

ДОРНОД МОНГОЛЫН ХЭЭРИЙН ТҮЙМРИЙН ШАТАХ МАТЕРИАЛЫГ (УРГАМЛЫН ГАЗРЫН ДЭЭРХ БИОМАСС) ТООЦООЛОХОД ДИСК ХЭЛБЭРТ ХЭМЖИГЧИЙГ АШИГЛАХ НЬ

¹МУИС-ийн Шинжлэх Ухааны Сургуулийн Биологийн тэнхим

²ШУА-ийн Ботаникийн Цэцэрлэгт Хүрээлэнгийн Ургамлын
интродукц, генетик нөөцийн лаборатори

³ДХИС, Онцгой Байдлын Сургуулийн Гал түймэртэй тэмцэх
албаны тэнхим

⁴Засгийн Газрын Хэрэгжүүлэгч Агентлаг Ойн Газар Лхагвын
Ариунцэцэг¹, Батсуурийн Сарнай², Энхбаатарын Доржсумьяа³,
Бямбасүрэнгийн Оюунсанаа⁴

Хураангуй

Дорнод Монголын хээрт хамгийн их тохиолддог гамшигт үзэгдэл нь түймэр юм. Энэ бүс нутгийн хээрийн түймрийн эрсдэлийн менежментэд шатах материалын (газар дээрх ургамлын биомассын) хэмжээг зайлшгүй оруулах ёстой. Диск хэлбэрт хэмжигч (ДХХ) нь бэлчээрийн газар дээрх ургамлын биомассыг тооцоолоход ашигладаг нийтлэг, хурдан хэрэгсэл юм. Бүс нутгийн уур амьсгал, ургамлын олон янз байдал болон бусад байгаль орчны хүчин зүйлсийн өөрчлөлтөөс шалтгаалан ДХХ-ийг хэрэглэхийн тулд тохируулга хийх зайлшгүй шаардлагатай байдаг. Бид ОХУ-тай хиллэдэг, хээрийн түймэрт маш өндөр эрсдэлтэй бүс нутаг болох Дорнод Монголын хойд хэсгийн бэлчээр дэх газрын дээрх ургамлын биомассыг тооцоолоход ДХХ-г хэрэглэх боломж болон түүний тохируулгыг хийсэн. Үүний тулд Дорнод аймгийн Баян-Уул, Баяндун болон Хэнтий аймгийн Дадал сумдын нутгуудад нийт арван хоёр өөр цэгт, цэг тус бүр дээр гурван дэд цэг (36 дэд цэг), дэд цэг бүрээс таван 1м² хэмжээ бүхий квадратаас газрын дээрх биомассын дээжийг авсан. Дэд цэг бүр дээр 100м урт бүхий шулууныг гурван удаа байрлуулж ДХХ-ийн хэмжилтийг хийсэн. Нийт талбайнуудын хувьд газрын дээрх ургамлын биомассын дундаж (хуурай жингээр) 112.7 кг/га (± 19.3 стандарт алдаа) байв. Судалгааны цэгүүд нь газрын дээрх ургамлын биомасс болон бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хувьд ялгаатай статистик ялгаатай байгаа нь тухайн газруудад түймрийн эрсдэлийн өөр өөр менежмент бий болгох шаардлагатайг илэрхийлж байж болох юм. Хээрийн түймрийн шатах материалыг тооцоолоход ДХХ-г хэрэглэхэд түүний давталт хэд байхад тохиромжтойг тооцоолохын тулд газрын дээрх ургамлын биомасс болон ДХХ-ийн давталтуудын (100, 200, 300 удаагийн) хооронд

шугаман регрессийн загваруудыг боловсруулсан бөгөөд 300 удаагийн давталт бүхий загварын (300 ДХХ) детерминацын коэффициент хамгийн өндөр (0.82) нь байсан учир Газрын дээрх биомасс $=3.18(\text{ДХХ-ийн } 300 \text{ удаагийн давталтын дундаж})+3.1$ гэсэн загварыг тус бүс нутгийн хэмжээнд санал болгож байна.

