



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд сэтгүүл

Journal of Geographical Issues

Volume 22 (1)

ISSN: 2312-8534

2022

Улаанбаатар хот 2022

**Автомашин дугуйн мөрөөр үүсэх хөрсний эвдрэл, доройтлын судалгааны
үр дүн (Шороон замын жишээн дээр)
Results of soil erosion and degradation caused by automobile tire tracks
(Cases of unpaved roads)**

©Г.Бямбабаяр^{1*}, Д.Даваадорж¹, Г.Түвшин¹
G.Byambabayar^{1*}, D.Davaadorj¹, G.Tuvshin¹

¹Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс

¹Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: byambabayar@num.edu.mn

*Corresponding author: byambabayar@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2021.11.17

Засварласан: 2021.03.06

Зөвшөөрөгдсөн: 2022.03.09

Хураангуй

Монгол улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 77.8 хувь нь их, бага хэмжээгээр цөлжилт, газрын доройтлын үйл явцад өртсөн бөгөөд үүнээс 35.3 хувь нь сул, 25.9 хувь нь дунд, 6.7 хувь нь хүчтэй, 9.9 хувь нь нэн хүчтэй зэрэглэлд хамрагдаж байна (МОЦА, 2013). Хөрсөн бүрхэвч дэх нягтшиллын нөлөөлөл нь хөдөө аж ахуй, тэр дундаа газар тариалангийн бүсэд илүү ажиглагддаг (Barnes, 1971). Хөрсний нягтшил нь хүний хөл, үхэр малын туурай, автомашины дугуйн даралтын нөлөөгөөр үүсдэг түгээмэл буюу олон талт үйл явц юм (Lull, 1959). Ихэнх судлаачид хөрсний нягтшиллыг мөн шороон замаас үүдэлтэй байдаг гэж үзсэн (Webb & Wilshire, 1978). Шороон замаас үүдэлтэй энэхүү хөрсний нягтшил нь хурдтай хөрсний элэгдэл явагдах үндсэн нөхцөл болдог (Snyder, 1976); (Iverson, 1980). Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн 2015 онд хийсэн судалгааны дүнгээс харахад, нийтдээ 3 сая га талбай техник хэрэгслийн дугуйн нөлөөгөөр талхагдалд өртсөн гэсэн мэдээ байна. Энэхүү өгүүлэл нь Монгол орны байгалийн ялгаатай бүсүүд дэх хөрсний эвдрэл, доройтолд шороон замын нөлөөлөл байдлыг харуулах зорилготой болно. Шороон замын техник хэрэгсэл нь маш их хэмжээний даралт хөрсөнд учруулж, дугуйн мөр зам дээр үлдээдэг бөгөөд энэ нь хөрсний алдрал, нягтшил цаашилбал хөрсний ус-физик шинж чанарт маш их сөрөг нөлөө, өөрчлөлтийг үзүүлдэг. 1997 оны байдлаар, Манай оронд техник хэрэгслийн дугуйн мөр нь 8000-12,000 км² талбайг цөлжилтөд өртүүлээд байгаа бөгөөд зарим газар орныг хээрийн доройтолд оруулаад байгаа гол хүчин зүйл юм (БОЯ, 1997Б). Иймээс шороон замын эрчимтэй ашиглалт нь экологийн (хөрс) тэнцвэртэй байдлыг алдагдуулсан асуудал болоод байгаа юм. Энэхүү судалгааны хүрээнд бид байгалийн 3-н өөр бүсэд орших хөрсөн бүрхэвчээс 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см гэсэн гүнүүдэд 3 давталттайгаар хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжсийг цуглуулан мөн шороон замын хөндлөн огтлолын хэмжилт хийж, лабораторийн аргаар тэдгээрийн ус-физик шинж чанарын өөрчлөлт болон алдагдсан хөрсний хэмжээг тодорхойлсон. Судалгааны үр дүнд шороон замаас үүдэлтэй нарийн ширхэгт тоос, шааранцар зэрэг нь судалгааны талбайгаас хамгийн ихдээ 30 км гаруй зайд, 100 км² талбайг хамран тархсан мөн ойт-хээрийн бүсэд шороон замын нөлөөгөөр 1 га талбайгаас алдагдсан хөрсний хэмжээ нь 196.97 тн байсан бөгөөд энэ нь тухайн цэгийн хөрсөн бүрхэвч нь шороон замын нөлөөгөөр илүү нягтшилд орсонтой холбоотой гэж үзлээ. Шороон замын энэхүү үйл ажиллагаа нь манай орны хөрсний эвдрэл, доройтолд голлох сөрөг нөлөөг үзүүлж байна.

Түлхүүр үгс: Шороон замын техник хэрэгсэл, замын мөр, хөрсний ус-физик шинж чанар, хөрсний алдрал, эвдрэл, нягтшил

Abstract

According to the 2010 Desertification Map, 77.8 percent of Mongolia's territory is affected by desertification and land degradation, of which 35.3 percent are weak, 25.9 percent are moderate, 6.7 percent are strong, and 9.9 percent are very strong. (ADM, 2013). The effect of soil compaction is more pronounced in agriculture, especially in agricultural areas (Barnes, 1971). Soil compaction is a common or multifaceted process caused by human feet, cattle hooves, and car tire pressure (Lull, 1959). Most researchers have suggested that soil compaction is also caused by unpaved roads (Webb & Wilshire, 1978). This soil compaction, caused by unpaved roads, is a key condition for rapid soil erosion (Snyder, 1976); (Iverson, 1980). According to a 2015 study by the Institute of Geography and Geoecology, a total of 3 million hectares have been destroyed by vehicle tires. The

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: Г.Бямбабаяр: Судалгааны онол, аргагүй, өгөгдөл боловсруулалт, үндсэн бичвэр; Д.Даваадорж: Үр дүнгийн хяналт, засвар; Г.Түвшин: Хээрийн судалгаа, зургийн боловсруулалт.

2312-8534/© 2022 Зохиогчийн бүх эрх хуулиар хамгаалагдсан.

purpose of this article is to show the impact of unpaved roads on soil erosion and degradation in different natural areas of Mongolia. Unpaved road vehicles put a lot of pressure on the soil and leaves tires on the road, which has a very negative effect on soil loss, compaction and further water-physical properties of the soil. As of 1997, 8000-12,000 km² of vehicle trails have been affected by desertification in Mongolia, which is a major factor in field degradation in some areas (MOE, 1997B). Therefore, the intensive use of unpaved roads has become an ecological (soil) imbalance. In this study, we collected soil bulk density samples in 3 times each from soil cover in 3 different natural zones at depths of 0-5 cm, 5-10 cm, and 10-15 cm, and measured the cross section of unpaved roads, calculated the changes in their water-physical properties by laboratory methods and the amount of soil lost. As a result of the study, fine dust and loam from the unpaved road spread over a maximum of 30 km from the study area, covering an area of 100 km², and the amount of soil lost per hectare in the forest-steppe zone was 196.97 tons. This is due to the fact that the soil cover is more compacted due to unpaved roads. The use of unpaved road has a major negative impact on soil degradation in our country.

Keywords: Unpaved road vehicles, Road trails, Soil water-physical properties, Soil loss, Erosion, Compaction

Оршил

Монгол улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 77.8 хувь нь их, бага хэмжээгээр цөлжилт, газрын доройтлын үйл явцад өртсөн бөгөөд үүнээс 35.3 хувь нь сул, 25.9 хувь нь дунд, 6.7 хувь нь хүчтэй, 9.9 хувь нь нэн хүчтэй зэрэглэлд хамрагдаж байна (МОЦА, 2013). Иймээс хөрсний эвдрэл, газрын доройтол нь өнөө үед Монгол орны экологийн тулгамдсан асуудлын нэг болоод байгаа юм. Дэлхийн ихэнх орнуудын хөдөө орон нутгийн чанартай замууд нь шороон зам байдаг боловч тэдгээр нь одоог хүртэл улс орны эдийн засгийн чухал хөшүүрэг байсаар байна. Өргөн уудам газар нутагтай, хол зайд хатуу хучилттай зам барьж байгуулах эдийн засгийн чадавх багатай улс орнуудын хувьд шороон замыг зам тээвэртээ ихээхэн ашиглаж байна. Монгол орны хувьд шороон зам нь хөдөө орон нутгийн сум суурин газруудын хоорондох болон тэдгээрийн доторх зам, хөдөө аж ахуй, уул уурхайн объектыг чиглэсэн замуудад маш ихээр ашиглагдаж байна (Бямбаа, 2011; Li et al., 2006).

Монгол улсын шороон замын уртын хэмжээг албан ёсоор тогтоогоогүй бөгөөд нийтдээ 50,000 километрээс илүү гэсэн ерөнхий тооцоо байдаг (Дэлхийн банк, 2006). бага ашигладаг хөдөөгийн нарийн шороон зам болон үндсэн чиглэлийн шороон зам дагуу олон салаалсан замыг оруулан тооцвол дээрхээс хэдэн зуу дахин их тоо гарахаар байна. Монгол орны эдийн засгийн хурдацтай өсөлт болон нийгмийн ардчиллын үр дүнд тээврийн хэрэгслийн тоо 1990-ээд оны эхэн үед 43,792 байсан бол 2000 онд тус тоо нь 81,693 болж жилд дунджаар 9 хувийн өсөлттэй гарсан байна (ҮСХ, 2000). 2016 оны байдлаар тээврийн хэрэгслийн тоо 499,152 болсон нь өмнөх оны мөн үеэс 5 орчим хувиар өссөн үзүүлэлттэй байна (ҮСХ, 2017). Монгол улсын үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ)-оос гаргасан эмхэтгэлээс харахад 2000 оноос хойш 10 жилийн хугацаанд авто замын сүлжээний урт улс орон даяар 5 дахин нэмэгдсэн байгаа бөгөөд үүнийгээ дагаад манай орны авто замын сүлжээний уртад шороон замын эзлэх хувь мөн нэмэгдээд байгаа юм (ҮСХ, 2011). 2001 оны байдлаар улсын хэмжээгээр нийтдээ 11,100 км урт замыг ашиглаж байгаа тухай тооцоо гарсан бөгөөд үүний 11.9 хувь нь хатуу хучилттай, 12.5 хувь нь сайжруулсан шороон зам байсан бол үлдсэн 75.6 хувь шороон зам байсан байна (UNESCAP, 2001). Хүмүүсийн өдөр тутмын амьдралд машин, техникийн хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр энэ нь авто замын сүлжээ, түүнтэй холбоотой сөрөг үр дагавруудыг ихээхэн нэмэгдүүлж байна. Техник хэрэгслийн дугуйн мөр нь цөлжилт үүсгэгч хүчин зүйлийн нэг юм (Batjargal, 1997; БОЯ, 1999). Швейцарын хөгжлийн агентлагийн Цөлжилтийг сааруулах төслийн тайланд шороон замыг хүний хүчин зүйлээс шалтгаалж цөлжилтөд нөлөөлж буй зүйлсийн нэгээр авч үзсэн байна (ШХА, 2014). Авто машин, техник хэрэгслийн дугуй нь маш их хэмжээний даралт хөрсөнд учруулж, дугуйн мөр зам дээр үлдээдэг бөгөөд энэ нь хөрсний нягтшил цаашилбал хөрсний эвдрэл, доройтлыг бий болгож байна.

