

Organic carbon stock of loess soil in the Lower Orkhon River

Bolormaa Tseden-Ish^{1,*}, Zolzaya Maamkhuu¹, Bymbaa Ganbat¹,
Purevdorj Tserengunsen¹

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

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

<https://orcid.org/0000-0001-5885-1180>

Received: 29 September 2023 / Accepted: 14 December 2023 / published online: 28 December 2023

ABSTRACT

We aimed to study the soil organic carbon (SOC) stock of the loess soil and conducted samplings on a non-sandy loess terrace at the Lower Orkhon River in Shaamar Soum of Selenge Province. We made a soil profile with a 200 cm depth and collected 11 soil samples from each layer. The SOC was determined according to the Turin method in the Soil Research Laboratory at the Institute of Geography and Geoecology of the Mongolian Academy of Sciences. Results indicated that the mean SOC of the 200 cm soil profile ranges between 1.78-7.52 g/kg and the organic carbon content of the paleosol was higher than that of loess layers. The SOC was 0.7 kg/m² at 0-26 cm, 1.1 kg/m² at 26-42 cm, 1.8 kg/m² at 42-60 cm, 1.2 kg/m² at 60-80 cm, 0.7 kg/m² at 80-92 cm, 0.6 kg/m² at 92-113 cm, 0.8 kg/m² at 113-130 cm, 0.7 kg/m² at 130-140 cm, 0.7 kg/m² at 140-150 cm, 0.7 kg/m² at 140-150 cm, 1.1 kg/m² at 150-170 cm, and 3.3 kg/m² at 170-200 cm depth. The SOC in the topsoil layer was 9.9 t/ha at 0-30 cm, 36.6 t/ha at 0-60 cm, 57.7 t/ha at 0-100 cm, and 128.4 t/ha at 0-200 cm layer. The loess soil distributed in the northern part of Mongolia had a dark color and paleosol layer with high organic contents. Therefore, there was no tendency for SOC reduction when the depth increased. The amount of the SOC at a depth of less than 1 m was higher than the loess soil distributed in the Plateau region of China but the SOC's were similar at a depth of up to 1 m.

Keywords: Loess soil, organic carbon, SOC, Lower Orkhon River, Shaamar.

Орхон голын адаг орчмын хэмэрлэг хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц

Болормаа Цэдэн-Иш^{1,*}, Золзаяа Маамхүү¹, Бямбаа Ганбат¹,
Пүрэвдорж Цэрэнгүнсэн¹

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

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

<https://orcid.org/0000-0001-5885-1180>

Хүлээн авсан: 2023 оны 09 сарын 29 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2023 оны 12 сарын 14 өдөр /
Нийтлэгдсэн: 2023 оны 12 сарын 28 өдөр

ХУРААНГУЙ

Энэхүү судалгаа нь хэмэрлэг хөрсний органик нүүрстөрөгч (SOC)-ийн нөөцийг судлахад чиглэсэн бөгөөд хөрсний хээрийн судалгааг Сэлэнгэ аймгийн Шаамар сумын нутаг Орхон голын зүүн дэнжийн чулуугүй-элсэрхэг хэмэрлэг дээр гүйцэтгэсэн болно. Бид 200 см-ийн гүнтэй хөрсний зүсэлт хийж, хөрсний давхарга бүрээс нийт 11 ширхэг хөрсний дээж авч лабораторийн шилжилгээнд хамруулсан. SOC-ийг Тюрини аргын дагуу ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Хөрс судлалын лабораторид толорхойлсон. Судалгааны үр дүнгээр 200 см-ийн хөрсний SOC-ийн агууламж нь 1.78-7.52 г/кг-ийн хооронд хэлбэлзэх ба органик нүүрстөрөгчийн агууламжаар дарагдмал үе давхарга нь хэмэрлэг үе давхаргынхаас өндөр байна. SOC-ийн нөөц хөрсний 0-26 см-ийн давхаргад 0.7 кг/м² байсан бол 26-42 см-т 1.1 кг/м², 42-60 см-т 1.8 кг/м², 60-80 см-т 1.2 кг/м², 80-92 см-т 0.7 кг/м², 92-113 см-т 0.6 кг/м², 113-130 см-т 0.8 кг/м², 130-140 см-т 0.7 кг/м², 140-150 см-т 0.7 кг/м², 150-170 см-т 1.1 кг/м², ба 170-200 см-т 3.3 кг/м². Хэмэрлэх хөрсний 0-30 см өнгөн давхарга дахь SOC нөөц 9.9 тн/га, 0-60 см-т 36.6 тн/га, 0-100 см-т 57.7 тн/га бол 0-200 см-т 128.4 тн/га-гийн SOC нөөцтэй. Монгол орны хойд хэсгээр тархсан хэмэрлэг нь бараан өнгийн органикийн агууламжаар өндөр дарагдмал үеүдтэй учраас хөрсний гүн нэмэгдэхэд органикийн нөөц буурах зүй тогтол илрэхгүй, 1 метрээс дооших гүнд байгаа органик нүүрстөрөгчийн нөөцөөр Хятадын тэгш өндөрлөгт тархсан хэмэрлэг хөрснийхөөс өндөр. Харин 1 метр хүртэл гүн дэх нөөцөөр ойролцоо байна.

