

Organic carbon resources of gobi brown soils

Uuganbat Ganbold^{1,*}, Ser-Od. Tsedevdorj²

¹*Department of Geography, Mongolian National University of Education, Ulaanbaatar, Mongolia*

*Corresponding author email: Uuganbat@msue.edu.mn

<https://orcid.org/0009-0004-2208-2454>

Received: 02 October 2023 / Accepted: 25 December 2023 / Published online: 28 December 2023

ABSTRACT

Land degradation caused by overgrazing has intensified in recent years, and determining the carbon resources in such areas is one of the important issues to be considered. In this study, we determined organic carbon resources in three types of Gobi brown soil. We carried out the study in the Gobi Desert area, which is used for pasture, and where three types of soils including brown soil type Aeolic Calcisols, Hypercalcic Calcisols, and Leptic Calcisols are distributed. We calculated and determined soil organic carbon reserves by 3 types of soil erosion layers using Truin's method (Walkley Black). A weighted average of total stock was obtained and calculated by each soil type. According to the results, the total carbon reserves were 8.09 t ha⁻¹ for the Leptic Calcisols, 12.7 t ha⁻¹ for Aeolic Calcisols, and 10.8 t ha⁻¹ for Hypercalcic Calcisols. The amount of the total carbon reserves varied by the thickness of the soil layers. The carbon reserves for brown soils with carbonates were similar in the upper, middle, and lower layers. Determining the reserves of each soil layer and determining the total reserves will be the basis for measuring the potential of the soil.

Keywords: *Soil organic carbon, bulk density, stone content, brown soil*

Говийн бор хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц

Ууганбат Ганболд^{1,*}, Сэр-Од Цэдэвдорж²

¹Газарзүйн тэнхим, Монгол Улсын Боловсролын Их сургууль, Улаанбаатар, Монгол

*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: uuganbat@msue.edu.mn

Хүлээн авсан: 2023 оны 10 сарын 02 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2023 оны 12 сарын 25 өдөр /
Нийтлэгдсэн: 2023 оны 12 сарын 28 өдөр

ХУРААНГУЙ

Бэлчээрийн даац хэтрэлтээс үүдэлтэй газрын доройтол сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй явагдаж байгаа ба энэ чиглэлээр ашиглагдаж буй газрын хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөцийг тодорхойлох нь чухал асуудлын нэг юм. Энэхүү судалгаагаар бид говийн бор хөрсний гурван төрөлд органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг тодорхойллоо. Судалгааг Говь (цөлөрхөг) хээрийн хөрсний бүлэг бүхий бор хөрсний хэв шинжийн карбонаттай бор, сайргархаг бор, элсэн хучаастай бор хөрс тархсан, мөн бэлчээрийн зориулалт бүхий талбайд хийж гүйцэтгэсэн. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийг трионы аргаар (Walkley Black) тооцсон. Нийт нөөцийг жигнэсэн дунжийг олох аргаар бодож дундажлан, тэдгээрийг хөрсний хэв шинж тус бүрээр ангилан гаргасан. Судалгааны үр дүнд сайргархаг бор хөрс 8.09 т га⁻¹, элсэн хучаастай бор хөрс 12.7 т га⁻¹, карбонаттай бор хөрс 10.8 т га⁻¹ нөөцтэй байв. Тухайн хөрсний үе давхаргын зузаанаас хамаарч нөөцийн хэмжээ харилцан адилгүй байна. Карбонаттай бор хөрсний хувьд дээд, дунд, доод давхаргуудад нүүрстөрөгчийн нөөц ойролцоо байна. Хөрсний зүсэлт хийн үе давхарга бүрийн нөөцийг гаргах, нийт нөөцийг тодорхойлох нь тухайн хөрсний потенциалыг тогтоох үндсэн нэгж болно.

Түлхүүр үгс: Хөрсний органик нүүртөрөгч, эзэлхүүн жин, чулууны агууламж, сайргархаг бор

1. ОРШИЛ

Дэлхийн хөрсний нийт нүүрстөрөгчийн нөөц 2500 гт ба үүнээс хөрсний органик нүүрстөрөгч нь 1550 гт, органик биш нүүрстөрөгч 950 гт гэж тооцоолсон байна [1]. Хөрс нь дэлхий дээрх хамгийн том нүүрстөрөгч шингээгчдийн нэг бөгөөд дэлхийн нүүрстөрөгчийн эргэлтэд чухал ач холбогдолтой бөгөөд ингэснээр уур амьсгалын өөрчлөлтийг бууруулахад чухал ач холбогдолтой юм [2]. Хөрсний органик бодис нь хөрсөн дэх бүх органик

бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг агуулдаг бөгөөд органик бус болон органик гэж хуваагддаг. Органик хэсэг нь ургамлын үндэс, бичил биетүүд, органик бус нь үндэс, навчны хог хаягдал, усанд уусдаг органик нэгдлүүд, хөрсний ферментүүд болон ялзмаг гэж нэрлэгддэг бодисууд орно [3]. Хөрсний органик бодис дахь нүүрстөрөгчийн агууламж өөр өөр байж болох ч дунджаар хөрсний органик бодисын ойролцоогоор 58 орчим хувийг /1.724/ агуулдаг [4]. Хуурай газрын экосистемд хөрс нь

органик нүүрстөрөгчийн гол нөөцийг төлөөлдөг [5]. Менежменттэй бэлчээрийн хөрс нь дэлхийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн 20 хувийг агуулдаг бөгөөд энэ нь дэлхийн нүүрстөрөгч, усны эргэлтэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Хөрс нь нүүрстөрөгчийн эх үүсвэр, шингээгчийн үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд бэлчээр, газар тариалангийн зориулалтаар ашиглах болон газар ашиглалтын бусад үйл ажиллагаа зэрэг хүний үйл ажиллагаанаас болж хөрсний органик нүүрстөрөгчийн алдагдалд ордог [6]. Урьдчилан сэргийлж чадсанаар хөрс нь нүүрстөрөгч шингээх чадвараас шалтгаалан CO₂ ялгаруулалтыг бууруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг [7]. Уур амьсгалын өөрчлөлтөд дасан зохицох нь цаг уурын үзэгдэл, нөхцөл байдалд илүү тэсвэртэй болоход чиглэсэн хүчин чармайлтыг хэлнэ [8]. Монгол оронд дунджаар 1 га талбайн 0-30 см зузаан өнгөн хөрс 43.0 т органик нүүрстөрөгчтэй байна. Манай орны 0-100 см хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нийт хэмжээ 9937.3 Mt, нэгж талбай буюу 1 га талбай (0-100 см) дунджаар 65.2 т органик нүүрстөрөгчтэй [9]. Монгол орны Говийн хөрс нь элс, хайрган хучаастай, давсны хүчилд (НСI 10%) гадаргаас болон гүехнээс буцалдаг, нягт үе давхаргатай, органикийн агууламж их биш, хайрга чулуу ихтэй, гөлтгөнөгүй байдаг зэрэг онцлогтойг тэмдэглэжээ [10]. Говь Цөлөрхөг хээрийн бор хөрс нь байгаль цаг уурын нөхцөлөөс хамаарч хөрсний өнгөн хэсэг, дээд үе давхарга хүчтэй халж, ургамлын үлдэгдлийн эрдэсжих үйл явц их байдаг тул ялзмаг хуримтлалын давхарга тод илрэхгүй байх нь их. Ийм хэв шинжийн хөрсөн дээр 0-2 см зузаантай элсэн хучаас болон сайр чулуурхаг байхаас гадна говь, цөлөрхөг хээрийн бүсэд хөрсний өнгөн үед ялзмагийн агууламж хамгийн өндөр, доошлох тусам багасаж урвалын орчин нэмэгддэг зүй тогтолтой. Судалгааны бүс нутаг нь физик

газарзүйн мужлалтаар говийн их мужийн ухаа толгодлог талын тойрогт багтах ба цөлөрхөг хээрийн бүсийн д.т.д 1449-1564 м хооронд хэлбэлзэж, баруунаас зүүн тийш намссан өндрийн зөрүү харьцангуй багатай газар юм. Говийн бүсэд уур амьсгал хуурай, гандуу, хур тунадасны жилийн дундаж хэмжээ 100-200 мм-ээс хэтрэхгүй. Говийн ба цөлийн бүсэд дулааны нөөц хүрэлцээтэй, хоногийн дундаж температур 10°C-ээс дээших температуртай хоногийн тоо 150-иас илүү боловч тунадас бага [11]. Жилийн нийлбэр тунадас 100-130 мм-ээс хэтрэх нь ховор тул ган болох давтагдал их. Жилд шороон шуургатай өдрийн тоо 40-өөс олон. Хөрсний чийгийн агууламж нь хур тунадасны хэмжээнээс хамааран харилцан адилгүй байна. Хур тунадас их хэмжээтэй орсон саруудад хөрсний чийг гүн нэвчих ба чийгийн агууламж өндөр байна [12]. Говийн бор хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг хамрах хүрээ бага тойрогт нарийвчлан тооцсон үр дүнгийн судалгаанууд бага байдаг байна. Тиймээс газарзүйн нөхцөл ойролцоо, гадаргын өндөржилт ижил газрын хөрсний нөөцийг тодорхойлох нь тухайн сум багийн түвшинд, суурь судалгааны түвшинд эрэлттэй гэж үзсэн. Энэхүү судалгаагаар говийн бор хөрсний 3 төрлийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг үе давхарга бүрийн нийлбэрээр тодорхойлсон.