1997 оны байдлаар, техник хэрэгслийн дугуйн нөлөөгөөр 8,000-12,000 км² талбайг цөлжилтөд өртүүлээд байгаа бөгөөд зарим газар орныг газрын доройтолд оруулаад байгаа гол хүчин зүйл юм (БОЯ, 1997Б). Шороон замын эрчимтэй ашиглалт нь хөрсний элэгдэл үүсгэж улмаар экологийн тэнцвэрийг алдагдуулж байна. Ашиглагдахгүй удаж байгаа буюу хуучин хөрсөн шороон зам нь байгалийнхаа жамаар эдгэрдэг байна (Whisenant, 1999).

Монгол орны хувьд хөрсний элэгдэл, доройтлын томоохон хүчин зүйлийн нэг болсон шороон замын асуудал маш бага судлагдсан байна. Энэхүү судалгааны хүрээнд шороон замаас хөрсөн бүрхэвчид үзүүлж буй ус-физик шинж чанарын өөрчлөлт, нөлөөллийг илрүүлэх болон

техник хэрэгслийн дугуйн үйл ажиллагаагаар алдарсан хөрсний хэмжээг тооцоолох аргагүй боловсруулах, түүний сөрөг нөлөөллийг тодорхойлохыг зорьсон.

Судалгааны ажлын хүрээнд байгалийн ялгаатай 3 бүсийг (хээр, говь, цөл) сонгон авч туршилт судалгаа хийж гүйцэтгэсэн. Замын нөлөөнд өртсөн хөрсний эзэлхүүн жин, нягтшил огцом нэмэгдэж, ус нэвчүүлэх хурд илт буурсан. Шороон замын эвдрэл нь газрын шугаман хэлбэрийн элэгдэл, эвдрэл тул шороон замаас алдарсан хөрсний хэмжээг тодорхойлох зорилгоор гуу, жалганаас алдагдах хөрсний хэмжээг тооцоолох аргыг ашигласан.

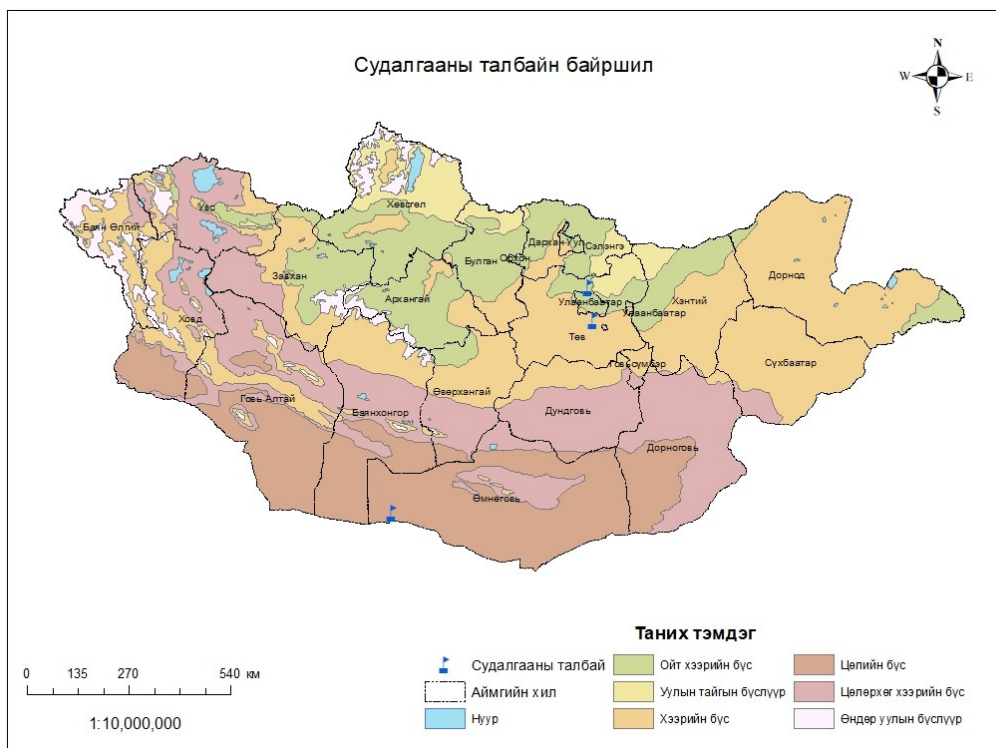
Судалгааны материал, аргазүй

Тус судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэхдээ дараах судалгааны үе шатуудыг авч үзсэн.

- Хөрсний хээрийн судалгааны арга
- Аналитик арга (Лабораторийн задлан шинжилгээ)
- Статистик тооцооллын арга

Судалгааны талбай

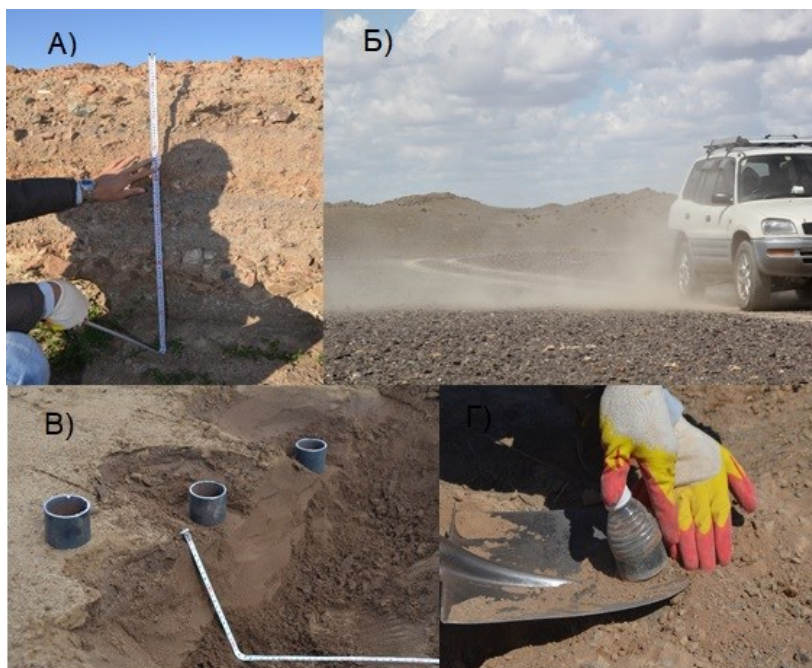
Энэхүү судалгааны ажлаар Өмнөговь аймгийн Гурвантэс (Говийн бүсийн хөрс), Төв аймгийн Сэргэлэн (Хээрийн бүсийн хөрс), Батсүмбэр сумын нутгуудыг (Ойт-Хээрийн бүсийн хөрс) байгалийн 3-н өөр бүсийн хөрсний шинж чанарыг төлөөлүүлэхээр сонгож авсан (Зураг 1).



Зураг 1. Шороон замаас үүсэх хөрсний элэгдэл, эвдрэлийн хэмжилт, туршилт хийсэн цэгүүдийн газарзүйн байршил

Өмнөговь аймгийн Гурвантэс сумын нутагт орших Шивээхүрэн хилийн боомт нь Монгол, Хятадын хилийн боомт, тэдгээрийн хилийн дэглэмийн тухай МУ-ын Засгийн газар, БНХАУ-ын Засгийн газар хоорондын дагуу зорчигч болон нүүрс тээврийн байнгын үйл ажиллагаа явуулдаг. Тус хилийн боомт хүртэлх манай орны нүүрс тээвэрлэлт шороон зам дээр явагддаг тул судалгааны талбайгаар Өмнөговь аймгийн Гурвантэс сумын нутагт орших Овоот хурал, Цахиуртын хөндий гэх газрыг хээрийн судалгааны тохиромжтой талбай гэж үзэн судалгааны талбайгаар сонгож авсан. Хээрийн туршилт, судалгааг хийж гүйцэтгэхдээ судалгааны талбайн тухайн (цэгийн) газрын хөрсний үндсэн шинж чанарыг төлөөлөхүйц эрүүл газрыг сонгон авч 1.8 тн жин бүхий автомашинаар 1, 10, 20, 30, 40, 50 гэсэн 6-н удаагийн явалтыг хийж гүйцэтгэн,

явалт тус бүрийн дараах замуудаас хөрсний эзлэхүүнт жингийн дээжлэлтийг 5-10 см, 25-30 см гэсэн гүнүүдээс 2 давталттайгаар цуглуулж, лабораторийн нөхцөлд тэдгээрийн физик шинж чанарын өөрчлөлтийг тодорхойлон, хөрсний нэвчилтийн туршилтыг явалт тус бүрийн дараа хийж гүйцэтгэсэн (Зураг 2Б). Энэхүү зургаан ялгаатай туршилтын үр дүнд хөрсний нягтшил үүссэн болохыг нотлох үүднээс туршилт тус бүрийн дараах хөрсний нэвчилтийг хэмжиж, хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжийг 5-10 см, 25-30 см гэсэн гүнүүдэд 2 давталттайгаар туршилтын нөлөөлөлд өртсөн зам, түүний хяналтын цэгийн хөрс болон одоо ашиглаж байгаа уурхайн шороон зам гэсэн 3 цэгээс авсан (Зураг 2В, Г). Замын өнгөн үе давхарга машин техник хэрэгслийн дугуйн даралтын нөлөөлөлд өртдөг гэж үзэн 20 ба 50 удаагийн явалтын дараах судалгааны шороон замын болон уурхайн шороон замын хөндлөн огтлолыг хэмжиж тэмдэглэсэн. Мөн судалгааны талбайн 2 цэгт хөрсний үндсэн зүсэлтийг хийсэн (Зураг 2А).



