгт	(62)	56.3	2.3	14.8	12.3
Карбонаттай хүлэрлэг	(52)	78.7	2.9	14.3	16.0
Чулуурхаг ялзмагт	(7)	6.1	1.7	3.2	1.6
Уулын бараан	(6)	10.2	2.2	6.5	3.2
Талбайн хэмжээнд	(181)	93.8	1.7	14.9	12.5

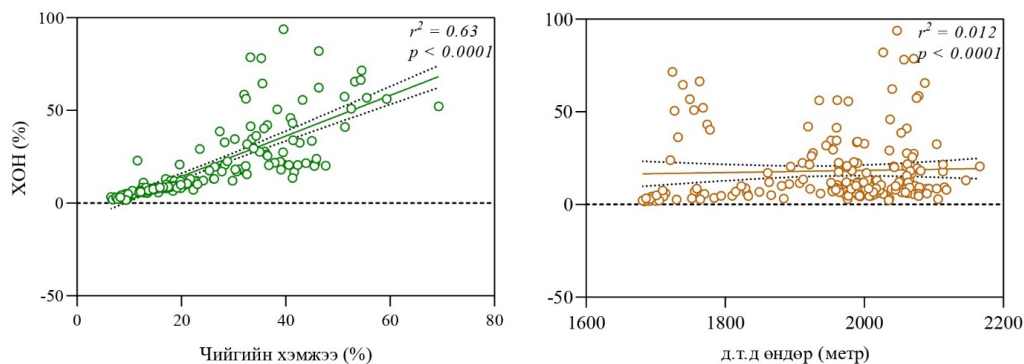
Хүснэгт 2. 0-30 см-ийн гүн дэх ХОН-ийн агууламж (кг м⁻²)

Хөрсний төрөл	Дээжний тоо	Хамгийн их утга (кг м ⁻²)	Хамгийн бага утга (кг м ⁻²)	Дундаж (кг м ⁻²)	Стандарт хазайлт
Тайгын цэвдэгт	(10)	72.7	10	27.8	17.6
Хүлэрлэг цэвдэгт	(44)	65.9	5.7	32.8	15.6
Тайгын ширэгт	(62)	59.7	5.6	21.9	10.9
Карбонаттай хүлэрлэг	(52)	44.6	6.9	21.2	9.1
Чулуурхаг ялзмагт	(7)	15.4	4.7	8.2	4.1
Уулын бараан	(6)	16.5	5.5	11.1	4.6
Талбайн хэмжээнд	(181)	72.7	4.7	24.0	13.6



Зураг 3. Хөрсний төрөл тус бүрийн ХОН-ийн хэмжээний харьцаа





Зураг 4. Хөрсний шинж чанар хоорондын хамаарал

Хүснэгт 3-д хөрсний төрөл тус бүрийн ХОН-ийн хэмжээ, чийгийн хэмжээ, эзлэхүүн жин, чулууны агууламжийн дундаж утгыг үзүүлэв. Хөрсний дундаж чулууны агууламж нь 10.8-17.4 %-ийн хооронд хэлбэлзэж, чулуурхаг ялзмагт (17.4 %) хөрсөнд өндөр, хүлэрлэг цэвдэгт (10.8 %) хөрсөнд бага байсан (Хүснэгт 2). Судалгааны талбайн чийг намгархаг газруудаас авсан хөрсний дээжүүд

нь голчлон ургамлын дутуу задарсан үлдэгдлээс тогтсон байсан бөгөөд ихэнх дээжүүдэд чулууны агууламж маш бага байсан. Чулууны агууламж багатай дээжүүдийн ХОН-ийн хэмжээ өндөр, харин чулууны агууламж ихтэй дээжүүдэд ХОН-ийн хэмжээ бага байв. Чулууны агууламж болон ХОН-ийн хэмжээ хоорондоо урвуу хамааралтай ($r^2 = -0.52$) байсан (Зураг 3а).