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Хээрийн судалгааны арга зүй: Өмнөговь аймгийн 5 суманд нийт хөрсний 20 ш зүсэлт хийсэн ба үүнээс Ханхонгор сумын нутагт хоорондоо ойролцоо зайд нэг хэв шинжийн онцлогтой газруудад хийгдсэн 3 төрлийн хөрсний зүсэлтийг сонгон авсан болно.

Судалгааны талбайд хээрийн судалгааны дээжлэлтийг авахдаа хөрс шинжилгээний дээж авахад тавигдах ерөнхий шаардлагууд MNS 3290-90 стандартын дагуу хийж гүйцэтгэв.

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийг тодорхойлоход шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг итгэмжлэгдсэн лабораторид шижлүүлсэн.

Лабораторын задлан шинжилгээний аргагүй: ШУА-н Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн хөрс судлалын лабораторид агрохимийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг шинжлүүлсэн.

Хөрсний физик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг МУБИС-МБУС-Газарзүйн тэнхимийн хөрсний лабораторид шинжилсэн. /Эзэлхүүн жин, хувийн жин, чулууны агууламж, чийг/

Эзэлхүүн жин: Хээрийн нөхцөлд зориулалтын төмөр цилиндрээр хөрсний бүтцийг алдагдуулахгүйгээр дээж авна. Лабораторид 105^oC-д 6-8 цаг хатааж тооцно. Мөн чийгийн хэмжээг тооцно.

$$DV = \frac{P}{V} [1] V = \pi r^2 * h \quad [2]$$

DV - эзлэхүүн жин гр/см³,

P-хөрсний хуурай жин, гр

V-цилиндрийн эзлэхүүн, см³, $\pi=3,14$ тогтмол тоо

r- цилиндрийн радиус, см

h- цилиндрийн өндөр, см

Хээрийн чийгийг жингийн аргаар тооцох:

$$W = \frac{a \cdot 100}{b} \quad [3]$$

W-Талбайн хөрсний чийг %

a- Хөрсний чийгийн ялгаа, гр

b- Чин хуурай хөрсний жин, гр

Хөрсний чулууг (>2 мм) шигшүүрээр шигшин жингийн аргаар лабораторид тооцсон.

$$Sc = \frac{Sf}{Sw} * 100 \quad [4]$$

Sc-чулууны агууламж, %

Sf -2 mm-чулуу, гр

Sw-хуурай хөрсний жин, гр

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг тооцоолох

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн хэмжээг хөрсний профиль тус бүр дээр тодорхойлсон. Ингэхдээ жигнэсэн дунджийг олох аргаар бодож дундажлан, тэдгээрийг хөрсний хэв шинж, төрөл тус бүрээр ангилан, дараах томъёог ашиглан тооцооллоо [13].

$$SOCstock = \sum_{i=1}^k OCi * BD_i * D_i * (1 - S_i) \quad [5]$$

SOCstock-Хөрсний нийт органик нүүрстөрөгчийн нөөц (т га⁻¹),

OCi-хөрсний органик нүүрстөрөгч (%)

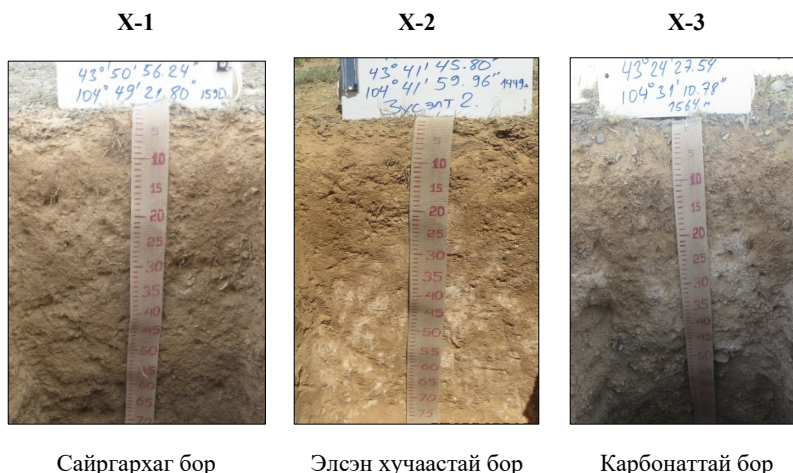
BDi - эзлэхүүн жин (гр/см³)