Түлхүүр үгс: Хэмэрлэг хөрс, Хөрсний органик, Органик нүүрстөрөгчийн нөөц, Орхон гол, Шаамар.

1. ОРШИЛ

Хэмэрлэг бол дэлхийн хуурай газрын багагүй хэсгийг бүрхсэн салхин гарлын тоосны хуримтлал бөгөөд энэ нь ихэвчлэн цайвар бор өнгөтэй, түүний бүрэлдэхүүнд кварц, хээрийн жонш, гялтгануур, карбонат бүхий шаварлаг эрдэсээс бүрддэг [1; 2].

Хэмэрлэг нь Хойд Америкийн Их тал, Өмнөд болон Төв Европ, Украин, Төв Ази, Хятад, Аргентинд өргөн тархсан [3].

Монгол оронд хэмэрлэг болон хэмэрлэг маягийн хурдас элбэг ба эдгээрийн давхаргууд нь эртний хөрс болон хэмэрлэг хурдсыг хамтад нь агуулж байдаг [4].

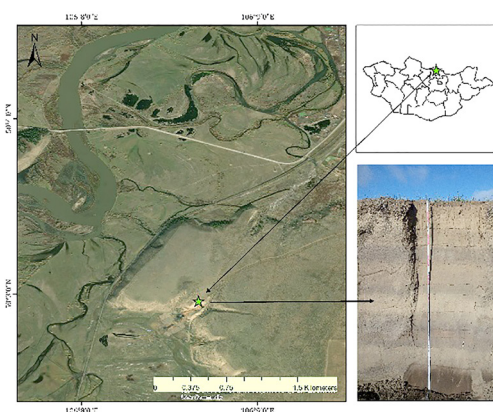
Манай улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 6.95% буюу 109 мянган километр квадрат талбайг хэмэрлэг болон хэмэрлэг маягийн хөрс эзэлдэг [5]. Монголд хэмэрлэг ба хэмэрлэгдүү хурдас Орхон-Сэлэнгийн ай сав, ялангуяа Орхон голын хөндий, түүнийг хүрээлсэн дэвсгэ дэнж, нам болон бэсрэг уулс, дов толгод ухаа гүвээг бүрхэн хучсан байх [6] бөгөөд Орхон-Туул голын сав газраар тархсан тоосорхог хэмэрлэг хөрсний зузаан 1-2 м, зарим газраар 10-20 м [7], Орхон, Сэлэнгийн сав газрын адаг хэсгээр 1-2 м зузаан элсэрхэг хэмэрлэг зонхилж зарим газраар хэмэрлэгийн зузаан 20-30 м хүрнэ [5].

