

ХӨРСНИЙ ИДЭВХТЭЙ ОРГАНИК НҮҮРСТӨРӨГЧИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ НЬ

Х.ЗОЛЖАРГАЛ^{1*}, Б.НАМУУН²

¹Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, ШУА.

²ХШУИС, Монгол Улсын Их Сургууль
zoljargalk@gmail.com

Estimation of soil active carbon

The active pool of SOC forms a relatively small portion of total SOC but it plays important roles in maintaining and monitoring soil quality. Soil samples were collected from three depths with two replications in June, 2018. The collected soil samples were subjected to analyses for physico-chemical properties such as particle size analyse, pH, EC, soil organic carbon, available phosphorus and potassium and permanganate oxidizable organic carbon. We measured POXC by spectrophotometer using 0.02 M KMnO_4 at 550 nm light. POXC was from 0.7 to 7.7 % of SOC in our study. POXC is a good indicator of soil organic fraction in environmental monitoring programmes for arid environments. POXC determination is relatively simple and promising method that could be adopted by soil test laboratories for use in routine soil samples. Permanganate oxidizable C (POXC; i.e., active C) is a relatively new method that can quantify labile soil C rapidly and inexpensively.

Түлхүүр үг: Хөрсний идэвхтэй нүүрстөрөгч, перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгч, хөрсний чанарын индикатор

Оршил

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн хөдөлгөөнтэй хэсэг нь маш бага хувь эзлэх боловч хөрсний чанарын хяналтад чухал үүрэгтэй. Микробын биомассын нүүрстөрөгч (МВС), макро хэсгийн органик нүүрстөрөгч (РОС) нь хөрсний нүүрстөрөгчийн өсөлт, хөрсний агрегат, үржил шимийн бодисын эргэлт, хөдөлгөөнд чухал үүрэгтэй хөдөлгөөнт фракцууд юм (Wardle, 1992; Six et al., 1998; Wander, 2004). Олон тооны судалгаагаар РОС, МВС нь менежментийн өөрчлөлтөд мэдрэмтгий болохыг харуулсан байдаг (Cambardella and Elliott, 1992; Wardle, 1992; Wander and Bidart, 2000; Grandy and Robertson, 2007). Энэ мэдрэмтгий чанараар нь эдгээр аргуудыг хөрс судлалын шинжлэх ухаанд хөрсний экосистемийн өөрчлөлтийн индикатор болгон өргөнөөр ашигладаг (Wander, 2004; Gil-Sotres et al., 2005; Kaschuk et al., 2010). Гэвч РОС болон МВС тодорхойлох аргууд нь үнэтэй учраас судалгаанд төдийлөн ашиглагдахгүй байна. Мөн эдгээр нүүрстөрөгчийг маш олон янзаар тодорхойлж байгаагаас эдгээрийг хооронд нь харьцуулан судлахад хүндрэлтэй байдаг. Иймээс өөр нэг хөдөлгөөнт фракц болох идэвхтэй органик нүүрстөрөгчийг хөрсний

