

Хээрийн ургамал бүлгэмдлүүдийн зүйлийн баялаг, олон янз байдал ба зарим зүйлийн ургамалд азотын нэмэгдлийн үзүүлэх нөлөө

Алтангэрэлийн Сүхбат*, Индрээгийн Түвшинтогтох, Цогтсайханы Түмэнжаргал

Шинжлэх ухааны Академи, Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*И-мэйл: sukhbat_a@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0002-6403-4280>

<https://doi.org/10.5564/mjb.v5i31.3267>

Хүлээн авсан: 2023.05.31

Хянасан: 2023.12.12

Хэвлэлтэнд: 2023.12.15

Хураангуй. Бид 2009-2022 онд тус хүрээлэнгийн Ургамалжлын экологи, ургамлын эдийн засгийн лабораторийн ургамалжлын урт хугацааны мониторингийн 3 суурингийн Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын нутаг дахь нугажуу хээр, Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт сумын нутаг дахь хуурай хээр болон Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын нутаг дахь цөлөрхөг хээрийн ургамал бүлгэмдлүүдэд $1*1\text{m}^2$ хэмжээтэй нийт 108 талбайд 3 хувилбараар туршилт судалгааг явуулав. Ингэхдээ азотыг 28.57 г (N1) ба 57.14 г (N2) гэсэн 2 өөр хэмжээтэй нэмэгдүүлэхээр тооцож ургамал ургалтын эхний үе буюу 5-р сард, оргил үе буюу 7-р сард жилдээ 2 удаа аммоны нитратаар бордож, бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг ба олон янз байдалд хэрхэн нөлөөлж байгааг бордоогүй (N0) талбайтай харьцуулан судлав. Судалгааны үр дүнд 2022 онд нугажуу хээрийн бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг азотын нэмэгдэлтэй N2 хувилбарт хяналтын N0 талбайгаас 1.2 дахин бага (N0-S=75, N2-S=60), зүйлийн олон янз байдал нь 1.14 дахин (N0- H'=3.15, N2- H'=3.61) их байна. Хуурай хээрийн бүлгэмдэлд хяналтын N0 талбайгаас N2 хувилбарт зүйлийн баялаг 1.1 дахин бага (N0-S=41, N2-S=37), зүйлийн олон янз байдал нь 1.04 дахин (N0- H'=3.29, N2- H'=3.16) буурч байна. Цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн N0 талбайгаас N1 хувилбарт зүйлийн баялаг 1.28 дахин бага (N0-S=9, N1-S=7), харин N2 хувилбарт зүйлийн баялаг 1.2 дахин их, зүйлийн олон янз байдал азотын N2 хувилбарт 1.2 дахин (N0-H'=1.86, N2-H'=2.2) тус тус нэмэгдсэн байна. Нугажуу хээрийн 6 зүйл (*Astragalus adsurgens*, *Carex pediformis*, *Chrysanthemum zawadskii*, *Cymbaria dahurica*, *Leuzea uniflora*, *Potentilla leucophylla*), хуурай хээрийн 3 зүйл (*Galium verum*, *Bassia prostrata*, *Potentilla strigosa*), цөлөрхөг хээрийн 2 зүйл (*Allium ramossum*, *Convolvulus ammanii*)-ийн ургамлын тусгагийн бүрхцэд азотын нэмэгдэл статистикийн хувьд нөлөө үзүүлсэн. Бидний судалгаанд дээрх ургамлуудын тусгагийн бүрхцэд N2 хувилбар илүү нөлөө үзүүлж байв.

Түлхүүр үгс: нугажуу хээр, хуурай хээр, цөлөрхөг хээр, азот, зүйлийн баялаг, олон янз байдал

Эшлэл авахдаа: Сүхбат А*, Түвшинтогтох И., Түмэнжаргал Ц. 2023. Хээрийн ургамал бүлгэмдлүүдийн зүйлийн баялаг, олон янз байдал ба зарим зүйлийн ургамалд азотын нэмэгдлийн үзүүлэх нөлөө. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 05 (31): 93-106.

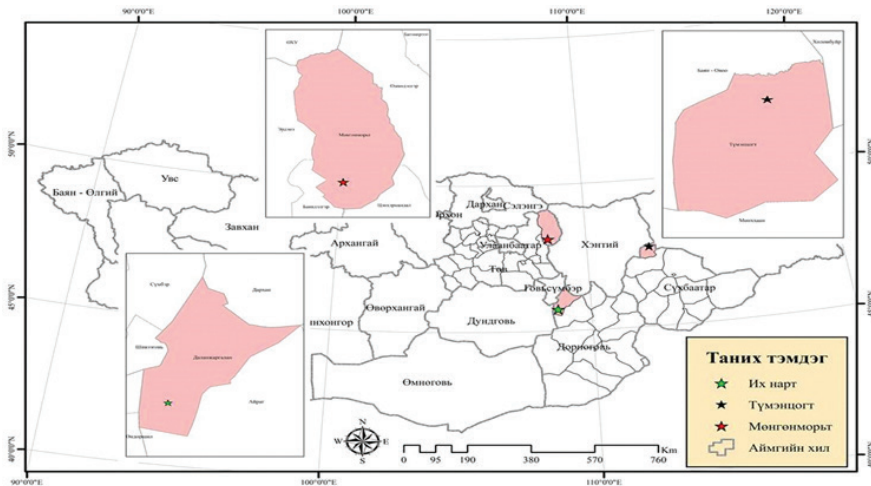
Удиртгал

2023 онд Манай орны малын тоо толгой 71 гаруй сая (Үндэсний статистикийн хороо, 2022) болж өссөн нь сүүлийн жилүүдэд мал бэлчээрлэлт эрчимтэй хөгжиж байгааг харуулж байна. Үүнээс үүдэн бэлчээрийн даац нэмэгдэж, зүйлийн баялаг, олон янз байдалд нөлөөлснөөр ургамал бүлгэмдэл үндсэн шинжээ алдаж доройтож байна. Бэлчээрийг хашиж хамгаалах, сэлгэж өнжөөн бэлчээрлүүлэх мөн бордох замаар ургамлын биомассыг нэмэгдүүлэх зэрэг доройтсон бэлчээрийг сэргээх олон арга байдаг. Үүнээс азотын бордоогоор бордох нь дэлхий дахинд хэрэглэдэг түгээмэл аргуудын нэг юм. Азот нь ургамлын тэжээлийн гол элемент боловч агаарт агуулагддаг азотыг ургамал, амьтан шууд ашиглах боломжгүй юм. Азотын эргэлт нь азотыг олон хэлбэрт хувиргаж, агаар мандлаас хөрсөнд организмд, эргээд агаар мандалд оруулдаг биогеохимийн процесс юм. Энэ нь азотын бэхжилт, нитрификаци, денитрификация, ялзрал зэрэг хэд хэдэн процессыг хамардаг (Hooper et al., 1999).

