

УЛААНБААТАР ХОТЫН НОГООН БАЙГУУЛАМЖИЙН ХӨРСНИЙ ОРГАНИКИЙН НӨӨЦ

Ө.ГАНЗОРИГ*, Г.ЭЛБЭГЗАЯА, Г.БЯМБАА

Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, ШУА
Ulgiichimeg.ganzoo@gmail.com

Soil organic carbon stocks of Ulaanbaatar city gardens

Soil is the largest pool of organic carbon in terrestrial system and plays a key role in carbon cycle. Urban parks and gardens make valuable ecosystem and service to citizens and they have long been for their recreational service. But we never take attention to soil condition for the long time. Soil forming process is not similar with natural soil in urban, it needed more attention. Urban park soil is key factor for city's biomes. In this study focusing Soil organic carbon pools of Park and Roadside gardening soils in Ulaanbaatar city. Overall mean SOC concentration Ulaanbaatar city soils were between 0.35±3.24% and median values of 0.79%, respectively. Ulaanbaatar City Park and gardening soil represent 584 hectare land in Ulaanbaatar and it area keeps 23604.7 t/he soil organic carbon, City governor and environment departments should focus on soil organic carbon improvement, such as irrigation technique, green manure and organic composts.

Түлхүүр үгс: Хөрс, Органик нүүрстөрөгч, Ногоон байгууламж, Ургамлын үлдэгдэл

Оршил

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц нь байгалийн үнэт баялгийн нэг юм. Хөрс нь далай тэнгис болон геологийн шингээлтийн дараа нүүрстөрөгчийг шингээх гуравдагч том шингээгч бөгөөд Дэлхийн нийт биомасс дахь нүүрстөрөгч (2500 гига тонн)-ийн дөрөвний гурав нь органик нүүрстөрөгч (1550 гига тонн) юм (Lal, 2004; Batjes, 1996). Сүүлийн жилүүдэд Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж мэдэгдэхүйц буурсан ба ойролцоогоор 40-90 гига тонн алдагдсан байна. Гол хүчин зүйл нь хүний буруутай үйл ажиллагаа, хөрсний эвдрэл тэр тусмаа байгалийн экосистемийг газар тариаланд, хот суурин газарт ашиглаж байгаа нь тухайн хөрсний ХОН-ийг их хэмжээгээр алдралд оруулж байна (Guo and Gifford, 2002). Хөрсний органик нүүрстөрөгч буурах нь хөрсний бүтээмжид шууд нөлөөлдөг бөгөөд хөрс элэгдэл доройтолд хялбар орж, ургамлын ургац буурдаг (Lal, 2004). Хотжилт нь дэлхийн хэмжээнд газар ашиглалтын өөрчлөлтийг болгож буй нэг хүчин зүйл бөгөөд 2050 он гэхэд дэлхийн хүн амын 70% нь хот суурин газарт төвлөрөх хандлагатай байна (United nations, 2008). Суурин газрын хүн ам нэмэгдэхийн хэрээр ногоон байгууламжийн талбай нэмэгдүүлэх нийгмийн

* GANZORIG Ulgiichimeg. Institute Geography-Geoecology, MAS

хэрэгцээ зайлшгүй шаардлага байхаас гадна баримтлах стандарт, дүрэм журмууд бий.