Зураг 2. А) ба Б) Хээрийн туршилт; В) ба Г) Хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжлэлт

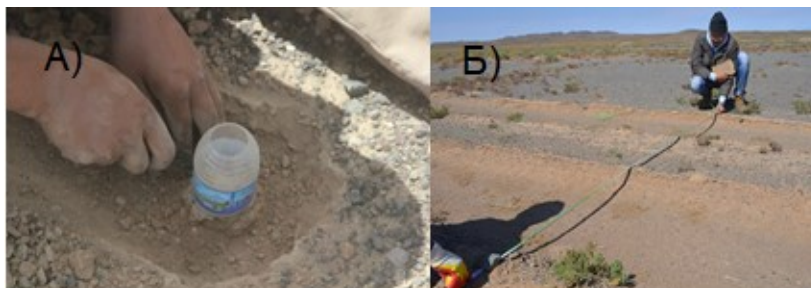
Хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжлэлт

Туршилт судалгааны талбайн хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжийг 1.8 тн жинтэй, тогтмол хурд (30 км/цаг) бүхий машинаар эрүүл хөрсөн дээрх 50 удаагийн явалтын дараах туршилтын замын болон хяналтын цэгийн хөрс гэсэн 2 цэгээс 5-10 см, 25-30 см гүнүүдэд 2 давталттайгаар авсан (Зураг 2Б). Мөн байгалийн гурван өөр бүсэд орших одоогоор ашиглагдаж байгаа шороон замаас болон хяналтын цэгийн хөрснөөс харьцуулалт хийх ба тэдгээрийн нягтшилыг тодорхойлох зорилгоор хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжийг 5 см-ийн өндөртэй, 5 см-ийн диаметртэй (2.5 см-ийн радиустай) цилиндр ашиглан 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см гүнүүдэд 3 давталттайгаар авсан (Зураг 2В,Г).

Хөрсний нэвчилтийн туршилт

Хөрсөнд ус хэр зэрэг хурдан нэвтэрч байгааг хөрсний ус нэвтрүүлэх чадвараар хэмжинэ. Ус нэвтрүүлэлтийн зэрэглэл бага байвал хөрсний гадаргад тогтоол ус бий болох ба тэр нь налуугаа дагаж урсан хөрсний элэгдэл эвдрэл буюу угаагдлыг үүсгэнэ. Хөрсний ус нэвчилтийн зэрэглэлийг тодорхойлох нь түүний нягтаршил, хөрсөн дэх ус ба агаарын солилцооны горимд дүн шинжилгээ хийх ач холбогдолтой. Хөрсний нэвчилтийг дотор нь анхдагч нэвчилт ба ханасан хөрсний нэвчилт гэж 2 хуваадаг. Анхдагч нэвчилтийг хээрийн нөхцөлд дан болон давхар цагаригийн аргаар тодорхойлно. Ханасан хөрсний нэвчилт нь янз бүрийн загварчлал тооцоонд хэрэглэгддэг гол үзүүлэлт бөгөөд мм/цаг гэсэн нэгжээр илэрхийлэгдэнэ (Баатар, 2003).

Хээрийн судалгааны үе шатанд хөрсний нэвчилтийг тодорхойлохдоо тогтмол хурд бүхий, 1.8 тн жинтэй тээврийн хэрэгслээр судалгааны талбайн эрүүл хөрсөн дээр 1, 10, 20, 30, 40, 50 гэсэн 6 удаагийн явалтын дараах хөрсний нэвчилтийн хурдын өөрчлөлтийг тооцоолсон. Туршилт судалгааны өмнө урьдчилан бэлтгэсэн хуванцар савыг ашиглан явалт бүрийн дараах дугуйн даралтын нөлөөнд өртсөн замын замын дугуйн мөрөн дээр болон харьцуулалт хийх үүднээс хяналтын цэгийн хөрсний үе давхаргад зүсэлт хийн хөрсний гадаргаас доош 3 см-ын гүнд суулгаж (Ус алдагдах боломжгүйгээр) дотор нь 300 мл хэмжээтэй ус хийж хөрсөнд бүрэн шингэх хугацааг нь бичиж тэмдэглэсэн (Зураг 3А).



Зураг 3. А) Хөрсний нэвчилт; Б) Замын хөндлөн огтлолын талбайн хэмжилт

Замын хөндлөн огтлолын хэмжилт

Замын хөндлөн огтлолыг хээрийн судалгааны болон байгалийн гурван өөр бүсийн хөрсөн шороон зам дээр хийж гүйцэтгэсэн. Ингэхдээ замын дагуух хажуугийн эрүүл хөрсийг 0 цэг болгон сонгож авсан. Дараа нь тухайн 2 цэгийн хоорондох зайг хэмжиж тэмдэглэн, уг цэгтэй перпендикуляр шулуун (метр, олс) татна. Хоёр 0 цэгийн хооронд татсан шулууныг 10 см-ийн интервалаар хуваан тухайн интервалын цэг бүр дэх замын гүнийг шугам ашиглан перпендикуляр байдлаар хэмжилт хийн дэвтэрт тэмдэглэнэ (Зураг 3Б). Дараа нь тухайн судалгааны замын уртыг тогтмол уртаар тооцоолж хэмжин, замын чиглэлийн дагуу 10 см-ийн интервалаар тухай бүр нь замын мөрний гүнд хэмжилтийг хийн хүснэгтэд тэмдэглэсэн.

Хөрсний дээжлэлт

Ямарваа нэг хөрсний хээрийн судалгаанд түүнийг бүрэн гүйцэд судлах улмаар хөрсний нэршлийг тодорхой ангиллын дагуу тогтоохын тулд хөрсний зүсэлт, дээжлэл болон түүний морфологи тогтцын бичиглэлийг хийх шаардлагатай юм. Тус судалгаа нь шороон замаас үүдэлтэй хөрсний эвдрэл, доройтлыг судалж байгаа учраас хөрсний ерөнхий шинж чанарыг тодорхойлох шаардлагатай юм. Иймээс судалгааны талбайн болон байгалийн гурван өөр бүсэд орших эрүүл хөрсөн бүрхэвчээс хөрсний дээжийг хөрсний үе давхарга бүрээс авч лабораторийн ерөнхий шинжилгээнд өгсөн. Хөрсний морфологи бичиглэл нь тухайн хөрсний шинж чанарыг тодорхойлох анхан шатны тулгуур материал болохоос гадна хөрсний гарал үүсэл, хөрс үүсгэврийн үйл явцуудыг судлах хээрийн судалгааны гол арга юм (Anon, 1975). Хээрийн судалгааны үед хөрсний зүсэлт, морфологи бичиглэл хийж дараагаар нь хөрсний үе давхарга болгоноос лабораторийн задлан шинжилгээнд зориулж дээж бэлтгэн авсан.

Хөрсний ус-физикийн шинжилгээний арга

Хөрсний шингэн төлөвийн биетийн шинж чанар, түүний олон талт үйл ажиллагааны физик ул мөрийг илтгэх бүхий л шинж чанаруудыг энд багтаан үзнэ. Өөрөөр хэлбэл, хөрсний бүх хэлбэрийн усны физик шинжүүд энд орно. Хөрсний ус-физикийн шинж, түүний ус чийгийн хими, биологийн ямарваа нөлөөлөл хийгээд үйлчлэлийг үл илэрхийлнэ (Гончигсумлаа, 2008).

Хөрсний механик бүрэлдэхүүнийг тодорхойлох Качинскийн арга

Механик бүрэлдэхүүний анализ хийх дараалал: 1 мм-ийн шигшүүрээр шигшиж бэлтгэсэн хөрснөөс 10 гр-ыг жигнэн авч шаазан ууранд хийж дээр нь 4 хувийн пирросфосфер хүчлийн натрийн уусмалаас 10 мл хийгээд резинэн зөөлөвчтэй шаазан нухуураар 15 минутын турш сайн үрж хутгаж холилдуулна. Бүрэн нухаж гүйцэсний дараа шаазан ууртай уусмалаа 1 литрийн

багтаамжтай цилиндрт 0.25 мм-ийн жижиг шигшүүрээр шүүж хийх ба шигшүүр дээрх шороог нэрмэл усаар сайн угаана. Шигшүүр дээр 1-0.25 мм-ийн диаметртэй хэсгүүд буюу том ширхэгтэй элс үлдэнэ. Энэ элсийг алдагдалгүйгээр *тигельд* хийж 105⁰С-д тогтмол жинтэй болтол нь хатааж жигнэх ба энэ нь бүдүүн ширхэгтэй элсний хэмжээ юм. Харин 1 литрийн цилиндртэй уусмалаа хуваарь 1 л хүртэл нь нэрмэл усаар дүүргээд резинэн бүлүүрээр 1 минутын турш бүлж сайн холилдуулаад тавьж тайван байлгана. Цагийг тэмдэглэж авна. Цилиндртэй уусмалаас хэзээ, уусмалын ямар гүнээс, ямар ширхэгтэй хэсгийг 25 мл-ийн шимүүрээр авахыг харуулав (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. 25 мл-ийн шимүүрээр дээж соруулан авах хугацаа, гүн