* ZOLJARGAL Khavtgai, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences

чанарын индикатор болгон ашигладаг. Янз бүрийн концентрацитай ($0.03\text{--}0.33 \text{ mol L}^{-1} \text{ KMnO}_4$) калийн перманганатаар SOC исэлдүүлж хөрсний идэвхтэй нүүрстөрөгчийг хэмжих аргыг анх Loginow et al. (1987), Lefroy et al. (1993), Blair et al. (1995), бусад (Conteh et al., 1997; Shang and Tiessen, 1997; Bell et al., 1998) нар судалгаандаа хэрэглэжээ. Энэ аргыг Blair et al. (1995) нийт SOC тодорхойлох аргатай харьцуулахад ургацын сэлгэлт, боловсруулаагүй үед зэрэг менежментийн практикт харьцангуй илүү мэдрэмтгий болохыг тодорхойлжээ (Blair and Crocker, 2000; Whitbread et al., 2000; Blair et al., 2001). Whitbread et al., (2000) мөн агрегат төлөв перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгч хоорондоо хамааралтайг тогтоожээ. Перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгч нь хуурай хөрстэй харьцуулахад өвстэй газар их байдаг (Lefroy et al., 1993; Blair et al., 1995; Bell et al., 1998; Bell et al., 1999). Судалгаанд перманганатын концентрацыг олон янзаар хэрэглэсэн боловч шингэрүүлэн хэрэглэхэд ($0.02\text{--}0.033 \text{ mol L}^{-1} \text{ KMnO}_4$) менежментийн практикт илүү мэдрэмтгий болохыг тэмдэглэжээ (Bell et al., 1998, Weil et al., 2003; Vieira et al., 2007). Weil et al. (2003) энэ аргыг улам сайжруулан $0.02 \text{ mol L}^{-1} \text{ KMnO}_4$ ашиглан нийт хөрсний органик нүүрстөрөгчийн доторхи “идэвхтэй C”-г хэмжжээ. Weil et al. (2003) мөн 0.333M KMnO_4 –аас 0.033M KMnO_4 нь хөрсний чанартай холбоотой агрегат төлөв, нэвчилтийн зэрэг, CEC зэрэг үзүүлэлттэй илүү хамааралтай гарсаныг олж мэджээ. Мөн энэ уусмал нь найруулахад илүү хялбар болсон байна. Blair et al. (1995) перманганатын уусмалд 0.1M CaCl_2 нэмсэнээр центрифуг заавал ашиглах шаардлагагүй болж хээр ч хэрэглэх болон боломжтой болсон. Weil et al. (2003) шинжилгээнд 0.02M KMnO_4 ашиглахад перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь микробын биомассын нүүрстөрөгчтэй хүчтэй хамааралтайг тодорхойлжээ. Энэ арга нь энгийн хийхэд амар хөрсний чанарыг урьдчилан таамаглах бололцоо олгодог учраас практик ач холбогдолтой юм. Энэ нь хуурай экосистемд хүрээлэн буй орчны хяналтад сайн индикатор болдог хөрсний органик нүүрстөрөгчийн фракц юм. Бид Монгол орны тариалангийн болон байгалийн зарим хөрсөнд перманганатаар исэлдүүлсэн нүүрстөрөгч C (POXC) тодорхойлох нь энэ судалгааны ажлын зорилго юм.

Судалгааны аргазүй

Хөрсний хээрийн судалгааг 2018 оны 6-р сард Төв аймгийн Сүмбэр сумын Хараа голд цутгадаг Загдалын гол, түүний орчимд байрлалтай тариалангийн талбайнуудыг хамруулж хийв. Хөрсний дээжийг жигд тархалттайгаар 0-20, 20-40-ийн гүнээс авч, харьцуулах үүднээс газар тариаланд ашиглаагүй зэргэлдээх атар газраас дээж авлаа.

Мөн Төв аймгийн Сүмбэр, Эрдэнэсант, Бүрэн сумдаас байгалийн хөрсний 24 дээжийг 0-20, 20-40, 40-60 см-ийн гүнээс авч судлав. Судалгаа явуулсан газар нутгийн солбицол нь Х.Ө. 48.771600⁰-48.827808⁰ , З.У. 105.818026⁰-106.027645⁰. Нийт 20 зүсэлтийн 48 хөрсний дээжийг тус бүр 2 давталттайгаар авсан. Дээжээ агаарт хатаан 2мм-р шигшин хөрсний перманганатаар исэлдүүлсэн нүүрстөрөгчийг тодорхойлох шинжилгээг Газарзүй Геоэкологийн Хүрээлэнгийн Хөрсний лабораторид хийв. Дэлгэрэнгүй аргыг нь дараах хуудаснаас авч болно <http://lter.kbs.msu.edu/protocols/133> (verified 6 Jan. 2012). Энэ шинжилгээг хийхдээ 2 мм-р шигшин хатаасан хөрснөөс 2.5 г жигнэж аваад дээрээс нь 18 мл нэрсэн ус 2 мл 0.2 М КМnO₄ нэмэн 2 минут сэгсрээд дараа нь яг 10 минут байлгана. Энэ сэгсрэх, тавих хугацаа маш чухал учраас нэг удаа хийхдээ 10 ширхэгээс илүү хийхгүй байх нь зүйтэй. 10 минутын дараа 0.5 мл уусмалыг 50 мл-ийн хэмжээт колбонд хийн дээрээс нь 49.5 мл нэрсэн ус хэмжээс хүртэл нэмэн спектрофотометрийн 550 nm долгионы уртад стандартын жиших муруйтай харьцуулан хэмжинэ. Статистикийн дүн шинжилгээг IBM SPSS (Цуврал 23) ашиглан гүйцэтгэв.

