

“Хээрийн экосистемийн үйлчилгээнд абиотик, биотик хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэлийн нөлөө” /ШУТБИХХЗГ-2022/169/ сэдэвт суур судалгааны төслийн товч тайлан

Захиалагч байгууллага: Эдийн Засаг Хөгжлийн Яам, Шинжлэх ухаан, технологийн нэгдсэн бодлогын газар

Санхүүжүүлэгч байгууллага: Шинжлэх Ухаан Технологийн Сан

Нийт зардал: 48,500.0 мянган төгрөг

Төсөл хэрэгжүүлэгч байгууллага: ШУА-ийн Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн

Төслийн удирдагч: Ургамалжлын экологийн салбарын ЭШАА, доктор (Ph.D) Э.Энхмаа

Төслийн үндсэн гүйцэтгэгч: Ургамалжлын экологийн салбарын нийт 10 эрдэм шинжилгээний ажилтан

№	Нэр	Регистрийн дугаар	Эрдмийн зэрэг	Зэрэг дэв	Оролцоо
1	Э.Энхмаа	АГ87012102	Доктор (Ph.D.)	ЭШАА	Удирдагч
2	И.Түвшинтогтох	ЧМ72112502	Доктор (Ph.D.)	ЭШТА	Үндсэн гүйцэтгэгч
3	Ж.Аззаяа	ФА84111601	Доктор (Ph.D.)	ЭШАА	Үндсэн гүйцэтгэгч
4	Б.Лянхуа	УШ89050562	Доктор (Ph.D.)	ЭШАА	Үндсэн гүйцэтгэгч
5	Г.Батзаяа	ЙР91062103	Магистр (M.Sc.)	ЭШДэдА	Үндсэн гүйцэтгэгч
6	Н.Энхриймаа	УП97061322	Магистр (M.Sc.)	ЭШДэдА	Үндсэн гүйцэтгэгч
7	М.Даваагэрэл	УП97072169	Магистр (M.Sc.)	ЭШДэдА	Үндсэн гүйцэтгэгч
8	П.Хатансайхан	ФБ96070918	Магистр (M.Sc.)	ЭШДэдА	Үндсэн гүйцэтгэгч
9	Т.Батзориг	ДИ00222314	Магистр (M.Sc.)	ЭШДадА	Үндсэн гүйцэтгэгч
10	А.Сүхбат	УЦ01241614	Магистр (M.Sc.)	ЭШДадА	Үндсэн гүйцэтгэгч

Экосистемийн үйлчилгээний зарим үзүүлэлтүүдэд (ургамал бүлгэмдэл, ургамлын үйл ажиллагаа болон хөрс) үзүүлэх нөлөөллийг урт хугацааны мониторинг судалгаагаар үргэлжлүүлэн нарийвчлан судлан, экосистемийн үйлчилгээг үнэлэх зохицуулалтыг боловсронгуй болгож үнэлэх, экологи-эдийн засгийн үнэлгээг шинэчлэх, экосистемийн үйлчилгээ, түүний үнэ цэн, ач холбогдлыг олон нийтэд тайлбарлан таниулах шаардлагатай байна.

Хээрийн экосистемийн үйлчилгээнд биотик, абиотик хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэлийн нөлөөг илрүүлэх, хээрийн экосистемийн хөрс, ургамалд агуулагдах нүүрстөрөгч, азот, фосфорын хэмжээг тогтоож, үүнд орчны хүчин зүйлүүдийн үзүүлэх нөлөө болон тэдгээрийн хоорондын харилцан үйлчлэлийг тодорхойлох, хээрийн ургамал бүлгэмдлүүдэд азотын бордоо болон хур тунадасны олон хувилбарт туршилт судалгаа явуулах мөн хээрийн ургамал бүлгэмдлийн зонхилогч ургамлын навч болон үндэсний задралын процесс, түүнд нөлөөлөх абиотик, биотик хүчин зүйлсийг илрүүлэх туршилт судалгаа явуулах.

