

Estimation of greenhouse gas emission factors for the wetland, peatland, and cropland

Saruulzaya Adiya^{1,*}, Gansukh Yadamsuren², Sainbayar Dalantai¹, Enkhbat Erdenebat³, Tsogt-Erdene Gansukh¹

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

²*Mongolian University of Life Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

³*Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology, and Environment, Ulaanbaatar, Mongolia*

*Corresponding author email: saruulzayaa@mas.ac.mn

Received: 31 October 2022 / Accepted: 30 November 2022 / Published online: 29 December 2022

ABSTRACT

In Mongolia, greenhouse gas (GHG) and emission factors (EFs) from land-use categories including cropland, wetland, and peatland, have not been estimated. The main purpose of this study was to estimate GHG EF based on field measurement data for the wetland, peatland, and cropland using the IPCC guideline's Volume-2 method. The determination of EFs for the land-use categories is crucial as it contributes to the national GHG inventory. Study sites were selected at the wetland, peatland, and cropland in (1) Khurkh river valley, and (2) near Ulaanbaatar city. Fieldwork was conducted during the spring and summer seasons of 2020-2021 and CO₂ concentrations at study sites were measured using EGM-4 equipment with replicates (n=87). At the study sites, soil samples were collected from four different depths including 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, and 15-30 cm. As the results, estimated EFs (\pm standard error) of the CO₂ and CH₄ were 357.2 g [CO₂] m⁻² yr⁻¹ (\pm 125.7) and 18.8 g [CH₄] m⁻² yr⁻¹ (\pm 6.6) in the peatland, 193.4 g [CO₂] m⁻² yr⁻¹ (\pm 53.8) and 10.2 g [CH₄] m⁻² yr⁻¹ (\pm 2.8) in the wetland, and 118.0 g [CO₂] m⁻² yr⁻¹ (\pm 29.4) and 6.2 g [CH₄] m⁻² yr⁻¹ (\pm 1.5) in the cropland. As these EFs measurements were determined by direct-field measurement method with seasonal and daily replicates within a year, they can be used as a "default value" for land-use categories in Mongolia.

Keywords: *Cropland, Greenhouse gas, Peatland, Wetland, Emission factor*

Чийг намаг, хүлэрт намаг болон тариалангийн талбайд хүлэмжийн хийн ялгарлын коэффициентыг тооцох нь

Саруулзаяа Адъяа^{1,*}, Гансүх Ядамсүрэн², Сайнбаяр Далантай¹, Энхбат Эрдэнэбат³, Цогт-Эрдэнэ Гансүх¹

¹Цэвдэг Судлалын Салбар, Газарзүй, Геоэкологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

²Хөдөө Аж Ахуйн Сургууль, Улаанбаатар, Монгол улс

³Ус Цаг Уур, Орчны Судалгаа, Мэдээллийн Хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол улс

*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: sariulzaya@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 2022 оны 10 сарын 31 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2022 оны 11 сарын 30 өдөр / Нийтлэгдсэн: 2022 оны 12 сарын 29 өдөр

ХУРААНГУЙ

Монгол улсад газар ашиглалтын төрлүүд болох газар тариалан, чийг намаг, хүлэрт намагтай газраас ялгарч буй хүлэмжийн хий болон ялгарлын коэффициентыг тооцсон судалгаа одоог хүртэл хийгдээгүй байдаг. Энэхүү судалгаа нь IPCC-ын гарын авлагын Volume-2 арга зүйгээр газар ашиглалтын төрлүүд дээрх хүлэмжийн ялгарлын коэффициентыг хээрийн шууд хэмжилтийн аргад суурилан тооцох зорилготой. Газар ашиглалтын төрлүүдэд ялгарлын коэффициентыг тодорхойлох нь үндэсний хэмжээний хүлэмжийн хийн тооллогод бодит хувь нэмэр оруулах ач холбогдолтой юм. Судалгаанд Хэнтий аймгийн (1) Хурхын голын хөндий, (2) Улаанбаатар хотын ойролцоох чийг намаг, хүлэрт намаг, тариалангийн талбайд судалгааны цэгүүдийг сонгосон. Судалгааг 2020-2021 оны хавар, зуны улиралд хийсэн бөгөөд CO₂ ялгарлыг EGM-4 багаж ашиглан тодорхой давталттай (n=87) хэмжилт хийсэн. Сонгосон цэгүүдэд хөрөнний дээжийг 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см, 15-30 см гүнээс тус тус цуглуулсан. Судалгааны үр дүнгээр хүлэрт намгийн хүлэмжийн ялгарлын коэффициент нь нүүрстөрөгчийн давхар исэл, метан хийн хувьд 357.2 гр [CO₂] м⁻² жил⁻¹ (±125.7), 18.8 гр [CH₄] м⁻² жил⁻¹ (±6.6), чийг намгархаг газарт 193.4 гр [CO₂] м⁻² жил⁻¹ (±53.8), 10.2 гр [CH₄] м⁻² жил⁻¹ (±2.8), харин тариалангийн талбайд 118.0 гр [CO₂] м⁻² жил⁻¹ (±29.4), 6.2 гр [CH₄] м⁻² жил⁻¹ (±1.5) тус тус байсан. Энэхүү хэмжилтүүд нь улирлын болон цагийн давтамжтайгаар нэг жилийн хугацаанд шууд хэмжилтийн аргаар тодорхойлсон учир Монгол орны газар ашиглалтын төрлүүд дээр лавлах утга (default value) болон ашиглах бүрэн боломжтой юм.

