

ХАРШОРООН ХӨРСНИЙ ЧИЙГИЙН ДИНАМИК

Г.БЯМБАА¹, Т.ТЭЛМЭН

ШУА. Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн

Byambaa87@gmail.com

Chernozem soil Moisture Dynamic

Chernozem is very fertile and can produce high agricultural yields with its high moisture storage capacity. The purpose of this research is to identify the moisture dynamic of *Chernozem* using high temporal resolution and accuracy data. We measured soil moisture every one hour for 2 years using TDR method in Bornuur soum, Tuv province Mongolia. During measurement period (2016, 2017), average soil volumetric water content was between 10.6 (% VWC) and 15.4 (% VWC). Snow melting has significant impact on soil moisture after mid-March and it becomes dry until rain. Rain which occurred in June, July and August is main source of soil moisture and soil keeps that moisture until October. Soil moisture was the highest in June and July of 2016 (23.3-27.8%) and August and September of 2017 (21.8-24.2%) which occurred lot of precipitations. In winter months (December to February) soil moisture was between 2.7% to 8.7%.

Түлхүүр үг: Хөрсний чийг, харшороон хөрс, чийгийн мониторинг

Оршил

Хөрсний чийг нь газрын гадарга болон агаар мандал хоорондын харилцан үйлчлэлд чухал үүрэгтэй оролцож (Pielka, 2001; Wang et al., 2007) уур амьсгалын өөрчлөлтийг тод мэдэрдэг газрын гадаргын чухал бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн нэг (Delworth & Manabe, 1993). Олон төрөл зүйл ургамал, амьтны амьдралд хөрсний чийг чухал нөлөө үзүүлдэг (Castro et al, 2010). Үүнээс гадна зарим гидрологийн үйл явц хөрсний чийгээс хамаардаг. Жишээлбэл: хур тунадас, гадаргын урсац, хөрсний нэвчилт, газрын доорх усны түвшний өөрчлөлт, бохирдлын зөөгдөл зэрэг болно (Chen et al., 2009; Li et al., 2014; Tamea et al., 2009).

Харшороон хөрс нь зузаан хар бараан үе давхаргатай байх ба органикын агууламж өндөр байдаг. 1883 онд оросын эрдэмтэн В.В.Докучаев энэ хэв шинжийн хөрсийг “*Chernozem*” гэж нэрлэсэн ба олон улсын FAO-н ангилалд энэ нэрээр нэрлэгддэг. Энэ хэв шинжийн хөрс нь органикийн агууламж өндөртэйгөөс гадна чийг сайн барьдаг (FAO, 2001) учраас газар тариаланд ашиглахад өндөр үр бүтээмжтэй. Монгол орны умард, дорнод хэсэгт уулсын хоорондох нарийвтар ам хөндий, уул хаяалсан нам ухаа гүвээ, голын өндөр

¹ БЯМБАА G. Institute of Geography-Geocology, MAS

дэнж зэрэг гадаргаар багахан талбайг хамарч алаг цоог байдалтай тархсан байдаг (Доржготов, 2003).

Харшороон хөрсний ус-физик шинж чанар, чийгийн горимыг Архангай аймгийн Төвшрүүлэх суманд судалснаар 1972 онд хөрсний чийг 55-60 см хүртэл нэвчиж, 1973 онд VII-р сарын 2-р хагас хүртэл хуурай байж, 1974 онд бүх үе давхаргадаа чийг элбэгтэй байжээ (Худяков, 1978).