Түлхүүр үг: Дорнод Монгол; хээрийн түймэр; диск хэлбэрт хэмжигч; шатах материал

Оршил

Монгол бол бэлчээрийн орон. Бэлчээрийн талбай нь нийт нутаг дэвсгэрийн 85 хувийг эзэлдэг бөгөөд газар ашиглалтын гол хэлбэр нь нүүдлийн мал аж ахуй юм. Уудам газар нутгийг хамардаг учир уур амьсгал, газарзүй, ургамалжилтын хувьд орон зайн вариаци ихтэй буюу нэг төрлийн бус байдаг. Монгол орны ургамал-газарзүйн ангиллын дагуу тус улсын зүүн хойд хэсэг нь Дорнод Монголын ойг хээрийн бүсэд хамаарна (Юнатов, 1950). Энэхүү хээрийн экосистем нь хаврын улиралд түймэрт байнга өртдөг. Түймэр нь ургамлын бүлгэмдэл болон хөрсний шинж чанарт олон нөлөө үзүүлдэг. Түймрийн гол нөлөө нь газрын дээрх ургамлын биомассыг (хагдны массыг оруулаад) зайлуулж хөрсийг нар, салхи, хур тунадас болон бусад хүчин зүйлүүдэд шууд өртөх нөхцөлийг бий болгодог. Түймэрт байнга өртдөг экосистемийн ургамлууд нь түймрийн нөлөөнд бага өртөх, мөн эсрэгээрээ түймрийг ашиглаж ургалтаа сайжруулах, үрээ цацах гэх мэт зохилдлогоотой болсон (D'Odorico et al., 2012). Гэхдээ түймэр нь нүүрстөрөгч, азотын алдагдал (Pellegrini et al., 2018), агаарын бохирдол, дэлхийн дулаарлын (Kozlov et al., 2014) шалтгаануудын нэг болдог.

Дорнод Монголын хээрийн түймрийн аюулаас урьдчилан сэргийлэхийн тулд түүний газрын дээрх ургамлын биомасс буюу шатах материалын хэмжээг тооцоолох хэрэгтэй. Шаталтын үед ялгарах дулааны энерги ба шатах материалын хэмжээ хоорондын хамаарал нь түймрийн хүчийг тодорхойлдог (Luke & McArthur, 1978). Хээрийн түймрийн шатах материалын ихэнх хувийг ургамлын ногоон биомасс болон хагд эзэлдэг (Trollop & Potgieter, 1986). Шатах материалын хэмжээг тооцоолохдоо нэгж талбайд ноогдох ургамлын биомасс болон хагдны массыг тооцоолох шаардлагатай. Нэгж талбай дахь өвслөг ургамлууд, болон бут сөөгийн тухайн жилийн найлзуурыг (өмнөх жилүүдийн өсөлтийг оруулалгүйгээр) тайрч хайчилж авч жигнэж хэмжих нь хамгийн энгийн бөгөөд өргөн хэрэглэгддэг арга юм. Хайчлах арга нь алдаа багатай тооцоолол гэж тооцогддог (Lauenroth нар, 2006) боловч цаг хугацаа, хүн хүч их шаарддаг тул өртөг өндөртэй бөгөөд том орон зай болон цаг хугацааны өөрчлөлтийг хамрах боломжгүй болгодог. Мөн энэ аргын үед газрын дээрх бүх

ургамлын биомассыг хайчилж авдаг учир олон газарт олон давталтаар хийсэн тохиолдолд ихээхэн хэмжээний талбай сүйтгэгддэг. Иймээс түүврийн хэмжээг нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ зардлыг бууруулах зорилгоор янз бүрийн аргуудыг нэвтрүүлсэн. Тодорхой тоног төхөөрөмж (эзлэхүүн хэмжигч, радиометр, диск хэлбэрт хэмжигч), спектр дээр үндэслэсэн буюу хиймэл дагуулын мэдээ ашиглах (NDVI болон бусад), дижитал зураг ашиглах, ургамлын бүрхэвч хэмжих зэрэг олон арга техникүүд байдаг боловч тэдгээрийн гүйцэтгэл, нарийвчлал, шаардагдах хүн хүчний хэмжээ өөр өөр байдаг (Byrne et al., 2011; Catchpole & Wheeler, 1992; Flombaum & Sala, 2007; Joubert & Myburgh, 2014).