Судалгааны үр дүн

Тариалангийн болон байгалийн 24 зүсэлтийн 48 дээжинд хийсэн хими, физик шинж чанарын шинжилгээний дүнг хүснэгт 1 ба 2-т харуулав. Перманганатаар исэлдүүлсэн нүүрстөрөгч нь SOC-тэй харилцан хамааралтай бөгөөд энэ нь тариалангийн хөрс, байгалийн хөрсийг тусад нь авч үзвэл байгалийн хөрсөнд хүчтэй хамааралтай байна.

Хүснэгт 1. Тариалангийн хөрсний хими, физикийн задлан шинжилгээний статистик үзүүлэлт

Хувьсагч	Тоо хэмжээ	Доод	Дээд	Дундаж	СтХаз*
pH	22	7.12	8.08	7.59	0.29
CaCO ₃ , %	22	0.00	11.63	1.32	3.00
Ялзмаг, %	22	0.89	9.07	2.80	1.89
EC _{2.5} , dS m ⁻¹	22	0.06	0.18	0.11	0.04
Фосфор, mg 100 ⁻¹	22	6.61	75.26	35.13	18.78
Кали, mg 100 ⁻¹	22	62.77	618.88	199.62	134.21
Элс, %	22	30.68	61.41	48.31	8.73
Тоос, %	22	24.00	55.46	38.79	8.42
Шавар, %	22	9.32	15.17	12.90	1.73
POXC, mg kg ⁻¹	22	66.12	428.89	266.45	85.00
SOC, g kg ⁻¹	22	5.17	52.62	16.26	10.98

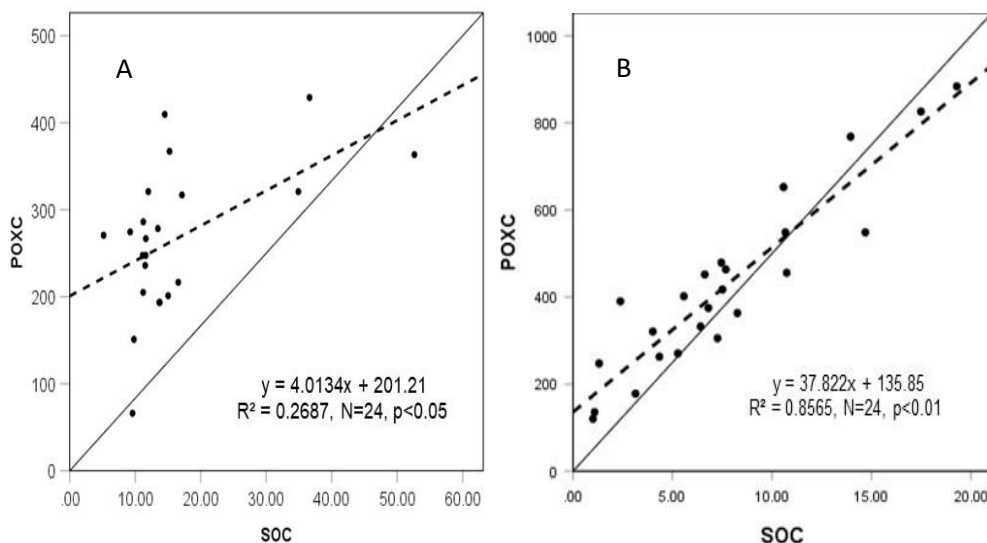
*СтХаз - Стандарт хазайлт

Хүснэгт 2. Байгалийн хөрсний химийн задлан шинжилгээний статистик үзүүлэлт

Хувьсагч	Тоо хэмжээ	Доод	Дээд	Дундаж	СтХаз*
pH	26	6.44	8.29	7.58	0.71
CaCO ₃ , %	26	0.00	18.87	3.02	5.87
Ялзмаг, %	26	1.07	5.54	2.66	1.42
EC _{2.5} , dS/m	26	0.03	0.15	0.08	0.04
POXC, mg kg ⁻¹	26	178.04	884.28	459.04	187.73
SOC, g kg ⁻¹	26	6.23	32.15	15.45	8.23