Хэмэрлэг нь дэлхийн хамгийн үржил шимтэй хөрсний тоонд ордог ба тоосорхог, шаварлаг шинж нь ургамлыг хүртээмжтэй усаар хангах, хөрсөнд агаар дамжуулалт сайн, ургамлын үндэс хөрсний гүн рүү чөлөөтэй нэвтэрдэг, тариалалт хийхэд хялбар байхаас гадна тоос, шаврын фракц дахь гялтгануурт эрдэс бодисууд нь хөдөө аж ахуйн таримлуудын ургацыг калийн нөөцөөр хангадаг [8].

Орхон-Сэлэнгэ мөрний сав газрын хөрс нь Монгол орны газар тариалангийн гол нөөц, тэдгээр голуудын ай савын голуудын хөндий хотос, хажуу, голын дэнжүүдэд хэмэрлэг өргөн тархсан болохыг өмнөх үеийн судлаачид тэмдэглэсэн [6; 9-10] бол гарал үүсэл, нас тогтоох [11-13; 4; 7], хэмэрлэг хөрсний шинж чанарыг [14; 15] судалсан ажлуудын үр дүн, шинжлэх ухааны тоо баримт нотолж байна. Дээрх судалгааны ажлуудад хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламжийг тогтоосон ч органик нүүрстөрөгчийн хэмжээг тооцож гаргасан үр дүн бага байна. Иймд бид хэмэрлэгийн харьцангуй зузаан илэрцтэй Сэлэнгэ аймгийн Шаамар сумын нутаг Орхон голын зүүн дэнжийн чулуугүй элсэрхэг хэмэрлэг дээр тогтворжсон Хархүрэн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг тогтоохыг зорилоо.

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Судалгаа ажлыг Сэлэнгэ аймгийн Шаамар сум Орхон голын зүүн дэнжид явуулсан бөгөөд $N50^{\circ}02'57.61''$; $E106^{\circ}08'39.89''$, гадаргын өндөршил далайн төвшинээс дээш 644 метр оршино. Ургамал бүрхэц 20-30%-тай хайлаас, харгана, хиаг, агь, гичгэнэ бүхий үетэнт хээр байна. Гадарга бага зэрэг хотгор гүдгэртэй, гадаргын хэвгий 1-3 градус байна. Хөрсний эвдрэл ихтэй, гадарга хөдөлгөөнт сул элсээр хучигдсан. Орхон голын адаг орчмын нутаг нь геоморфологийн мужлалаар Орхон-Сэлэнгийн бэсрэг уулсын мужийн Сэлэнгийн дэд муж, тэгширмэл газар, уулс хоорондын ба уулан дундах хотгор, голын хөндий дэх хурмал хурдаст хотос гадарга бүхий голын хурдаст тал газарт хамрагдана [16]. Орхон голын адаг орчмын нутаг нь уур амьсгалын мужлалтаар чийглэгдүү хүйтэвтэр зунтай, хахир өвөлтэй мужид хамаарна [17]. Хөрс газарзүйн мужлалтаар Хангайн их мужийн Хархүрэн, Хүрэн хөрсний дэд бүсийн Орхон-Шаамарын тойрогт багтана [18].



Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил

Хээрийн судалгааг 2020 оны 9 сард гүйцэтгэж, 2 метр гаруй гүн хөрсний зүсэлт хийж, 11 үе давхарга ялгаж, тэдгээрийн шинж чанарыг тодорхойлон, дээж

авахад олон улсын хөрсний стандартыг дагаж мөрдлөө. Хөрс, хурдасны өнгийг “Munsell Soil Color Charts” ашиглан тодорхойлсон. Дээжийг 0-26, 26-42, 42-60, 60-80, 80-92, 92-113, 113-130, 130-140, 140-150, 150-170 ба 170-200 см-ийн гүнээс авч ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Хөрсний лабораторид ISO 11464:2006 стандартын дагуу агаарын хуурай нөхцөлд хатааж, 2 мм-ээр шигшин, лабораторийн задлан шинжилгээг хийлээ. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн (SOC) агууламжийг И.В.Тюрины аргаар тодорхойлсон ба SOC-ийг 1.724 гэсэн тогтмолоор үржиж хөрсний органик бодисын (SOM) агууламжийг тодорхойллоо [20]. Карбонатыг кальциметрийн багажаар эзлэхүүний аргаар, урвалын орчинг рН метрээр (H₂O:1:2.5), цахилгаан дамжуулах чанарыг кондуктометрийн багажаар, эзлэхүүн жинг жингийн аргаар (105 °C, 8 цаг), ширхгийн бүрэлдэхүүнийг гидрометрийн аргаар тодорхойлж, тэнцүү талт гурвалжины аргаар нэршил өгсөн [21]. Аргуудын талаар илүү дэлгэрэнгүй мэдээллийг MNS 3310:1991; MNS ISO 10390:2001; MNS ASTM 5182:2003 стандартаас үзэж болно. SOC-ийн нөөцийг тооцохдоо Batjes (1996) томъёог ашиглав.