Бид хээрийн судалгааг ШУА-ийн Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгийн эрдмийн зөвлөлөөр 2019 онд батлуулсан Ургамалжлын урт хугацааны мониторинг судалгаа

явуулах нэгдсэн аргазүйд хамаарах шугаман цэгийн аргаар (LPI буюу Line Point Intercept) ургамал бүлгэмдлийн судалгааг, мөн тус нэгдсэн аргазүйд хамаарах азотын бордоо болон хур тунадасны хуримтлалын туршилт судалгааны аргазүй болон 2022 онд Ургамалжлын экологи, ургамлын эдийн засгийн лабораторийн хурлаар хэлэлцэж баталсан “Ургамлын задралын судалгааны аргазүй” туршилт судалгааны аргазүйг тус тус ашиглан явуулсан.

Бид 2022 оны 10 сараас 2024 он оны 10 сарын дунд хүртэл 8 хүний бүрэлдэхүүнтэй 5 удаагийн нийт 250 хүн/хоног хээрийн судалгааны ажлыг аргазүйн дагуу уулын хээр, татмын нуга, хуурай хээр болон цөлөрхөг хээрийн ургамал бүлгэмдэлд явуулж, дараах дээж, материал, тоон өгөгдлийг цуглуулсан. Үүнд: геоботаникийн дэлгэрэнгүй бичиглэл 1128 ширхэг, газрын дээрх биомассын дээж 600 гаруй уут, трансектийн дагуу ургамлын тусгагын бүрхцийн 60 раменскийн торын 5000 гаруй тоон өгөгдөл мөн ургамлын тохиолдцын 3000, ургамлын үйл ажиллагаа, химийн шинж чанар болон хөрсний химийн шинж чанарын 2150 гаруй тоон өгөгдөл цуглуулсан. Мөн 8 зүйл ургамлын үндэсний дээж 5 давталттай, үнэмлэхүй хуурай жингээр 360 гр цуглуулж үндэсний задралын туршилт судалгааг явуулсан.

Уулын хээр, хуурай хээр болон цөлөрхөг хээрийн ургамал бүлгэмдлийн зонхилогч зүйл ургамлуудын үйл ажиллагааны шинж чанаруудыг бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбай тус бүрээс хэмжиж үзэхэд уулын хээрийн бүлгэмдлийн ургамлуудын навчны талбайн хэмжээ хамгийн өндөр (58.04 –168.15), хуурай хээр болон цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдэл харьцангуй бага байна (4.44 –101.05). Гурван бүлгэмдлийн навчны хуурай бодисын агууламж (0.4-0.6), навчны зузаан (0.1-0.3) болон үндэсний хуурай бодисын агууламж (0.4-0.6) харьцангуй ижил байна. Харин үндэсний уртын хэмжээ нь бүлгэмдэл хооронд ялгаатай ($p < 0.001$) бөгөөд хуурай хээрийн бүлгэмдлийн үндэсний урт бусад хоёр бүлгэмдлээс харьцангуй урт байна. Зүйл хооронд харьцуулж үзэхэд уулын хээрийн бүлгэмдлийн *Leontopodium ochroleucum* ургамлын навчны талбайн хэмжээ хамгийн өндөр, *Sanguisorba officinalis* ургамал хамгийн бага байна.

Гурван бүлгэмдлийн навч болон үндэсний химийн элементийн агууламжийг үзэхэд уулын хээрийн бүлгэмдлийн навчны фосфор болон азотын агууламж (навч: $0.32 \pm 0.2 \sim 0.31 \pm 0.2$) үндэсний агууламжаас (үндэс: $0.23 \pm 0.2 \sim 0.21 \pm 0.1$) харьцангуй өндөр байна. Харин тус бүлгэмдлийн үндэсний нүүрстөрөгчийн агууламж навчны агууламжаас харьцангуй өндөр байна (үндэс: 3.06 ± 0.6 ; навч: 2.93 ± 0.7). Хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн хувьд навчны азот, нүүрстөрөгчийн агууламж (навч: $0.52 \pm 0.1 \sim 2.78 \pm 0.3$) үндэсний агууламжаас (үндэс: $0.28 \pm 0.2 \sim 2.63 \pm 0.3$) харьцангуй өндөр болох нь харагдаж байна. Цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн навчны фосфор болон азотын агууламж (навч: $0.15 \pm 0.1 \sim 0.55 \pm 0.1$) үндэсний агууламжаас (үндэс: $0.13 \pm 0.1 \sim 0.28 \pm 0.2$) харьцангуй өндөр байна. Харин тус бүлгэмдлийн үндэсний нүүрстөрөгчийн агууламж навчны агууламжаас харьцангуй өндөр байна (үндэс: 2.94 ± 0.3 ; навч: 2.72 ± 0.5). Харин гурван бүлгэмдлийн ургамлын химийн элементийг бүлгэмдэл хооронд харьцуулахад уулын хээрийн бүлгэмдлийн ургамлын фосфор, нүүрстөрөгч болон нүүрстөрөгч азотын харьцаа нь бусад хоёр бүлгэмдлээс харьцангуй өндөр харин азотын агууламж бага байна.