Түлхүүр үгс: Тариалангийн талбай, Хүлэмжийн хий, Хүлэрт намаг, Чийг намаг, Ялгарлын коэффициент

1. ОРШИЛ

Уур амьсгалын өөрчлөлтийн тухай Парисын гэрээ нь 2016 онд батлагдсан бөгөөд хүлэмжийн хийн ялгарлыг багасгаж, агаар мандал дахь нүүрсхүчлийн хийг бууруулах замаар дэлхийн дулаарлыг зогсоох зорилготой [1]. Уг гэрээнд нэгдэн орсон улс орнууд хүлэмжийн хийг тодорхой хувиар бууруулах үүрэг хүлээдэг. Монгол улс 2030 он гэхэд хүлэмжийн хийн ялгарлыг 14%-иар бууруулах үүрэг хүлээсэн. Харин

манай улс 1990 оноос хойш 4-5 жилд нэг удаа хүлэмжийн хийн тооллогыг олон улсын байгууллагаас гаргасан тогтсон нэг аргачлалаар хийдэг [2] хэдий ч уг тооллогод тодорхойгүй, нарийвчлах шаардлагатай зүйл олон байдаг. Уур амьсгалын өөрчлөлтийн судалгаанд агаар дахь хүлэмжийн хийн хэмжээ, түүний орон зай, цаг хугацааны тархалт, өөрчлөлтийн өнөөгийн төлөв, цаашдын өөрчлөлтийн хандлагыг үнэн зөв үнэлэх асуудалд газар ашиглалтын төрлүүдэд ялгарлын коэффициентыг тооцох нь чухал ач холбогдолтой юм [3].

Монгол орны хувьд 1940-2016 оны хооронд агаарын дундаж температур 2.2°C-аар дулаарсан бөгөөд 1988 оноос дулааралт эрчимтэй явагдаж байгаа төдийгүй, агаар мандлын гаралтай гамшигт үзэгдлийн давтамж ихсэж байна [4]. Уур амьсгалын өөрчлөлт, дулаарлын гол шалтгаан нь хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй агаар мандалд агуулагдах хүлэмжийн хийн ялгаралт (ХХЯ) ихэссэнтэй холбоотой юм. Уур амьсгалын өөрчлөлтийн асуудлаарх Засгийн газар хоорондын мэргэжилтний хороо [2]-ноос гаргасан уур амьсгалын өөрчлөлтийн үнэлгээний 5-р тайланд дурдсанаар газар ашиглалтын төрлүүд болох чийг намгархаг газар, хүлэрт намаг нь уур амьсгал болон шим тэжээлийн хүрэлцээтэй байдлаас хамаарч хүлэмжийн хийг ялгаруулах болон шингээн авах биологийн, геохимийн процесс явагддаг чухал экосистемийн нэг гэдгийг тодорхойлсон байдаг. Байгалийн чийг намгархаг газар, хүлэрт намаг нь халуун орны болон тропик орчмын бүсэд тохиолдох төдийгүй өндөр өргөргийн бүсэд цэвдэгтэй газарт ч өргөн тохиолддог. Уг газар ашиглалтын төрлүүд нь Монгол орны цэвдэгтэй бүс нутагт ихэвчлэн тархсан байдаг [5]. Монгол орны хэмжээнд хүлэмжийн хийн ялгарлын хандлага, өөрчлөлтийн судалгаа сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй хийгдэж байгаа хэдий ч газар ашиглалтын төрлүүд дээрх ялгарлын коэффициентыг нарийн тооцсон судалгаа байдаггүй [6]-[9].

Монгол улсын үндэсний хоёр жил тутмын анхдугаар тайланд [10] манай орны хүлэмжийн хийн тооллогын аргачлал сайжирсан ба энэхүү сайжруулалт нь IPCC 1996-аас IPCC 2006 оны хооронд Түвшин 1 болон Түвшин 2-ыг нэгтгэж боловсронгуй болгосонтой холбоотой байна. Ялгарлын коэффициент болон аргазүйд ашигласан хүчин зүйлийн тоймыг Хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Хүлэмжийн хий (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs)-н ялгарлын коэффициентыг (ЯК) газар ашиглалтын төрлөөр ангилсан байдал. T1, T2, D, CS нь 1 ба 2 -р түвшний анхдагч ба тухайн улсын онцлог параметрууд (хэмжигдээгүй-х).

Эх үүсвэр ба шингээлтийн ангилал		CO_2		CH_4		N_2O		HFCs	
		Аргазүй	ЯК	Аргазүй	ЯК	Аргазүй	ЯК	Аргазүй	ЯК
3.B	Газар			T1	D	-	-	-	-
3.B.1	Ойн газар	T1,T2	D, CS	x	x	x	x	x	x
3.B.2	Тариалан	x	x	x	x	x	x	x	x
3.B.3	Бэлчээр	x	x	x	x	x	x	x	x
3.B.4	Намаг	x	x	x	x	x	x	x	x
3.B.5	Суурьшил	x	x	x	x	x	x	x	x

Тухайлбал Монгол улсад газар ашиглалтын салбараас (газар тариалан, чийг намаг, хүлэрт намаг гэх мэт) ялгарч байгаа хүлэмжийн хий болон ялгарлын коэффициент одоог хүртэл тодорхой бус хэвээр байгааг харж болно. Энэхүү судалгаагаар газар ашиглалтын салбарт мэдээллийн цоорхой болсон ялгарлын коэффициентыг тодорхойлох, туршлага болон аргачлалыг судлахад анхаарлаа хандуулав. Газар ашиглалтын төрлүүдэд ялгарлын коэффициентыг тодорхойлох нь үндэсний хэмжээний хүлэмжийн хийн тооллогод бодит хувь нэмэр оруулах ач холбогдолтой юм.