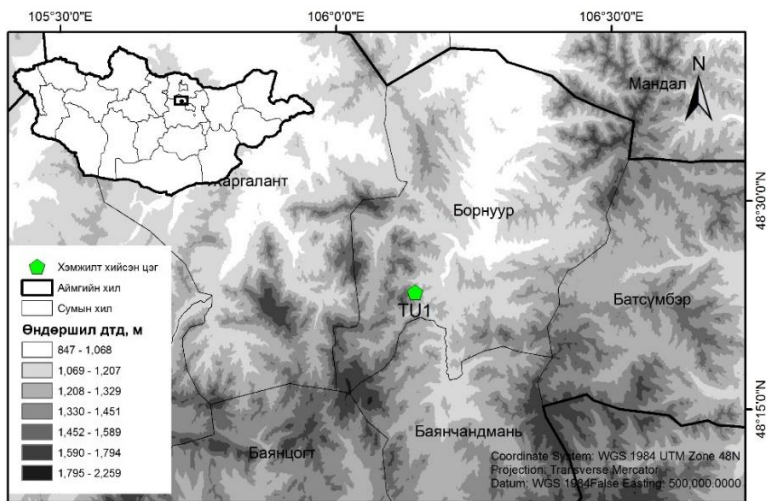
Хөрсний чийг хэмжих олон арга байдаг ба тэдний нэг нь хөрсний цахилгаан долгионыг тусгаарлах шинж чанар (диэлектрик) дээр суурилсан TDR (Time Domain Reflectometer) арга юм. TDR аргыг анх харилцаа-холбооны салбарт холбооны кабелийн алдаа, гэмтлийг олоход ашигладаг байсан (Baker & Allmaras, 1990) ба Fellner-feldeg (1969) энэ аргаар шингэний диэлектрик тогтмолыг хэмжихэд ашиглаж болохыг харуулсан. Хөрсний чийгийн судалгаанд TDR аргыг анх Топп et al (1980) ашиглаж өндөр нарийвчлалтайгаар хөрсний чийгийг тодорхойлох боломжтойг тогтоожээ. Энэ аргыг хөрсний чийгийн судалгаанд ашиглах нь бусад чийгийн судалгааны аргуудтай харьцуулахад дараах давуу талуудтай. Үүнд : 1/ үр дүнгийн нарийвчлал сайн 2/ тохируулга-calibration бага, олон тохиолдолд хөрснөөс хамаарсан ямар нэгэн тохируулга хийх шаардлагагүй гэхдээ илүү нарийвчлалтай үр дүн шаардлагатай тохиолдолд тохируулга хийж болно 3/ байгаль орчинд хор хөнөөлтэй чанар байхгүй 4/ үр дүн нь цаг хугацаа, орон зайн маш өндөр нарийвчлалтай 5/ нэг суурилуулсан тохиолдол арчилгаа, хүнээс шалтгаалсан ажил бага 6/ автоматаар үргэлжилсэн хэмжилт хийх боломжтой (Jones et al., 2002). Монгол оронд Тэрэлж голын сав газарт хөрсний чийгийн судалгааг дээрх аргаар 30 минутын давтамжтай хэмжин судалж байжээ (Бямбаа ба бусад., 2015).

Энэ судалгааны зорилго нь *Харшороон* хөрсний чийгийн динамикуыг урт хугацааны турш ойрхон давтамжтайгаар хэмжин тодорхойлох ба 2 жилийн турш 1 цагийн давтамжтай TDR аргаар хэмжсэн үр дүнг ашигласан.

Судалгааны аргазүй

Судалгааны талбай

Харшороон хөрсний төлөөлөл болгож авсан Төв аймгийн Борнуур сумын нутаг Баянцагааны нуруу орчим дахь х.ө 48° 23' 52.6" з.у 106° 08' 08.7" 1286м солбицолд байрлах нарс, хусан ойтой уулын ар хажуу, үетэн алаг өвст ургамалжилттай, ургамал бүрхэц 80-90%, улалж, боролзгоно зэрэг ургамал голлон тархсан байна.



Зураг 1. Хэмжилт хийсэн цэг

Лабораторийн аргазүй

Шинжилгээнд орох дээжийг (MNS ISO 11464:2002) стандартын дагуу бэлтгэсэн. Органик бодисыг И.В.Тюрины аргаар, Хөрсний урвалын орчинг (MNS ISO 10390:2001) стандартын дагуу рН метрийн аргаар, цахилгаан дамжуулах чанар (ЕС)-ыг кондуктометрийн аргаар, карбонатыг (MNS 3310:1991) стандартын дагуу кальциметрийн багажаар, Механик бүрэлдэхүүнийг олон улсын гидрометрийн арга, хөрсний эзлэхүүн жинг (MNS ASTM 5182:2003) стандартын дагуу цилиндрийн аргаар тус тус тодорхойлов.