Азот нь органик болон органик бус хэлбэрээр байдаг. Органик азот нь амьд организмд байдаг бөгөөд тэдгээр нь бусад амьд организмын хэрэглээгээр хүнсний гинжин хэлхээгээр дамждаг. Агаар мандалд азотын хий хэлбэрээр байдаг. Энэхүү идэвхгүй азотыг симбиотик бактерийн тусламжтайгаар нитрит, нитрат зэрэг хэрэглэж болох хэлбэр болгон хувиргаж ургамалд хүрдэг. Энэ процесст аммиак нь хөрсөн дэх бичил биетний нөлөөгөөр нитрат болж хувирдаг. Азот ургамлын фотосинтез ба ургамлын эд эсийн бүрэлдэх процесст чухал үүрэгтэй ба ургамлын өсөлтийг нэмэгдүүлсэнээр газрын дээрх биомассын хуримтлалыг ихэсгэдэг ч (Vitousek et al, 1991, Verhoeven et al, 1996), нөгөөтэйгүүр азотын бордооны хэрэглээний зохистой тунг тааруулаагүйн улмаас азотын (N) хэт их хуримтлал үүсч ургамлын зүйлийн олон янз байдлыг багасгадаг талтай (Hautier et al, 2009, Payne et al, 2013). Зарим улс оронд бэлчээрт хэрэглэж болох азотын хамгийн дээд хэмжээг тогтоож өгсөн байдаг. Жишээ нь Их Британи болон Нидерландад жилд нэг удаа 1 га талбайд 340-385 кг байхаар зохицуулдаг ба энэ нь бусад оронд байгаль орчин, цаг уурын нөхцлөөс хамааран өөр өөр байдаг. Мөн азотын бордоо нь ялгаатай экосистемүүдэд өөр өөрөөр үйлчилдэг ба эдгээр ялгаатай үйлчилгээг судалж илрүүлсэнээр цаашид азотын бордоог шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр зохистой хэмжээгээр ашиглаж, бэлчээрийн ургамлын ургацыг нэмэгдүүлэх боломжтой. Иймээс бидний энэхүү судалгаагаар Монгол орны ялгаатай 3 хээрийн бүлгэмдэлд азотын бордоог ялгаатай байдлаар ашиглаж, зүйлийн баялаг, зүйлийн олон янз байдалд хэрхэн нөлөөлж байгааг илрүүлэх зорилготой юм. Үүний тулд хээрийн бүлгэмдлүүдэд N1 ба N2 гэсэн ялгаатай хэмжээгээр бордон, бордоотой болон бордоогүй талбай хоорондын зүйлийн баялаг, олон янз байдлын ялгааг илрүүлэн, азотын бордооны хэмжээ ялгаатай 3 хээрийн бүлгэмдэлд хэрхэн нөлөөлж байгаа эсэхийг статистик анализаар шалгах зорилтуудыг тавьж ажиллалаа.

Судалгааны дээж, материал

Судалгааг ШУА-ийн Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгийн Ургамалжлын экологи, ургамлын эдийн засгийн лабораторийн ургамалжлын урт хугацааны мониторингийн суурингууд болох Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумд орших Үетэн-Алаг өвст нугажуу хээрт, Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт сумын нутагт Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат хуурай хээрт, Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын Их Нартад орших Агь-таана-говийн хялганат цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдэлд 2009-2022 оны 07-08 дугаар сарын хооронд хийж гүйцэтгэсэн (Зураг 1).



Зураг 1. Судалгаа явуулсан суурингуудын цэг

Ялгаатай 3 хээрийн бүлэмдэлд 3 талбай сонгож, тус бүрт 1 м² хэмжээтэй 4 эгнээ нийт 36 ширхэг хэмжилтийн талбайтай буюу нийт 108 хэмжилтийн талбайгаас бүрдэнэ (Зураг 2). Жил бүр ургамал ургалтын эхэн үе 5-р сард, ургамал ургалтын оргил үе 7-р сард нийт 2 удаа ялгаатай хэмжээгээр азотоор борддог. Азотын бордоог 28.57 г (N1) болон 57.14 г (N2) гэсэн хэмжээгээр нэмэгдүүлэхэд аммоны нитрат (NH₄NO₃) ашигласан.

Хэмжилтийн талбай бүрд 1м² хэмжээтэй тор тавьж ургамал бүлгэмдлийн бүрэлдэхүүн, бүтцийг илэрхийлэх дараах үзүүлэлтүүдийг хэмжсэн. Үүнд:

- 1м² хэмжээтэй тор доторх талбайг 100% гэж үзээд тухайн зүйл ургамал хэдэн хувь эзэлж байгаагаар нь тусгагийн бүрхцийг тооцсон.
- Ургамлын тусгагийн бүрхцийг хувилбар бүр дээр 36 давталтын дундаж утгаар тооцов.

А талбай								
N1	N2	N1	N0	N0	N1	N2	N0	N2
N0	N2	N1	N0	N2	N1	N1	N2	N0
N1	N0	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N2
N2	N0	N0	N2	N0	N1	N2	N1	N1
В талбай								
N1	N2	N0	N2	N1	N0	N0	N2	N1
N1	N2	N0	N1	N2	N1	N0	N2	N0
N0	N1	N0	N2	N2	N1	N1	N0	N2
N1	N2	N0	N2	N0	N1	N0	N1	N2
С талбай								
N1	N0	N2	N2	N0	N0	N1	N2	N1
N0	N1	N1	N2	N0	N2	N1	N0	N2
N1	N0	N1	N2	N0	N2	N1	N0	N0
N2	N1	N1	N2	N1	N0	N0	N2	N0

Зураг 2. А- Туршилтын талбайн загвар (N0-азотын нэмэгдэлгүй, N1-азотын 28.57г/м² нэмэгдэлтэй, N2-азотын 57.14г/м² нэмэгдүүлсэн хувилбар)

Дата анализ: Цуглуулсан өгөгдлийг MS Excell, SPSS 23.0 статистикийн программыг ашиглан нэг хүчин зүйлт вариацийн анализ (One-way ANOVA) ба Персоны хамаарлын анализийг ашигласан.

Бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдлыг Шеннон-Уинерын индексээр бодож гаргав. Үүнд:

$$H = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

H - тухайн ургамал бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдлын индекс

S - тухайн ургамал бүлгэмдлийн нийт зүйлийн тоо

p_i - тухайн ургамал бүлгэмдэл дэх *i* зүйлийн харьцангуй тусгагийн бүрхэц

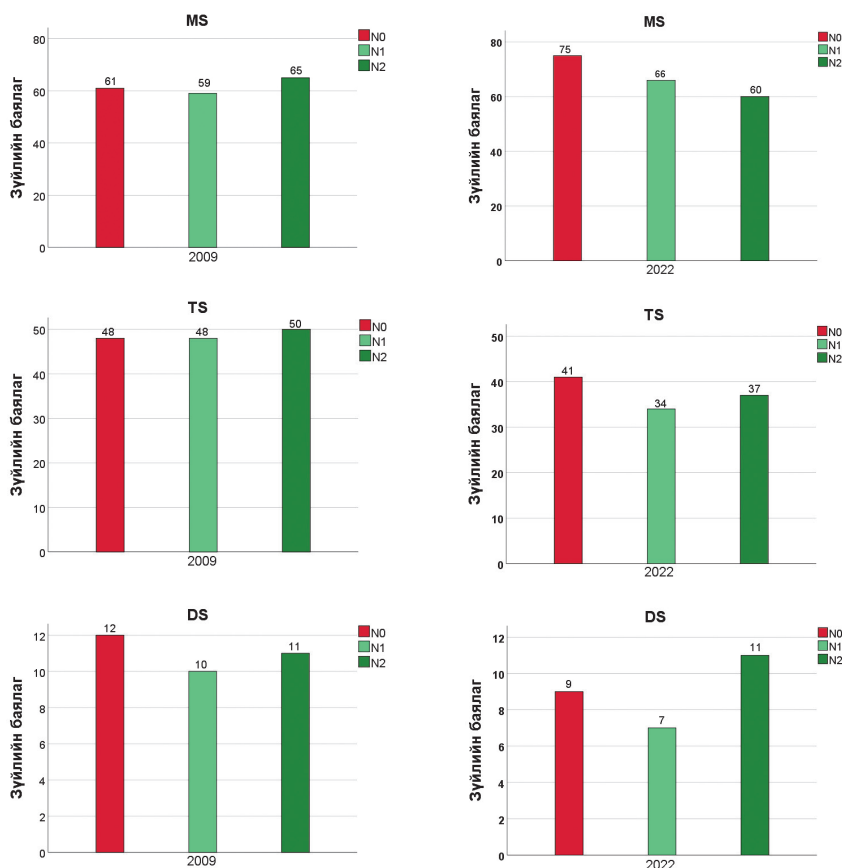
Судалгааны үр дүн:

Зүйлийн баялаг: Бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг нь зүйлийн тоогоор илэрхийлэгдэнэ. Хээрийн 3 бүлгэмдэлд азотын нэмэгдэлгүй туршилтын талбай болон азотын нэмэгдэлтэй туршилтын хувилбаруудын зүйлийн баялгийг харьцуулан авч үзэхэд дараах үр дүнг үзүүлж байна.

2009 онд нугажуу хээрийн бүлгэмдэл дэх хяналтын N0 талбайд 61 зүйл, азотын нэмэгдэлтэй N1 хувилбарт 59, N2 хувилбарт 65 зүйл бүртгэгдсэн бол 2022 онд N0 талбайд 75 зүйл, N1 хувилбарт 66 зүйл, N2 хувилбарт 60 зүйл бүртгэгдэж, N0 ба N1 хувилбарт зүйлийн баялаг 0.8-0.9 дахин нэмэгдсэн бол N2 азотын нэмэгдэлтэй талбайд 0.9 дахин буурсан байна (Зураг 3).

Хуурай хээрийн бүлгэмдлийн 2009 онд хяналтын N0 талбайд 48 зүйл, азотын нэмэгдэлтэй N1 хувилбарт 48 зүйл, азотын нэмэгдэлтэй N2 хувилбарт 50 зүйл тус тус бүртгэгдсэн. Харин 2022 онд N0 талбайд 41 зүйл, N1 хувилбарт 34 зүйл, N2 хувилбарт 37 зүйл бүртгэгдэж, N0 ба N1 азотын бордоотой хувилбаруудад зүйлийн баялаг 1.1-1.4 дахин буурсан бол N2 азотын нэмэгдэлтэй талбайд 1.3 дахин буурсан байна (Зураг 3).

2009 онд цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн хяналтын талбай болох N0 талбайд 12 зүйл, азотыг нэмэгдүүлсэн туршилтын N1 хувилбарт 10 зүйл, харин N2 хувилбарт 11 зүйл бүртгэгдсэн байна. 2022 онд N0 талбайд 9 зүйл, N1 хувилбарт 7 зүйл, N2 хувилбарт 11 зүйл бүртгэгдэж, N0 ба N1 азотын бордоотой хувилбаруудад зүйлийн баялаг 1.3-1.4 дахин буурсан бол N2 азотын нэмэгдэлтэй талбайд зүйлийн тоо өөрчлөгдөөгүй байна (Зураг 3).



Зураг 3. Бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг 2009 болон 2022 он (MS-Нугажуу хээр, TS-хуурай хээр, DS-цөлөрхөг хээр, N0- азотын нэмэгдэлгүй, N1- азотын 28.57г/м² нэмэгдэлтэй, N2- азотын 57.14г/м² нэмэгдүүлсэн)

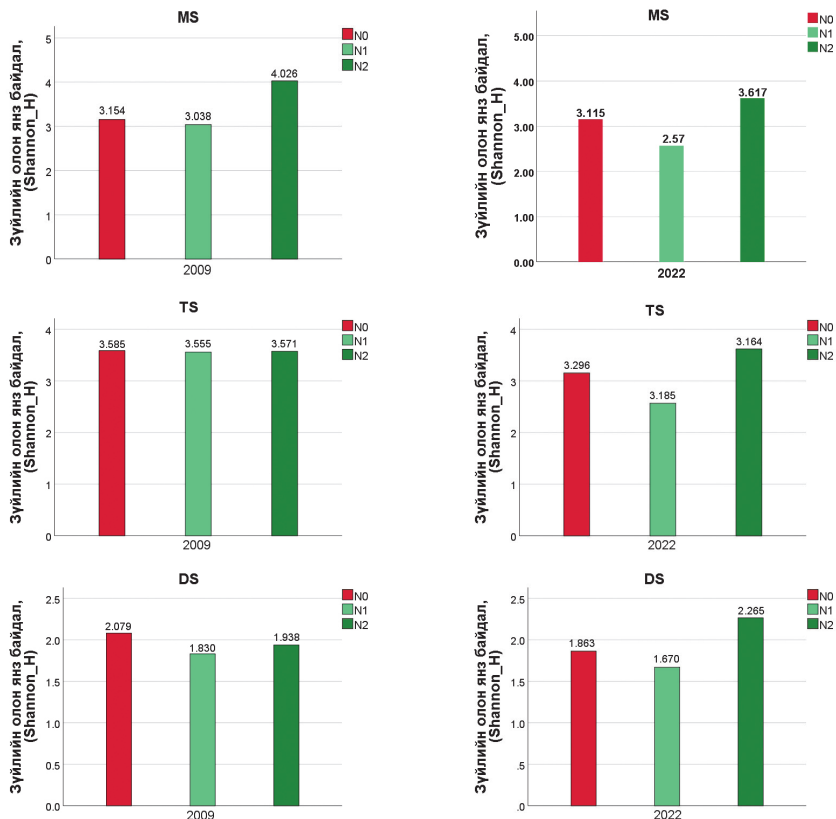
Бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдал: Бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдал нь тухайн бүлгэмдлийн бүтэц ба тогтвортой байдлыг илтгэх чухал үзүүлэлт болдог ба зүйлийн олон янз байдлын индекс нь 1 хүртэл бол муу, 1-2 бол дунд 2-3 бол сайн, 3-с дээш бол маш сайн гэж үздэг (Mason et al. 2005).