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

2.1. Судалгааны талбай

Энэхүү судалгаанд Хэнтийн уулархаг бүс нутгийг сонгосон бөгөөд газар ашиглалтын үндсэн төрлүүд болох чийг намаг, хүлэрт намаг, тариалангийн талбайг төлөөлөх хэд хэдэн газрыг судалгааны цэгээр сонгон авсан (Зураг 1). Судалгаанд Хэнтийн аймгийн (1) Хурхын голын хөндийн хүлэрт намагт 1 цэг, тариалангийн талбайн 5 цэг, чийг намагт 3 цэг; (2) Улаанбаатар хот орчмын чийг намагтай Сэлбэ, Гачуурт, Тэрэлж, Олондов гэх мэт 5 цэгт судалгааны цэгүүдийг сонгосон. Хэрийн судалгааны ажлыг судалгааны

цэгүүдэд 2020-2021 оны хавар болон зуны улиралд хийсэн бөгөөд CO₂ урсгал болон хийн агууламжийг хэмжиж хэд хэдэн давталттай хийж, хөрсний дээжүүдийг цуглуулсан. Хурхын голын сав газар нь экосистемийн багтаамжаараа өвөрмөц, нүүдлийн шувуудын хуран цуглардаг газар төдийгүй чийг намаг, хүлэрт намгархаг газраас гадна тариалангийн бүс нутгууд зэргэцэн оршдог онцлогтой. Түүнчлэн, 2020 оны 6-р сард Хэнтий аймгийн Хурхын голын хөндийн хүлэрт намаг, чийг намаг, тариалангийн талбай гэсэн 3-н газар ашиглалтын талбайд хүлэмжийн хийн хэмжилт судалгааг хийж гүйцэтгэсэн.

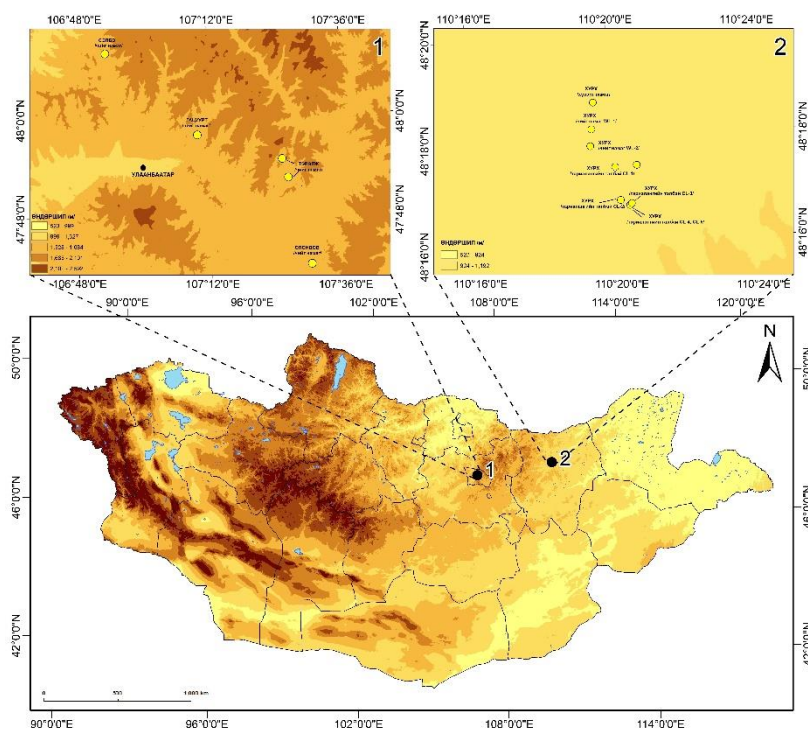
Хээрийн хэмжилтээр тухайн сонгосон цэгүүдэд хүлэмжийн хийн ялгарлыг EGM-4 [11] багаж ашиглан тодорхой давталттайгаар 87 удаа хэмжилтийг хийсэн. Бид газар ашиглалтын өөр өөр төрлүүдээс ялгарах CO₂ ба CH₄ урсгалыг хэмжсэн. Жишээлбэл, EGM-4 нь хүлэмж, хүрээлэн буй орчин, лаборатори гэх мэт олон төрлийн газарт CO₂ (концентраци, урсгалыг)-г хэмжих зорилгоор ашигладаг өндөр нарийвчлалтай орчин үеийн дэвшилтэт багаж юм. EGM-4 нь тунгалаг болон хар бүхээгтэй бөгөөд чийгшил, температур, CO₂, хөрсний амьсгал, хөрсний температур, бүрхэц, ассимиляц зэргийг нэмэлт мэдрэгч холбон хэмждэг (Зураг 2).