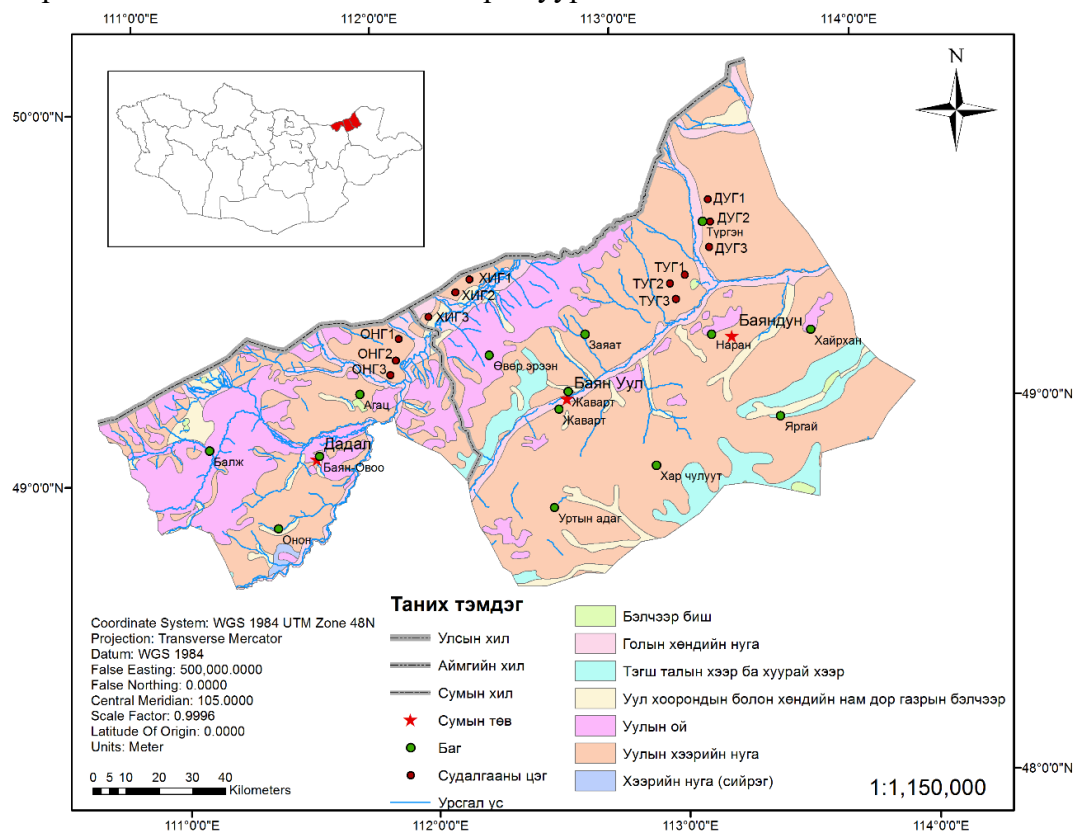
Нийтлэг хэрэглэгддэг, хэмжилт хийж буй газартаа сүйтгэл үзүүлдэггүй хэрэгсэл бол диск хэлбэрт хэмжигч (ДХХ) юм (Bransby & Tainton, 1977) бөгөөд үүнийг дэлхийн олон хээрт ашигладаг (Bransby & Tainton, 1977; Brockett, 1996; Trollope, 1983; Trollope & Potgieter, 1986; Zambatis et al., 2006; Dörgeloh, 2002; Harmse et al., 2019). Энэ аргыг том хэмжээний газар нутаг, цаг хугацааг хамарсан ургамлын биомассын тооцоололд хурдан шуурхай, үнэн зөв үнэлгээ хийх зорилготой газрын менежер болон техникийн ажилтнууд түгээмэл ашигладаг. Өөр газар нутгуудад хийгдсэн өмнөх судалгаанууд нь ДХХ-ийг хэмжилт болон ургамлын биомассын хооронд шууд хамаарал бүхий шугаман регрессийн загваруудыг бий болгосон боловч ДХХ-ийг ашиглахдаа тухайн бүс нутагт тохируулга хийх шаардлагатай болохыг дурдсан. Учир нь регрессийн загваруудын параметрууд нь зөвхөн бүс нутгийн цаг уур, ургамлын олон янз байдал, тухайн газар нутгийн өвөрмөц орчны хүчин зүйлс зэргээс шалтгаалан өөр өөр байдаг (Dörgeloh, 2002; Zambatis et al., 2006; Dougherty et al., 2013). Иймээс бид Монгол орны хувьд хээрийн түймрийн давтамж хамгийн их, Монгол орны зүүн хойд хэсгийн хээрийн шатах материалын буюу газрын дээрх ургамлын биомассын хэмжээг ДХХ ашиглан тооцоолох загварыг бий болгохыг зорьсон болно. Үүний зэрэгцээ бий болгосон загварын шаардлагатай нарийвчлалыг хадгалахын зэрэгцээ түүвэрлэлтийн зардлыг бууруулахын тулд түүвэрлэлтийн хамгийн бага хүчин чармайлтыг тооцоолохыг зорьсон.