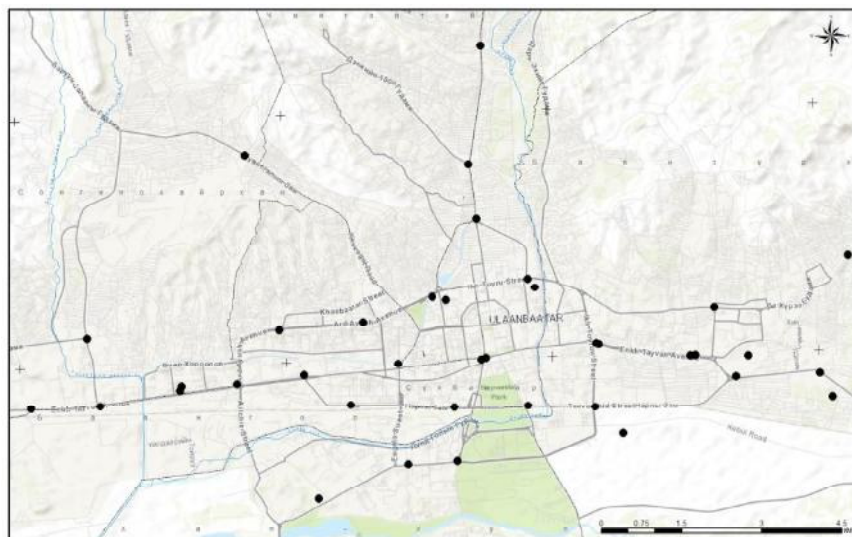
Улаанбаатар хот болон бусад томоохон хот, суурин газрын ногоон байгууламжийн талбай тодорхой хэмжээгээр нэмэгдэж байгаа ба түүнийг дагаад хөрсний судалгаа, шинжилгээг хийлгэх зайлшгүй шаардлагатай байна. Ногоон байгууламжийн тооллого, судалгааг жил бүр хийдэг ч ногоон байгууламжийн таримлын ургалт, өсөлт хөгжил ямар байх тал дээр анхаарлаа хандуулж тухайн ургамлыг ургуулж буй хөрсний үржил шимт чанарыг орхигдуулж байна, ургамлын өсөлт хөгжил нь хөрсний үржил шимт чанараас шууд хамаарна. Үржил шимийн гол үндсэн хэсэг нь Органик нүүрстөрөгч (ОН) бөгөөд хөрсөн дэх хими, физик болон биологийн үйл явцыг зохицуулахад чухал нөлөөтэй.

Судлагдсан байдал

Улаанбаатар хотын хөрсөн бүрхэвчийн судалгааг 1990 оноос эхлэн судалж эхэлсэн бөгөөд судалгааны материал нь голчлон хөрсний бохирдол, геохимийн чиглэлээр судалгаа хийгдэж ирсэн байна (Касимов ба бусад, 1995, Готовсүрэн ба бусад, 1995, Амардулам ба бусад, 2003, Batkhisig&Nyamsambu, 2011, 2014, Batjatgal et al, 2010). Хөрсний бохирдлын судалгааны материал их байгаа нь хотын хөрс ямар хэмжээнд бохирдсоныг илтгэх бөгөөд Хөрсний үржил шимт чанарын судалгааны ажил төдийлэн хийгдээгүй байна. Улаанбаатар хотын хөрсний 1:25000 масштабтай зургийг 2011 онд бэлтгэсэн байна (Батхишиг ба бусад, 2011). Тус зураг нь хөрсний шинж чанарын судалгаа болоод практикт чухал ач холбогдолтой. Үндэсний цэцэрлэгт хүрээлэн, Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгийн хөрсний шинж чанарын судалгаа (Оюунбат ба бусад, 2011, Батхишиг ба бусад, 2010), хотын эвдэрсэн хөрсийг нөхөн сэргээх чиглэлээр (Оюунбат, 2013) хийсэн байна. Улаанбаатар хотын хөрсний үржил шимийн гол үзүүлэлт болох органик нүүрстөрөгчийн судалгаа хийгдэж байгаагүй, хотын ногоон байгууламж байгуулах, төлөвлөхөд ямар нэгэн судалгаа шинжилгээ хийхгүй байгаа нь тус ажил үр дүнгүй болох, асар их хөрөнгө, хүч үрэн таран болж байна.

Судалгааны талбай

Хот суурин газрын хөрсний үржил шимийн шинж чанар тогтвортой, элэгдэлгүй байх нь ногоон байгууламжийн таримлын ургалтанд эерэг нөлөөтэй байдаг. Бид хотын ногоон байгууламжийг судалгааны талбар болгож 45 орчим цэгээс хөрсний дээжлэлт авлаа. Хөрсний дээжийг ногоон байгууламжийн талбайн төлөөлөл болгож нэг талбайгаас 1 дээж авсан.