$$SOC_{stock} = \sum_{i=1}^k RiPiDi (1 - Si) \quad (1)$$

SOC_{stock}-хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц, кг/м

Ri- хөрсний эзлэхүүн жин, г/м

Pi-хөрсний органик нүүрстөрөгч, г/кг

Di- хөрсний үе давхаргын зузаан, м

Si- чулууны эзлэхүүн, %

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

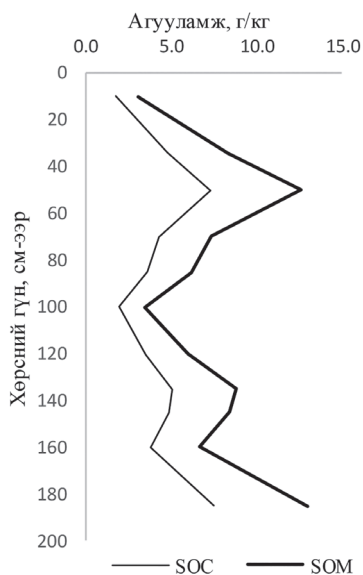
Зүсэлтийн онцлог нь чулуугүй, сийрэг, бутрамтгай хэврэг бүтэцтэй, цайвар бор өнгийн тоосорхог, шаргал өнгөтэй нарийн элсэн үеүүд болон 42-60 см, 80-92 см, 113-130 см, 140-150 см, 170-200 см-ийн гүнээс бараан (7.5YR 6/3; 7.5YR 5/4; 10YR 4/3;

7.5YR 5/4; 7.5YR 3/3) эртний дарагдмал хөрс тус тус илэрсэн. Давсны хүчилд хөрсний 0-26 см, 113-140 см, 170-200 см-т сулавтар, 200 см-ээс доош хүчтэй буцлах бол бусад гүнд карбонатын хуримтлалгүй. Хөрсний органик бодис (SOM)-ийн агууламж 0.31-1.30%-ийн хооронд хэлбэлзэж дундаж нь 0.76%. Дарагдмал үе давхаргын SOM-ийн агууламж тоосорхог болон элсэн үе давхаргаас харьцангуй өндөр байна (Хүснэгт 1). Хөрсний урвалын орчин харьцангуй хэлбэлзэл багатай, ерөнхийдөө сул шүлтлэг бол 140-150 см, 170-200 см-т шүлтлэг шинжтэй байв. Цахилгаан дамжуулах чанар (EC) 0.086-0.119 dS/m хооронд хэлбэлзэх ба давсжилтгүй гэсэн ангилалд багтана. Ширхгийн бүрэлдэхүүнд нарийн болон дунд ширхэгтэй элсэн фракц зонхилж (47.6%), тоосон фракц 39.0%, шавар фракц 13.4% байна. Хэмэрлэгийн ширхгийн бүрэлдэхүүнд элсний агууламж 20%-иас их байвал энэ нь элсэрхэг хэмэрлэг юм [1]. Хөрсний өнгөн хэсэг (0-26 см) илүү их элсний агууламжтай (57.7%), 170-200 см-ийн гүн дэх дарагдмал үе хамгийн бага элстэй (35.2%) бол тоосны агууламжаар хамгийн өндөр (46.7%) байна. Чулуугүй, органикийн агууламж, ширхгийн бүрэлдэхүүний хувьд харьцангуй ялгаа багатай учир эзлэхүүн жин (BD)-гийн үзүүлэлтээр далайц багатай, дундаж нь 1.45 г/см³ байна (Хүснэгт 1).