TDR хэмжилт

Хөрсний чийгийг TDR аргаар хэмжсэн. Энэ аргын үндсэн зарчим нь L урттай долгион цацах 2 үзүүр бүхий мэдрэгчийг хөрсөнд суулгана. TDR-с үүссэн цахилгаан долгион мэдрэгч үзүүрүүдийн урт L -г хөндлөн туулах хугацааг хэмжиж тодорхойлдог. Туулах хугацааг тооцоолсноор хөрсний чийгийн хэмжээг гаргаж авахад ашигладаг диэлектрик тогтмол ϵ_b -г бодох боломжтой. Мэдрэгч үзүүрүүдийн эргэн тойрны хөрсний диэлектрик тогтмолыг дараах томъёогоор олно (Jones et al., 2002).

$$\epsilon_b = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{ct}{2L}\right)^2 \quad (1)$$

v - долгионы тархалтын хурд ($v = 2L/t$)

c - вакуум орчинд гэрэл тарах хурд (цахилгаан долгионы хурд), $3 \cdot 10^8$ м/с

t - суулгасан долгион хэмжигчийн уртыг хөндлөн туулах долгионы хугацаа

Хөрсний чийгийг дараах томъёогоор олно (Торр et al., 1980).

$$\theta v = -5.3 \cdot 10^{-2} + 2.92 \cdot 10^{-2} e_b - 5.5 \cdot 10^{-4} e_b^2 + 4.3 \cdot 10^{-6} e_b^3 \quad (2)$$

θv = хөрсний чийг %, VWC

e_b = хөрсний диэлектрик тогтмол

Хөрсөн дэх диэлектрик тогтмол нь шингэнд хамгийн их $e_w = 81$ байдаг ба хөрсний бусад бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд маш бага байдаг, жишээлбэл хөрсний эрдсүүдэд $e_s = 3-5$, мөсөнд $e_i = 4$, агаарт $e_a = 1$ байдаг. Эдгээр диэлектрик тогтмолуудын ялгаа нь хөрсний найрлага болон механик бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг хэмжихэд тохиромжгүй харин хөрсний шингэн усны хэмжээг тодорхойлоход сайн арга юм. Мөсний диэлектрик тогтмол нь усныхаас маш бага буюу хуурай хөрстэй ойролцоо учир энэ арга нь хөлдсөн хөрсөнд тохиромжгүй (Baker & Allmaras, 1990).

Судалгаанд НОВО Н21-002 загварын TDR дата логгеровор S-SMC-M005 загварын чийг хэмжигч ашиглан хэмжсэн. Хөрсний чийг хэмжих мэдрэгчүүдийг 10, 30, 50 см гүнүүдэд суулган 1 цагийн давтамжтайгаар 2016, 2017 (24 сарын турш) онуудад хэмжилт хийсэн.

Хэмжилт хийсэн *Харшороон* хөрс нь 55 см хүртэл EC агууламж 1 dS/m-с бага (хүснэгт 1), чулуугүй учир үр дүнд хөрсний шинж чанараас хамаарсан тохируулга хийгээгүй (Onset-НОВО, 2018).

Материал

Цаг уур орчны шинжилгээний газрын Төв аймгийн Борнуур сумын 2016, 2017 оны хур тунадасны мэдээ, Сэлэнгэ аймгийн Баянгол сум Баруунхараа цаг уурын станцын агаарын температурын мэдээг ашигласан.

Харшороон хөрс



АО 0-5 см. Чийгтэй, Харбараан (7.5YR 2/2.5) өнгөтэй, хөнгөн шавранцар механик бүрэлдэхүүнтэй, чулуугүй, ургамлын үндэс олон, сийрэг, шилжилт ургамлын үндсээр.

А 5-28 см. Чийгтэй, Харбараан (7.5YR 1/2.5) өнгөтэй, хөнгөн шавранцар механик бүрэлдэхүүнтэй, чулуугүй, ургамлын үндэс цөөн, нягт, шилжилт өнгөөр мэдэгдэхүйц.

АВ 28-55 см. Чийгтэй, Хүрэн бор (7.5YR 6/5) өнгөтэй, шавранцар механик бүрэлдэхүүнтэй, нягтавтарт, ургамлын нарийн үндэс ганц нэг тархсан, чулуугүй, том бөөмөрхөг бүтэцтэй,

Вса 55-70 см. Чийгтэй, Бор саарал (7.5YR 8/5) өнгөтэй, шавранцар механик бүрэлдэхүүнтэй, нягтавтарт, чулуугүй.