Зураг 1. Ногоон байгууламжаас хөрсний дээжлэлт авсан байдал

Судалгааны аргазүй

Хөрсний дээжлэлт: Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн талбайд хөрсний судалгаа хийхдээ тухайн ногоон байгууламжийн ургамлын ургалтийн байдал, био масс зэргийг харгалзан үзэж нөхөн сэргээсэн талбай, нөхөн сэргээгээгүй талбайгаас хөрсний дээж авсан. Хөрсний дээжийг гадаргын 0-30 см-ийн гүнээс авсан. Ногоон байгууламжийн ургамлын үндэс дунджаар 0-30 см гүнд тархдаг (Backyard Gardening, 2016) ба нарийн үндэс тархах гүн нь зарим ургамлын хувьд түүнээс доош байдаг.

Хөрсний шинжилгээ-тооцоолол: Ногоон байгууламжаас авсан дээжинд хөрсний үржил шимийн үзүүлэлтүүдийг Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Хөрс судлалын лабораторт дараах арга, аргазүйг баримтлан шинжлүүлсэн.

Хүснэгт 1. Шинжилгээний үзүүлэлтүүд

Шинжилгээний үзүүлэлт	Арга	Стандарт, аргазүй
Хөрсний органик нүүрстөрөгч	Тюрины, бихроматын исэлдэлт	Хөрс. Хөрсний агрохимийн үзүүлэлтийг тодорхойлох арга. MNS 3310 : 1991
Карбонат	Кальциметр, эзэлхүүний	
Урвалын орчин	Хөрс :ус (1 : 2.5), рН метр	Хөрсний чанар. рН-ыг тодорхойлох MNS ISO 10390: 2001
Эзэлхүүн жин	Жингийн арга	Жингийн арга

Хөрсний дээжийг тасалгааны температурт хатааж 2 мм шигшүүрээр шигшин шинжилгээнд бэлтгэсэн.

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг дараах томъёо ашиглан тооцсон (Batjes, 1996) болно.

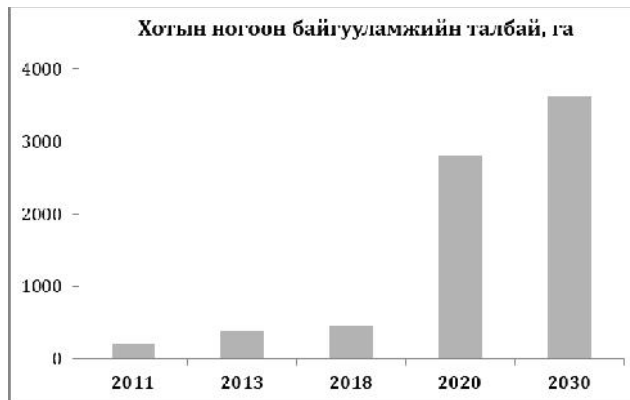
$$SOC\ stock = \sum_{i=1}^k p_i P_i D_i (1 - s_i)$$

SOC stock-хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц, p_i - хөрсний эзэлхүүн жин ($Mg\ m^{-3}$), P_i - давхаргийн органик нүүрстөрөгчийн агууламж ($g\ C\ g^{-1}$), D_i - давхаргийн зузаан (м), s_i - 2 мм-ээс том хэмжээтэй чулууны эзлэх хувь. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг хөрсний өнгөн (0-30 см) үе давхаргад тооцсон.

Статистик боловсруулалт: Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн судалгааны үр дүнд статистикийн анализ, боловсруулалтыг MS Excel болон R studio програм хангамж ашиглан гаргасан.

Судалгааны үр дүн

Улаанбаатар хот 470 мянган га талбайг хамран орших бөгөөд үүнээс нийт талбайн 10 орчим хувьд хотын хүн суурьшиж байна. Хотын ногоон байгууламжийн талбайг жил бүр тогтмол нэмэгдүүлж байна (зураг-2). Хэдий тийм ч Хүн амын өсөлттэй уялдан ногоон байгууламжийн талбайн хэмжээг зайлшгүй нэмэгдүүлэх шаардлагатай



Зураг 2. Ногоон байгууламжийн талбайн өөрчлөлт

бөгөөд Улаанбаатар хотын хэмжээнд 1 хүнд ноогдох ногоон байгууламжийн хэмжээ дунджаар 4 м² байгаа нь дэлхийн дунджаас 7 дахин бага хэмжээ (24 м²)-тэй байна. Ногоон байгууламжийн талбай 2011-2018 онд дахин нэмэгдсэн байна.