Гурван бүлгэмдлийн хөрсний химийн элементийн агууламжаас харахад бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбай хооронд ялгаагүй харагдаж байгаа бөгөөд зөвхөн уулын хээр болон цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн фосфорын агууламж

бэлчээрлэлтгүй талбайд өндөр байлаа ($p=0.01\sim0.04$). Мөн гурван бүлгэмдлийн хөрсний химийн элементийн агууламж 0-10 см гүнд (P: 0.43-0.93; N: 0.28-0.86; C: 3.75-4.43; CN: 5.57-15.21) 10-30 см гүнийхээс (P: 0.14-0.33; N: 0.18-0.45; C: 3.64-4.08; CN: 1.17-21.8) харьцангуй өндөр байна. Бүлгэмдэл хооронд харьцуулж үзэхэд хөрсний химийн элементийн агууламж уулын хээрээс хуурай хээр, цөлөрхөг хээр рүү буурсан үзүүлэлттэй байна.

Бид бүтцийн тэгшитгэлийн загварчлал (SEM)-ын аргыг ашиглан гурван бүлгэмдлийн газрын дээрх биомасс, ургамлын зүйлийн баялаг болон зүйлийн олон янз байдалд абиотик хүчин зүйл болох бэлчээрлэлт, уур амьсгалын хүчин зүйлс мөн биотик хүчин зүйл болох ургамлын үйл ажиллагаа, химийн шинж чанар болон хөрсний химийн шинж чанарын шууд ба шууд бус нөлөөллийг бүлгэмдэл тус бүр дээр шалгасан. Үр дүнгээс харахад уулын хээрийн ургамал бүлгэмдлийн газрын дээрх биомасст зүйлийн баялаг болон ургамлын химийн шинж чанар эергээр шууд хүчтэй харин ургамлын зүйлийн олон янз байдал сөргөөр шууд нөлөөлж байна ($p<0.05$). Харин бэлчээрлэлт нь ургамлын зүйлийн баялагт эерэг хүчтэй шууд, зүйлийн олон янз байдал болон ургамлын химийн шинж чанарт сөрөг шууд нөлөөтэй бол газрын дээрх биомасст шууд бус сөрөг нөлөөтэй байна ($p<0.01$). Уур амьсгалын хүчин зүйлс болон хөрсний химийн шинж чанарын нөлөө илэрсэнгүй.

Хуурай хээрийн бүлгэмдлийн хувьд бэлчээрлэлт нь газрын дээрх бүтээмжид чухал нөлөөтэй абиотик хүчин зүйл болох нь харагдаж байна. Жишээ нь: Зүйлийн баялаг болон зүйлийн олон янз байдалд хүчтэй шууд эерэг нөлөөтэй байсан бол газрын дээрх биомасс, ургамлын химийн шинж чанар болон хөрсний химийн шинж чанарт хүчтэй шууд сөрөг нөлөөтэй байна ($p<0.001$). Мөн түүнчлэн уур амьсгалын хүчин зүйл газрын дээрх биомасс болон зүйлийн баялагт сул эерэг шууд нөлөөтэй ($p<0.05$) бол хөрсний химийн шинж чанарт хүчтэй сөрөг нөлөөтэй байлаа ($p<0.001$).

Харин цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн газрын дээрх биомасст уур амьсгалын хүчин зүйл, ургамлын үйл ажиллагаа болон химийн шинж чанар, зүйлийн олон янз байдалд эергээр шууд нөлөөлж байсан бол зүйлийн баялаг болон бэлчээрлэлт сөрөг шууд нөлөөтэй болох нь харагдаж байна. Мөн уур амьсгалын хүчин зүйлс хөрсний химийн шинж чанарт шууд эерэг нөлөөтэй, ургамлын үйл ажиллагааны шинж чанар нь зүйлийн олон янз байдал шууд эерэг нөлөөтэй байлаа. Энэ зургаас бид харилцан үйлчлэлийн нөлөө байгааг харж болно. Жишээ нь уур амьсгалын хүчин зүйлс нь хөрсний химийн шинж чанарт эергээр нөлөөлснөөр хөрсний химийн шинж чанар нь зүйлийн баялагт эергээр нөлөөлж байгаа буюу уур амьсгалын хүчин зүйлс болон хөрсний химийн шинж чанар хоорондын харилцан үйлчлэлийн нөлөө харагдаж байна.