0-5 см үе давхаргын ялзмагийн агууламж (10.027%) өндөр, 5-55 см гүн дэх ялзмагийн агууламж дунд зэрэг буюу (2.345-3.881%), саармаг урвалын орчинтой, давсжилтгүй, 55 см доош карбонатын хуримтлал (10.9%) ихтэй, элсэнцэр – хөнгөн шавранцар механик бүрэлдэхүүнтэй, бүх үе давхаргадаа огт чулуу байхгүй, 0-5 см-ын үе давхарга сийрэг 5 см доош нягтавтарт байна (хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Хөрсний хими болон физик шинж чанар

| Гүн, см | рН (1:2.5) | CaCO ₃ | Органик | EC _{2.5} dS/m | Элс | Тоос | Шавар | Эзлэхүүн жин |
|------------|---------------|-------------------|---------|---------------------------|-------|--------------------|-------|-----------------|
| | | — % — | — % — | dS m ⁻¹ | — % — | g cm ⁻³ | | |
| 0-5 | 6.74 | 0.00 | 10.027 | 0.096 | 48.4 | 39.1 | 12.5 | 0.74 |
| 5-28 | 6.80 | 0.00 | 3.881 | 0.052 | 39.6 | 46.2 | 14.2 | 1.04 |
| 28-55 | 6.93 | 0.00 | 2.345 | 0.057 | 27.9 | 56.8 | 15.3 | 1.11 |
| 55-70 | 7.38 | 10.9 | 0.367 | 0.139 | 32.3 | 50.5 | 17.2 | - |

Үр дүн

Өвлийн туршид хөрсний чийг хөлдүү байдаг (Nandintsetseg, 2011) ба хэмжилтийн мэдээнээс харахад *Харшороон* хөрс нь X-р сарын сүүлийн 10 хоногоос хөрсний өнгөн үе давхарга аажмаар доош хөлдөж дараа жилийн III сарын дунд үе хүртэл чийгийн хөдлөлзүй байхгүй байна. *Харшороон* хөрсний чийгийн хөдлөлзүй нь III сарын сүүлээс X сарын дунд үе хүртэл 7 сарын турш идэвхтэй байна.

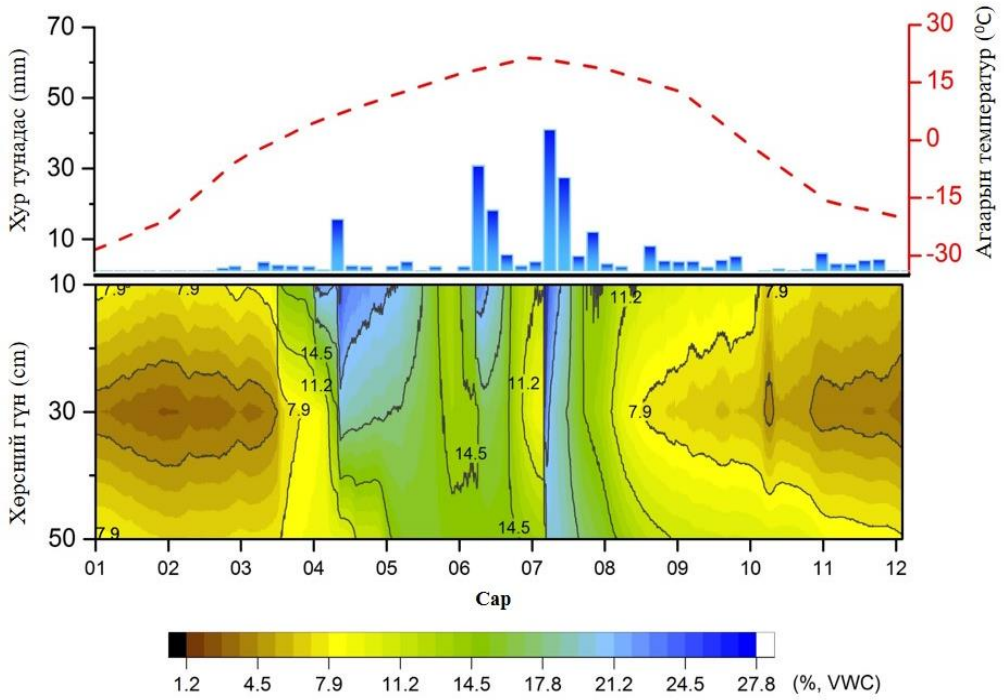
Хөрсний чийгийн агууламж нь хур тунадасны хэмжээнээс хамааран харилцан адилгүй байна. Хур тунадас их хэмжээтэй орсон саруудад хөрсний чийг гүн нэвчих (Доржготов, 2003) ба чийгийн агууламж өндөр байна. Жишээлбэл Хур тунадас ихээр орсон 2016 оны VI-VII сар (23.3-27.8%), 2017 оны VIII-IX-р саруудад (21.8-24.2%) хөрсний чийгийн агууламж маш өндөр болж, чийг нь 50 см хүртэл гүн нэвчсэн байна. Тэрэлж голын сав газрын хөрсний чийг нь XI сарын сүүлээс III -р сарын сүүл хүртэл хөрсний чийгийн өөрчлөлт бараг байхгүй 0-40 см орчимд 7-8%, 70-95 см-ийн гүнд 4-7% орчим чийг хадгалагдсан байна (Бямбаа ба бусад., 2015). *Харшороон* хөрсний өвлийн XII- II-р сарын хэмжилтийн үр дүнгээс харахад өвлийн хүйтэн, хөлдүү үеийн хөрсний дундаж чийг 6.12% харин хамгийн их чийг 8.67%, хамгийн бага чийг 2.72% байна. Мөн вариацийн коэффициент 1.67% байгаа нь өвлийн хүйтэн үед хөрсний чийгийн хэлбэлзэл маш бага байгааг харуулж байна.