Цаашид талбайн хэмжээг тогтвортой нэмэгдүүлж 2030 он гэхэд 3630 га талбайд ногоон байгууламж байгуулахаар Нийслэлийн ерөнхий төлөвлөгөөнд тусгасан байна (Улаанбаатар хотын ногоон байгууламж,

цэцэрлэгжүүлэлтийн хөрөнгө оруулалтын ТЭЗҮ, 2015). Хот суурин газрын ногоон байгууламж нь Үйлдвэрийн хаягдал, цахилгаан станц, автомашинаас ялгарч байгаа хорт хий, агаар бохирдуулагч элементүүдийг тодорхой хэмжээгээр шингээдэг.

Хот суурин газрын талбайн хэмжээ нэмэгдэж байгаа нь нүүрстөрөгчийн эргэлтэнд чухал нөлөө үзүүлдэг (Chosh et al, 2016) ба хотын ногоон байгууламжийн талбайн хөрс нүүрсхүчлийн хийг шингээх тал дээр байгалийн хөрснөөс илүү ач холбогдолтой (Milwall & Sabir, 2011). Ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний үржил шимт чанар өндөр байх нь орчны бохирдлыг шингээх, саармагжуулах чадамж өндөр байдаг байна.

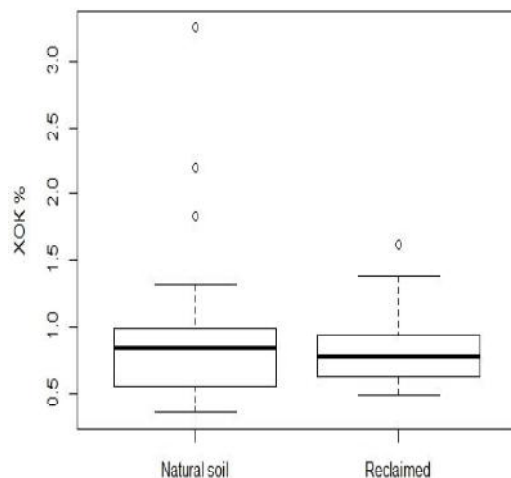
Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж, бусад үзүүлэлтүүд

Хотын ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж $0.35 \pm 3.24\%$ -ийн хооронд хэлбэлзэж байна. Карбонатын агууламж дунджаар 1.31% байна. Ногоон байгууламжийн талбайн хөрсөнд карбонатын агууламж үе давхаргад илрэх нь хөрсний шинж чанарт сөргөөр нөлөөлдөг ба карбонат нийт хөрсний дээжний 90%-д илэрсэн. Урвалын орчин сул хүчиллэгээс шүлтлэг шинжтэй байна (pH 6.90-8.23). Урвалын орчны хувьд ногоон байгууламжийн талбай боломжийн түвшинд байна гэж болно. Хөрсний эзэлхүүн жингийн хэлбэлзэл харилцан адилгүй буюу 1.1-1.5 гр/см³ хооронд хэлбэлзэж байна. Улаанбаатар хотын эвдэрсэн хөрсний эзэлхүүн жин 1.53 гр/см³ (Оюунбат, 2013) буюу хотын ногоон байгууламжийн хөрсний дундажтай харьцуулбал өндөр хэмжээтэй.

Хүснэгт 2. Ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний статистик үзүүлэлтүүд (Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж, %, Эзэлхүүн жин-г/см³, Карбонат- %).

Үе давхаргийн зузаан, см	Үзүүлэлтүүд	Тоо	Median	Mean	SD	Min	Max
0-30	Органик нүүрстөрөгч	36	0.79	0.934	0.562	0.350	3.244
	Эзэлхүүн жин		1.37	1.37	-	1.17	1.63
0-10	Карбонат	36	1.24	1.31	0.812	0.00	3.88

Ногоон байгууламжийн талбайн хөрсийг нөхөн сэргээсэн болон нөхөн сэргээгээгүй гэж ангилан хөрсний органик нүүрстөрөгчийн түвшин харьцуулан үзэхэд байгалийн буюу нөхөн сэргээгээгүй хөрсний ОН-ийн дундаж агууламж нь өндөр байна (зураг 3). Түүнчлэн байгалийн хөрстэй харьцуулбал нөхөн сэргээсэн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн хэлбэлзэл, зөрүү бага.