2.2. Ялгарлын коэффициент

Ялгарлын коэффициент (ЯК) нь тухайн үйл ажиллагааны эрчимтэй харьцуулан аливаа эх үүсвэрээс ялгарч буй хүлэмжийн хийн ялгарлын дундаж түвшнээр тодорхойлно. Чийг намгархаг газрын хувьд эх үүсвэр нь агааргүй, аэробик нөхцөлд агуулагдах хөрсний нүүрстөрөгч бөгөөд температур, чийгшил, сүвэрхэг чанараас шалтгаалдаг. Ялгарлын хүчин зүйлийн нэгж нь граммаар илэрхийлэгдэх хүлэмжийн хий бөгөөд нэг жилийн хугацаанд нэг квадрат метр талбайгаас ялгарах нийт жин бөгөөд 1-р үе шатны тайланд дурдсан аргачлалын хэсгүүдийн дагуу хэд хэдэн аргаар тооцоолж болно. Бид энэхүү судалгаанд IPCC [2]-ын аргыг ашиглав “Тэгшитгэл (1)”.

$$ЯК_{\text{газар ашиглалтын төрөл}} = \frac{\text{Нийт жийн}}{\text{Талбай} \times \text{хугацаа}} \quad (1)$$

Үүнд: ЯК_{газар ашиглалтын төрөл} – ялгарлын коэффициент (чийг намгархаг газар, хүлэрт намаг, тариалангийн газар) [гр CO₂/CH₄ м⁻²жил⁻¹], W – хүлэмжийн хийн нийт жин [гр CO₂/CH₄], A – талбай [м²], t – хугацаа [жил].



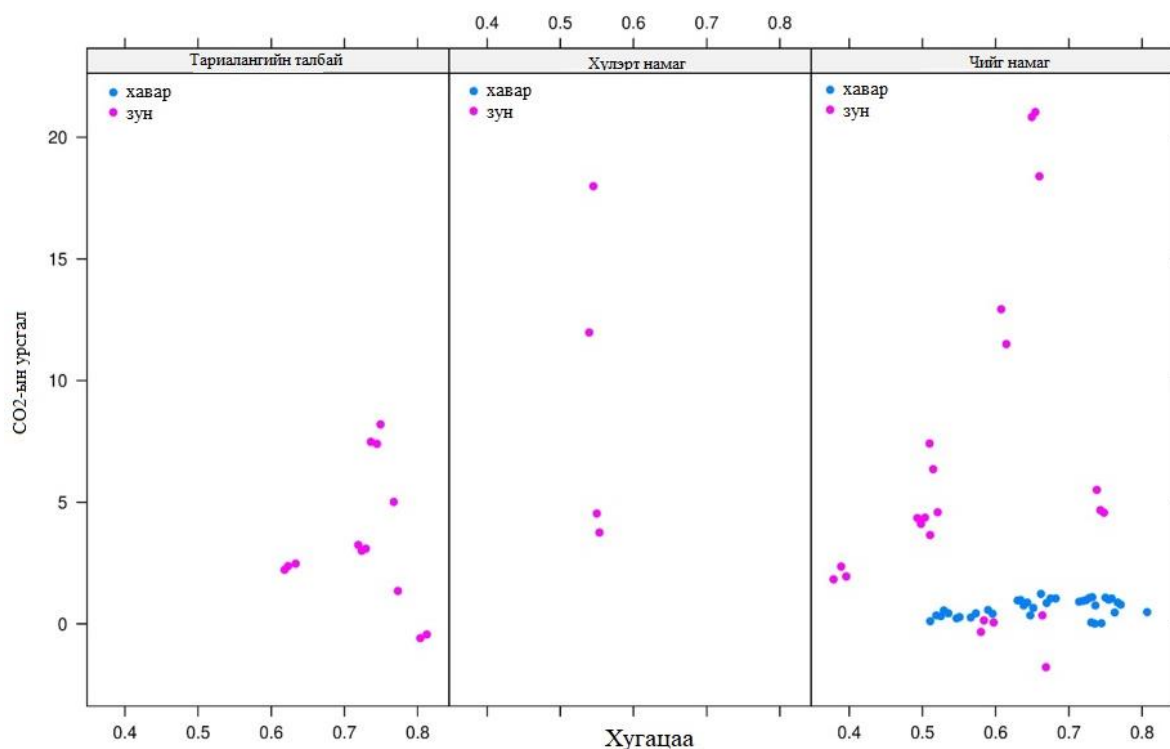
Зураг 1. Судалгааны талбай: (1) Хэнтийн аймгийн Хурхын голын хөндий, (2) Улаанбаатар хот орчим



Зураг 2. EGM-4 багажаар CO₂ хэмжилт хийж байгаа нь

2.2. Хөрсний дээжлэлт

Хүлэмжийн хийн хэмжилт хийсэн цэгүүдэд хөрсний органик агууламжийг (soil organic carbon-SOC) тодорхойлдог өрөм ашиглан хөрсний дээжийг цуглуулсан. Өрөмдлөгийн ийм мэдээ нь ялгарлын коэффициентыг баталгаажуулах, ялгарлын коэффициент болон SOC-ийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой юм. Судалгааны хүрээнд нийт 51 дээжийг цуглуулж, судалгааны цэг тус бүрээс 4 дээж авсан (0-5 см, 5-10 см, 10-15 см, 15-30 см). Хаврын улиралд хөрсний дээж цуглуулахад хөрс бүрэн гэсэж дуусаагүй байсан учир идэвхтэй давхаргын зузаан, цэвдгийн дэд хилээс хамаарч хөлдүү хөрс хүртэл дээжийг авсан. Харин зуны улиралд хөрсний дээжийг дөрвөн түвшнээс бүрэн авч чадсан.