Судалгааны материал, арга зүй

Судалгааны газар нутаг

Бид Хэнтий аймгийн Дадал сум (Агац баг), Баян-Уул (Өвөр эрээн баг), Дорнод аймгийн Баяндун сум (Түргэн болон Наран баг) сумуудад 2015 оны 7-р сард судалгаа хийсэн Ургамлын биомассын орон зайн жигд бус байдлын төлөөллийг хамруулахын тулд 12 цэгийг сонгосон (Зураг 1). Тус бүс нутагт жилийн дундаж хур тунадас, температур сүүлийн 40 жилийн хугацаанд ойролцоогоор 340 мм ба -3.2°C байна (Үндэсний статистикийн газар, 2020). Жилийн хур тунадасны 80 орчим хувь нь зуны улиралд унадаг. 2015 онд Агац

баг 5.66, Өвөр Эрээн баг 32.18, Түргэн баг 40.35, Наран баг 4.71 мянган толгой малтай байсан (Үндэсний статистикийн хороо, 2015 он). Монгол Улсын Улсын хилийн тухай хуульд (2017) заасны дагуу хилийн дагуу суурьшихыг хориглосон ч цөөн хэдэн малчин өрх суурьшиж байжээ.



1. Зураг 1. Судалгааны цэгүүдийн байршил

Судалгааны дизайн ба арга зүй

Диск хэлбэрт хэмжигчийн хэмжилт болон газрын дээрх ургамлын биомассын үнэлгээг 12 цэгт хийсэн бөгөөд түүвэрлэлтийн давталтыг хангахын тулд цэг тус дээр гурван дэд цэгүүдийг сонгосон. Ургамлын бүлгэмдлийн зүйлийн бүтэц, олон янз байдал, газрын дээрх ургамлын биомассын вариацийг тогтоохын тулд цэгүүд болон дэд цэгүүдийг газарзүйн байршил, ургамлын бүлгэмдлийг харьцуулах үүднээс ижил төстэй байдлаар зориуд сонгосон. Хэмжилт хийх нэгж болгон авч үзсэн дэд цэг бүрд эхлэлийн цэгийг санамсаргүй байдлаар сонгож, цэгээс гурван шугамыг (100 м) хооронд нь ижил зайтай цацраг хэлбэрээр байрлуулсан. Шугамын дагуу 1 м тутамд ДХХ-ийн хэмжилтийг хийсэн.

Гурван шулуун цацраг хэлбэрээр байрлуулсан тойрог дотор газрын дээрх ургамлын биомассын дээж авахын тулд санамсаргүй байдлаар гурван цагаригийг (45.8 см диаметртэй, ДХХ-ийн дисктэй ижил хэмжээтэй) сонгосон.

Цагариг доторх бүх ургамлыг хөрсний түвшинд амьдралын хэлбэрийн хувьд ижил төрлүүдээр (функциональ бүлэг) нь тайрч, хагд болон малын аргал, хомоолыг тусад нь цуглуулсан. Абсолют хуурай жинг тодорхойлохын тулд бүх дээжийг хатаах зууханд 80°C хэмд 20 цагийн турш хатаасан. Ургамлын функциональ бүлгүүдийн шатамхай чанар нь өөр өөр байдаг (Manea et al., 2015) тул үр дүнг функциональ бүлгийн биомассаар мэдээлэв.

Диск хэлбэрт хэмжигчийн хэдэн хэмжилт нь түүвэрлэлтийн үр нөлөөг үр дүнтэй болохыг харуулахыг зорьж ДХХ-ийн хэмжилтийн дундаж утгыг 100, 200, 300 удаагийн хэмжилтээр тус тусад нь бодсон. Энэ дундаж утгууд ба газрын дээрх ургамлын биомасс хооронд шугаман регрессийн загварыг хийж тэдгээрийн детерминацын утгаар нь шалгасан. Мөн загваруудын хуурай ургамлын нийт биомассын ажиглагдсан болон таамагласан утгуудыг Т-тест ашиглан загваруудын нарийвчлалыг үнэлэв.