***Харшороон* хөрсний 2016 оны чийгийн горим**

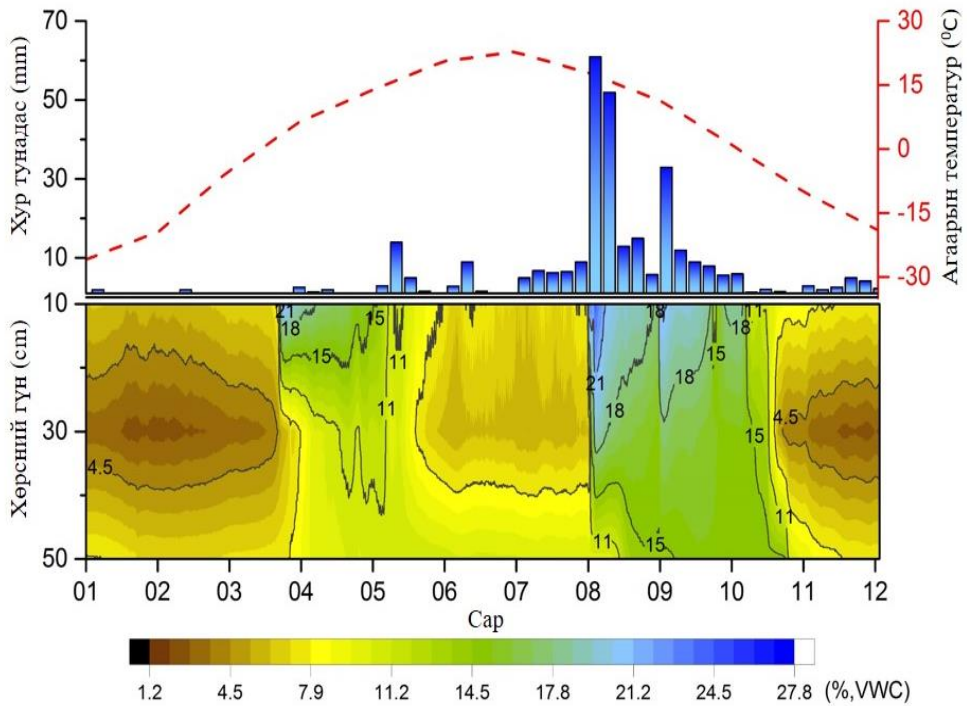
2016 оны III сарын сүүлээс эхлээд хөрсний үе давхаргуудын чийг аажмаар нэмэгдсээр VII сард үнэмлэхүй их чийг хуримтлуулсан байна. Тодруулбал III сарын 23 ны өдрийн 12:00 цаг орчим хөрсний 10 см гүнд 9.7%, 14:00 цагийн орчимд 16.37% чийгтэй болж бараг 2 дахин нэмэгдсэн байна. Харин 30 см болон 50 см гүнд өөрчлөлтгүй байсан боловч III-р сарын 23-наас 30 см гүнд аажмаар хөрсний чийг нэмэгдэж IV-р сарын 13-ныг хүртэл 20 хоногийн хугацаанд хөрсний чийг 4.6%-иар нэмэгдэж 9.1% болсон бол 50 см гүний хөрсний чийг IV –р сарын 26-наас аажмаар нэмэгдэж V-р сарын 18 хүртэл 22 хоногийн хугацаанд 5.2%-иар нэмэгдэж 15.3% чийгтэй болсон байна. Хөрсний чийгийн идэвхтэй үеийн хамгийн бага чийгтэй үе нь 10 см гүнд IX-р сард 9.1%, 30 см гүнд IX-р сард 6.2%, 50 см гүнд IV-р сард 8.5% байна. Харин VII сард хөрс 50 см хүртэл бүрэн норсноор хөрсний гүн дэх чийгийн агууламж нэмэгдэж үнэмлэхүй их чийг 10 см гүнд 27.8 %, 30 см гүнд 24.3%, 50 см гүнд 20.2% хүрсэн байна. 2016 оны нийт хур тунадасны 54.1% нь VI-VII саруудад орсон. IV-VI сарын хооронд хөрсний чийг 30 см хүртэл гүнд нэмэгдэж байсан бол VI сарын 59.2 мм, VII сарын 78.3 мм хур тунадасны нөлөөгөөр хөрсний чийг 50 см хүртэл бүрэн нэвчсэнээр *Харшороон* хөрсөнд угаагдал явагдсан байна (зураг 2).