Зураг 3. Газар ашиглалтын төрлүүд дэх CO₂-ын урсгалын улирал болон цагийн ялгаа

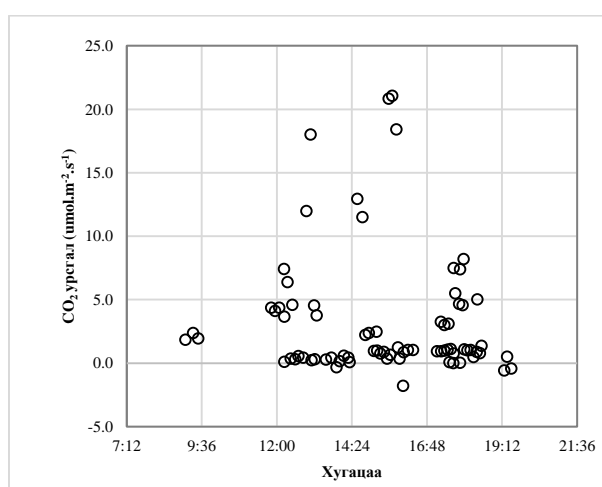
2.3. Хөрсний органик агууламж (SOC)

Хөрсний органик агууламжийг (Soil Organic Carbon) тодорхойлох шууд болон шууд бус аргууд байдаг. Газарзүй Геоэкологийн хүрээлэнгийн Хөрс судлалын салбарт судалгааны хүрээнд цуглуулсан хөрсний дээжүүдэд шинжилгээ хийлгэсэн. SOC-ийн хэмжээг шатаах (loss-on-ignition, LOI) аргаар тодорхойлсон.

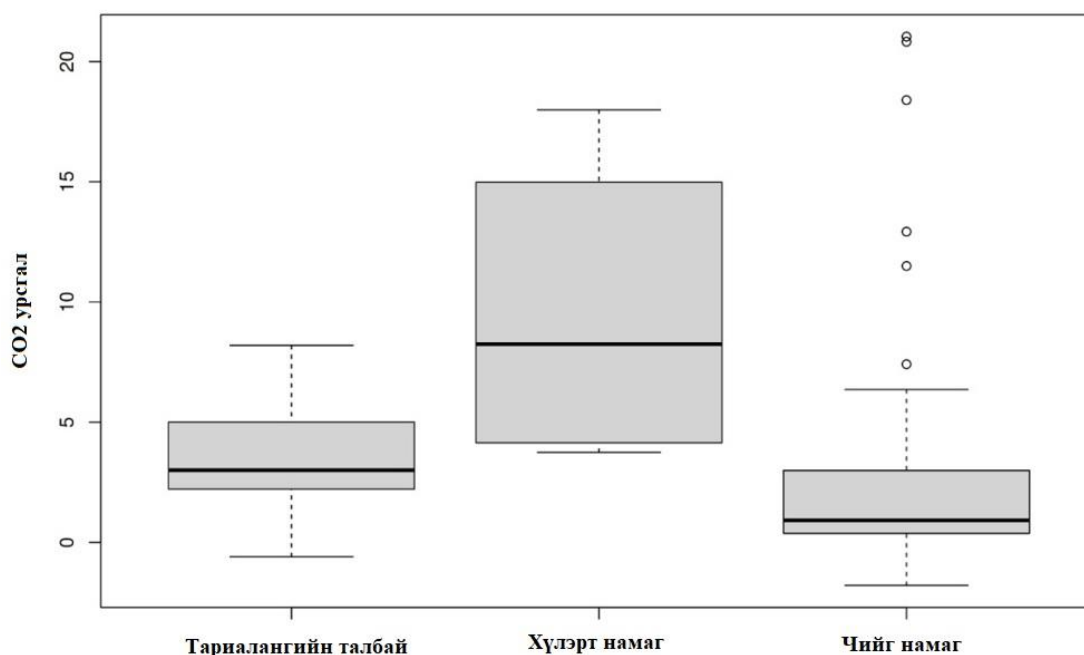
Органик бодисыг тодорхойлох шатаах арга нь хөрс эсвэл хурдас дахь бүх органик бодисыг халааж, устгах явдал юм. Дээжийн мэдэгдэж буй жинг керамик зууханд хийж, дараа нь 350°-440°C хэм хүртэл халаана [12]-[13]. Дээжийг хатаах зууханд хөргөж, хэмжинэ. SOC-ийг тодорхойлохдоо дээжийн эхний ба эцсийн жингийн зөрүүг дээжийн анхны жинд хуваан 100%-д үржүүлж тооцно. SOC-ийг тооцоолохын өмнө чийг болон усны жинг засварласан байх ёстой. Дээжид агуулагдаж байж болзошгүй органик бус карбонатыг устгахгүйн тулд LOI аргын температурыг 440°C-аас доош байлгах ёстой. ASTM D 2974 арга нь хүлэр болон органик шавар, лаг шавар, шавар зэрэг бусад органик хөрсөнд 750°C дээж авах боломжийг олгодог [13] бөгөөд дээжид SOC-ийн үр дүнд нөлөөлөхүйц ямар ч карбонат, эрдэс бодис агуулаагүй гэж үзнэ.