2009 онд нугажуу хээрийн бүлгэмдлийн хяналтын талбай N0 талбайн зүйлийн олон янз байдал нь 3.154, азотын нэмэгдэлтэй N1 хувилбарт 3.038, N2 хувилбарт 4.026 байсан бол 2022 онд N0 талбайд 3.115, N1 хувилбарт 2.570, N2 хувилбарт 3.617 болж N1 ба N2 азотын бордоотой хувилбаруудад зүйлийн олон янз байдлын индекс 0.84-0.89 дахин буурсан байна (Зураг 4).

Хуурай хээрийн бүлгэмдлийн 2009 онд хяналтын N0 талбайд зүйлийн олон янз байдлын индекс нь 3.585, азотын нэмэгдэлтэй N1 хувилбарт 3.555, азотын нэмэгдэлтэй N2 хувилбарт 3.571 байжээ. Харин 2022 онд N0 талбай 3.296, N1 хувилбарт 3.185, N2 хувилбарт 3.164 болж бүх хувилбаруудад зүйлийн олон янз байдлын индекс 0.89-0.9 дахин буурсан байна (Зураг 4).

Мөн 2009 онд цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн хяналтын N0 талбайд зүйлийн олон янз байдлын индекс нь 2.079, азотын бордоог нэмэгдүүлсэн туршилтын N1 хувилбарт 1.830, харин N2 хувилбарт 1.938 байв. 2022 онд N0 талбайд 1.863, N1 хувилбарт 1.670, N2 хувилбарт 2.265 байна. N0 ба N1 азотын бордоотой хувилбаруудад зүйлийн олон янз байдлын индекс 0.89-0.91 дахин буурсан бол N2 азотын нэмэгдэлтэй талбайд 1.16 дахин нэмэгдсэн байна (Зураг 4).

Үүнээс үзэхэд хээрийн 3 бүлгэмдэлд азотын нэмэгдэл нь зүйлийн баялаг, олон янз байдалд харилцан адилгүй нөлөөлж байна. Энэ нь тухайн бүлгэмдлийг бүрдүүлж байгаа зүйл ургамлын ургах орчин, амьдралын хэлбэрээс хамаарч азотын нэмэгдэлтэй туршилтын хувилбаруудад өөр өөр хариу урвал үзүүлж байна. Хээрийн 3 бүлгэмдлүүдийн зүйлийн баялаг, олон янз байдалд азотын туршилтын хувилбаруудын ялгаа, тэдгээрийн харилцан үйлчлэлийн нөлөөг нэг хүчин зүйлт вариацийн анализаар шалгалаа (Хүснэгт 1).



Зураг 4. Бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдал (MS-Нугажуу хээр, TS-хуурай хээр, DS-цөлөрхөг хээр, N0- азотын нэмэгдэлгүй, N1- азотын 28.57г/м² нэмэгдэлтэй, N2- азотын 57.1г/м² нэмэгдүүлсэн)

Хүснэгт 1. Хээрийн 3 бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг, олон янз байдлыг хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр нэг хүчин зүйлийн зүйл вариансын анализ (One-way ANOVA) шалгасан үр дүн

Хүчин зүйл	Чөлөөний зэрэг	Зүйлийн баялаг		Олон янз байдал(Shannon_H)	
Нугажуу хээр					
Азот	2	F утга	P утга	F утга	P утга
		0.291403	0.749	169.9534	0.000
Хуурай хээр					
Азот	2	F утга	P утга	F утга	P утга
		0.784351	0.463482	2.115816	0.134
Хуурай хээр					
Азот	2	F утга	P утга	F утга	P утга
		0.494276	0.613782	0.456985	0.636537

Зарим зүйл ургамлын тусгагийн бүрхцэд үзүүлэх нөлөө. Бидний судалгаагаар хээрийн 3 бүлгэмдлийн бүх зүйл ургамлын тусгагийн бүрхцэд азотын нэмэгдэл хэрхэн нөлөө үзүүлж байгааг тогтоохын тулд нэг хүчин зүйлт вариацийн анализ (One-way ANOVA) хийж үзэхэд зарим зүйл ургамал дээр дараах үр дүн ($P>0.05$) гарав (Хүснэгт 2).

Нугажуу хээрийн бүлгэмдлийн нийт 77 зүйл ургамлаас 6 зүйл ургамалд азотын нэмэгдэлтэй хувилбар болон хяналтын талбай статистикийн хувьд ялгаатай гэсэн үр дүн гарлаа (Хүснэгт 2). Үүнд:

Carex pediformis-ын тусгагийн дундаж бүрхэц нь 2009 онд N0 туршилтын талбайд 5.66%, N1 талбайд 3.16%, N2 талбайн хувьд 2.8% байсан бол 2022 оны байдлаар N0 талбайд 9.29%, N1 талбайд 15.85% байна. N2 талбайн хувьд 23.17% буюу 2.5 дахин их, талбай хооронд тухайн зүйл ургамлын тусгагийн бүрхэц нь статистик ялгаатай ($p=0.004$) байна (Зураг 5).

Leuzea uniflora-ийн дундаж тусгагийн бүрхэц 2009 онд N0 талбайд 5.51%, N1 талбайд 2.54%, N2 талбайд 4.45% тус тус байв. Харин 2022 онд N0 талбайд 3.16%, N1 талбайд 3.12%, N2 талбайд 6.51% буюу 2009 оны N2 талбайтай харьцуулахад 1.46 дахин их болсон байна. Ийнхүү энэхүү зүйл ургамлын тусгагийн бүрхэц азотын нэмэгдэлтэй талбай болон хяналтын талбай хооронд статистик ялгаатай ($p=0.01$) байна (Зураг 5).