Di- тухайн үе давхаргын зузаан (см),

Si-хөрсний > 2 мм дээш хэмжээтэй чулууны агууламж.

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Өмнөговь аймгийн Ханхонгор сумын нутаг Хондотын талд хойноос урагш чиглэлтэй газарзүйн нөхцөлөөрөө ойролцоо газруудад хөрсний 3 зүсэлт хийн хөрсний органик нүүртөрөгчийн нөөцийг тодорхойлохыг зорьсон. Монгол орны хөрсний шинэчилсэн ангилалаар Говийн хөрсний ангилалын Говь (Цөлөрхөг хээр) бүлгийн Бор хөрсний хэв шинжийн ангилалд хамаарна [14]. Сайргархаг, элсэн хучаастай, Карбонаттай бор төрөлд хамаарч байна.



Зураг 1. Хөрсний профиль

-X1 Сайргархаг бор хөрс нь ялзмагийн агууламжаар (1.327-0.649%), ургамлын үндэс маш сийрэг, урвалын орчин сул шүлтлэг, карбонат дээд үед сул (1.45-1,82%), бөөмөрхөгдүү бүтэцтэй, эзэлхүүн жин 1.4-1,5 гр/см³, хөрсний чийг 4-5,1%, элсэнцэр механик бүрэлдэхүүнтэй.

-X2 Элсэн хучаастай бор хөрс нь ялзмагийн агууламжаар (1.116-1.121%), ургамлын үндэс сийрэг, урвалын орчин сул шүлтлэг, карбонат (2-15.2%) хүчтэй буцална, бөөмөрхөгдүү бүтэцтэй, эзэлхүүн жин 1.2-1.4 гр/см³, хөрсний чийг 3,3-4%, элсэнцэр механик бүрэлдэхүүнтэй.

-X3 Карбонаттай бор хөрс нь ялзмагийн агууламжаар (1-0.95%), ургамлын эндэс маш сийрэг, урвалын орчин сул шүлтлэг, дээд үедээ карбанотгүй доод үед (7.2-4.3%) хүчтэй буцална, тодорхой бүтэцгүй, эзэлхүүн жин 1,4-1,3 гр/см³, хөрсний чийг 3.5-8.4%, элсэнцэр механик бүрэлдэхүүнтэй.

Хүснэгт 1. Органик нүүрстөрөгч

Зүсэлт	Органик С	Avg	St Dev	St Error
X1	0.77	0.72	0.20	0.11
	0.59	0.81	0.13	0.07
	0.38	0.91	0.14	0.08
X2	0.60	1.04	0.35	0.20
	0.64	1.12	0.31	0.18
X3	1.00	1.23	0.26	0.15
	0.93	1.28	0.25	0.14
	0.87	1.32	0.21	0.12

Хүснэгт 2. Эзэлхүүн жин гр/см³

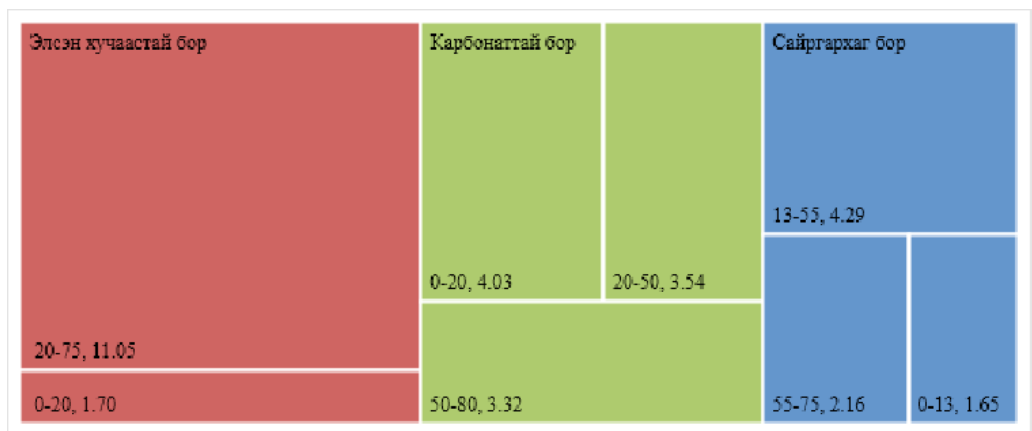
Зүсэлт	Эзэлхүүн жин	Avg	St Dev	St Error
X1	1.5	1.4	0.1	0.1
	1.4	2.6	3.5	2.0
	1.4	5.0	7.2	4.1
X2	1.3	7.3	8.8	5.1
	1.5	8.6	8.5	4.9
X3	1.5	11.1	9.0	5.2
	1.2	12.6	8.1	4.7
	1.2	13.8	6.9	4.0