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Энэхүү судалгаагаар газар ашиглалтын төрлүүдийг төлөөлүүлэн Хурхын голын хөндий болон Улаанбаатар хот орчмын хүлэрт намаг, чийг намгархаг газар болон газар тариалангийн судалгааны цэгт CO₂-ын урсгалыг хэмжсэн. Судалгааны хугацаанд CO₂-ын урсгалын утга -1.5 μмоль/м²с⁻¹-аас 22 μмоль/м²с⁻¹-ын хооронд хэлбэлзэж байв (Зураг 4).

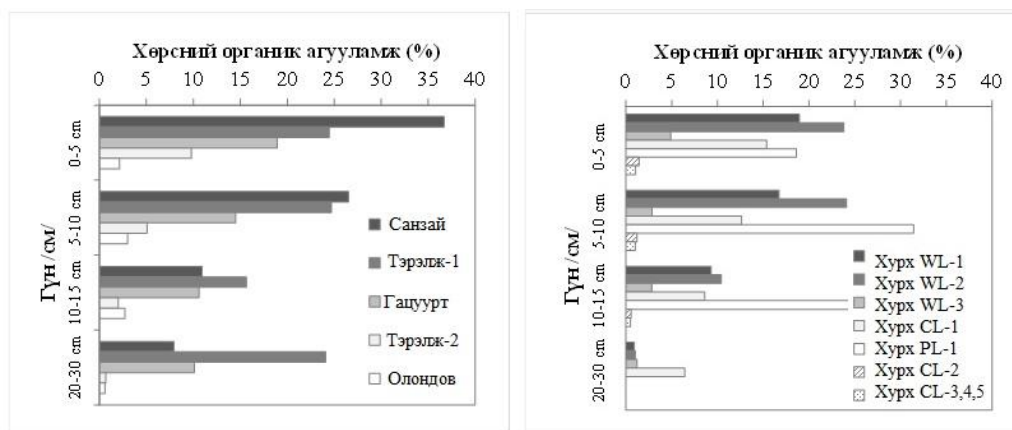


Зураг 4. CO₂-ын хэмжилт цагаар (n=87).



Зураг 5. Тариалангийн талбай, хүлэрт намаг, чийг намагтай газрын CO₂-ын урсгал.

Газар ашиглалтын төрлүүд болох хүлэрт намагтай газарт CO_2 -ын ялгарал $9.56 \text{ } \mu\text{моль/м}^2\text{с}^{-1}$, чийг намагтай газарт $2.71 \text{ } \mu\text{моль/м}^2\text{с}^{-1}$, тариалангийн талбайд $3.44 \text{ } \mu\text{моль/м}^2\text{с}^{-1}$ тус тус байсан. Дээрх графикаас харахад ялгарлын утга хэмжилтийн хугацаа, нарны тусгал, ургамал бүрхэвч, хөрсний температур, чийгийн нөхцлөөс хамааран харилцан адилгүй хэлбэлзэж байсан. Хэмжилтийн хамгийн өндөр утгууд 12:00-16:00 цагийн хооронд хэмжигдсэн ба энэ нь гадаргын дулааны урсгал болон гэрлийн нөлөөтэй холбоотой байсан. Харин 16:00-19:00 цагийн хооронд хийсэн зарим хэмжилт хасах (-) утгатай хэмжигдсэн бөгөөд энэ нь агаар мандал хөрсний хооронд хийн урсгалын процесс буурсантай холбоотой. Хэмжилтийн хугацаанаас хамаарч газар ашиглалтын төрлүүд дээрх ялгарлын утга, тэдгээрийн ялгаатай байдлыг тодорхойлохыг зорив. Зураг 3-т газар ашиглалтын төрлүүд дээрх CO_2 -ын ялгаралыг улирал болон цагийн ялгаагаар харуулсан. Ялгарал нь газар ашиглалтын төрлүүд дээр харилцан адилгүй байсан хэдий ч хаврын улиралд тухайн газруудад CO_2 -ын ялгарал харьцангуй тогтвортой байсан бол зуны улиралд CO_2 -ын ялгарал өндөр байгааг тодорхой харуулж байна. Харин тухайн хэмжилтийн утгуудыг газар ашиглалтын төрлөөр нь харьцуулан харахад хүлэрт намагтай газарт CO_2 -ын ялгарал хамгийн өндөр байсан (Зураг 4) бол газар тариалан, чийг намагтай газруудад харьцангуй бага байна. Хээрийн судалгаагаар авсан хөрсний дээжид хөрсний органик агууламж (SOC, %)-ийг тодорхойлсон бөгөөд чийг намгархаг газар 2.7-22.2%, хүлэрт намагт 26%, тариалангийн талбайд 0.9-1.1% тус тус байсан (Зураг 6).



Зураг 6. Судалгааны цэгүүдийн хөрсний органик агууламж.