Мөн азотын бордоо болон хур тунадасны хуримлалтай туршилт судалгааны үр дүнгээс харахад уулын хээрийн бүлгэмдлийн зүйлийн баялгийг судалгаа явуулсан жилтэй хамааруулж үзэхэд судалгааны эхний жилээс туршилтын талбай тус бүр дээр тасралтгүй буурсан байна ($p<0.001$). Харин тус бүлгэмдлийн ургамлын зүйлийн олон янз байдал хяналтын талбай, азотын нэг дахин нэмэгдэлтэй болон хур тунадасны нэг дахин хуримтлалтай талбайд тасралтгүй өссөн ($p<0.01$) бол туршилтын хувилбарын азот болон хур тунадасны хоёр дахин нэмэгдэлтэй талбайд буурсан хандлагатай байна ($p=0.03$). Мөн ургамлын зүйлийн баялаг болон зүйлийн олон янз байдлыг туршилтын талбай

хооронд харьцуулж үзэхэд азот болон хур тунадасны хоёр дахин нэмэгдэлтэй талбай буюу туршилтын W2N2 хувилбарт хамгийн бага үзүүлэлттэй байна.

Нугажуу хээрийн 8 зүйл ургамлын навчны масс алдагдал нь судалгааны хугацаа, зүйл болон туршилтын хувилбар хооронд харилцан адилгүй байна. Судалгааны хугацааны эхний 6 сард нугажуу хээрийн 8 зүйл ургамлын навчны задралаас *Artemisia dracuncululus* нь туршилтын гэрэлтэй хувилбарт (0.48 ± 0.03), *Aster alpinus* нь туршилтын сүүдэрлэсэн хувилбарт хамгийн их (0.38 ± 0.02), харин *Stipa baicalensis* нь туршилтын гэрэлтэй болон сүүдэрлэсэн хувилбарт хамгийн бага (0.15 ± 0.05 ; 0.05 ± 0.02) задарсан байна. Мөн тус 8 зүйл ургамлын үндэсний масс алдагдал нь судалгааны эхний 6 сард *Aster alpinus* хамгийн их (0.82 ± 0.03), *Potentilla fruticosa* хамгийн бага (0.22 ± 0.04) задарсан байна. Харин судалгааны 1 жилийн хугацаанд *Leontopodium ochroleucum* хамгийн их (0.91 ± 0.04), *Potentilla fruticosa* хамгийн бага (0.25 ± 0.04) байна. Судалгааны нэг дэх жил буюу туршилтын хоёр дах хугацаанд алаг өвснүүд үндэсний анхны жингийн 51-91%-ийг алдсан бол *Stipa baicalensis* нь нийт үндэсний массын 82%-ийг алдсан, *Carex pediformis* нь 40%, *Potentilla fruticosa* нь 26%-ийг тус тус алдсан.

Гурван хээрийн ургамал бүлгэмдлийн ургамлын үйл ажиллагааны шинж чанар, ургамлын химийн шинж чанар болон хөрсний химийн шинж чанарт биотик, абиотик хүчин зүйлс харилцан адилгүй нөлөө үзүүлж байна.

Ялгаатай гурван хээрийн ургамал бүлгэмдлийн хөрс болон ургамлын шинж чанарт уур амьсгалын үзүүлэлт чухал хүчин зүйл бөгөөд харин бэлчээрлэлт нь цөлөрхөг хээрийн ургамал бүлгэмдэлд сөрөг хүчин зүйл болдог байна.

Бэлчээрлэлт нь хуурай хээр болон цөлөрхөг хээрийн газрын дээрх биомасст шууд сөрөг нөлөөтэй байсан бол уулын хээрийн бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдалд шууд эерэг нөлөөлснөөр газрын дээрх биомасст дам нөлөө үзүүлдэг байна. Уур амьсгалын хүчин зүйлс хөрсний химийн шинж чанарт нөлөөлснөөр газрын дээрх бүтээмжид эерэг дам нөлөө үзүүлж байна.