Хөрсний 0-200 см-ийн гүнд SOC-ийн агууламж 1.78-7.52 г/кг, (Зураг 2). SOC, SOM-ийн агууламжаар хамгийн их нь 170-200 см-ийн гүн дэх дарагдмал үед 7.52 г/кг, 12.97 г/кг байв. Хамгийн бага агууламж нь өнгөн хөрсний 0-26 см-т 1.78 г/кг, 3.06 г/кг байна.

SOC-ийн нөөц 0-200 см-ийн гүнд 0.63-3.32 кг/м²-ийн хооронд хэлбэлзэж, SOC, SOM-ийн агууламжаар өндөр дарагдмал үеүд SOC-ийн нөөцөөр өндөр байна (Зураг 3). SOC-ийн нөөцийг хөрсний стандарт 6

гүнээр (0-5 см, 5-15 см, 15-30 см, 30-60 см, 60-100 см ба 100-200 см) тооцож үзэхэд 0.1 кг/м², 0.3 кг/м², 0.6 кг/м², 2.7 кг/м², 2.1 кг/м² ба 7.1 кг/м² байв. Харин SOC-ийн нөөцийг хөрсний 0-30, 0-60, 0-100, 0-200 см-ын гүнд тооцвол 1.0 кг/м², 3.7 кг/м², 5.8 кг/м², 12.8 кг/м². Эдгээрийг тн/га руу хөрвүүлбэл 9.9 тн/га, 36.6 тн/га, 57.7 тн/га, 128.4 тн/га болж байна.

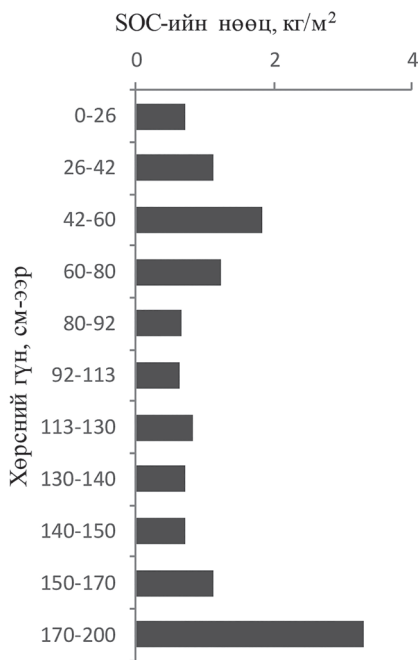


Зураг 2. Хөрсний органик нүүрстөрөгч (SOC) ба органик бодисын (SOM) агууламж

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Монгол орны хойд хэсгээр тархсан хэмэрлэг хөрсний талаар судлаачид нэлээд тооны судалгааны ажлуудыг хэвлүүлсэн байдаг боловч хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг тооцсон судалгааны ажил манай орны хувьд хомс учраас хэмэрлэг хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг тооцон гаргасан нь бидний судалгааны онцлог, шинэлэг тал болж байна. Орхон-Туулын хөндийд 2018 онд хийгдсэн хэмэрлэг хөрсний судалгаагаар хөрсний органик бодисын

хэмжээ 1.1-1.5% [14], Туул-Улхын булан орчимд 2019 онд хийгдсэн судалгааны органикийн агууламж 0.2-2.9%-ийн хооронд хэлбэлзэж, хөрсний зүсэлтийн дарагдмал үе давхаргын органикийн агууламж бусад үе давхаргаас арай их, органикийн агууламж 1.0-1.9% [7] байгаа нь бидний судалгааны үр дүнтэй ойролцоо байна. Харин хил залгаа нутаг Хятадын тэгш өндөрлөгт хийгдсэн судалгаагаар хэмэрлэг хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц 0-20 см-т 1.3 кг/м², 0-100 см-т 5.7 кг/м², 0-200 см-т 9.6 кг/м² байна [23]. Мөн Хятадын тэгш өндөрлөгт тархсан хэмэрлэгийн гүн нэмэгдэхэд агууламж буурч байхад бидний судалгаанд энэ зүй тогтол илрээгүй. Учир нь Орхон голын адаг орчмоор тархсан хэмэрлэг нь 4 дарагдмал эртний хөрсний үе давхаргатай, эдгээрийн органикийн агууламж нь хэмэрлэг үе давхаргын дунджаас 30 гаруй хувиар өндөр байсантай холбоотой юм.