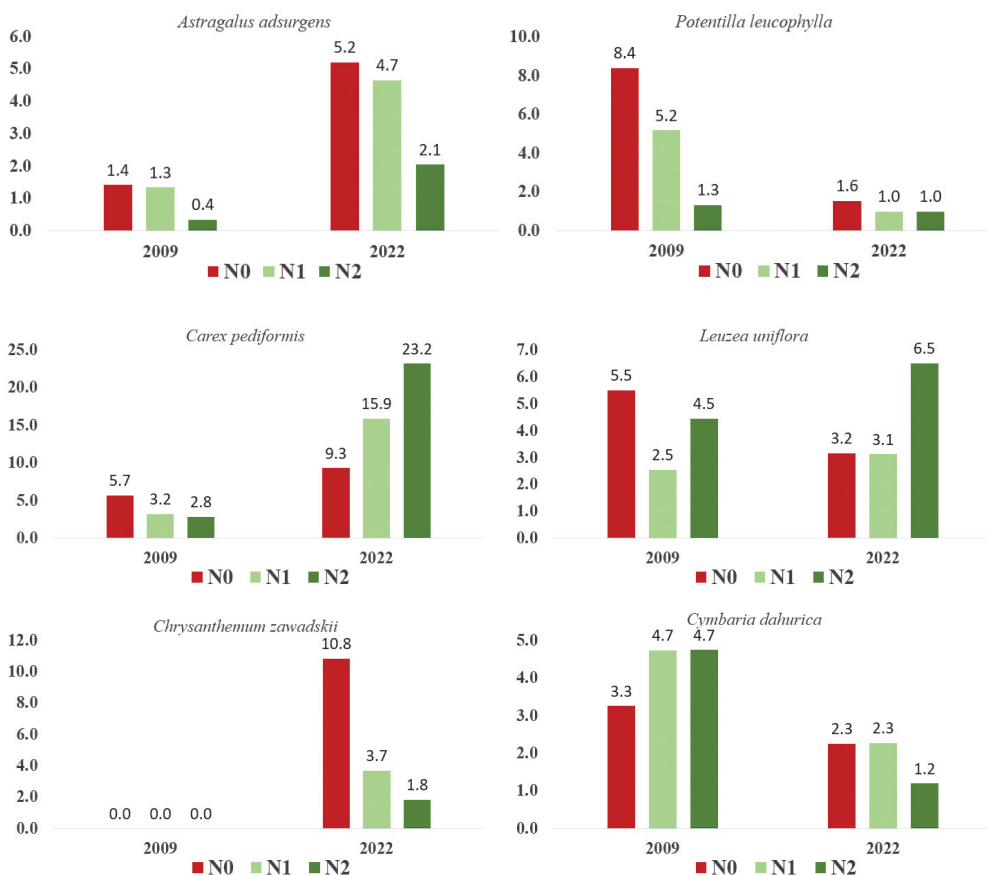
Chrysanthemum zawadskii анх 2009 онд N0 туршилтийн хувилбаруудад бүртгэгдээгүй байсан бол 2022 онд N0 талбайд дундаж тусгагийн бүрхэц нь 10.83%, N1 талбайд N0 талбайгаас 2.94 дахин бага 3.6%, N2 талбайд 2.05% ба талбай хооронд статистик ялгаатай ($p=0.04$) байна (Зураг 5).

Symbaria dahurica-ийн дундаж тусгагийн бүрхэц 2009 онд N0 талбайд 3.25%, N1 болон N2 талбайд N0 талбайгаас 1.47 дахин их буюу 4.73% байна. 2022 онд N0 талбайд 2.25%, N1 талбайд 2.27%, N2 талбайд 1.2% болж, N0 талбайтай харьцуулахад 1.8 дахин бага болж өөрчлөгдсөн ба талбай хооронд статистик ялгаа ($p=0.01$) илэрсэн (Зураг 5).

Astragalus adsurgens-ийн дундаж тусгагийн бүрхэц нь 2009 онд N0 туршилтын талбайд 1.41%, N1 талбайд 1.34% буюу 1.05 дахин бага, N2 талбайд

0.35% тус тус байна. 2022 онд N0 туршилтын талбайд тусгагийн бүрхэц 5.21%, N1 талбайд 4.65% буюу N0 талбайгаас 1.1 дахин бага, харин N2 талбайд 2.05%, талбай хооронд статистик ялгаатай ($p=0.001$) байна (Зураг 5).

Potentilla leucophylla-ийн дундаж тусгагийн бүрхэц нь 2009 онд N0 туршилтын талбайд 8.39%, N1 талбайд 5.17% буюу N0 талбайгаас 1.62 дахин бага, N2 талбайд 1.32% байна. 2022 онд N0 талбайд тусгагийн бүрхэц 1.55%, N1 болон N2 талбайд тус тус 1% байсан ба талбай хооронд статистик ялгаатай ($p=0.01$) байна (Зураг 5).



Зураг 5. Нугажуу хээрийн зарим зүйл ургамлын тусгагийн бүрхэц (N0- азотын нэмэгдэлгүй, N1- азотын 28.57г/м² нэмэгдэлтэй, N2- азотын 57.1г/м² нэмэгдэлтэй хувилбарууд)

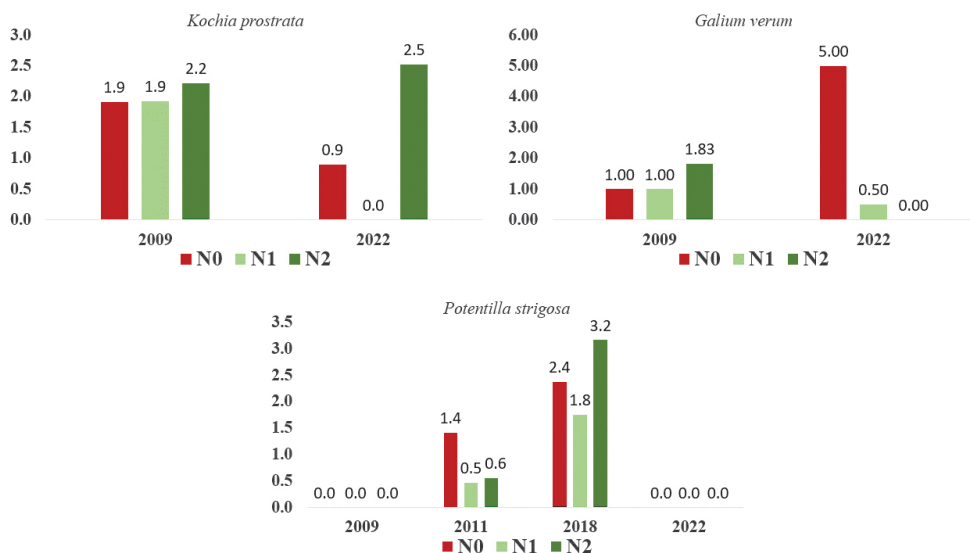
Хуурай хээрийн бүлгэмдлийн нийт 51 зүйл ургамлаас 3 зүйлийн тусгагийн бүрхэцэд азотын нэмэгдэл нөлөө үзүүлж байгаа статистикийн хувьд ялгаатай гэсэн үр дүн гарсан (Хүснэгт 2). Үүнд:

Kochia prostrata -ийн тусгагийн бүрхэц нь 2009 онд N0 болон N1 талбайд 1.91%, N2 талбайд 2.22% тус тус байсан бол 2022 онд N0 талбайд 0.9%, N1

талбайд бүртгэгдээгүй ба N2 талбайд 2.52% болж, N0 талбайгаас 2.8 дахин их болсон байна ($p=0.01$) (Зураг 6).