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэхүү судалгааны үр дүнгээр тооцсон хүлэмжийн хийн ялгарлын коэффициент нь хүлэрт намагтай газарт нүүрстөрөгчийн давхар исэл, метан хийн хувьд $357.2 \text{ гр } [\text{CO}_2] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1} (\pm 125.7)$, $18.8 \text{ гр } [\text{CH}_4] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1} (\pm 6.6)$, чийг намгархаг газарт $193.4 \text{ гр } [\text{CO}_2] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1} (\pm 53.8)$, $10.2 \text{ гр } [\text{CH}_4] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1} (\pm 2.8)$, харин тариалангийн талбайд $118.0 \text{ гр } [\text{CO}_2] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1} (\pm 29.4)$, $6.2 \text{ гр } [\text{CH}_4] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1} (\pm 1.5)$ тус тус байсан (Хүснэгт 2). Ялгарлын коэффициентыг улирлын болон цагийн давтамжтайгаар нэг жилийн хугацаанд шууд хэмжилтийн аргаар тодорхойлсон учир Монгол орны газар ашиглалтын төрлүүд дээр лавлах утга (default value) болгон ашиглах боломжтой. Харин бусад бүс нутаг, улс орны судалгаа болон Монгол орны ойн газар ашиглалтын салбарын ялгаруулалтын талаарх судалгаа, коэффициент тодорхойлсон хэмжилтийн тоо, тэдгээрийн алдааны нарийвчлал зэрэгтэй харьцуулахад бидний судалгаа богино хугацаанд, цөөн хэмжилтээр илэрхийлэгдсэн бөгөөд жижиг сав газар, нарийн тооцоонд ашиглах үед алдааны нарийвчлалыг сайтар хянан магадлах шаардлагатай ба судалгааны хугацааг уртасгаж, хэмжилтийн давтамжийг нэмэгдүүлэх хэрэгтэй.

Судлаачид дэлхийн бусад улс оронд газар ашиглалтын төрлүүдээс ялгарах хүлэмжийн хийн хэмжилт, судалгааг нилээдгүй хийсэн байдаг. Жишээлбэл хээрийн шууд хэмжилтийн арга зүйгээр ялгарлын коэффициентийг чийг намагтай газарт бодсон судалгааны зарим үр дүнгээс хархад ОХУ-ын Сибирийн нутаг дэвсгэрт $133.0 \text{ гр } [\text{CO}_2] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1}$, $8.0 \text{ гр } [\text{CH}_4] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1}$ [14], АНУ-ын Охая мужид $524.0 \text{ гр } [\text{CO}_2] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1}$, $76.0 \text{ гр } [\text{CH}_4] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1}$ [15], БНХАУ-ын Шинжаны Тэгш өндөрлөгт $46.8 \text{ гр } [\text{CH}_4] \text{ м}^{-2} \text{ жил}^{-1}$ [16] тус тус байна. Монгол орны хэмжээнд газар ашиглалтын төрлүүд дээрх хээрийн судалгааг урт хугацаанд тогтвортой хийхэд тухайн газруудад хөрсний органик агууламжийг нарийн тодорхойлох нь чухал. Монгол орны цэвдэг ихэвчлэн уулсын ар хажууд ойн доорх хөрсөнд, мөн өндөр уулсын оройн хэсэг, уул

хоорондын хөндийн чийг намгархаг газар тохиолдох учир ой, бэлчээр, тариалангийн талбай, чийг намгархаг газрын нүүрстөрөгчийн тооцоон дээр цэвдгийн гэсэлтээс шалтгаалсан ялзралын процессын талаарх тооцоог нэмэлтээр оруулах шаардлагатай. Энэхүү нэгдсэн тооцоог хийх суурь өгөгдөл, параметруудийн ерөнхий мэдээлэл (хөрсний органик бодисын агууламж, зарим газар ашиглалтын төрлийн хил зааг зураг гэх мэт) судлагдсан хэдий ч тооцооны үндсэн өгөгдөл болох хөрсний органик бодисын гүний мэдээлэл, цэвдгийн гэсэлтийн гүн, газар ашиглалтын төрлүүдийн хил зааг, уур амьсгалын дулаарлын эрчим зэрэг нь төдийлөн нарийн судлагдаагүй байна.

5. ДҮГНЭЛТ

Хэнтийн уулархаг бүс нутагт орших Хурхын голын хөндий, Улаанбаатар хот орчмын чийг намаг, хүлэрт намаг болон тариалангийн талбайд судалгааны цэгүүд сонгон CO₂-ын ялгарлыг хэмжиж, хөрсний дээж цуглуулсан. Уг судалгааны цэгүүдэд 2020-2021 оны хооронд хэмжилтийг хийж гүйцэтгэсэн. Бидний судалгааны гол үр дүнгээс харахад зун намрын улиралд хүлэрт намаг, чийг намгархаг газар, тариалангийн талбайн хүлэмжийн ялгарал нь CO₂ болон CH₄-н хувьд харилцан адилгүй байсан бөгөөд хүлэрт намагтай газарт ялгаралт илүү өндөр байсан. Хөрсний органик агууламжийн SOC хэмжээ тухайн газар ашиглалтын төрлүүд дээр харьцуулж үзэхэд хүлэрт намагтай газарт чийг намаг болон газар тариалангийн талбайнуудаас өндөр утгатай байв. Энэхүү хэмжилтүүд нь улирлын болон цагийн давтамжтайгаар нэг жилийн хугацаанд шууд хэмжилтийн аргаар тодорхойлсон учир Монгол орны газар ашиглалтын төрлүүд дээр лавлах утга (default value) болон ашиглах бүрэн боломжтой юм. Цаашид судалгааг тогтвортой, тасралтгүй үргэлжлүүлэн Монгол орныг төлөөлөх олон судалгааны талбайд хийснээр ялгаруулалтын коэффициентын утгыг илүү сайжруулах боломжтой бөгөөд хүлэмжийн хийн тооллогод шууд авч ашиглах чухал ач холбогдолтой.