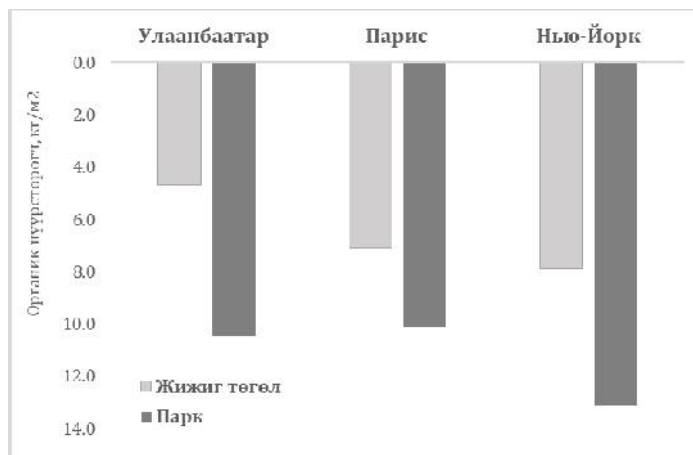
Зураг 3. Улаанбаатар хотын хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж

Байгалийн хөрс буюу нөхөн сэргээгээгүй хөрсний ОН-ийн агууламж нөхөн сэргээсэн талбайнхаас өндөр байгаа нь нөхөн сэргээсэн талбайн хөрсний алдрал, элэгдэл эвдрэл их байгааг нотолж байна. Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн талбайг нөхөн сэргээхдээ голчлон хар хүрэн болон хар шороон хөрс ашигладаг, тухайн хар шорооны ялзмагийн агууламж нь дунджаар 3%(хөрсний ОН-1.7%)-иас багагүй байдаг. Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний ОН-ийн дундаж агууламж Чойбалсан хотоос 63%-иар, Чингис хотоос 39%, Баруун урт хотын дундаж агууламжаас 28%-иар тус бүр өндөр агууламжтай байна (Ganzorig et al. 2019). Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж өндөр байх нь тухайн хөрсний үржил шимт чанарын голлох үзүүлэлт юм (Panakoula et al, 2016) ба Ногоон байгууламжийн талбайд тогтмол усалгаа хийх, ургамлын үлдэгдлийг компост байдлаар гадарга дээр үлдээх нь хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг нэмэгдүүлж байдаг (Brown et al, 2012) ба манай хот суурин газрын ногоон байгууламжид усалгаа хийх, ургамлын үлдэгдэлийг гадаргад нь үлдээх ажил хангалтгүй байдаг.

Хотын ногоон байгууламжийн талбайн органик нүүртөрөгчийн нөөц

Улаанбаатар хотын хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөц агууламж дунджаар 2.2 ± 20.2 кг/м². Нүүрстөрөгчийн агууламж тухайн хөрсний физик шинж чанараас ихээхэн хамааралтай бөгөөд Улаанбаатар хотын хөрсний нягт өндөр байгаатай уялдан хөрсний эзэлхүүн жин өндөр байгаа нь зарим тохиолдолд хөрсний ОН-ийн нөөцийг өндөр гаргах суурь шалтгаан болж байна.

Хотын ногоон байгууламжийн хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөцийг Томоохон цэцэрлэгт хүрээлэн болон жижиг төгөлийн хэмжээнд тооцооллоо. Цэцэрлэгт хүрээлэн, паркийн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц ± 10.4 кг/м². Харин жижиг төгөл, замын хажуух ногоон байгууламжийн хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөц 4.68 кг/м². Улаанбаатар хотын хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөцийг Дэлхийн томоохон хотууд болон Нью Йорк болон Парис хотуудтай харьцуулан үзлээ.



Зураг 4. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц

АНУ-ын Нью-Йорк хотын хотын ногоон байгууламжийн талбайн нүүрстөрөгчийн нөөц 7.9 ± 13.1 кг/м³, Францын Парис хотын хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөц 7.1 ± 10.1 кг/м². Улаанбаатар хотын хөрсний нүүрстөрөгчийн нөөц, хэмжээ дэлхийн томоохон хотуудын түвшинд байгаа нь судалгааны үр дүнд илэрлээ. Мөн түүнчлэн бусад хотуудын хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөцийг Улаанбаатар хотын нөөцтэй харьцууллаа.