Galium verum-ийн тусгагийн бүрхэц нь 2009 онд N0 болон N1 талбайд тус бүр 1%, харин N2 талбайд 1.83% буюу 1.8 дахин их байна. 2022 онд N0 талбайд 5%, N1 талбайд 1%, N2 талбайд бүртгэгдээгүй байна ($p=0.0001$) байна (Зураг 6).

Potentilla strigosa-ийн тусгагийн бүрхэц нь 2011 онд N0 талбайд 1.41%, N1 талбайд 0.46%, N2 талбайд 0.55% тус тус байсан бол 2018 онд N0 талбайд 2.4%, N1 талбайд 1.75%, харин N2 талбайд 3.16% болон нэмэгдэж, N0 талбайгаас 1.3 дахин их болсон. 2022 онд N0, N1, N2 талбайнуудад бүртгэгдээгүй ($p=0.044$) байна (Зураг 6).

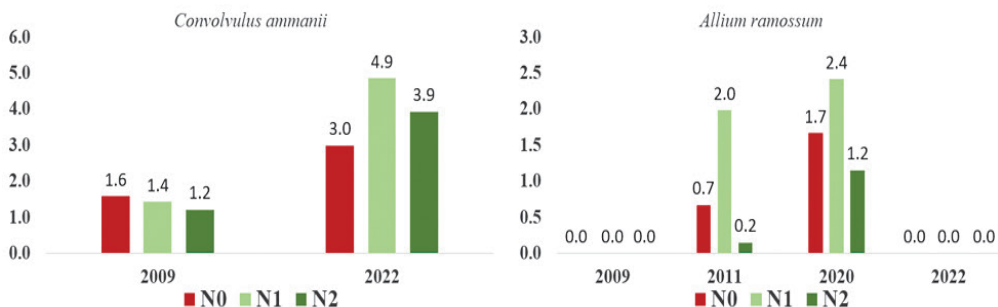


Зураг 6. Хуурай хээрийн зарим зүйл ургамлын тусгагийн бүрхэц (N0- азотын нэмэгдэлгүй, N1- азотын 28.57г/м² нэмэгдэлтэй, N2- азотын 57.1г/м² нэмэгдэлтэй хувилбарууд)

Цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн нийт 17 зүйл ургамлаас 2 зүйл ургамлын тусгагийн бүрхэцэд азотын нэмэгдэл нөлөө үзүүлж, статистикийн хувьд ялгаатай гэсэн үр дүн гарсан (Хүснэгт 2). Үүнд:

Convolvulus ammannii-ийн тусгагийн бүрхэц нь 2009 онд N0 талбайд 1.58%, N1 талбайд 1.43%, N2 талбайд 1.21% байна. 2022 онд N0 талбайд 2.98%, N1 талбайд 4.85% болж, N0 талбайгаас 1.6 дахин их болсон болмөн адил N2 талбайд 3.92% болон нэмэгдэж, N0 талбайгаас 1.3 дахин их болжээ ($p=0.04$) (Зураг 7).

Allium ramosum-ийн тусгагийн бүрхэц 2011 онд N0 талбайд 0.67%, N1 талбайд 1.98%, N2 талбайд 0.15% байсан бол 2020 онд N0 талбайд 1.66%, N1 талбайд 2.41% болж, N0 талбайгаас 1.45 дахин их, N2 талбайд 1.15% болон буурч, N0 талбайгаас 1.4 дахин бага үзүүлэлттэй ($p=0.04$) байа (Зураг 7).



Зураг 7. Зарим зүйл ургамлын тусгагийн бүрхцэд азотын нэмэгдлийн нөлөөг нэг хүчин зүйлт вариацийн анализ болон Персоны хамаарлын анализээр шалгасан дүн (One-way ANOVA, Pearson’s correlation)

Хүснэгт 2. Зарим зүйл ургамлын тусгагийн бүрхцэд азотын нэмэгдлийн нөлөөг нэг хүчин зүйлт вариацийн анализээр шалгасан дүн (One-way ANOVA)

Зүйлийн нэр/ шалгуур утгууд	Левенийн хэлбэлзлийн тэгш байдлын шалгуур t-тестийн тэгш байдал								
	F утга	P утга	t-утга	Чөлөөний зэрэг	Чухал утга	Дундаж ялгаа	Стандарт хазайлт	95% Итгэлцлийн зөрүүний интервал	
								Доод	Дээд
Нугажуу хээрийн бүлгэмдэл									
<i>Astragalus adsurgens</i>	21.254	0.000	-3.039	40	0.004	-1.34	0.441	-2.23	-0.44
<i>Carex pediformis</i>	9.597	0.004	1.617	40	0.114	2.43	1.5	-0.6	5.47
<i>Chrysanthemum zawadskii</i>	4.67	0.04	-1.64	30	0.112	-1.25	0.76	-2.81	0.31
<i>Cymbaria dahurica</i>	7.508	0.01	1.75	40	0.088	1.07	0.61	-0.17	2.31
<i>Leuzea uniflora</i>	6.67	0.01	2.21	40	0.033	1.7	0.77	0.14	3.25
<i>Potentilla leucophylla</i>	5.28	0.03	-1.12	25	0.275	-0.87	0.78	-2.46	0.73
Хуурай хээрийн бүлгэмдэл									
<i>Galium verum</i>	17.86	0.000	-3.24	39	0	-3.72	1.15	-6.04	-1.4
<i>Kochia prostrata</i>	7.44	0.01	1.87	39	0.07	2.51	1.34	-0.21	5.22
<i>Potentilla strigosa</i>	4.541	0.044	1.254	24	0.22	0.39	0.31	-0.25	1.04
Цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдэл									
<i>Allium ramossum</i>	4.01	0.04	-1.61	31	0.12	-0.34	0.21	-0.77	0.09
<i>Convolvulus ammanii</i>	4.29	0.04	2.41	40	0.02	0.82	0.34	0.13	1.5