Ширхгийн диаметр (Мм)	Дээж авах гүн (См)	Дээж авах хугацаа		
		20 ⁰ С		
		Цаг	Мин	Сек
<0.05	25	-	-	115
<0.01	10	-	19	14
<0.005	10	1	16	55
<0.001	7	22	25	57

Эзлэхүүн жингийн тооцоо

Байгалийн нөхцөлд эвдрээгүй байгаа хөрсний нягтыг эзлэхүүн жин гэх бөгөөд г/см³ нэгжээр илэрхийлэгдэнэ. Хамгийн тохиромжтой эзлэхүүн жин 1.0-1.2 г/см³ орчим байдаг. Хөрсний эзлэхүүн жинг тодорхойлохдоо хээрээс хөрсний өрмийн аргаар авсан эзлэхүүн дээжийг аналитик жин дээр жигнэн гарсан жинг хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Мөн хөрсний өрмийн өөрийн жин болон хөрсний өрмийн тагийн жинг тус тус бичиж тэмдэглэнэ (Зураг 4В). Үүний дараагаар хөрсний эзлэхүүн дээжийг хатаах зууханд хийн 105⁰С-д 2 цагийн хугацаанд хатаана. Хатаасны дараагаар дээжийг аналитик жин дээр дахин жигнэн мөн хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Эцэст нь хөрсний өрмийн жингийн эзлэхүүнийг олохдоо хатаасан хөрсний массыг нийт эзлэхүүнд харьцуулан тооцож гаргана. Хөрсний өрмийн нийт эзлэхүүнийг дараах томъёогоор бодно (Баатар, 2003). Үүнд:

$$V = \pi \times r^2 \times h \quad (1)$$

Энд:

V – Хөрсний өрмийн нийт эзлэхүүн, (г/см³)

r - Хөрсний өрмийн радиус, диаметрийн хагастай тэнцүү, (см)

h - Хөрсний өрмийн өндөр, (см)

π – Тогтмол тоо бөгөөд 3.14-тэй тэнцүү



Зураг 4. А) ба Б) Хөрсний чийгийн үзүүлэлт; В) Хөрсийг жигнэх; Г) Хөрсийг хатаах

Хөрсний эзлэхүүн жингийн тооцоо (g/cm^3)

$$BD = \frac{E}{V} \times 100 \quad (II)$$

Энд:

BD – Хөрсний эзлэхүүн жин, (g/cm^3)

E – Анализад авсан үнэмлэхүй хуурай хөрсний жин, (г)

V – Цилиндрийн эзлэхүүн, (cm^3)

100 – 100 гр дээжид тооцох утга

Сүвэрхэгшилтийн тооцоо

Хөрсний хатуу хэсгээс бусад агаар, ус бүхий орон зайн эзлэх хувийг сүвэрхэгшилт гэх ба хувиар илэрхийлнэ (Баатар, 2003). Энэ үзүүлэлт нь хөрсний хамгийн их чийг багтаамж юм. Хөрсний сүвэрхэгшилт дунджаар 50 хувь орчим байдаг. Хөрсний нийт сүвэрхэгшилт нь нэгээс хөрсний эзлэхүүн жинг хөрсний хувийн жин буюу тогтмол ($2.65 g/cm^3$)-д харьцуулсан харьцааг хассантай тэнцүү юм (Зураг 4В, Г).

Хөрсний сүвэрхэгшилт (%)

$$P = \left(1 - \frac{d1}{d2}\right) \times 100 \quad (III)$$

Энд:

P – Ерөнхий сүвэрхэгшилт, (%)

d1 – Хөрсний эзлэхүүн жин (g/cm^3)

d2 – Хөрсний хувийн жин (g/cm^3)

Хөрсний бүрэн чийг багтаамж (Water Holding Capacity)

Хээрийн чийг багтаамж буюу хөрсний бүрэн чийг багтаамж нь (цаашид WHC) хөрсний чийгийн хамгийн чухал, тогтмол үзүүлэлт бөгөөд хувиар илэрхийлэгдэнэ. Хөрсний усалгааны нормыг хээрийн чийгийн багтаамжийг үндэслэж тогтоодог. Хөрс хамгийн их капилляраар өргөгдсөн усыг агуулах үеийн хөрсний чийгийн хэмжээ (Black, 1965). Үржил шимтэй ялзмагт хөрсөнд ойролцоогоор 30-35 хувь, элсэрхэг хөрсөнд 10-15 хувь байна. Ургамалд хамгийн тохиромжтой чийг нь хээрийн чийг багтаамжийн 70-80 хувь орчим байна. Хөрсний хээрийн чийг багтаамж

буюу хөрсний бүрэн чийг багтаамжийг тодорхойлохдоо хээрээс авчирсан хөрсний өрмийн эзлэхүүн дээжийг хангалттай ус бүхий (Хөрсний өрмөөс өндөр) эскалаторт хийж 24 цаг болгоно (Зураг 4Б). Энэ нь хөрс хангалттай чийгших, усжих хугацаа юм. Үүний дараагаар хөрсний эзлэхүүнт дээжийг эскалатороос гарган жигнэн, хүснэгтэд жинг тэмдэглэн авна. Мөн хөрсний өрмийн өөрийн жин болон хөрсний өрмийн тагийн жинг тус тус бичиж тэмдэглэнэ. Жигнэсний дараагаар ус, чийгээр ханасан хөрсний эзлэхүүнт дээжийг хатаах зууханд хийн 105⁰С-д 24 цаг хатаана. Хатаасны дараагаар дахин аналитик жин дээр жигнэн жинг хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Эцэст нь хөрсний бүрэн чийг багтаамжийг тодорхойлно. Хөрсний хээрийн чийг багтаамж буюу бүрэн чийг багтаамж нь хөрсний ханасан чийгийн жинг хуурай, хатаасан хөрсний жинд харьцуулсан харьцаагаар тодорхойлно (Баатар, 2003).

Хөрсний хээрийн бүрэн чийг багтаамж (%)

$$X = \frac{(B-C)}{C-A} \times 100 \quad (V)$$

Энд:

X - Хөрсний бүрэн чийг багтаамж, (%)

A - Хоосон хуурай бюксийн жин, (%)

B - Чийгээр ханасан хөрстэй бюксийн жин, (%)

C - Хатаагч шүүгээнд хатаасны дараах хөрстэй бюксийн жин, (гр)

Капиллярын чийгийн багтаамж

Капиллярын тухайн үеийн чийгийн багтаамжит чанар нь тухайн хөрсний капилляр нүх сүв нь анхныхаа байдалд байх үеийн агуулж чадах чийгийн хамгийн их хэмжээ бөгөөд хувиар илэрхийлэгдэнэ. Капиллярын чийгийн багтаамжийг тодорхойлохын тулд чийгтэй болон хуурай хөрсний жинг тодорхойлох шаардлагатай. Эхлээд хээрийн судалгааны явцад цуглуулсан хөрсний өрмийн эзлэхүүн дээжийг аналитик жин дээр жигнэн, жинг хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Үүний дараагаар хөрсний эзлэхүүн дээжийг хатаах зууханд хийн 105⁰С-д 24 цагийн хугацаанд хатаана. Хатаасны дараагаар дахин аналитик жин дээр жигнэн, жинг хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Дараа нь хатаасан хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжийг усаар дүүргэсэн эскалаторт хийн 24 цаг болсны дараагаар чийгтэй чигээр нь гаргаж ирэн аналитик жин дээр жигнэн хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Жигнэсний дараа тухайн хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжийг хатаах зууханд хийн 105⁰С-д 24 цагийн хугацаанд хатааж, хатаасан хөрсөө аналитик жин дээр жигнэн жинг хүснэгтэд тэмдэглэнэ. Мөн хөрсний өрмийн өөрийн жин болон хөрсний өрмийн тагийн жинг тус тус бичиж тэмдэглэх шаардлагатайг анхаарах хэрэгтэй. Капиллярын чийгийн багтаамж нь чийгтэй хөрсний жин болон чийгээр ханах хүртэлх, шороонд байсан усны жингийн нийлбэрийг хуурай шорооны жинд харьцуулсан харьцаагаар тодорхойлно (Баатар, 2003).

Капиллярын чийгийн багтаамжийн тооцоо (%)

$$CPV\% = \frac{(B-A+D)}{E} \times 100 \quad (IV)$$

Энд:

CPV - Капиллярын чийгийн багтаамж, (%)

B - Чийгээр ханасан шороотой цилиндрийн жин, (гр)

A - Хуурай шороотой цилиндрийн жин, (гр)

D - Чийгээр ханах хүртэлх, шороонд байсан усны жин, (гр)

E - Хуурай шорооны жин, (гр)

Замын эвдрэл, хөрсний алдралыг хэмжих арга

Хөрсний алдагдлын универсал тэгшитгэл буюу Universal Soil Loss Equation (цаашид USLE) нь энгийн ашиглахад хялбар, загварт оруулах өгөгдлийн тоо хэт олон биш, нэмэлт мэдээллийн багц шаарддаггүйгээрээ зарим нарийн нийлмэл загваруудаас давуу чанартай байдаг. Энгийн томьёолол, практик хэрэглээний давуу байдал нь нөгөө талаар хөрсний элэгдлийн бүх

нарийн үйл явцыг тооцоолох шаардлагыг орхигдуулах талтай (Умберто ба Раттан, 2008). Шороон замаас үүсэх хөрсний эвдрэл нь газрын шугаман хэлбэрийн элэгдлийн нэг учраас “Судгаас алдагдсан хөрсний хөрсний хэмжээг тооцох арга”-ыг ашиглаж, тооцоолох боломжтой гэж үзсэн. Байгалийн ялгаатай бүсүүдэд орших хөрсөн бүрхэвч, хөрсний алдралын хэмжээг тодорхойлох зорилгоор хээрийн туршилт судалгааны шатанд цуглуулсан тоон мэдээлэлд үндэслэн тэдгээрийг газрын доройтолд хамаарах судгаас (жалгын үүслийн эхний хэлбэр) алдагдсан хөрсний хэмжээг тооцох аргыг ашиглан судалгааны талбай тус бүр дэх m^2 тутмаас алдагдсан хөрсний хэмжээ буюу алдралыг тодорхойлсон (Зураг 5).