Зураг 3. Хөрсний SOC-ийн нөөц

Хүснэгт 1. Хөрсний хими-физик шинж чанарын үзүүлэлтүүд

Дээж	Статистик	CaCO ₃	SOC	SOM	pH _{H₂O}	EC2.5	BD г/	Элс	Тоос	Шавар
		%			(1:2.5)	dS/m	см ³			
Нийт (n=11)	Mean	0.21	0.44	0.76	7.86	0.10	1.45	59.8	28.2	12.0
	Range	0.85	0.57	0.99	0.60	0.03	0.13	36.6	26.3	10.2
	STD	0.31	0.18	0.32	0.20	0.01	0.05	10.5	7.3	3.8
Дарагдмал хөрс (n=5)	Mean	0.27	0.54	0.93	7.86	0.10	1.44	45.8	40.2	14.0
	Range	0.85	0.40	0.69	0.60	0.01	0.11	22.5	16.5	6.0
	STD	0.39	0.20	0.34	0.27	0.01	0.05	8.7	6.4	2.7
Хэмэрлэг (n=6)	Mean	0.16	0.36	0.63	7.85	0.09	1.46	49.1	38.1	12.8
	Range	0.61	0.33	0.57	0.39	0.03	0.11	11.6	13.7	7.1
	STD	0.26	0.14	0.25	0.16	0.01	0.05	4.3	5.9	2.7

5. ДҮГНЭЛТ

Орхон голын адаг орчмоор тархсан хэмэрлэг нь чулуугүй, 2 метр зүсэлтийн гүнд нийт 4 дарагдмал эртний хөрсний үе давхаргатай ба тэдгээр нь органик бодисын агууламжаар харьцангуй өндөр ба хамгийн их нь 170-200 см гүнд 12.97 г/кг бол хамгийн бага нь өнгөн хөрсний 0-26 см-т 3.06 г/кг байна. Ширхгийн бүрэлдэхүүнд нарийн ба дунд ширхэгтэй элс давамгайлж (47.6%), тоосон фракц 39.0%, шавар фракц 13.4%-ийг бүрдүүлнэ. Судалгаа хийсэн хэмэрлэг хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц 0-30 см-т 9.9 тн/га, 0-60 см-т 36.6 тн/га, 0-100 см-т 57.7 тн/га, 0-200 см-т 128.4 тн/га байна. Монгол орны хойд хэсэг Орхон голын алагт тархсан хэмэрлэг нь бараан өнгийн органикийн агууламжаар өндөр дарагдмал үеүдтэй учраас хөрсний гүн нэмэгдэхэд органикийн нөөц буурах зүй тогтол илрэхгүй. Хөрсний 1 метрээс дооших гүнд байгаа органик нүүрстөрөгчийн нөөцөөр Хятадын тэгш өндөрлөгт тархсан хэмэрлэг хөрснийхөөс өндөр ба 1 метр хүртлэх гүний нөөцөөр ойролцоо байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг Сэлэнгэ аймгийн БОАЖГазрын захиалгаар