Хүснэгт 3. Дэлхийн томоохон хотуудын хөрсний органик нүүрстөрөгчийн нөөц, кг/м²

Хотууд	Гүн, см	Органик нүүрстөрөгчийн нөөц, кг/м ²	Ишлэл
Бостон	0-10	3.4-4.2	Raciti et al., 2012
Сингапур	0-30	3.8-22.0	Ghosh et al., 2016
Лейстэр	0-21	1.2-8.6	Edmondson et al., 2014
Аубурн	0-30	0.7-3.3	Huyler et al., 2014
Форт Коллинс	0-30	0.2-0.3	Kaue et al., 2005
Сөүл	0-30	3.03	Yoon et al., 2016
Штутгарт	0-30	3-23	Lorenz and Kandeler, 2005
Улаанбаатар	0-30	2.2-20	Ганзориг ба бусад, 2019

Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн судалгааг нарийвчлан судлах шаардлагатай тулгарч байна.

Өндөр хөгжсөн орнууд хүрээлэн буй орчны менежмент, үйл ажиллагааг төлөвлөхдөө бодит судалгаа тоо үзүүлэлтэнд үндэслэдэг (Savage & Kong, 1993). Үүнтэй адил, ногоон байгууламжийг шинжлэх ухааны үндэслэл сайтар төлөвлөж байгуулах хэрэгцээ шаардлагатай нэн түрүүнд хэрэгцээтэй байна.

Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн талбайн органик нүүрстөрөгчийн нийт нөөц

Хотын ногоон байгууламжийн талбайн хэмжээ 2018 оны байдлаар 458 га (Газар зохион байгуулалт, Геодези зурагзүйн газар, 2018) нийт талбайн агуулагдах ХОН-ийн нөөцийг 30 см-ийн гүнд тооцоолбол дунджаар 23604.7 т/га гарч байна. Нэг метр квадрат талбайд дунджаар 2.36 кг органик нүүрстөрөгчийг агуулж байна.

Дүгнэлт

Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж дундаж хэмжээнд байна (Дэлхийн томоохон хотуудтай харьцуулахад).

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж $0.35 \pm 3.24\%$ хооронд хэлбэлзэх ба Хотын ногоон байгууламжийн талбайн хөрсний органик нүүрстөрөгчийн дундаж 0.79% байна. 1 м² талбайд дунджаар 2.36 кг ОН-ийг хотын хөрс агуулж байна.

Хот доторхи Байгалийн буюу нөхөн сэргээгээгүй хөрсний нүүрстөрөгчийн агууламж нөхөн сэргээсэн хөрсний түвшингээс өндөр байна. Нөхөн сэргээлт, зүлэгжүүлэлтийн ажил үр дүнгүй, элэгдэл эвдрэлд их орж байгааг илтгэж байна.

Ногоон байгууламжийн талбай ач холбогдлын талаар баримт дурдвал: Насанд хүрсэн хүн жилийн туршид 9.5 тонн агаараар амьсгалдаг бол 12 м өндөртэй 7 ширхэг мод энэ хэмжээний хүчилтөрөгчийг жилийн туршид бүтээдэг байна (Science focus magazine, Luis Villazon). Мөн түүнчлэн 0.4 га талбай дахь мод, сөөг нь 2.6 тонн Нүүрсхүчлийн давхар ислийг шингээх буюу 14000 км зам туулсан автомашины ялгаруулсан CO₂ –ийг шингээж агаарыг цэвэршүүлдэг байна.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

Амардулам Н, Энхцэцэг Ш, Батдэлгэр Ш, Халзанхүү Ж, 2001. Хот суурин газрын хөрсний хими, нягнийн бохирдолт, хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийн үнэлгээ. Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл - 3. Нийгмийн эрүүл мэндийн хүрээлэн. Улаанбаатар. хдс 310-323.

Батхишиг О., Нямсамбуу Н., Энхбаяр Б., Бямбаа Г., Ганзориг Ө., Оюунбат П, 2011. Улаанбаатар хотын хөрсний зураг. 1:25 000 масштаб.