*СтХаз - Стандарт хазайлт

Бидний судалгааны хүрээнд авсан 48 хөрсний дээжний органик нүүрстөрөгч ба перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгчийн хоорондын шугаман хамаарлын графикийг байгуулан тариалангийн хөрс (зураг 1: А), байгалийн хөрсийг (зураг 1: В) тус тус харуулав. Байгалийн хөрсний органик нүүрстөрөгч ба перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгч хоорондоо маш өндөр эерэг хамааралтай регрессийн шугаман тэгшитгэлийн тодорхойлох коэффициент (R^2) нь 0.86, магадлалын 95%-ийн түвшин дэх ач холболдолын зэрэг (p-утга) нь <0.01 тус тус байна. Үүнийг SOC хэмжээ нэмэгдэхэд POXC хэмжээ мөн өсөж байгаагаас харж болно.



Зураг 1. Тариалангийн хөрсний органик нүүрстөрөгч ба перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгчийн харилцан хамаарал (А), Байгалийн хөрсний органик нүүрстөрөгч ба перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгчийн харилцан хамаарал (В).

Тариалангийн хөрсний перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгчийн хэмжээг хөрсний хими болон физикийн үзүүлэлтүүдтэй шугаман хамаарал тооцож үзэхэд хөрсний органик нүүрстөрөгчтэй харьцангуй өндөр хамаарал үзүүлсэн. Харин физик шинжээс тоосны үзүүлэлттэй эерэг хамааралтай байсан бол элсний хэмжээтэй урвуу хамааралтай байв (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Тариалангийн хөрсний хими, физик шинж чанар, РОХС хоорондын Пирсоны корреляцийн коэффициент

	pH	CaCO ₃	Humus	EC	P	K	Sand	Silt	Clay	SOC	POXC
pH		.635**	.092	.666**	-.246	-.070	-.104	.215	-.522*	.092	-.007
CaCO ₃			.021	.511*	-.314	-.122	-.467*	.507*	-.099	.021	-.082
SOC				.505*	.134	.404	-.196	.215	-.066	1.0**	.522*
EC					-.018	.451*	-.323	.380	-.225	.505*	.196
Фосфор						.621**	-.225	.259	-.125	.134	.146
Кали							-.369	.387	-.035	.404	.269
Элс								-.981**	-.276	-.196	-.328
Тоос									.082	.215	.389
Шавар										-.066	-.239
SOC											.522*

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Байгалийн хөрсний перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгчийн хэмжээг хөрсний химийн үзүүлэлтүүдтэй шугаман хамаарал тооцож үзэхэд хөрсний органик нүүрстөрөгчтэй харьцангуй эерэг, өндөр хамааралтай байсан бол pH ба карбонаттай урвуу хамааралтай байв (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Байгалийн хөрсний хими шинж чанар, РОХС ба SOC хоорондын пирсоны корреляцийн коэффициент

Хувьсагч	pH	CaCO ₃	Humus	EC	POXC	SOC
pH		0.343	-0.085	0.335	-.664**	-0.501
CaCO ₃			-0.288	0.504	-0.497	-0.322
SOC				0.029	0.511	0.422
EC					-0.177	0.118
POXC						.925**

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Хэлэлцүүлэг

Перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь органик C-ийн 5–30% (ихэвчлэн 15–20%)-ийг эзэлдэг (Blair, 2000; Blair 1998; Graham et al., 2002; Whitbread et al., 1998). Islam, Weil нар тариалангийн хөрсөнд нийт органик нүүрстөрөгчийн 12.2% байдгийг олжээ. Zhang et al. (2012) перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь нийт органик C-ийн 14.62-16.17% байдгийг тогтоожээ. Бусад олон судалгаагаар хөрсний нийт органик нүүрстөрөгчийн ойролцоогоор 14% байжээ.

Өөр нэг судалгаанд перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь нийт органик C-ийн дөнгөж 4%-ийг эзэлж байв (Culman et al., 2012).