Зураг 5. Замын хөндлөн огтлолын хэмжилт

Хөндлөн огтлолын талбайн тооцоо (m^2)

$$\frac{1}{2} \times Width (m) \times Depth (m) = Cross - Sec Area (m^2) \quad (VI)$$

Энд:

Cross-Section Area (m^2) – Хөндлөн огтлолын талбай (m^2)
 $\frac{1}{2}$ - Тухайн элэгдлийн гадаргуугийн хэлбэрийн коэффициент
 Width (m) – Шороон замын мөрний өргөн (m)
 Depth (m) – Шороон замын мөрний гүн (m)

Алдагдсан эзлэхүүний хэмжээ (m^3)

$$Cross - Section Area (m^2) \times Length (m) = Volume Lost (m^3) \quad (VII)$$

Энд:

Volume Lost (m^3) – Алдагдсан эзлэхүүний хэмжээ (m^3)
 Cross-Section Area (m^2) – Хөндлөн огтлолын талбай (m^2)
 Length (m) – Тухайн шороон замын урт (m)

Алдагдсан хөрсний хэмжээ (m^3/m^2)

$$Volume Lost (m^3) \div Catchment Area (m^2) = Soil Loss \left(\frac{m^3}{m^2}\right) \quad (VIII)$$

Энд:

Soil Loss (m^3/m^2) – Алдагдсан хөрсний хэмжээ (m^3/m^2)
 Volume Lost (m^3) – Алдагдсан эзлэхүүний хэмжээ (m^3)
 Catchment Area (m^2) – Нийт талбай (m^2)

Алдагдсан хөрсний хэмжээ (tn/ha)

$$Soil Loss \left(\frac{m^3}{m^2}\right) \times Bulk Density \left(\frac{t}{m^3}\right) = Soil Loss (t/ha) \quad (IX)$$

Энд:

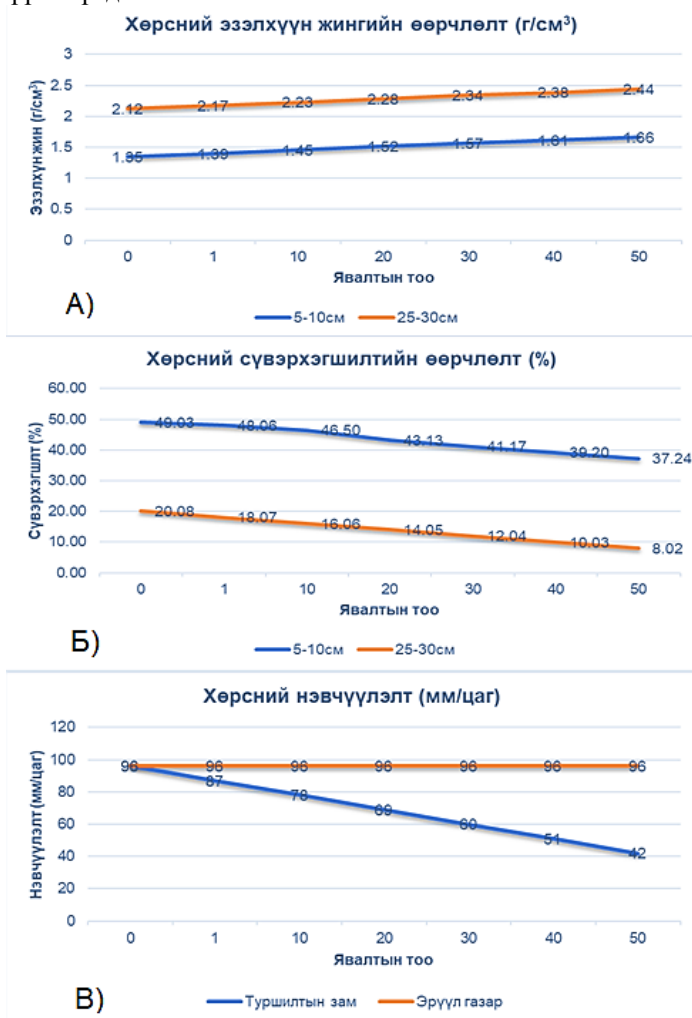
Soil Loss (m^3/m^2) – Алдагдсан хөрсний хэмжээ (m^3/m^2)
 Soil Loss (t/ha) – Алдагдсан хөрсний хэмжээ (тн/га)
 Bulk Density (t/m^3) – Эзлэхүүн жин (тн/ m^3)

Судалгааны үр дүн

Хээрийн судалгаа:

Хээрийн туршилт судалгааны үр дүнгээс харахад зургаан удаагийн явалтын дараах хөрсний эзлэхүүн жин, хяналтын цэгийн /эрүүл/ хөрстэй харьцуулахад 0.3 г/см^3 –ээр нэмэгдсэн байгаа нь автомашин нь хөрсөн бүрхэвчид тодорхой хэмжээний даралт учруулж, цаашилбал хөрсний бүтцийг алдагдуулснаар хөрсний эвдрэл, доройтол үүсэх үндсэн нөхцөлийг бий болгож байна. Хөрсний эзлэхүүн жингийн графикаас харахад автомашины явалтын тоо нэмэгдэх тусам дугуйн даралтын нөлөөлөлд өртсөн хөрс илүү нягтарч байгаа нь харагдаж байна (Зураг 6А). Мөн автомашины явалтын тооноос хамаарч хөрсний эзлэхүүн жин нь арифметик прогрессын зүй тогтлоор нэмэгдсэн буюу өссөн үзүүлэлттэй гарсан үзэж болох юм. Учир нь энэхүү судалгааны үр дүн нь (Webb et al., 1980); (Webb et al., 2012) онд Калифорнийн цөлд хийсэн туршилтын үр дүнтэй таарч байгаа учраас өөрийн туршилт судалгааг илүү бодитой, алдаа багатай явагдсан.

Хээрийн судалгааны үр дүнгээс үзэхэд хөрсний сүвэрхэгшилт автомашины явалтын тооноос хамаарч, түүнтэй урвуу хамааралтайгаар, арифметик прогрессоор буурсан буюу хяналтын цэгийн хөрстэй харьцуулахад сүвэрхэгшилтийн хэмжээ ойролцоогоор 10 хувиар буурсан (Зураг 6Б). Үндсэн шалтгаан нь автомашины дугуй нь замтай харилцан үйлчлэлцсэнээр түүнд даралт учруулж, хөрсөн дэх сүвэрхэгшилтийг бууруулж байв. Энэ нь цаашилбал хөрсний элэгдэл, доройтол үүсэх үндсэн шалтгаан болж байв.

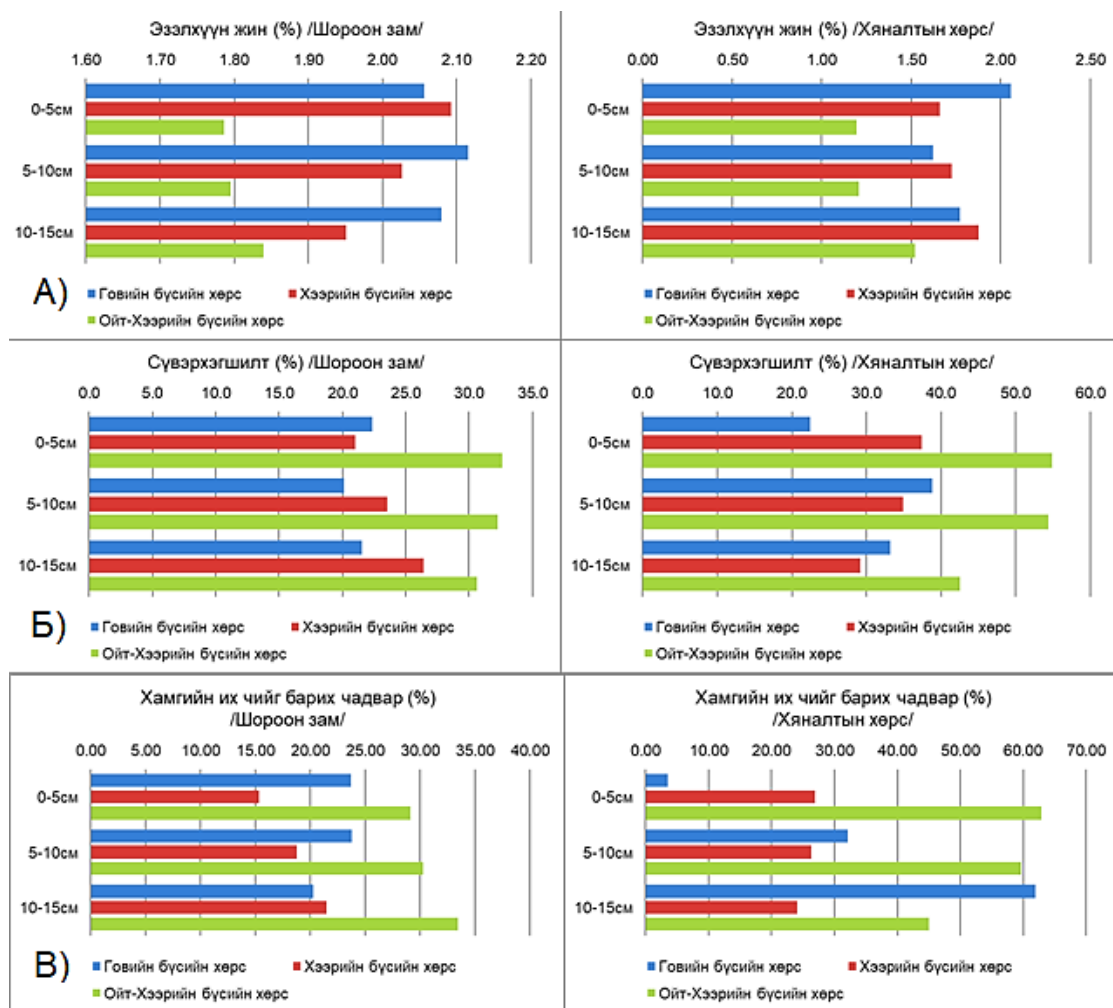


Зураг 6. А) Туршилтын дараах эзлэхүүн жингийн өөрчлөлт; Б) Туршилтын дараах сүвэрхэгшилтийн өөрчлөлт; В) Туршилтын дараах хөрсний нэвчүүлэлт