Хүснэгт 3. Судалгааны цэгүүдийн хөрсний хими, физик шинж чанар

Хөрсний төрөл	Дээжний тоо	ХОН (%)	Чийг (%)	Эзлэхүүн жин (г/см ³)	Чулуу (%)
Тайгын цэвдэгт	(10)	19.5	29.2	0.69	12.1
Хүлэрлэг цэвдэгт	(44)	31	31.7	0.54	10.8
Тайгын ширэгт	(62)	14.8	21.2	0.71	12.6
Карбонаттай хүлэрлэг	(52)	14.2	21	0.78	14.7
Чулуурхаг ялзмагт	(7)	3.2	9.2	1.08	17.4
Уулын бараан	(6)	6.5	14.2	0.71	11.7

Хөрсний дундаж чийгийн хэмжээ 9.2 % – 31.7 %-ийн хооронд хэлбэлзэж хүлэрлэг цэвдэгт (31.7 %) болон тайгын цэвдэгт хөрсөнд (29.2 %) бусад хөрснөөс илүү өндөр байсан бол чулуурхаг ялзмагт (9.2 %) хөрсөнд бага байсан (Хүснэгт 3). Тодруулбал, Алтарга, Дунд Тоом, Доод Тоом, Бэлтэс голын чийг намгархаг газраас авсан дээжүүдэд чийгийн хэмжээ их, харин бусад хэсгээс авсан дээжүүдэд бага байна. Мөн хөрсний чийг ихтэй цэгүүдэд ХОН-

ийн хэмжээ өндөртэй ба чийг багатай цэгүүдэд ХОН-ийн хэмжээ багатай байсан. Өөрөөр хэлбэл хөрсний чийг нэмэгдэхэд ХОН-ийн хэмжээ нэмэгдэж байсан ба хөрсний чийгийн хэмжээ болон ХОН-ийн хэмжээ хоорондоо эерэг хамааралтай ($r^2 = 0.63$) байна (Зураг 4).

Хөрсний дундаж эзлэхүүн жин 0.54 – 1.08 г/см³ хооронд хэлбэлзэж байсан ба чулуурхаг ялзмагт хөрсөнд (1.08 г/см³) хамгийн их, хүлэрлэг цэвдэгт хөрсөнд

(0.54 г/см³) хамгийн бага байсан (Хүснэгт 2). Мөн хөрсний эзлэхүүн жин ихтэй зүсэлтүүдэд ХОН-ийн хэмжээ бага, эзлэхүүн жин багатай зүсэлтүүдэд ХОН-ийн хэмжээ өндөр байсан ба тэдгээр нь хоорондоо хүчтэй урвуу хамааралтай ($r^2=0.87$) байна (Зураг 4).

ХОН-ийн хэмжээ хөрсний өнгөн хэсгээс гүн рүүгээ буурч байгаа зүй тогтол ажиглагдсан (Зураг 3). Тухайлбал *тайгын цэвдэгт* хөрсний ХОН - ийн хэмжээ 0-5 см-ийн гүнд 36.6 %, 5-10 см-ийн гүнд 21.7 %, 10-15 см-ийн гүнд 13.5 % байсан ба 15-30 см гүнд 6.2 % тус тус байна (Зураг 3).

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын цэвдэгт бүс нутгийн хөрсөнд ойролцоогоор 1700 Пг органик нүүрстөрөгч агуулагддаг бөгөөд энэ олон зуун мянган жилийн туршид цэвдэгт хөрсөнд хуримтлагдсан амьтан, ургамал, бичил биетний үлдэгдлээс гаралтай [3]. Цэвдэгт бүс нутагт хөрсний температур бага, ус нэвтрүүлэх чадвар муу байдаг ба энэ нь хөрсний органик бодисын задралын хурдыг бууруулдаг бөгөөд их хэмжээний органик нүүрстөрөгч хуримтлагдах нөхцөлийг бүрдүүлдэг [18]. Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын цэвдэгт бүс нутгийн 0-30 см-ийн гүн дэх ХОН-ийн агууламж 0.1-70 кг м-2 хооронд хэлбэлзэж, хүлэрлэг (Histosols) хэв шинжийн хөрсөнд илүү өндөр байна [7]. Харин Батхишиг нар [8]-ын судалгаагаар монгол орны тайгын цэвдэгт болон тайгын ширэгт хөрсний 0-30 см-ийн гүнд дэх ХОН-ийн агууламж нь тайгын цэвдэгт хөрсөнд дунджаар 13.9 кг м-2, тайгын ширэгт хөрсөнд 10.1 кг м-2 байна. Харин энэхүү судалгаагаар хөрсний төрлүүд дээрх ХОН-ийн агууламж 8.2-32.8 кг м-2 хооронд хэлбэлзэж, дунджаар 24 кг м-2 байгаа нь Батхишиг нар (2021)-ын судалгааны үр дүнгээс өндөр байсан бол дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын цэвдэгт бүс нутгийн (Арктик орчмын)