Диск хэлбэрт хэмжигчийн тодорхойлолт

Диск хэлбэрт хэмжигч (Зураг 2) хөнгөн цагаанаар хийгдсэн бөгөөд гол иш (180 см урт, 22 мм диаметртай), гол иш дээш, доош чөлөөтэй гүйх хөндий (120 см урт, 27 мм диаметртай), диск (1.5 мм зузаан, 45.8 см диаметр) гэсэн гурван хэсгээс бүрдэнэ. Хөндий нь доод төгсгөлд байрлуулсан суурь хавтантай ба үүн дээр диск боолтоор холбогдоно. Хөндий дундуур гол иш чөлөөтэй гулсаж хөдөлнө. Гол иш нь 1 см-ийн зайтайгаар хэмжих нэгж тавигдсан байх ба дээш чиглэлд утга нэмэгдэнэ. Диск хэлбэрт хэмжигчээр хэмжилт авахын тулд хөндий нь газрын гадаргууд перпендикуляр барьж байх үед дискийг гол ишний дээд үзүүрээс ургамал бүрхэвч рүү доош суллан буулгана. Хөндийн дээд үзүүрт тохирох гол ишний байрлал нь дискийн буултын өндөр бөгөөд үүгээр хэмжилт болгон авна (Bransby & Tainton, 1977).



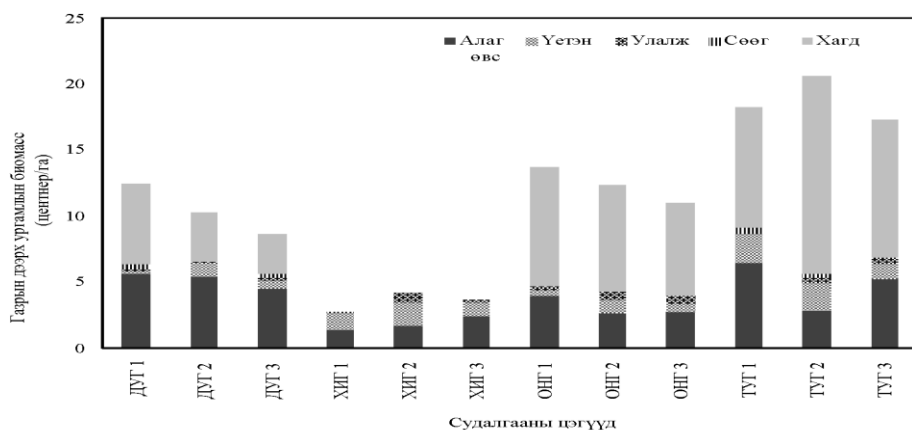
Зураг 2. Дорнод аймгийн Баяндун сумын хээр диск хэлбэрт хэмжигчээр хэмжилт хийж буй нь

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Судалгааны талбайнууд дахь газрын дээрх ургамлын биомасс буюу түймрийн шатах материалын хэмжээ

Дорнод Монголын зүүн хойд хэсгийн хээрийн экосистемийн газрын дээрх ургамлын дундаж биомасс (хагдыг оруулаад) 112.7кг/га (± 19.3 стандарт алдаа ба ± 37.8 үнэмшлийн түвшин [95%]) байна. ТУГ2 цэг газрын дээрх ургамлын биомассын хувьд хамгийн их байсан бол ХИГ1 цэг хамгийн бага байна (Зураг 3). 2014 онд тус бүс нутагт тохиолдсон түймрийн улмаас ХИГ цэгүүдэд хагд байхгүй байсан. ТУГ болон ОНГ цэгүүдэд хагдны хуримтлал өндөр байсан бөгөөд эдгээр цэгүүдийн нийт газрын дээрх ургамлын биомассын 65% болон 61%-ийг бүрдүүлж байсан. Хуримтлагдсан хагд нь түймрийг эхлүүлж цаашид тархах нөхцөлийг бүрдүүлдэг (Wragg et al., 2018). Иймээс хагдны хуримтлал ихтэй эдгээр цэгүүдэд түймэр гарах магадлал ихтэй учир эрсдэлийн менежментийг боловсруулах шаардлагатай гэж үзэж байна.