Бидний судалгаагаар перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь нийт органик C-ийн 0.7-7.7%-ийг эзэлж байв. Тариалангийн хөрсөнд перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь нийт органик C-ийн маш бага хувийг эзэлж байна. Тариалангийн хөрсний органик нүүрстөрөгч ба перманганатаар исэлдүүлсэн органик нүүрстөрөгч хоорондоо сул эерэг хамааралтай регрессийн шугаман тэгшитгэлийн тодорхойлох коэффициент (R^2) нь өндөр биш 0.27 байгаа нь шинжилгээг дахин олон дээжинд хийж баталгаажуулах хэрэгтэйг илтгэж байна. Энэ судалгаагаар перманганатаар исэлдсэн органик нүүрстөрөгч нь хөрсний органик нүүрстөрөгчтэй ижил хандлагатай буюу өнгөн үед их доод үеүүдэд бага байна.

Дүгнэлт

Перманганатаар исэлдүүлсэн нүүрстөрөгч нь (POXC-permanganate oxidizable C буюу active C) идэвхтэй нүүрстөрөгчийг тодорхойлдог харьцангуй шинэ хямд арга юм. Илүү шингэлсэн уусмал хэрэглэх нь хор хөнөөл багатай, центрифуг ашиглан ялгах болон шүүх алхамуудыг хассанаар энгийн хийхэд хялбар болсон. Энэ арга нь энгийн хийхэд амар хөрсний чанарыг урьдчилан таамаглах буюу хөрс уусмал харилцан урвалд орсоны дараа перманганатын өнгөөр хөрсний чанарыг тодорхойлох бололцоо олгодог нь практик ач холбогдолтой юм. Уусмалын өнгө илүү цайвар болох нь идэвхтэй нүүрстөрөгч их байна гэсэн үг бөгөөд энэ нь судалгааны талбайд ч тодорхойлох боломжтойг харуулдаг.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг доктор О.Батхишигийн удирдаж буй “Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн өөрчлөлт, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлс” суурь судалгааны төслийн хүрээнд гүйцэтгэв. Тус судалгааг хийж гүйцэтгэхэд тусалсан салбарын хамт олон, ЭШДА Ө.Ганзориг, ЭШДада Ц.Пүрэвдорж нарт гүн талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

- Bell, M.J., Moody, P.W., Connolly, R.D., Bridge, B.J., (1998). The role of active fractions of soil organic matter in physical and chemical fertility of Ferrosols. *Soil Res.* 36: 809–820.
- Blair, G., Lefroy, R., Lisle, L., (1995). Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agric. Res.* 46: 1459–1466.
- Cambardella, C., Elliott, E., (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 56: 777– 783.
- Conteh, A., Blair, G.J., Lefroy, R.D.B., Macleod, D.A., (1997). Soil organic carbon changes in cracking clay soils under cotton production as studied by carbon fractionation. *Aust. J. Agric. Res.* 48:1049–1058.
- Culman, S.W., DuPont, S.T., Glover, J.D., Buckley, D.H., Fick, G.W., Ferris, H., Crews, T.E., (2010). Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA. *Agric., Ecosyst. Environ.* 137: 13–24.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leiros, M.C., Seoane, S., (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biol. Biochem.* 37(5): 877–887.
- Grandy, A.S., Robertson, G.P., (2007). Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. *Ecosystems* 10: 58– 73.
- Kaschuk, G., Alberton, O., Hungria, M., (2010). Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biol. Biochem.* 42: 1–13.
- Loginow, W., Wisniewski, W., Gonet, S., Ciescinska, B., (1987). Fractionation of organic C based on susceptibility to oxidation. *Pol. J. Soil Sci.* 20: 47–52.
- Shang, C., Tiessen, H., (1997). Organic matter lability in a tropical oxisol: Evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. *Soil Sci.* 162: 795–807.
- Tirol-Padre, A., Ladha, J.K., (2004). Assessing the reliability of permanganateoxidizable carbon as an index of soil labile carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:969–978.
- Wander, M.M., Bidart, M.G., (2000). Tillage practice influences on the physical protection, bioavailability and composition of particulate organic matter. *Biol. Fertil. Soils* 32: 360–367.
- Wardle, D.A., (1992). A comparative-assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biolog. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 67, 321–358.
- Weil, R.R., Islam, K.R., Stine, M.A., Gruver, J.B., Samson-Liebig, S.E., (2003). Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *Am. J. of Alt. Agric.* 18: 3–17.