хөрсөнд агуулагдах хэмжээнээс бага байна. Монгол орны газар нутагт тархсан цэвдэг нь өндрийн болон өргөргийн зүй тогтолтой тархсан байдаг бол Арктик орчмын цэвдэг нь өргөргийн зүй тогтолтой тархсан байдаг [2]. Мөн арктик орчмын бүс нутагт томоохон голуудын хөндийн адагт их хэмжээний органик нүүрстөрөгч агуулагддаг болохыг судлаачид тогтоосон байдаг [3], [7]. Нөгөөтээгүүр манай орны цэвдэг нь тэг хэмд ойрхон хасах температуртай уулархаг, хуурай гандуу бүс нутгийн цэвдэг учир органик нүүрстөрөгчийн агууламжийн хувьд Арктик орчмын цэвдэгт хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламжаас бага байж болох юм.

5. ДҮГНЭЛТ

Монгол орны цэвдгийн үргэлжилсэн, тасалданги тархалттай бүсэд орших Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх сумын нутаг дэвсгэрт бид нийт 181 судалгааны цэгт 0-30 см-ийн хооронд 4 үеийн давталттайгаар 700 гаруй хөрсний дээж авч ХОН-ийн хэмжээ, ХОН-ийн агууламж, чулууны агууламж, чийгийн хэмжээ, эзлэхүүн жин зэргийг тодорхойлов.

Судалгааны талбайн ХОН-ийн хэмжээ 1.7-93.8 %-ийн хооронд хэлбэлзэж, хүлэрлэг цэвдэгт хөрсөнд өндөр байсан. ХОН-ийн агууламж судалгааны талбайн хэмжээнд 4.7-72.7 кг м²-ийн хооронд хэлбэлзэж байсан. Хөрсний ангилал тус бүрийн дунджаар авч үзвэл ХОН-ийн агууламж 8.2-32.8 кг м² хооронд байсан бөгөөд хүлэрлэг цэвдэгт хөрсөнд өндөр байв. Энэ нь дутуу задарсан органик үлдэгдэл цэвдгийн нөлөөгөөр (криотурбаци) их хуримтлагддагтай холбоотой байж болох юм. Мөн ХОН-ийн хэмжээ гадаргаас гүн рүүгээ буурч байсан бөгөөд хөрсний өнгөн хэсэгтээ (0-5 см-ийн хооронд) өндөр байсан. Энэ нь хөрсний гадаргад хуримтлагдсан ургамлын үлдэгдэлтэй холбоотой бөгөөд ургамлын

үлдэгдэл нь хөрсний органик бодисын томоохон эх сурвалж болдог.

ХОН-ийн хэмжээ нь чулууны агууламж ($r^2 = -0.52$) болон эзлэхүүн жин ($r^2 = -0.87$) - ээс урвуу хамааралтай, газрын гадаргын өндөршлөөс (д.т.дээш метр) сул хамааралтай ($r^2 = 0.012$) байсан бол чийгийн хэмжээ ($r^2 = 0.63$) - ээс эерэг хамааралтай байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг ШУТС-ийн санхүүжилтээр 2022-2024 оны хооронд хэрэгжиж буй ШУТБИХХЗГ-2022/154 дугаартай “Цэвдгийн алдралын нөлөөгөөр ялгарах хүлэмжийн хийн ирээдүйн хандлагыг загварчлах нь” суурь судалгааны төслийн санхүүжилтийн хүрээнд хийж гүйцэтгэв.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1]. J. Obu et al., “Northern Hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km² scale,” *Earth-Sci. Rev.*, vol. 193, pp. 299–316, Jun. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.023>.
- [2]. Я. Жамбалжав, Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт. Колорфул ХХК, 2017.
- [3]. E. A. G. Schuur et al., “Climate change and the permafrost carbon feedback,” *Nature*, vol. 520, no. 7546, pp. 171–179, Apr. 2015, <https://doi.org/10.1038/nature14338>.
- [4]. D. W. Pribyl, “A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor,” *Geoderma*, vol. 156, no. 3–4, pp. 75–83, May 2010, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.003>.
- [5]. W. H. Schlesinger, “Carbon storage in the caliche of arid soils: A case study from Arizona,” *Soil Sci.*, vol. 133, no. 4, pp. 247–255, Apr. 1982, <https://doi.org/10.1097/00010694-198204000-00008>.