Түймэрт өртөмтгий хээрийн экосистемд ихэнх өвслөг ургамлууд нь түймрийн дараа лигно булцуу, эпикормик нахиа, үндэслэг иш зэргээ ашиглан маш хурдан хариу үйлдэл үзүүлдэг (Bellingham & Sparrow, 2000). Үетэн ургамлын биомасс нь ХИГ цэгт бусад цэгүүдээс өндөр, нийт ургамлын биомассын 40 орчим хувийг бүрдүүлж байсан. Харин ДУГ ба ХИГ цэгүүдэд нийт ургамлын биомассын 50 болон 53%-ийг алаг өвсний зүйлүүд тус тус бүрдүүлж байна. Сүүлийн жилүүдэд гарсан түймрийн нөлөөгөөр алаг өвс болон үетнүүд хурдан сэргэж, биомасс нь нэмэгдсэнээр (Davies et al., 2012) ХИГ цэгт хагд их хэмжээгээр хуримтлагдах магадлалтай. Нэмж дурдахад, хагдны массын их хувийг бүрдүүлж буй олон наст үетнүүдийн навч нь хуурай бодисын агууламж ихтэй бөгөөд хамгийн шатамхай хэсэг нь болдог (Manea et al., 2015; Pausas & Verdú, 2005) ба түймрийн тархалтыг илүү хүчтэй дэмждэг (Wragg et al., 2018). Газрын дээрх ургамлын нийт биомасст бут, сөөгийн эзлэх хувь бага байгаа нь уг экосистемд түймэр ойр ойрхон гарч байгааг илтгэж байна. Учир нь давталт ихтэй түймэр нь хээрийн бут, сөөгийн ургалтыг саатуулдаг (Haubensak et al., 2009).

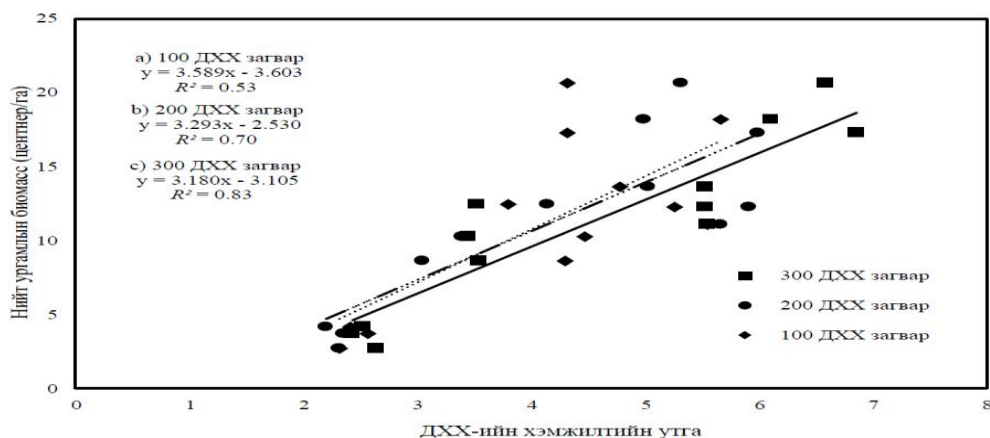


Зураг 3. Судалгааны цэгүүд дэх ургамлын функциональ бүлгүүд болон хагдны биомасс (центнер/га)

Диск хэлбэрт хэмжигчийг Дорнод Монголын хээрийн түймрийн шатах материалыг (ургамлын газрын дээрх биомасс) тооцоолоход ашиглах боломж

Бид судалгааны цэгүүдийн газрын дээрх ургамлын биомасс (центнер/га) ба тус цэгүүд дээр хийсэн ДХХ-ийн 100, 200, 300 удаагийн хэмжилтүүдийн дундаж үзүүлэлтүүдийн хооронд шугаман регрессийг загварыг (загваруудыг 100 ДХХ, 200 ДХХ, 300 ДХХ гэж товчилно) тус тусад нь тохируулсан. Бүх загваруудын P утга 0.05-аас бага байсан бөгөөд энэ нь газрын дээрх ургамлын биомассыг ДХХ-ийн хэмжилтээр илэрхийлэх боломжтойг харуулж байна (100 ДХХ, 200 ДХХ, 300 ДХХ –хувьд 0.0075, 0.0007 ба <0.0001 тус тус байсан). Гэсэн хэдий ч загваруудын детерминацын коэффициент нь (R^2) өөр өөр байсан. 100 ДХХ загварын R^2 нь 0.52 байсан бол 300 ДХХ загварынх 0.82 байна. Өөрөөр хэлбэл 300 ДХХ загвар нь тухайн бүс нутгийн газрын дээрх ургамлын биомассын вариацийн 82%-ийг тайлбарлаж байна (Зураг 4).