Хүснэгт 2. Судалгааны талбай дахь ялгарлын коэффициент

Газар ашиглалтын төрөл	Судалгааны талбайн нэр	Ялгарал [CO ₂] (μмоль/ м ² с ⁻¹)	CO ₂ (г м ⁻² жил ⁻¹)	CH ₄ (г м ⁻² жил ⁻¹)
Чийг намаг	Санзай	0.353	6.6	0.3
		2.039	38.1	2.0
	Гачуурт	0.879	16.4	0.9
		4.910	91.7	4.8
	Тэрэлж	0.868	16.2	0.9
		6.118	114.3	6.0
	Олон дов	0.027	0.5	0.0
		-0.047	-0.9	0.0
	Хурх WL-1	4.115	214.6	11.3
Хурх WL-2		12.213	456.3	24.0
Хурх WL-3		11.763	439.5	23.1
Хүлэрт намаг	Хурх PL-1	9.561	357.2	18.8
Тариалангийн талбай	Хурх CL-1	3.109	116.2	6.1
	Хурх CL-2	7.687	287.2	15.1
	Хурх CL-3	3.173	118.5	6.2
	Хурх CL-4	-0.522	-19.5	-1.0
	Хурх CL-5	2.350	87.8	4.6

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг “Монголын тэгш өндөрлөгийн уур амьсгалын өөрчлөлт болон экологийн хүчин зүйлд цэвдгийн үзүүлэх нөлөө” сэдэвт гадаадтай хамтарсан төслийн санхүүжилтээр тус тус хийж гүйцэтгэв. Судалгааны ажлыг санхүүжүүлсэн ШУТСанд талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Paris Agreement, *United Nations Treaty Collection, Chapter XXVII d.* 2016.
- [2] H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe, (eds), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, 2006.
- [3] Д. Дагвадорж, *Уур амьсгалын систем: Тодорхойлох хүчин зүйлс, өөрчлөлт, хэлбэлзэл.* хх. 18.6в Улаанбаатар хот. 2015.
- [4] Монгол орны байгаль орчны төлөв байдлын тайлан (МОБОТБТ). Улаанбаатар. 2017.
- [5] Tatyana et al., *Peatland Management in Mongolia for Water Security and Livelihoods.* Ulaanbaatar, Mongolia. 2016.
- [6] Д. Оюунчимэг, “Монгол орны байгаль, уур амьсгалын үнэн нөөц” сэдэвт онол практикийн бага хурлын эмхэтгэл. Байгаль орчин аялал жуулчлалын яам, Улаанбаатар, 271-279. 2017.
- [7] Saruulzaya Adiya, Sainbayar Dalantai, Tonghua Wu, Xiaodong Wu, Jambaljav Yamkhin, Yuhai Bao, Erdenesukh Sumiya, Gansukh Yadamsuren, Dashtseren Avirmed, Battogtokh Dorjgotov. (2021). *Spatial and temporal change patterns of near-surface CO₂ and CH₄ concentrations in different permafrost regions on the Mongolian Plateau from 2010 to 2017.* Science of the Total Environment. Vol 800, (2021) 149433. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149433>
- [8] Д. Сайнбаяр, С. Эрдэнэсүх, А. Саруулзаяа. *Монгол орны нүүрсхүчлийн хийн хэлбэлзлийн судалгаа.* Газарзүйн Асуудлууд сэтгүүл, 22 (1) 45-56. 2022.
- [9] Anarmaa Sharkhuu, Alain F.Plante, Orsoo Enkhmandal, Brenda B. Casper, Brent R. Heiliker, Bazartseren Boldgiv, Peter S. Petraitis. 2013. Effects of open-top passive warming chambers on soil respiration in the semi-arid steppe to taiga forest transition zone in Northern Mongolia. *Biogeochemistry* (2013) 115:333-348. Available: <https://doi.org/10.1007/s10533-013-9839-z>
- [10] Монгол улс: Үндэсний хоёр жил тутмын анхдугаар тайлан. хх1-264, Улаанбаатар хот, Монгол улс. 2020.
- [11] Environment Gas Analyzer for CO₂-four, Version 1, 2001. USA.
- [12] D. W. Nelson, and L. E. Sommers. 1996. *Total carbon, organic carbon, and organic matter.* In: *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd ed., A.L. Page et al., Ed. Agronomy. 9:961-1010. Am. Soc. Of Agron., Inc. Madison, WI. Available: <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c34>
- [13] American Society for Testing and Materials. ASTM, 2000. Standard test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils. Method D 2974-00. West Conshohocken, PA.
- [14] S. Bridgham, J. Magonigal, J. Keller, N. Bliss, C. Trettin. The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands* 26(4):889-916. 2006. Available: [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[889:TCBONA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[889:TCBONA]2.0.CO;2)
- [15] J. E. P. Heikkinen, V. Elsakov, and P. J. Martikainen, Carbon dioxide and methane dynamics and annual carbon balance in tundra wetland in NE Europe, Russia, *Global Biogeochem. Cycles*, 16 (4), 1115, Available: <https://doi.org/10.1029/2002GB001930>
- [16] W. X. Ding, Z. C. Cai. Methane emission from natural wetlands in China: Summary of years 1995-2004 studies. *Pedosphere* 17(4):475-486. 2007. Available: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(07\)60057-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(07)60057-5)