Батхишиг О., Ганзориг Ө., Оюунбат П. 2010. Ботаникийн цэцэрлэгийн хөрсний судалгаа. Тусгай захиалгат ажил.

- Газар зохион байгуулалт, Геодези зурагзүйн газар. 2018. Хот суурин газрын ногоон байгууламжийн судалгаа.
- Готовсүрэн А, Белоголов Г.А, Эрдэнэдэлгэр Д, Янжмаа Ж. 1995. Улаанбаатар хотын экологийн геохимийн судалгааны тайлан. ЭХГУУЯ Геохимийн судалгааны товчоо. Улаанбаатар. хдс 141.
- Оюунбат П., Бямбаа Г. 2011. Үндэсний цэцэрлэгт хүрээлэнгийн хөрсний судалгаа. Тусгай захиалгат ажил.
- Оюунбат П. 2013. Улаанбаатар хотын элэгдэл эвдрэлд орсон хөрсийг нөхөн сэргээх аргагүй. Хүрэлтогоот-13. 38-41.
- Эсконт ХХК. 2013. Улаанбаатар хотын ногоон байгууламж, Цэцэрлэгжүүлэлтийн хөрөнгө оруулалтын ТЭЗҮ.
- Касимов Н.С, Лычагин М.Ю, Евдокимова А.К и др. 1995. Экогеохимия городских ландшафтов. Межгорная котловина в кн. под ред. Улан-Батор, Изд-во МГУ. стр 231-249
- Batjargal T, Otgonjargal E, Baek K, Yang JS. 2010. Assessment of metals contamination of soils in Ulaanbaatar, Mongolia. Jour Hazard Mater:183. P 876
- Batjes, N.H., 1996. Total carbon and nitrogen in soils of the world. Eur J Soil Sci;47. 151–63.
- Brown, S., Miltner, E., Cogger, C., 2012. Carbon sequestration potential in urban soils. In: Lal, R., Augustin, B. (Eds.), Carbon Sequestration in Urban Ecosystems. Springer, New York, 173-196.
- Edmondson, J.L., Davies, Z.G., McCormack, S.A., Gaston, K.J., Leake, J.R., 2014. Land-cover effects on soil organic carbon stocks in European city. Sci. Total Environ. 472, 444-453.
- Ganzorig, U., Elbegzaya, G. 2019. Soil organic carbon changes in Urban and SubUrban areas in Mongolia. Envi. Sci. Tech conf-2.
- Guo, L.B., Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. Glob Chang Biol;8. 345–60.
- Huyler, A., Chappelka, A.H., Prior, S.A., Somers, G.L., 2014. Drivers of soil carbon in residential ‘pure lawns’ in Auburn, Alabama. Urban Ecosyst. 17, 205-219.
- Kaye, J.P., McCulley, R.L., Burke, I.C., 2005. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. Glob. Change Biol. 11, 575-587.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304, 1623-1627.
- Lorenz, K., Kandeler, E., 2005. Biochemical characterization of urban soil profiles from Stuttgart. Ger. Soil Biol. Biochem. 37, 1373-1385.
- Millward, A. A., Sabir, S. 2011. Benefits of a forested urban park: What is the value of Allan Gardens to the city of Toronto, Canada? Landscape and Urban Planning;100, 177–188
- Savage, V.R., Kong, L., 1993. Urban constraints, political imperatives: environmental ‘design’ in Singapore. Landscape and Urban Planning;25, 37-52.
- Jeehwan Baea., Youngryel Ryua. 2015. Land use and land cover changes explain spatial and temporal. Landscape and Urban Planning journal 136. 57-67.
- Raciti, S.M., Hutyrá, L.R., Finzi, A.C., 2012. Depleted soil carbon and nitrogen pools beneath impervious surfaces. Environ. Poll. 164, 248-251.
- United nations., 2008. World Urbanization Prospects: the 2007 Revision, Department of Economic and Social Affairs. Executive Summary. United Nations New York.
- Yoon, T.K., Seo, K.W., Park, G.S., Son, Y.M., Son, Y., 2016. Surface soil carbon storage in urban green spaces in three major South Korean cities. Forests 7, 115.