Ургамлын биомасс багатай газарт ДХХ-ийн 100 хэмжилт хийхэд 7-8 минут зарцуулсан бол илүү нягт ургамалжилттай газруудад (ONG, TUG) 10-13 минут зарцуулсан. Мөн 200 ДХХ ба 300 ДХХ загваруудаар таамагласан болон ажиглагдсан нийт ургамлын биомассын утгуудын хооронд T шалгуур хийж үзэхэд статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий ялгаа байхгүй байсан (200 ДХХ загварын хувьд $t = 0.14$; $P < 0.358$, $df = 11$ бол 300 ДХХ загварын хувьд $t = 0.23$; $P < 0.48$, $df = 11$). Харин 100 ДХХ загвараар таамагласан нийт ургамлын биомасс ба ажиглагдсан утга нь хоорондоо статистикийн хувьд эрс ялгаатай байсан ($t = 0.032$; $P < 0.08$, $df = 11$). Тиймээс энэ бүс нутгийн хээрийн түймрийн шатах материалыг тооцоолохын тулд 300 ДХХ загварыг ($y = 3.18x + 3.1$ буюу газрын дээрх ургамлын биомасс $= 3.18(\text{ДХХ-ийн } 300 \text{ удаагийн давталтын дундаж}) + 3.1$) цаашид ашиглахыг санал болгож байна.



Зураг 4. *Дорнод Монголын зүүн хойд хэсгийн хээрийн түймрийн шатах материалыг ДХХ ашиглан тооцох шугаман регрессийн загварууд (газрын дээрх нийт ургамлын биомасс (центнер/га) ба ДХХ –ийн 100, 200, 300 удаагийн хэмжилтийн дундаж тус бүрээр)*

Өмнө нь ДХХ ашиглан хээрийн түймрийн шатах материалыг тооцох загваруудыг Африкийн Саваннад ихэвчлэн боловсруулсан. Саваннагийн өөр өөр газарт хийсэн загваруудын детерминацын коэффициент нь ургамлын зүйлийн бүрдэл, биомассын ялгаатай байдлаас шалтгаалан өөр өөр байсан (Harmse et al., 2019). Жишээлбэл, нам үетэнт Саваннад боловсруулсан шугаман регрессийн загвар нь ДХХ-ийн хэмжилт цөөн үед газар дээрх ургамлын биомассыг “сөрөг” утгатай таамагласан (Trollor & Potgieter, 1986). Гэхдээ ихэнх загваруудын детерминацын коэффициент нь 0.8 орчим байсан. Бидний боловсруулсан загварууд сөрөг утга таамагладаггүй (100, 200, 300 ДХХ загваруудын Х тэнхлэгийг огтлох утга нь 3.6, 2.5, 3.1 тус тус байсан). Иймээс бидний загвар нь Монгол Улсын зүүн хойд хэсгийн хээрийн түймрийн шатах материалыг тооцоолоход зарцуулагдах цаг хугацаа, хөдөлмөрийг багасгах боломжтой хэдий ч ДХХ-ийг ажиллуулах болон бусад арга зүйн туслалцаа шаардлагатай.

Ашигласан материал

1. Bellingham, P. J. & Sparrow, A. D. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos*, 89(2): 409–416.
2. Bransby, D. I. & Tainton, N. M. 1977. The disc pasture meter: Possible applications in grazing management. *Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa*, 12(1): 115–118.
3. Brockett, B. H. 1996. Research note: Calibrating a disc pasture meter to estimate grass fuel loads on the Zululand coastal plain, *African Journal of Range & Forage Science*, 13(1), 39-41.
4. Byrne, K. M., Lauenroth, W. K., Adler, P. B. & Byrne, C. M. 2011. Estimating aboveground net primary production in grasslands: A comparison of nondestructive methods. *Rangeland Ecology & Management*, 64(5): 498–505.
5. Catchpole, W. R. & Wheeler, C. J. 1992. Estimating plant biomass: A review of techniques. *Australian Journal of Ecology*, 17(2): 121–131.
6. Davies, G. M., Bakker, J. D., Dettweiler-Robinson, E., Dunwiddie, P. W., Hall, S. A., Downs, J. & Evans, J. 2012. Trajectories of change in sagebrush steppe vegetation communities in relation to multiple wildfires. *Ecological Applications*, 22(5): 1562–1577.