Харшороон хөрсний 2017 оны чийгийн горим

2017 оны хөрсний чийгийн хэмжилтийн мэдээнээс харахад III сарын сүүлээс хөрсний чийгийн хэмжээ нэмэгдсээр VIII-IX сард үнэмлэхүй их чийг хуримтлагдсан байна. VIII-IX сарын хооронд хөрс 50 см хүртэл бүрэн нэвчсэнээр хөрсний гүн дэх чийгийн агууламж нэмэгдсэн. V-VII сарын хооронд 10 см гүн дэх хөрсний чийг идэвхтэй байсан боловч чийгийн агууламж бага (7.9-9.8%) байна. 2017 оны V-р сарын сүүлээс VII-р сарын сүүлч хүртэл хур тунадас (V-р сард 24.5 мм, VI сард 14.7 мм, VII сард 33.7 мм) багатай, сарын дундаж агаарын температур (VI-р сард 20.6°C, VII –р сард 22.8°C) өндөр байснаас хөрсний чийг алдагдаж, хөрс хуурайшсан байна. Энэ үеийн хөрсний чийг VI-р сард хамгийн ихдээ 10 см гүнд 9.8%, 30 см гүнд 8.0%, 50 см гүнд 11.1% байсан бол VII-р сард 10 см гүнд 7.9%, 30 см гүнд 6.1%, 50 см гүнд 10.6% байжээ. 2016 оны VI, VII-р сартай харьцуулахад 2017 оны VI, VII-р сарууд 10 см гүнд 2.3-3.5, 30 см гүнд 2-4, 50 см гүнд 1.4-2 дахин бага чийгтэй байжээ. Харин нийт хур тунадасны 63.6% нь VIII-IX саруудад орсон (VIII сарын 147.8 мм, IX сарын 67.7 мм) хур тунадасны нөлөөгөөр VIII-IX сард хөрсний үнэмлэхүй их чийг 10 см гүнд 6.4-24.2%, 30 см гүнд 5.5-19.4%, 50 см гүнд 9.9-10.4% хүртэл нэмэгдсэн байна (зураг 3).