Хөрсний нэвчүүлэлт нь хөрсний бүтэц, тэр дундаа хөрсний сүвэрхэг байдалтай шууд холбоотой юм. Хэрвээ хөрсний бүтэц алдагдаагүй буюу сүвэрхэг байдал нь их байвал, түүний ус шингээх чадвар төдий чинээ их байна гэсэн үг юм. Хээрийн туршилт, судалгааны дүнгээс үзэхэд явалтын тоо ихсэх тусам, хөрсний нэвчүүлэх чадвар буурсан байна (Зураг 6В). Энэ нь ойролцоогоор 6 явалтын дараагаар хөрсний нэвчүүлэх чадвар 40 гаруй хувиар буурсан үзүүлэлттэй гарсан байна. Өөрөөр хэлбэл автомашины дугуй нь хөрсөн бүрхэвчид даралт учруулснаар тухайн хөрсний бүтцийг алдагдуулж байгаа гэсэн үг юм.

Хөрсний ус-физикийн шинж чанарын өөрчлөлт:

Автомашин, техник хэрэгслийн дугуй нь хөрсөнд даралт учруулж, хөрсний эзлэхүүн жинд маш хүчтэй сөргөөр нөлөөлдөг нь харагдаж байна. Ялангуяа шороон замын нөлөөгөөр замын өнгөн хэсэг техникийн дугуйн даралтад маш их өртдөг бөгөөд говь, цөлийн бүсэд хээрийн болон ойт-хээрийн бүстэй харьцуулахад тухайн шороон замын мөрнөөс доош 5-10 см-ийн гүнд хамгийн их нягтардаг нь дүнгээс харагдаж байна (Зураг 7А). Гэхдээ энэхүү үр дүнд тухайн техник хэрэгслийн даац, замын зориулалт-төрөл, хөрсний механик бүрэлдэхүүний хэмжээ зэргийг харгалзан үзэх нь зүйтэй юм.



Зураг 7. А) Эзлэхүүн жингийн харьцуулалт ($г/см^3$); Б) Сүвэрхэгшилтийн харьцуулалт (%); В) Хөрсний бүрэн чийг багтаамжийн харьцуулалт (%)

Үр дүнгээр шороон замын техник хэрэгсэл нь хөрсийг дарж нягтруулснаар, хөрсний бүтэц алдагдаж, хөрсөнд нягтшил үүсэж сүвэрхэг байдал нь энгийн хөрстэй харьцуулахад ихээхэн багассан байсан нь тогтоогдсон (Зураг 7Б). Хөрсний сүвэрхэгшилт нь хөрсний эзлэхүүн жинтэй

шууд хүчтэй урвуу хамааралтай байдаг. Үүнтэй холбоотойгоор ойт-хээрийн болон говийн бүсийн хөрсөнд эзлэхүүн жин болон сүвэрхэгшилтийн урвуу хамаарал илэрсэн байна.

Хөрсний бүрэн чийг багтаамж нь хөрсний эзлэхүүн жинтэй урвуу хамааралтай бол сүвэрхэгшилттэй шууд хамааралтай байна. Судалгааны талбайн хөрсний бүрэн чийг багтаамжийн графикаас харахад говийн хөрсөн шороон замын хувьд 0-5 см-ийн гүнд хамгийн их чийг барих чадвар нь замын хөрстэй харьцуулахад эрүүл хөрсөнд бага байгаа нь нүүрс тээврийн даацын машин говийн хөрсний өнгөн үе болох элсэн хучаасны үеийг эвдэлж байхгүй болгосонтой холбоотой юм (Зураг 7В). Энэ нь хөрсний шинж чанартай холбоотой бол бусад хөрснүүдийн хувьд өөр гүнүүдэд авч үзэхэд эзлэхүүн жинтэй урвуу хамааралтай байв.

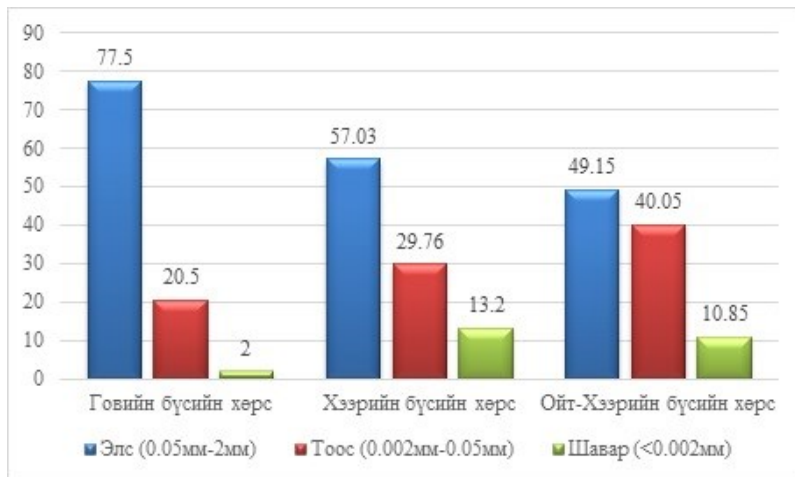
Хүснэгт 2. Хөрсний гүн болон шинж чанарын харилцан хамаарал

Байгалийн бүс	Төрөл	Гүн, см	Эзлэхүүн жин (г/см ³)	Сүвэрхэгшилт (%)	Хөрсний бүрэн чийг багтаамж (%)	Капиллярын чийгийн багтаамж (%)
Говийн бүс	Замын хөрс	0-15 см	0.376	-0.376	-0.861	-0.954
	Хяналтын хөрс	0-15 см	-0.644	0.644	1.000	0.997
Хээрийн бүс	Замын хөрс	0-15 см	-0.999	0.999	0.998	0.968
	Хяналтын хөрс	0-15 см	0.976	-0.976	-0.946	-1.000
Ойт-Хээрийн бүс	Замын хөрс	0-15 см	0.936	-0.936	0.968	0.840
	Хяналтын хөрс	0-15 см	0.885	-0.885	-0.938	-0.991

Судалгааны цэгүүдээс цуглуулсан хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжлэлтийн гүний болон хөрсний ус-физикийн үндсэн шинж чанарууд болох эзлэхүүн жин, сүвэрхэгшилт, хөрсний бүрэн чийг багтаамж болон капиллярын чийгийн багтаамжийн харилцан хамаарлыг тодорхойлсон болно. Судалгааны үр дүнд говийн шороон замын хөрсний сүвэрхэгшилтийн хэмжээ нь хөрсний эзлэхүүн жингийн дээжийн гүнтэй -0.376 буюу сул урвуу хамааралтай гарсан нь говийн хөрсний өнгөн давхарга буюу элсэн хучаас үе алдагдсантай холбоотой юм. Харин хээрийн бүсийн эрүүл хөрсний капиллярын чийгийн багтаамж нь гүнтэйгээ -1 гэсэн утгыг үзүүлж байгаа нь капиллярын чийгийн багтаамж нь гүнтэйгээ хүчтэй урвуу хамааралтай байгааг илтгэж байна. Энэ нь өөрөөр хэлбэл гүн нэмэгдэхийн хирээр капиллярын чийгийн багтаамж багасаж байгаа гэсэн үг юм. Мөн хээрийн бүсийн эрүүл болон замын хөрсний гүнүүдийн, ус-физик шинж чанартай үзүүлэх хамаарал нь хүчний түвшний хувьд хүчтэй зэрэглэлд хамаарч байна (Хүснэгт 2). Харин Монгол орны цөлжилтийн атлас (2013)-т “Монголын хөрсний элэгдэх байдал нэлээд өндөр бөгөөд нийт хөрсний 55 гаруй хувь нь их, маш их элэгдэлд өртөмтгий” гэж ангилсан (ГХ ба БОМТ, 2013). Харин бага зэрэг элэгдэлд өртөмтгий хөрс маш бага талбайг эзэлж хээрийн бүсийн 30 гаруй хувьд нь дунд зэрэг өртөмтгий хөрс тархсан нь харьцангуй элэгдэл эвдрэлд тогтвортой хэмээн үзэж болно” гэсэн жишээгээр тайлбарлаж болох юм.

Хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүний харьцуулалт:

Хөрсний өнгөн үе элэгдэж алдагдан доод үе давхарга нь ил гарснаар хүнд шаварлаг хэсэг, хайрганы орц ихсэж, органик бодисын агууламж эрс буурдаг учир амархан дагтаршдаг. Хөрсний элэгдэл хурдацтай явагдсан В давхаргын ихэнх шаварлаг хөрс нягтрах хандлагатай байдаг.