7. D'Odorico, P., Okin, G. S. & Bestelmeyer, B. T. 2012. A synthetic review of feedbacks and drivers of shrub encroachment in arid grasslands. *Ecohydrology*, 5(5): 520–530.
8. Dörgeleh, W. G. 2002. Calibrating a disc pasture meter to estimate above-ground standing biomass in Mixed Bushveld, South Africa. *African Journal of Ecology*, 40(1): 100–102.
9. Dougherty, M., Burger, J. A., Feldhake, C. M. & AbdelGadir, A. H. 2013. Calibration and use of plate meter regressions for pasture mass estimation in an Appalachian silvopasture. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(2): 305–315.
10. Flombaum, P. & Sala, O. E. 2007. A non-destructive and rapid method to estimate biomass and aboveground net primary production in arid environments. *Journal of Arid Environments*, 69(2), 352–358.
11. Harmse, C. J., Dreber, N. & Trollope, W. S. 2019. Disc pasture meter calibration to estimate grass biomass production in the arid dunefield of the southwestern Kalahari. *African Journal of Range & Forage Science*, 36(3): 161–164.
12. Haubensak, K., Antonio, D. C. & Wixon, D. 2009. Effects of fire and environmental variables on plant structure and composition in grazed salt desert shrublands of the Great Basin (USA). *Journal of Arid Environments*, 73(6–7): 643–650.
13. Joubert, A. J. & Myburgh, W. J. 2014. A comparison of three dry matter forage production methods used in South Africa. *International Journal of Ecology*, 14: 1-7.
14. Kozlov, V. S., Yausheva, E. P., Terpugova, S. A., Panchenko, M. V., Chernov, D. G. & Shmargunov, V. P. 2014. Optical–microphysical properties of smoke haze from Siberian forest fires in summer 2012. *International Journal of Remote Sensing*, 35(15): 5722–5741.
15. Lauenroth, W. K., Wade, A. A., Williamson, M. A., Ross, B. E., Kumar, S. & Cariveau, D. P. 2006. Uncertainty in calculations of net primary production for grasslands. *Ecosystems*, 9(5): 843–851.
16. Luke, R. H. & McArthur, A. G. 1978. *Bush Fires in Australia*. Australian Government Publishing Service, Canberra.
17. Manea, A., Grootemaat, S. & Leishman, M. R. 2015. Leaf flammability and fuel load increase under elevated CO₂ levels in a model grassland. *International Journal of Wildland Fire*, 24(6): 819–827.
18. Mongolian Statistical Yearbook 2015. National Statistical Office of Mongolia, Ulaanbaatar. <https://en.nso.mn/>

19. Mongolian Statistical Yearbook 2020. National Statistical Office of Mongolia, Ulaanbaatar. <https://en.nso.mn/>
20. Pausas, J. G. & Verdú, M. 2005. Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean basin: A phylogenetic approach. *Oikos*, 109(1): 196–202.
21. Pellegrini, A. F., Ahlström, A., Hobbie, S. E., Reich, P. B., Nieradzik, L. P., Staver, A. C., Scharenbroch, B. C., Jumpponen, A., Anderegg, W. R. & Randerson, J. T. (2018). Fire frequency drives decadal changes in soil carbon and nitrogen and ecosystem productivity. *Nature*, 553(7687), 194–198.
22. State Border Law of Mongolia. 2016. <https://www.legalinfo.mn/law/details/12418>
23. Trollope, W. S. W. 1983. Control of bush encroachment with fire in the arid savannas of Southeastern Africa. [PhD Thesis]. Department of Grassland Science, University of Natal, Pietermaritzburg.
24. Trollope, W. S. W. & Potgieter, A. L. F. 1986. Estimating grass fuel loads with a disc pasture meter in the Kruger National Park. *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*, 3(4): 148–152.
25. Wragg, P. D., Mielke, T. & Tilman, D. 2018. Forbs, grasses, and grassland fire behavior. *Journal of Ecology*, 106(5): 1983–2001.
26. Yunatov, A. A. 1950. Main Patterns of the Vegetation Cover of the Mongolian People's Republic. *Proceedings of the Mongolian Commission*, 39: 1–233. (in Russian).
27. Zambatis, N., Zacharias, P. J. K., Morris, C. D., & Derry, J. F. 2006. Re-evaluation of the disc pasture meter calibration for the Kruger National Park, South Africa. *African Journal of Range and Forage Science*, 23(2): 85–97.