Хүснэгт 3. Чулууны агууламж, %

Зүсэлт	Чулуу	Avg	St Dev	St Error
X1	11.2	14.9	5.0	2.9
	20.5	15.1	4.8	2.8
	20.4	15.7	5.7	3.3
X2	11.3	15.6	5.7	3.3
	21.4	16.7	5.6	3.2
X3	13.8	20.9	14.7	8.5
	10.3	21.7	14.5	8.3
	10.3	24.2	13.9	8.0

Хүснэгт 4. Органик нүүрстөрөгчийн нөөц т га⁻¹

Зүсэлт	Органик С, %	Эзэлхүүн жин гр/см ³	Чулууны агууламж, %	Үе давхаргын зузаан, см	Үе давхаргын нөөц т га ⁻¹	Нийт нөөц т га ⁻¹
X1	0.77	1.47	11.19	13.0	1.65	8.098
	0.59	1.42	20.46	25.0	4.29	
	0.38	1.41	20.36	20.0	2.16	
X2	0.60	1.25	11.25	20.0	1.70	12.750
	0.64	1.47	21.42	55.0	11.05	
X3	1.00	1.46	13.84	20.0	4.03	10.888
	0.93	1.23	10.33	30.0	3.54	
	0.87	1.23	10.33	30.0	3.32	



Зураг 2. Органик нүүрстөрөгчийн нөөц т га⁻¹

Бор хөрсний хэв шинжийн сайргархаг бор, элсэн хучаастай бор, карбонаттай бор гэсэн төрлүүдийн үе давхарга бүрийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийг тооцож гаргалаа. Х1-Сайргархаг бор хөрсний 0-13 см-т 1.6 т га^{-1} , 13-55 см-т 2.16 т га^{-1} , 55-75 см-т 4.29 т га^{-1} ба нийт 8.09 т га^{-1} байна. Х2-Элсэн хучаастай бор хөрсний 0-20 см-т 1.7 т га^{-1} , 20-75 см-т 11 т га^{-1} , ба нийт 12.7 т га^{-1} байна. Х3-Карбонаттай бор хөрсний 0-20 см-т 14.03 т га^{-1} , 20-50 см-т 3.54 т га^{-1} , 50-80 см-т 3.32 т га^{-1} ба нийт 10.8 т га^{-1} байна. Х2-Элсэн хучаастай бор хөрсний доод давхаргад хамгийн их байгаа нь үе давхаргын зузаан их байгаа тул өндөр гарсан байна. Карбонаттай бор хөрсний хувьд дээд болон доод үе давхаргуудад жигд нөөцтэй байна. Энэхүү судалгаагаар ойролцоо төрлийн 3н хөрсний үе давхаргын нөөцийг тодорхойлох зорилготой ба цаашид дээжний тоог ихэсгэж мониторинг хийхийг зорьсон.

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэхүү судалгаанд говийн бор хөрсний 3 төрлийг авч үзэн нөөцийг тодорхойлсон. Заримдаг цөлийн бүсэд ялзмаг 0.4-1% болохыг тогтоосон байна (Доржготов, 2003). Говийн хөрсний онцлог нь үе давхаргууддаа чулууны агууламж ихтэй, өнгөн үе нь элсэн хучаастай байх тогтмол байдаг. ШУА, ГГХ-ийн 2021 онд хийсэн “Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн өөрчлөлт, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлс” суурь судалгааны тайланд говийн бүсэд тархсан Бор болон Цайвар бор хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөц 0-30 см-т $8.8-16.7 \text{ т га}^{-1}$, 0-100 см-т $17.6-33.1 \text{ т га}^{-1}$ байна гэж тодорхойлсон байна. Харин энэхүү судалгааны хувьд сайргархаг бор, элсэн хучаастай, карбонаттай бор гэсэн хөрсний зүсэлтийн үе давхарга бүрийн нөөцийг тооцож нийт нөөцийг гаргахыг зорилго болгосон. Цаашид говийн хөрсний органик нөөцийг тодорхойлохдоо хээрийн судалгаагаар тухайн бүсэд хийгдсэн 20-