Зураг 8. Хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүний харьцуулалт

Хөрсний элэгдэл нь үржил шимт өнгөн хөрснөөс ялгаатай доод үе давхаргуудыг гадаргад ил гаргах ба эдгээр давхарга нь хэврэг, элэгдэлд өртөмтгий байдаг. Элэгдсэн хөрсний гадаргад борооны дуслын нөлөөгөөр өрөмтөж, дайрх нь хялбархан болох ба ус нэвчилт буурч, хөрсний бүтэц өөрчлөгддөг. Гадаргад ил гарсан доод үе давхарга нь шаврын агууламж ихтэй (ялангуяа V_t давхарга) тул хагарал, ан цав амархан үүсэх нөхцөл болдог. Хөрсний элэгдэл нь өнгөн хөрснөөс өөр механик бүрэлдэхүүнтэй доод үе давхаргын нарийн жижиг хэсгүүд нь зөөгдөн алдагдахад хүргэж, ширхгийн бүрэлдэхүүнийг өөрчилнө. Шимт хөрс алдагдах тусам хөрсний эзлэхүүн жин, нягтрал ихэснэ. Хөрсний элэгдэл нь сүвэрхэгшилтийг бууруулж, доод үе давхарга нь нягт, цул бүтэцтэй болдог учир эзлэхүүн жин нэмэгдэн, ургамалд ашигтай чийг, ус нэвчилт ба ус дамжуулалт буурдаг (Умберто ба Раттан, 2008). Эндээс үзэхэд хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүн нь хөрсний элэгдэл, эвдрэлд ихээхэн нөлөөг үзүүлдэг. Говийн хөрс нь ширхгийн бүрэлдэхүүний хувьд элсэн ширхэг буюу 0.05 мм-2 мм хэмжээтэй ширхгийн хэмжээ ихтэй байгаа нь шороон замын эвдрэлд өртөх үндэс болж байгаа хэдий ч автомашины дугуйн даралтын нөлөөгөөр алдагдах хөрсний хэмжээтэй урвуу хамааралтай байна. Хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүнд элсэн ширхэг, элсэнцрийн агууламж их байх нь хөрс хими-физикийн шинж чанарын өөрчлөлтөд хамгийн эмзэг буюу өртөмтгий байхад хүргэж байна. Харин хээрийн хөрсөнд шаврын агууламж буюу (<0.002 мм) бүхий ширхгийн хэмжээ бусад төрлийн хөрстэй харьцуулахад их байгаа нь хөрсний эвдрэл, доройтол, шороон замын нөлөөлөлд автах нөлөөлөл бага байгаатай холбож тайлбарлаж болох юм (Зураг 8).

Замын эвдрэл, хөрсний алдралын тооцоо:

Газрын доройтлын үед хөрснөөс алдагдах нь судалгааны цэг бүрт харилцан адилгүй бөгөөд алдагдах хөрсний хэмжээг дараах байдлаар тодорхойлсон (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Шороон замын нөлөөгөөр алдагдсан хөрсний хэмжээ

Байгалийн бүс	Говь, цөлийн бүс		Хээрийн бүс		Ойт-Хээрийн бүс	
	Зам	Хяналтын цэг	Зам	Хяналтын цэг	Зам	Хяналтын цэг
Төрөл						
Хөндлөн огтлол (m^2)	0.20	0.20	0.11	0.11	0.13	0.13
Алдагдсан эзлэхүүний хэмжээ (m^3)	20.47	20.47	11.28	11.28	13.00	13.00
Алдагдсан хөрсний хэмжээ (m^3/m^2)	0.06	0	0.04	0	0.04	0
1 га талбайгаас алдагдсан хөрсний хэмжээ (тн/га)	1330.81	1164.46	775.20	671.59	713.03	516.0606
Дугуйн даралтын нөлөөгөөр алдагдсан хөрсний хэмжээ (тн/га)	166.35		103.62		196.97	

Үр дүнгээс үзэхэд шороон замын нөлөөллийн үр дүнд 1 га талбайгаас алдагдах хөрсний хэмжээ говийн бүсэд 1330.81 тн, хээрийн бүсэд 775.20 тн, ойт-хээрийн бүсэд 713.03 тн байв. Учир нь шороон замын нөлөөгөөр алдагдсан эдгээр хөрсний хэмжээнээс тус бүрийн эрүүл хөрсөн дэх алдралын зөрүүг хасахад зөрүү нь говийн бүсэд 166.35 тн, хээрийн бүсэд 103.62 тн,

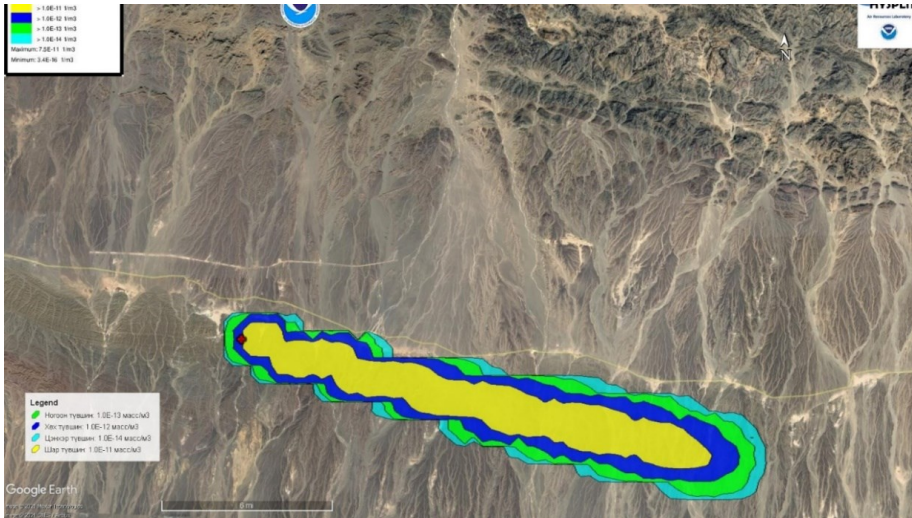
ойт-хээрийн бүсэд 196.97 тн байна. Эндээс харахад эдгээр байгалийн бүсүүд дундаас ойт-хээрийн бүсээс автомашины дугуйн даралтын нөлөөгөөр алдагдсан хөрсний хэмжээ их байгаа нь харагдаж байна (Хүснэгт 3). Энэ нь эрүүл хөрс болон дугуйн нөлөөлөлд автсан хөрсний эзлэхүүн жингийн зөрүүтэй шууд холбоотой юм. Учир нь говийн бүсийн шороон зам болон эрүүл хөрсний эзлэхүүн жингийн зөрүү ойролцоогоор 0.26 г/см^3 , хээрийн бүсэд 0.27 г/см^3 бол ойт-хээрийн бүсэд энэ нь бараг 2 дахин их буюу 0.5 г/см^3 байгаа нь дугуйн даралтын нөлөөгөөр алдагдсан хөрсний хэмжээ ойт-хээрийн бүсэд их байгаа нь эзлэхүүн жин буюу нягтшилтай шууд холбоотой нь харагдаж байв (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Эзлэхүүн жин (г/см^3)

Хөрсний төрөл	Төрөл	Гүн (см)	Дундаж эзлэхүүн жин (г/см^3)
Говийн бүсийн хөрс	Шороон замын хөрс	0-15 см	2.08
	Хяналтын цэг	0-15 см	1.82
Хээрийн бүсийн хөрс	Шороон замын хөрс	0-15 см	2.02
	Хяналтын цэг	0-15 см	1.75
Ойт-Хээрийн бүсийн хөрс	Шороон замын хөрс	0-15 см	1.81
	Хяналтын цэг	0-15 см	1.31

Алдагдсан хөрсний нөлөөллийн талбай, тархалтын тооцоо:

Судалгаанаас үзэхэд шороон замын элэгдэл, эвдрэлд хамгийн эрчимтэй өртөж буй цэг нь говийн замууд юм. Говийн бүсэд шороон замын нөлөөгөөр алдагдсан хөрсний нөлөөллийн талбай, тархалтыг дараах байдлаар тодруулав (Зураг 9).



Зураг 9. Хөрсний алдралын нөлөөллийн талбай

Шороон замаар алдагдсан хөрсний нөлөөллийн талбай, тархалтын зургаас харахад $1.0 \cdot 10^{-11} \text{ мг/м}^3$ агууламж (шар төвшин) бүхий хөрс, тоос тухайн судалгааны цэгээс зүүн урагш 27 км зайд, $1.0 \cdot 10^{-12} \text{ мг/м}^3$ агууламж (хөх төвшин) бүхий хөрс, тоос мөн зүүн урагш 28 км зайд, $1.0 \cdot 10^{-13} \text{ мг/м}^3$ агууламж (ногоон төвшин) бүхий хөрс, тоос зүүн урагш 29 км зайд, $1.0 \cdot 10^{-14} \text{ мг/м}^3$ агууламж бүхий (цэнхэр төвшин) хөрс, тоос зүүн урагш ойролцоогоор 30 км хүртэл зайд тархсан байна. Шороон замын хөрсний нарийн ширхэг, тоосны энэхүү тархалт нь тухайн үеийн цаг агаарын байдал, тэр дундаа салхины эрчим, хурд, хүчтэй шууд холбоотой юм. Мөн энэхүү тоосны тархалтын нөлөөллийн талбайг урт, өргөний үржвэрээр тооцож үзэхэд ойролцоогоор 100 км^2 гаруй талбай нь шороон замын тоосон бүрхэвчийн нөлөөлөлд автсан гэсэн тооцоо гарсан. Мөн энэхүү тархалтад хамгийн ихдээ $7.5 \cdot 10^{-11} \text{ мг/м}^3$ агууламж бүхий хөрс, тоос агуулагдаж байсан бол хамгийн бага нь $3.4 \cdot 10^{-16} \text{ мг/м}^3$ агууламж бүхий хөрс, тоос агуулагдаж байв (Зураг 9).

Хэлэлцүүлэг

Шороон зам нь хөрсний доройтлын томоохон эх үүсвэр болохоос гадна хүрээлэн буй орчны бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд сөрөг нөлөөтэй талаарх судалгааны ажлууд хийгдсэн байна. Шороон замаас үүсэх доройтлын судалгаанд ихэвчлэн газрын талхидал, ургамлан бүрхэвчийн

өөрчлөлт, хөрсний суулт, шилжилтийг голчлон авч үзсэн байна. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хөрсний хими, физик шинж чанарт үзүүлж буй сөрөг нөлөөллийг илрүүлэх, дугуйны хөдөлгөөнөөр зөөгдөлд орох хөрсний хэмжээг тодорхойлох аргагүйг туршсан. Энэхүү судалгааны явцад нөлөөлөлд орсон шороон замын хөрсний механик бүрэлдэхүүнээс яг ямар механик бүрэлдэхүүн, хэр их хэмжээтэйгээр зөөгдсөнийг тооцоолоход бэрхшээлтэй тулгарсан. Энэ нь тухайн нөлөөлөлд автсан шороон замын /эвдрэлд орсон/ хөрсний механик бүрэлдэхүүнийг тухайн нөлөөлөлд автсан шороон замын нэгэн хэсэг мөн болохыг олж тогтоох техник технологитой холбоотой юм.