- [6]. N. H. Batjes, “Total carbon and nitrogen in the soils of the world,” *Eur. J. Soil Sci.*, vol. 47, no. 2, pp. 151–163, Jun. 1996, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>.
- [7]. G. Hugelius et al., “Estimated stocks of circumpolar permafrost carbon with quantified uncertainty ranges and identified data gaps,” *Biogeosciences*, vol. 11, no. 23, pp. 6573–6593, Dec. 2014, <https://doi.org/10.5194/bg-11-6573-2014>.
- [8]. О. Батхишиг et al., “Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн өөрчлөлт, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлс,” Суурь судалгааны төслийн тайлан, 2021.
- [9]. Gerber, Pierre J, Steinfeld, Henning, Henderson, Benjamin, Mottet, Anne, Opio, Carolyn, and Dijkman, Jeroen and Falcucci, Alessandra and Tempio, Giuseppe, "Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities". Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.
- [10]. C Lefèvre, F Rekik, V Alcantara, and L Wiese, *Soil organic carbon: the hidden potential*, 1st ed. 2017.
- [11]. S. Adiya, T.-E. Gansukh, and B. Batbold, “Evaluating Seasonal Variations of CO₂ Fluxes from Peatland Areas in the Mongolian Permafrost Region,” in *Proceedings of the Fourth International Conference on Environmental Science and Technology (EST 2023)*, vol. 224,
- [12]. O. Batdelger, A. Damdinsuren, D. Avirmed, and B. Erdenee, Eds., in *Advances in Engineering Research*, vol. 224. , Dordrecht: Atlantis Press International BV, 2023, pp. 7–16. <https://doi.org/10.1097/00010694-198204000-00008>.

- doi.org/10.2991/978-94-6463-278-1_2.
- [13]. B. Batbold, S. Adiya, and T.-E. Gansukh, "Greenhouse gas (GHG) emission in the permafrost regions of western Mongolia: case area in the Munkhkhairkhan mountain," in Proceedings of the Fourth International Conference on Environmental Science and Technology (EST 2023), vol. 224,
- [14]. О. Батхишиг and Ө. Ганзориг, "Монгол орны төвийн хэсгийн хээрийн хөрсний органикийн 90 жилийн дараах өөрчлөлт," vol. 3, pp. 16–25, 2018.
- [15]. H. Blanco and R. Lal, "Principles of soil conservation and management", Dordrecht: Springer, 2010.
- [16]. P. Friedlingstein et al., "Uncertainties in CMIP5 Climate Projections due to Carbon Cycle Feedbacks," J. Clim., vol. 27, no. 2, pp. 511–526, Jan. 2014, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00579.1>.
- [17]. Д. Доржготов, ба бусад., Монголын үндэсний атлас. 2020.
- [18]. Z. Chen, Q. Shuai, Z. Shi, D. Arrouays, A. C. Richer-de-Forges, and S. Chen, "National-scale mapping of soil organic carbon stock in France: New insights and lessons learned by direct and indirect approaches," Soil Environ. Health, vol. 1, no. 4, p. 100049, Dec. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100049>.
- [19]. E. A. Davidson and I. A. Janssens, "Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change," Nature, vol. 440, no. 7081, pp. 165–173, Mar. 2006, <https://doi.org/10.1038/nature04514>.