Хэлэлцүүлэг

Бидний судалгааны үр дүнд ялгаатай 3 хээрийн бүлгэмдлийг 14 жил азотын бордоогоор бордоход, нугажуу хээрийн N0, N1 талбайн зүйлийн баялаг 0.8-0.9 дахин нэмэгдсэн бол N2 бордоотой талбайд 0.9 дахин буурсан байна. Харин хуурай хээр болон цөлөрхөг хээрийн N0-N2 талбайн зүйлийн баялаг 1.1-1.4 дахин буурсан байна. Зүйлийн олон янз байдлын хувьд нугажуу хээр, хуурай хээрийн N0-N2 талбайнуудад зүйлийн олон янз байдал 0.84-1.14 дахин буурсан үзүүлэлттэй бол цөлөрхөг хээрийн N2 талбайн зүйлийн толон янз байдал 1.16 дахин нэмэгдсэн байна. Нэг хүчин зүйлт вариацийн анализын үр дүнд азотын бордоо зүйлийн баялагт статистик ач холбогдолгүй харин олон янз байдалд статистик ач холбогдолтой байна.

Нинг (2022) нарын судалгаагаар Өвөр Монголын ялгаатай гурван хээрт (нугажуу, хуурай, цөлөрхөг) азотын нэмэгдэл харилцан адилгүй нөлөөлсөн болохыг тогтоосон. Тус судалгаагаар азотын нэмэгдлийн нөлөөгөөр нугажуу, цөлөрхөг хээрт ургамлын олон янз байдал буурсан ба хуурай хээрийн зөвхөн азот их хэмжээгээр бордсон талбайд буурсан байна (Ning et al. 2022). Бусад судлаачид азотын нэмэгдэл нь зүйлийн баялаг, олон янз байдал буурахад хүргэдэг (Bai et al. 2010; Clark and Tilman 2008; Seabloom et al. 2021; Zhang et al., 2014) гэсэн үр дүн нь бидний судалгааны үр дүнтэй таарч байна.

Нугажуу хээрийг азотоор бордоход бүлгэмдлийн зарим зүйл ургамалд (*Leymus chinensis*, *Stipa krylovii*, гэх мэт) бүрхцийг илүү нэмэгдүүлснээр доод ташинган дахь ургамлын (*Potentilla acaulis*, *Carex duriuscula*, гэх мэт) зарим ургамлыг сүүдэрлэн ургах нөхцөл хумигддаг тул улмаар зүйлийн олон янз байдал буурахад нөлөөлдөг (Ning et al., 2022) гэж үзжээ.

Цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг, олон янз байдалд азотын нэмэгдэл илүү эерэг нөлөө үзүүлж байна. Энэ нь цөлөрхөг хээр нь үржил шимээр ядмаг хөрсөнд тархдагтай холбоотой (Avolio et al., 2014). Азотоор бордоход зарим зүйл (*Allium ramosum*, *Convolvulus ammannii*) ургамлын бүрхцэд статистикийн хувьд нөлөөтэй байсан нь бидний судалгааны үр дүнтэй нийцж байна.

Дүгнэлт

Ялгаатай хээрийн бүлгэмдэлд азотыг нэмэгдүүлэхэд тэдгээрийн зүйлийн баялаг болон зүйлийн олон янз байдалд харилцан адилгүй нөлөө үзүүлж байна. Нэг хүчин зүйлт вариацийн анализаар шалгахад азотын нэмэгдэл нь бүлгэмдлийн зүйлийн баялагт статистик ач холбогдолгүй харин зүйлийн олон янз байдалд статистик ач холбогдолтой байна. Энэ нь азотын нэмэгдэл нь зүйлийн баялагт нөлөөлөхгүй ч зүйлийн олон янз байдалд нөлөө үзүүлж байна.

Зүйлийн олон янз байдлын хувьд нугажуу хээр, хуурай хээрийн N2 хувилбарт зүйлийн олон янз байдал 1.14 дахин буурсан үзүүлэлттэй бол цөлөрхөг хээрийн N2 талбайн зүйлийн олон янз байдал 1.16 дахин нэмэгдсэн байна. Үүнээс нугажуу хээр болон хуурай хээрийн зүйлийн олон янз байдалд сөрөг, цөлөрхөг хээрийн бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдалд эерэг нөлөө үзүүлж байна.

Азотын нэмэгдэл нь зарим зүйл ургамлын тусгагийн бүрхцэд нөлөө үзүүлж буйг илрүүлэв. Нугажуу хээрийн 6 зүйл ургамалд нөлөөтэй ба *Carex pediformis*, *Leuzea uniflora* -ийн бүрхцийг нэмэгдүүлж, эерэг нөлөө үзүүлсэн бол *Chrysanthemum zawadskii*, *Cymbaria dahurica*, *Astragalus adamsii*, *Potentilla leucophylla* зүйлүүдийн бүрхцийг бууруулж сөрөг нөлөө үзүүлжээ.

Хуурай хээрийн бүлгэмдлийн 3 зүйл ургамалд азотын нөлөө илэрсэн ба *Kochia prostrata*, *Potentilla strigosa* зүйлүүдийн тусгагийн бүрхцэд нэмэгдэж эерэг хамааралтай, харин *Galium verum*-д урвуу хамааралтай ба тусгагийн бүрхцэд буурсан байна.

Цөлөрхөг хээрийн 2 зүйл *Convolvulus ammannii*, *Allium ramosum* ургамалд азотын нэмэгдэл эерэг нөлөө үзүүлсэн ба N1 хувилбарт тусгагийн бүрхцэд хамгийн өндөр үзүүлэлттэй байна.