Цаашид энэ төрлийн судалгаанд тухайн замын элэгдэл, эвдрэлийн нөлөөлөлд автсан цэгээс хөрсний алдралыг тооцоолохдоо хөрсний изотопын аргачлалыг ашиглах, хяналтын цэгийн болон нөлөөлөлд автсан шороон замын хөрсний механик бүрэлдэхүүний харилцан хамаарлыг нарийвчлан тооцоолох шаардлагатай юм. Уг судалгаа нь манай орны шороон замын хөрсөн бүрхэвчид үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл, тэр дундаа байгалийн ялгаатай бүсүүдэд орших хөрсөн бүрхэвч бүхий шороон замын хөрсний ус-физик шинж чанарын өөрчлөлт болон хөрсний алдралын хэмжээг лабораторийн аргаар хөрсний текстурээс хамааруулан тодорхойлсон нь ач холбогдолтой юм. Шороон замаас үүдэх хөрсний элэгдэл, доройтлыг хөрс, газрын доройтлын нэг хэлбэр учраас онцгой ач холбогдолтой юм.

Дүгнэлт

Шороон зам нь байгаль дахь эрүүл хөрсний ус-физикийн шинж чанарт ихээхэн сөргөөр нөлөөлдөг нь нотлогдож байна. Хөрсний ширхгийн агууламж болон тэдгээрийн хэмжээ нь хөрсний эвдрэл, элэгдэлтэд хамгийн их нөлөөлж байна. Тодруулбал, хөрсний хими шинж чанарын дүнгээс үзэхэд элсний агууламж их байх тусам тухайн хөрс нь элэгдэлтэд их эмзэг буюу амархан өртдөг бол харин эсрэгээр шаврын агууламж ихсэх тусам хөрсний элэгдэл, физик нөлөөлөлд илүү тэсвэртэй байв.

Хөрсний алдрал болон замын хөндлөн огтлолын хэмжээнээс харахад ойт-хээрийн хөрс нь говийн болон хээрийн хөрстэй харьцуулахад хамгийн их хөрсний алдагдал буюу суулт, эвдрэлд өртөж байна. Энэ нь ойролцоогоор 1 га талбайгаас 196.97 тн хөрс алдагдсан байна. Энэ нь ерөнхийдөө тухайн бүс нутгийн шороон замын ашиглалтын эрчим болон хөрсний нягтшил их байгаатай холбоотой гэж үзлээ.

Судалгааны талбайн хөрсний шавран буюу жижиг хэсэг, ширхгүүд нь агаарын урсгалын нөлөөгөөр тухайн цэгээс салхины чиглэлийн дагууд ойролцоогоор 30 орчим км зайд тархсан. Энэ нь тухайн цаг үе, момент тус бүр дэх цаг агаарын нөхцөл байдлаар шууд тодорхойлогдоно.

Хөрсний ус-физик шинж чанарын үр дүнгээс үзэхэд шороон замын нөлөөгөөр хөрсний ялзмагт үе А (өнгөн үе), мөн хуримтлалын В үе давхаргын дээд хэсэг (дээд үе) (~30 см) хамгийн их элэгдэлтэд өртдөг.

Автомашин хөдөлгөөн буюу шороон замаас үүсэх хөрсний элэгдэл, эвдрэлийн эрчим нь тухайн хөрсний механик бүрэлдэхүүнээс шалтгаалан харилцан адилгүй байна.

Говийн бүсийн хөрсний физик шинж чанарт, дугуйн даралт хамгийн их сөрөг нөлөөг үзүүлж байгаа бол хөрсний алдралын хувьд ойт-хээрийн бүсэд их байгаа нь хяналтын цэгийн (эрүүл) хөрс болон шороон замын /Нөлөөлөлд өртсөн/ механик бүрэлдэхүүнтэй шууд холбоотой нь харагдаж байна.

Хөрсний эзлэхүүн жин нь алдагдсан хөрсний хэмжээг тодорхойлогч коэффициентын үүрэг гүйцэтгэдэг болохыг онолыг баталж байна.

Хөрсний ус-физик шинж чанарын өөрчлөлтөөс үзэхэд шороон зам нь хөрсний шинж чанарт шууд нөлөө үзүүлж буй хөрсний доройтол үүсгэгч эх үүсвэр болох нь харагдаж байна.

Талархал

Уг судалгааны ажлыг 2016-2020 оны хооронд МУИС-ийн Газарзүйн тэнхим болон БНХАУ-ын Шинжлэх Ухааны Академийн харьяа Газарзүй-Байгалийн нөөцийн хүрээлэнгийн хамтран хэрэгжүүлсэн “Хил орчмын бүс нутгийн шороон замын эвдрэлийн судалгаа” сэдэвт төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэсэн. Тус судалгааг хийж гүйцэтгэхэд туслалцаа үзүүлсэн БНХАУ-ын Шинжлэх Ухааны Академийн Газарзүй-Байгалийн нөөцийн судалгааны хүрээлэнгийн нөөц ба Байгаль орчны мэдээллийн системийн төв лабораторийн эрхлэгч

профессор Wang Juanle болон МУИС-ийн Газарзүйн тэнхимийн судалгааны багийн хамт олонд талархал илэрхийлье.

Ном зүй

- Аринушкина, Е.В. (1962). *Руководство по химическому анализу почв*. 2-е изд. - М.: изд-во МУ, 488 с.
- Баатар, Р. (2003). *Хөрсний хими, агро хими, ус физикийн шинж чанаруудыг тодорхойлох аргууд*. Улаанбаатар хот, Газарзүйн хүрээлэн, Жинст Харгана, 168
- Байгаль орчны яам (БОЯ). (1997Б). *Монгол улсын биологийн олон янз байдлыг хамгаалах үйл ажиллагааны төлөвлөгөө*. Улаанбаатар хот.
- Байгаль орчны яам (БОЯ). (1999). *Монгол Орны Байгалийн Гамшигийн мэдээлэл*. Улаанбаатар хот.
- Бямбаа, Г. (2011). Монгол орны шороон замын эвдрэл, доройтол ба нөхөн сэргэлтийн судалгаа. *МОГЗА*, Улаанбаатар хот, 39-45
- Геоэкологийн хүрээлэн ба Байгаль орчны мэдээллийн төв. (2013). *Монгол орны цөлжилтийн атлас*. Улаанбаатар хот. Адмон хэвлэлийн газар
- Гончигсумлаа, Ч. (1997). *Хөрсний газарзүй*. Улаанбаатар хот, Ардын хэвлэлийн хороо, 77-85
- Гончигсумлаа, Ч. (2008). *Хөрс судлал, үүсэл, тархалт, ангилал*. Улаанбаатар хот, 187-226
- Доржготов, Д. (2003). *Монгол орны хөрс*. Улаанбаатар хот, Адмон хэвлэлийн газар, 251-287
- Дэлхийн банк. (2006). *Цөлжилтийн тухай*. Улаанбаатар хот, 31-32
- Умберто, Б., Ратган, Л. (2008). *Хөрс хамгаалал ба менежментийн зарчим*. Улаанбаатар хот, Мөнхийн үсэг ХХК, 566-567
- Үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ), (2000, 2011, 2017). *Статистикийн эмхтгэл*. Улаанбаатар хот. 15-67, 78-98
- Швейцарын хөгжлийн агентлаг (ШХА), (2014). *Цөлжилтийг сааруулах төслийн тайлан*. Улаанбаатар хот.
- Anon. (1975). *Munsell soil color charts*. Kollmorgen Corporation, Baltimore, MD.
- Barnes, K. K. (1971). *Compaction of agricultural soils* (No. 631.43 B3).
- Batjargal, Z. (1997). *Desertification in Mongolia*. Agricultural Research Institute of Iceland.
- Black, C.A. (1965). *Methods of Soil Analysis: Part I Physical and mineralogical properties*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. Retrieved from: <http://nature.berkeley.edu/soilmicro/methods/Soil%20moisture%20content.pdf>
- Iverson, R. M. (1980). Processes of accelerated pluvial erosion on desert hillslopes modified by vehicular traffic. *Earth Surface Processes*, 5(4), 369-388.
- Li, S. G., Tsujimura, M., Sugimoto, A., Davaa, G., & Sugita, M. (2006). Natural recovery of steppe vegetation on vehicle tracks in central Mongolia. *Journal of Biosciences*, 31(1), 85-93.
- Lull, H. W. (1959). *Soil compaction on forest and range lands* (No. 768). Forest Service, US Department of Agriculture. 11-33.
- Snyder, C. T. (1976). *Effects of off-road vehicle use on the hydrology and landscape of arid environments in central and southern California* (Vol. 76). Geological Survey, Water Resources Division.
- United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP). (2001). *The road networks connecting China*. New-York, 1-106.
- Webb, R. H., & Wilshire, H. G. (1978). An Annotated Bibliography of the Effects of Off-Road Vehicles on the Environment. *An Annotated Bibliography of the Effects of Off-Road Vehicles on the Environment.*, 78-149.
- Webb, R. H., & Wilshire, H. G. (1980). Recovery of soils and vegetation in a Mojave Desert ghost town, Nevada, USA. *Journal of Arid Environments*, 3(4): 291-303. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196318316343>
- Webb, R. H., & Wilshire, H. G. (Eds.). (2012). *Environmental effects of off-road vehicles: impacts and management in arid regions*. Springer Science & Business Media. 1-535.
- Whisenant, S. (1999). *Repairing damaged wildlands: a process-orientated, landscape-scale approach* (Vol. 1). Cambridge University Press, 11-312.