“Сэлэнгэ аймгийн газрын доройтлын судалгаа” сэдэвт төслийн хүрээнд гүйцэтгэв. Тус төслийн удирдагч доктор А.Хауланбек болон Хөрс судлалын салбарын хамт олондоо талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] K. Pye, *Aeolian Dust and Dust Deposits*. San Deigo, California: Academic Press, 1987.
- [2] K.Pye, “The nature, origin and accumulation of loess,” *Quat. Sci. Rev.*, vol. 15, 1995.
- [3] D.R.Muhs, *Loess Deposits: Origins and Properties*, Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition), pp.573-584, 2013 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00145-X>.
- [4] S.N.Timireva., et al., “Landscapes, paleosols and climate in the north of Mongolia during the Holocene,” *IOP conf.Series Earth Environ. Sci.*, vol. 438, pp. 1–9, 2020, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/438/1/012027>
- [5] O.Batkhisig, T.Svetlana, T.Telmen, Y.Kononov, M.Zolzaya, and T.Purevdorj, “Loess soil distribution and properties in Mongolian,” *Mong. Acad.*

- Sci.*, vol. 62 No 01(241), 2022. <https://doi.org/10.5564/pmas.v62i01.2083>
- [6] П.Хосбаяр, “Монгол орны мезозой ба кайнозойн эриний эртний газарзүй, уур амьсгал,” Улаанбаатар, 2005.
- [7] О.Батхишиг ба бусад., “Радионүүрстөрөгч (C14)-ийн аргаар Орхон-Т уулын голын сав газрын хэмэрлэг хөрс үүссэн цаг хугацааг судалсан дүн,” *Монголын Хөрс Судлал сэтгүүл*, vol. 04, pp. 7–14, 2019.
- [8] J.A.Catt, “The agricultural importance of loess,” *Earth-Science Rev.*, vol. 54, pp. 213–229, 2001 [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00049-6](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00049-6)
- [9] Д.Дашжамц, *Хөрсний механик*. 2014.
- [10] З.Мөнхөө, “Сэлэнгийн ай савын дэд хэсэг дэх элсний насны тухай асуудал,” *МОГЗА*, vol. 12, 1972.
- [11] Z.D.Feng et al., “Eolian environmental changes in the Northern Mongolian Plateau during the past 35,000 years,” *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol. 245, pp. 505–517, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.09.009>
- [12] Y.N.Krasnoshchekov, “Soils and the soil cover of mountainous tundra and forest landscapes in the Central Khangai of Mongolia,” *Eurasian Soil Sci.*, vol. 43, no. 2, pp. 117–126, Oct. 2010, <https://doi.org/10.1134/S1064229310020018>
- [13] F.Lehmkuhl, D.Hulle, and M.Knippertz, “Holocene geomorphic processes and landscape evolution in the lower reaches of the Orkhon River (northern Mongolia),” *Catena*, vol. 98, pp. 17–28, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.06.003>
- [14] М.Самдандорж, О.Батхишиг, Ц. Пүрэвдорж ба Б.Батсайхан, “Туул-Орхон голын сав газрын хэмэрлэг хөрсний шинж чанар” *Монголын хөрс судлал сэтгүүл*, vol. 03, х. 127–136, 2018.
- [15] М.Золзаяа ба Т.Тэлмэн, “Орхон голын адаг орчмын хэмэрлэг хөрс, хурдсын шинж чанар” *Монголын хөрс судлал сэтгүүл*, vol. 6, х. 110–117, 2021.
- [16] Д.Доржготов, “Геоморфологи,” *Монгол улсын үндэсний атлас*, 2009, х. 67.
- [17] Г.Намхайжанцан, “Уур амьсгалын мужлалт,” *Монгол улсын үндэсний атлас*, 2009, х. 110.
- [18] Д.Доржготов, “Хөрс газарзүйн мужлалт,” *Монгол улсын үндэсний атлас*, 2009, х. 122.
- [19] FAO, *Guidelines for soil description*, 4th edition, Roma, 2006.
- [20] Е.В.Аринушкина, *Руководство по химическому анализу почв*. Издательство Московского Университета, 1970.
- [21] Soil Survey Staff, *Key to Soil Taxonomy*, 11th editi. Washington DC: US Government Printing Office, 2010.
- [22] T.Liu, *Loess and the environment*. Beijing: Ocean Press, 1985.
- [23] Y.Haiyan, Z.Tonggang, Z.Xiaoxia, and M.Limin, “Vertical distribution and influencing factors of soil organic carbon in the Loess Plateau, China,” *Sci. Total Environ.*, vol. 693, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133632>