Эшилсэн бүтээл

- Avolio ML, Sally E, Koerner K, Kimberly J, La Pierre J, Kevin R, Wilcox G, Gail WT, Wilson M, Melinda D, Smith S, Scott L, Collins S. 2014. Changes in plant community composition, not diversity, during a decade of nitrogen and phosphorus additions drive above-ground productivity in a tallgrass prairie. *J. Ecol.* 102, 1649–1660. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12312>
- Guo, N., M., Fang, Z. et al. Divergent responses of plant biomass and diversity to short-term nitrogen and phosphorus addition in three types of steppe in Inner Mongolia, China. *Ecological Processes*. 11, 32 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13717-022-00376-y>
- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held R., Jones R., Kolli R. K., Kwon W., and Laprise R. 2007. Regional climate projections. Climate Change, 2007. *The Physical Science Basis. Contribution of Working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, University Press, Cambridge, Chapter 11:847*
- Cui X., Huang G., Chen W., and Morse A. 2009. Threatening of climate change on water resources and supply. *Case study of North China. Desalination*. 2009. 248:476-478. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.090>
- Dore M. H. I. 2005. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment international* 31:1167-1181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.004>
- Galloway J. N. 1998. The global nitrogen cycle: changes and consequences. *Environmental Pollution* 102:15-24. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)80010-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)80010-9)
- Hautier Y., Niklaus P.A., Hector A. 2009. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science* 324, 636–638. <https://doi.org/10.1126/science.1169640>
- Hooper D.U., Johnson L. 1999. Nitrogen limitation in dryland ecosystems: responses to geographical and temporal variation in precipitation. *Biogeochemistry* 46:247-293. <https://doi.org/10.1007/BF01007582>
- Loarie SR., PB Duffy., H Hamilton., GP Asner., CB Field., DD Ackerly. 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462.-1052–1055. <https://doi.org/10.1038/nature08649>
- Mason N.W.H., Mouillot D, Lee W.G., Wilson J.B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *OIKOS* 111:112-118. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x>
- Ning G., Mingyang X., Zhao F., Feng J., Xiaoyu H. 2022. Divergent responses of plant biomass and diversity to short-term nitrogen and phosphorus addition in three types of steppe in Inner Mongolia, China. *Ecological Processes* (2022) 11:32. <https://doi.org/10.1186/s13717-022-00376-y>
- Payne R.J., Dise N.B., Stevens C.J., Gowing D.J., Partners B. 2013. Impact of nitrogen deposition at the species level. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 110, 984–987. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214299109>

- Ren H., Xu Z., Huang J., Clark C., Chen S., Han X. 2011. Nitrogen and water addition reduce leaf longevity of steppe species. *Annals of botany* 107:145-155. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq219>
- Verhoeven J.T.A., Koerselman W., Meuleman A.F.M. 1996. Nitrogen-or phosphorus-limited growth in herbaceous, wet vegetation: relations with atmospheric inputs and management regimes. *Trends in Ecology & Evolution* 11:494-497. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(96\)10055-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(96)10055-0)
- Vitousek P.M., Howarth R.W. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur? *Biogeochemistry* 13:87-115. <https://doi.org/10.1007/BF00002772>
- Xu Z.W., S.Q Wan., H.Y Ren., X.G Han., LiM-H., W.X Cheng., Y Jiang. 2012a. Effects of water and nitrogen addition on species turnover in temperate grasslands in northern China. *PLoS One* 7, e39762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039762>
- Yongfei Bai., Jianguo Wu., Christopher M.Clark., Shahid Naeem., Qingmin Pan., Jianhui Huang., Lixia Zhang., Xingguo Han. 2010. Tradeoffs and thresholds in the effects of nitrogen addition on biodiversity and ecosystem functioning: evidence from inner Mongolia Grasslands. *Glob.Change Biol.* 16, 358–372. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01950.x>
- Zelikova T.J., D.M Blumenthal., DG Williams., L Souza., D.R LeCain., J Morgan., E Pendall. 2014. Long-term exposure to elevated CO2 enhances plant community stability by suppressing dominant plant species in a mixed-grass prairie. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 111. -15456–15461 <https://doi.org/10.1073/pnas.1414659111>
- Zhuwen Xu, Haiyan Ren, Jiangping Cai, Ruzhen Wang, Peng He, Mai-He Li, Bernard J. Lewis, Xingguo Han, Yong Jiang. 2015. Antithetical effects of nitrogen and water availability on community similarity of semiarid grasslands: evidence from a nine-year manipulation experiment, *Plant Soil* (2015) 397:357–369. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2634-y>
- China E, Arevalo J. R. 2013., Effects of fertilization management on pasture productivity and nutrient composition. *Grass and forage science* (2013) 69: 415-424 <https://doi.org/10.1111/gfs.12057>
- Jonnasson S. 1992. Plant responses to fertilization and species removal in tundra related to community structure and clonality. *-Oikos* 63: 420-429 <https://doi.org/10.2307/3544968>
- Түвшинтогтох И. 2014. Монгол орны хээрийн ургамалжил. УБ "Бэмби-Сан" -611.

Species richness and diversity of grassland plant communities and effects of nitrogen addition on some plant species

Altangerel Sukhbat*, Indree Tuvshintogtokh, Tsogtsaikhan Tumenjargal

¹ Botanic Garden and Research Institute, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, 13330, Mongolia

*E-mail: sukhbat_a@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0002-6403-4280>

Received: 31.05.2023

Revised: 12.12.2023

Accepted: 15.12.2023

Abstract: From 2009-2022, we have in the vegetation communities of the long-term vegetation monitoring of the plant ecology and plant economy laboratory of the Institute of Botany in 3 settlements of the meadow steppe in the area of Mungunmorit sum of Tuv province, the dry steppe in the area of Tumentsogt sum of Sukhbaatar province, and the desert steppe plant community in the area of Dalanjargalan sum of Dornogovi province. A total of 108 plots of 1m² were tested in three versions. In doing so, it was calculated to increase nitrogen in two different amounts: 28.57 g (N1) and 57.14 g (N2). The plots were fertilized with ammonium nitrate twice a year, during the first period of plant growth in May and during the peak period in July, to increase the richness and diversity of community species compared to the non-fertilized (N0) field. As a result of the research, in 2022, the species richness of the sedge field community in the N2 scenario with nitrogen supplementation was 1.2 times lower than the control N0 field (N0-S=75, N2-S=60), and the species diversity was 1.14 times (N0-H'=3.15, N2-H'=3.61) larger. In the dry steppe community, species richness is 1.1 times lower (N0-S=41, N2-S=37) and species diversity is 1.04 times lower (N0-H'=3.29, N2-H'=3.16) than the control N0 site. The species richness in the N1 scenario is 1.28 times lower (N0-S=9, N1-S=7) than in the N0 site of the barren steppe community, while the species richness is 1.2 times higher in the N2 scenario, and the species diversity is 1.2 times higher in the nitrogen N2 scenario (N0-H'=1.86, N2-H'=2.2) increased respectively. 6 species of meadow steppe (*Astragalus adsurgens*, *Carex pediformis*, *Chrysanthemum zawadskii*, *Cymbaria dahurica*, *Leuzea uniflora*, *Potentilla leucophylla*), 3 species of dry steppe (*Galium verum*, *Bassia prostrata*, *Potentilla strigosa*), 2 species of desert steppe (*Allium ramossum*, *Convolvulus ammanii*) The addition of nitrogen had a statistically significant effect on the plant cover. In our study, the N2 scenario had a greater effect on the canopy of the above plants.

Keywords: meadow steppe, dry steppe, desert steppe, nitrogen, species richness, species diversity

© The Author(s). 2023 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.