40 ш хөрсний зүсэлтүүдийн үе давхарга бүрийн нөөцийг тооцон нийт нөөцийн дунджийг гарган харьцуулсан судалгааны ажил бичин нийтлүүлэхийг зорьж байгаа болно. Говийн хөрсний онцлогоос хамаарч хөрсний зүсэлт бүрээр нөөцийг тооцоход харилцан адилгүй гарч байгаа нь бодит талбайн потециалыг тооцоход чухал үзүүлэлт болно гэж үзсэн.

5. ДҮГНЭЛТ

Сайргархаг бор нийт 8.09 т га^{-1} , элсэн хучаастай бор нийт 12.7 т га^{-1} , карбонаттай бор нийт 10.8 т га^{-1} нөөцтэй байна. Элсэн хучаастай бор хөрсний доод давхаргад хамгийн их байгаа нь үе давхаргын зузаан их байгаа тул өндөр гарсан байна. Карбонаттай бор хөрсний хувьд дээд болон доод үе давхаргуудад жигд нөөцтэй байна. Энэ нь зөвхөн 3 төрлийн хөрсний зүсэлтийн үе давхаргуудаар тооцож тухайн хөрсний нөөцийг гаргасан үр дүн юм. Газарзүйн нөхцөлөөс хамаарч ойролцоо талбайн нэг бүлэгт багтах 3 төрлийн хөрсний нөөц ялгаатай гарч буйг зүсэлт бүр дээр тодорхойлсон болно. Цаашид зүсэлтийн тоог нэмэгдүүлж дундаж утгыг ихэсгэж нарийвчлан судлах шаардлагатай.

ТАЛАРХАЛ

МУБИС-МБУС-Газарзүйн тэнхимийн хөрс судлалын лабораторт ажиллаж хөрсний физик шинж чанарын шинжилгээг хийх боломж олгосон тус тэнхимийн хамт олонд талархал илэрхийлэе.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1]. R. Lal, “Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security,” *Science*, 304 (5677), 1623-1627 <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- [2]. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, “Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production

- systems Guidelines for assessment,” 2019. [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/CA2933EN/ca2933en.pdf>
- [3]. F.J. Stevenson, Humus chemistry: genesis, composition, reactions. Wiley, New York, 1994.
- [4]. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, “Global assessment of soil carbon in grasslands From current stock estimates to sequestration potential,” 2023. [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/cc3981en/cc3981en.pdf>
- [5]. J. Scharlemann, et.al. “Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool,” Carbon Management, 5:1, 81-91, <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>
- [6]. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, “Global assessment of soil carbon in grasslands From current stock estimates to sequestration potential,” 2023. [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/cc3981en/cc3981en.pdf>
- [7]. R. Lal, “Carbon sequestration. Philosophical Transactions of the Royal Society of London,” Series B, Biological Sciences., 363, 815-830. 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2185>
- [8]. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Soil organic carbon the hidden potential, 2017. [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/i6937e/i6937e.pdf>
- [9]. О. Батхишиг, ба бусад Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн өөрчлөлт, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлс суурь судалгааны төслийн тайлан: ШУА-Газарзүй-геоэкологийн хүрээлэн, 2021.
- [10]. Н. Д. Беспалов, Почвы Монгольской Народной Республики. Москва: Изд-во АН СССР, стр, 1951.
- [11]. Е. Батчулуун, ба бусад. Монгол орны физик газарзүй. Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг ххк, 2020.
- [12]. Д. Доржготов, Монгол орны хөрс. Газарзүйн хүрээлэн ШУА. Улаанбаатар: Адмон ххк, 2003.
- [13]. N. H. Batjes, “Total carbon and nitrogen in the soils of the world,” European Journal of Soil Science., 47, 151-163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>
- [14]. [14] О. Батхишиг, “Монгол орны хөрсний ангилал-2016,” Монголын хөрс судлал, vol.1, х.20-27, 2016.