Хээрийн гурван ургамал бүлгэмдэл нь азотын бордоо болон хур тунадасны хуримтлалын нөлөөнд харьцангуй өөр өөр хариу үйлдэл үзүүлж байна. Тухайлбал хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн ургамлын зүйлийн баялаг болон ургамлын зүйлийн олон янз байдал нь хяналтын талбайд хамгийн их, азот болон хур тунадасны хоёр дахин нэмэгдэлтэй талбайд хамгийн бага байгаа нь экосистемийн үйл ажиллагааг эрчимжүүлэх боловч ган гачгийн стрессийг хангалттай бууруулахгүй байна. Гурван ургамал бүлгэмдлийн ерөнхий тусгагийн бүрхцийг харьцуулж үзэхэд уулын хээр болон хуурай хээрийн бүлгэмдэлд жилээс хамаарсан өөрчлөгдөлгүй буюу харьцангуй тогтмол байсан. Харин цөлөрхөг хээрийн ургамал бүлгэмдлийн ерөнхий тусгагийн бүрхэц туршилтын талбай тус бүр дээр тасралтгүй өссөн хандлагатай байгаа нь хамгийн их усаар хязгаарлагдмал экосистем учир хур тунадасны нэмэгдэлд хариу үйлдэл үзүүлсэн.

Ургамлын навчны задрал нь тухайн зүйл ургамлын навчны биоморфологи болон анатомийн бүтцээс хамаарч харилцан адилгүй хугацаанд задардаг байна. Задрал эрчимтэй яагддаг хугацаа нь ургамал ургалтын үетэй давхцаж байна. Үндэсний масс алдагдал нь алаг өвсөнд их, улалж үетэн, сөөг ургамлуудад бага байгаа нь тухайн зүйл ургамлын үндэсний анатоми морфологи болон биохимийн шинж чанартай холбоотой юм. Үндэсний задрал эхний нэг жилийн хугацаанд масс алдагдал их боловч задралын хурд туршилтын хугацааны эхний 6 сард хамгийн өндөр байна. Үндэсний хуурай

бодисын агууламж болон үндэсний урт зэрэг үзүүлэлтүүд нь задралын хурдад харьцангуй нөлөөлөл бага байгаа тул цаашид хөрсний физик химийн шинж чанаруудтай харьцуулсан судалгаа хийх шаардлагатайг харуулж байна.

“Хээрийн экосистемийн үйлчилгээнд абиотик, биотик хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэлийн нөлөө” сэдэвт суурь судалгааны төслийн эцсийн тайлан нь 6 бүлэг, 21 дэд бүлэг, 15 хүснэгт, 40 зурагтай, эшилсэн бүтээл 174, болон хавсралтаас бүрдсэн нийт 112 хуудастай.

Төсөл хэрэгжсэн хугацаанд Impact factor-тай олон улсын сэтгүүлд 1 өгүүлэл, дотоодын сэтгүүлд 8 өгүүлэл тус тус хэвлүүлж, эрдэм шинжилгээний илтгэл олон улсын хуралд 5, дотоодод 9 тус тус хэлэлцүүлсэн бөгөөд олон улсын хурлын эмхэтгэлд 7 хураангуй хэвлүүлсэн байна. Мөн төслийн ажлыг сурталчлах ажлын хүрээнд ярилцлага мэдээ, мэдээлэл 1 өгч, сургалт 1 зохион байгуулсан байна. Түүнчлэн төслийн ажлын үр дүнгээр магистрын зэрэг 1 хүн хамгаалсан байна.

Түлхүүр үг: Ургамал бүлгэмдэл, уулын хээр, хуурай хээр, цөлөрхөг хээр, зүйлийн баялаг, зүйлийн олон янз байдал, зүйлийн үүрэг оролцоо, биомасс, тусгагийн бүрхэц, ургамлын үйл ажиллагааны шинж чанар, ургамлын химийн шинж чанар, хөрсний химийн шинж чанар, уур амьсгалын хүчин зүйлс, бэлчээрлэлт, азотын бордоо, хур тунадасны хуримтлал, навч болон үндэсний задрал