Зураг 2. Харшороон хөрсний чийгийн динамик (2016 он)



Зураг 3. Харшороон хөрсний чийгийн динамик (2017 он)

Чийгийн хэмжээ 10 см гүнд бусад гүнүүдээс их байгаа нь 2016 болон 2017 оны мэдээнээс харагдаж байна. 2016 онд 10 см гүнд чийгийн хэмжээ 11.7-20.1% хооронд дунджаар 15.4% байгаа нь 30 см дэх гүнээс 20%-иар 50 см дэх гүнээс 14.2%-иар тус тус илүү байна. Вариацийн коэффициент 2016 онд 10 см болон 30 см-т 14.6%, 17.0% байхад 50см-т 8.1% байгаа нь дээд 2 үеэсээ хэлбэлзэл багатайг харуулж байна.

2017 онд чийгийн агууламж 2016 онтой харьцуулахад бага 10см-т дунджаар 13.9%, 30 болон 50 см-т 10.6–11.5% байна. Вариацийн коэффициент 50 см-т мөн адил дээд үеүдээсээ бага боловч 2016 онтой харьцуулахад 2.1 дахин бага 3.8% буюу хэлбэлзэл маш бага байна (хүснэгт 2).

Чийгийн хөдлөлзүй идэвхтэй байдаг саруудын дундаж чийгийн агууламжийг авч үзэхэд 2016 онд 10 см-т 4 сард 20.7%, 30 см-т 5 сард 17.5%, 50 см-т 8 сард 16.0% тус тус хамгийн их байжээ. Харин 2017 онд 10 см-т 9 сард 19.5%, 30 см-т 9 сард 16.4%, 50 см-т 10 сард 16.0% тус тус хамгийн их байна (хүснэгт 3).

Хүснэгт 2. Харшороон хөрсний чийгийн статистик үзүүлэлтүүд (% VWC, 4-10 сар)

| Он | Гүн, см | Mean | SD | CV | Max | Min |
|------|------------|------|-----|------|------|------|
| 2016 | 10 | 15.4 | 2.4 | 14.6 | 20.1 | 11.7 |
| | 30 | 12.3 | 2.2 | 17.0 | 16.2 | 9.1 |
| | 50 | 13.2 | 1.1 | 8.1 | 15.1 | 11.6 |
| 2017 | 10 | 13.9 | 2.1 | 15.9 | 17.6 | 10.8 |
| | 30 | 10.6 | 1.6 | 15.7 | 13.1 | 8.5 |
| | 50 | 11.5 | 0.4 | 3.8 | 11.9 | 10.5 |

Хүснэгт 3. Харшороон хөрсний чийгийн дундаж үзүүлэлт, (4-10 сар, m3/m3)

| Он | Гүн, см | Сар | | | | | | |
|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2016 | 10 | 20.7 | 20.4 | 17.0 | 16.6 | 14.2 | 10.1 | 8.8 |
| | 30 | 13.1 | 17.5 | 14.9 | 14.5 | 12.8 | 7.1 | 6.0 |
| | 50 | 9.4 | 13.9 | 15.0 | 15.8 | 16.0 | 11.5 | 10.4 |
| 2017 | 10 | 18.4 | 13.3 | 7.9 | 7.0 | 12.9 | 19.5 | 18.1 |
| | 30 | 9.2 | 10.8 | 6.2 | 5.8 | 10.1 | 16.4 | 15.7 |
| | 50 | 9.3 | 10.7 | 10.7 | 10.4 | 10.2 | 13.7 | 15.1 |

Дүгнэлт

Төв аймгийн Борнуур сумын Баянцагааны нурууны ар хажууд *Харшороон* хөрсний чийгийн судалгааг 2016, 2017 онуудад хийлээ. Хөрсний чийгийн агууламж нь хур тунадасны хэмжээнээс хамааран харилцан адилгүй байсан. *Харшороон* хөрс нь Х-р сарын сүүлээс III-р сарын дунд үе хүртэл хөлдүү буюу чийгийн хөдлөлзүй байхгүй. Харин III сарын сүүлээс Х сарын дунд үе хүртэл 7 сарын турш идэвхтэй байна. Хур тунадас ихээр орсон 2016 оны VI-VII сар (23.3-27.8%), 2017 оны VIII-IX-р саруудад (21.8-24.2%) хөрсний чийг үнэмлэхүй их хэмжээнд хүрч, чийг нь 50 см хүртэл гүн нэвчсэн байна. Харин өвлийн XII-II-р сард хөрсний дундаж чийг 6.12%, хамгийн их чийг 8.67%, хамгийн бага чийг 2.72% байна. Өвлийн хүйтэн үед хөрсний чийгийн хэлбэлзэл маш бага байна. Чийгийн хөдлөлзүй идэвхтэй байдаг саруудын дундаж чийгийн агууламж 2016 онд 10 см-т 4 сард 20.7%, 30 см-т 5 сард 17.5%, 50 см-т 8 сард 16.0%. Харин 2017 онд 10 см-т 9 сард 19.5%, 30 см-т 9 сард 16.4%, 50 см-т 10 сард 16.0% тус тус хамгийн их байна. 2017 оны V-р сарын сүүлээс VII-р сарын сүүлч хүртэл хур тунадас багатай, сарын дундаж агаарын температур өндөр байснаас хөрсний чийг алдарч хамгийн ихдээ 6.1-11.1% байсан нь 2016 оны VI, VII-р сартай харьцуулахад 1.4-4 дахин бага байсан байна.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

- Аринушкина Е.В. (1970). Руководство по химическому анализу почв. Издательство Московского Университета. стр 130-139.
- Бямбаа Г., Болормаа Ц., Батхишиг О. (2015). Хөрсний чийгийн динамик. *Тэрэлж голын сав газар экосистем*. хдс 119-124.,
- Доржготов Д. (2003). Монгол орны хөрс, Улаанбаатар.
- Ногина Н.А. (1978). В книге "Почвенный покров основных зон Монголии". Динамика влажности и температурный режим почв (О.И. Худяков). стр 78.
- Панкова Е.И., Гусенков Е.П. (1964). Водно-физические свойства каштановых почв восточно-монгольской равнины. Почвоведение. №9. стр 199.
- Baker J.M., Allmaras R.R. (1990). System for Automating and Multiplexing Soil Moisture Measurement by Time-Domain Reflectometry. *Soil Science Society of America journal*, 54. pp 1-6.,
- Castro H.F., Classen A.T., Austin E.E., Norby R.J., Schadt C.W. (2010). Soil Microbial Community Responses to Multiple Experimental Climate Change Drivers. *Applied and Environmental Microbiology*. pp 99-1007.,
- Chen X., Zhang Z., Chen X., Shi P. (2009). The impact of land use and land cover changes on soil moisture and hydraulic conductivity along the karst hillslopes of southwest China. *Environtal Earth Science*, 59. pp 811-820.,
- Delmort T., Manabe S. (1993). Climate variability and land surface process. *Advances in Water Resources* 16, pp 3-20.,
- FAO. (2001). Lecture Notes on the Major Soils of the World. Rome. pp 227-230.,
- Fellner-Feldegg H. (1969). The Measurement of Dielectric in the Time Domain. *The Journal of Physical Chemistry*, 73. pp 616-623.,

- Nandintsetseg B., Shinoda M. (2011). Seasonal change of soil moisture in Mongolia: its climatology and modeling. *International journal of climatology* 31:1143-1152.,
- Jones S.B., Wraith J.M., Dani.O. (2002). Time domain reflectometry measurement principles and applications. *Hydrological Processes*, 16. pp 141-153.,
- Li X., Liu L., Duan Z., Wang N. (2014). Spatio-temporal variability in remotely sensed surface soil moisture and its relationship with precipitation and evapotranspiration during the growing season in the Loess Plateau, China. *Environtal Earth Science*, 71. pp 1809–1820.,
- Onset-HOBO. (2018). Soil moisture smart sensor (S-SM-M005) Manual.
- Pielka R.A. (2001). Influence of the Spatial Distribution of Vegetation and Soils on the Prediction of Cumulus Convective Rainfall. *Reviews of Geophysics*,39. pp 151-177.,
- Tamea S., Laio F., Ridolfi L., D’Odorico P., Rodriguez-Iturbe I. (2009). Ecohydrology of groundwater-dependent ecosystems: 2 Stochastic soil moisture dynamics. *Water Resources Research*, 45. W05420
- Topp G.C., Davis J.L., Annan A.P. (1980). Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines. *Water Resources research*, 16. pp 574-582.,
- Wang X., Xie H., Guan H., Zhou X. (2007). Different responses of MODIS-derived NDVI to root-zone soil moisture in semi-arid and humid regions. *Journal of Hydrology*, 340. pp 12-24.