

Уулын хээрийн Үетэн-алаг өвст бүлгэмдлийн газрын дээрх биомасст хур тунадас, температурын нөлөө

Баясгаланхүүгийн Лянхуа*, Нармандахын Энхриймаа, Оюунбилэгийн Мөнхзул, Индрээгийн Түвшинтогтох

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

*И-мэйл: lyankhua_b@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0003-0656-028X>

<https://doi.org/10.5564/mjb.v5i31.3263>

Хүлээн авсан: 2023.05.26

Хянасан: 2023.09.10

Хэвлэлтэнд: 2023.10.16

Хураангуй. Энэхүү судалгаа нь Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын уулын хээрийн Үетэн-алаг өвст бүлгэмдлийн урт хугацааны мониторинг судалгааны талбайд 2009-2022 онд хийгдсэн. Тус бүлгэмдлийн ургамлуудыг аж ахуйн бүлгээр нь сөөг, заримдаг сөөгөнцөр, олон наст өвс, үетэн, улалж, буурцагтан ба цөөн наст гэж 7 ангилж жилийн болон ургамал ургалтын хугацааны нийлбэр хур тунадас, агаарын дундаж температур гэсэн цаг агаарын 4 үзүүлэлтээс хэрхэн хамааралтайг шугаман регрессийн анализ ашиглан тодорхойлов. Судалгааны үр дүнд 2009-2022 онд сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасс жилийн нийлбэр хур тунадаснаас, харин үетэн, олон наст өвс, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомасс нь ургамал ургалтын хугацааны хур тунадаснаас эерэг хамааралтай байсан. Цаашид ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд олон наст өвслөг ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.039298 дахин, ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд олон наст өвслөг ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.039298 дахин, үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.012055 дахин, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.039298 дахин, нэмэгдэх нэмэгдэх хандлагатай байна. Харин ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температураас заримдаг сөөгөнцөр, үетэн бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомасс урвуу хамааралтай ба цаашид агаарын дундаж температур 10C-ээр нэмэгдэхэд газрын дээрх биомасс 14.611-41.703 дахин буурах хандлагатай байна. Үүнээс үзэхэд заримдаг сөөгөнцөр, үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасст хур тунадас чухал нөлөөтэй байгааг харуулж байна.

Түлхүүр үгс: Газрын дээрх биомасс, үетэн, заримдаг сөөгөнцөр ургамлууд, хур тунадас, агаарын температур, шугаман хамаарал

Эшлэл авахдаа: Лянхуа Б.,* Энхриймаа Н., Мөнхзул О., Түвшинтогтох И. 2023. Уулын хээрийн Үетэн-алаг өвст бүлгэмдлийн газрын дээрх биомасст хур тунадас, температурын нөлөө. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 05 (31): 37-50.

Удиртгал

Монгол орны нийт нутгийн 66% нь хээрийн экосистем бөгөөд үүнээс уулын хээр 12.9%, хуурай хээр 22.1%, цөлөрхөг хээр 20%-ийг тус тус эзэлнэ (Түвшинтогтох, 2014). Хээр нь бэлчээрт хамгийн их ажиглагдах төдийгүй уур амьсгалын өөрчлөгдөлд ч эмзэг учраас хээрийн ургамал бүлгэмдлийн гол зонхилогчид солигдож, идэмж муутай, доройтлын таниур ургамлууд дүүргэн

ургах нөхцөлийг бүрдүүлж байдаг (Түвшинтогтох, 2014).

Ургамлын бүрхэвч, зүйлийн баялаг, олон янз байдал, ногоон ургамлын биомасс зэрэг үзүүлэлтүүд нь байгалийн бэлчээрийг үнэлэх гол үзүүлэлтүүд болдог. Ургамалжлын олон жилийн мониторинг судалгаа нь мал бэлчээрлэлтээс хашиж хамгаалсан талбай дахь ургамал бүлгэмдэлд цаг агаарын нөлөөлөл, хашиж хамгаалаагүй талбайд мал бэлчээрлэлтийн нөлөөг нэгэн зэрэг судлах, цаашдын төлөв байдлыг илрүүлэх ач холбогдолтой.

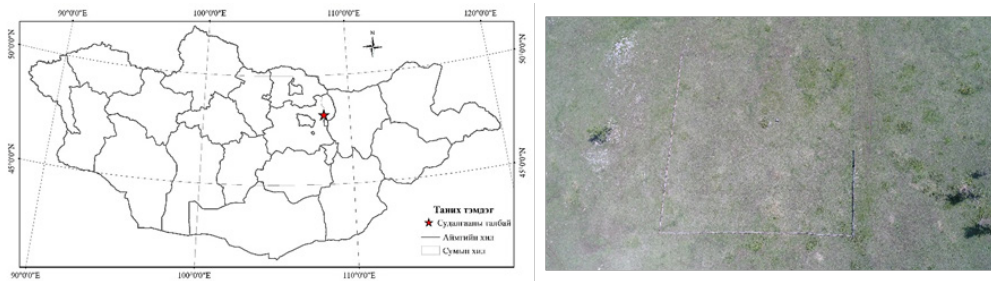
Сүүлийн жилүүдэд олон наст алаг өвс ба цөөн наст бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомасс нь хур тунадас, температур зэрэг цаг уурын хүчин зүйлсэд үзүүлэх хариу үйлдэл, дасан зохицох чадварын судалгаа ихээхэн хийгдэж байна (Hou, 2013; Miranda, 2011; Knapp et al., 2006). Эдгээр судалгаануудаас харахад хур тунадас нь үрийн соёололт (Rivas-Arancibia, 2006; Quevedo-Robledo, 2010), ургамлын өсөлт, амьдрах чадвар (Padilla et al., 2007), фенологи (Bertiller, 1991) зэрэгт эергээр нөлөөлж, улмаар ургамлын бүтээмж (Miranda, 2009), зүйлийн баялаг (Brown, 2002) зэрэгт нөлөөлдгийг тогтоосон байна. Ихэнх судалгаанууд хур тунадасны өөрчлөлтөд газрын дээрх биомассын хариу үйлдэлд анхаарч судалсан байдаг ба зарим судалгаагаар хур тунадас нь биомасстай хүчтэй, эерэг хамааралтай гэсэн үр дүн гаргасан байна (Bai et al., 2008).

Хойд Америкийн хээрийн ургамал бүлгэмдлийн судалгаанд 52 жилийн дата өгөгдлийг ашиглан бүлгэмдлийн газрын дээрх цэвэр анхдагч бүтээмж ба хур тунадасны хооронд эерэг шугаман хамааралтай байгааг олж тогтоосон (Laurenroth, 1992). Төвөдийн уулын нугад хийсэн өөр нэг судалгаагаар нугын цөөн наст бүлгийн биомасс жилийн нийлбэр хур тунадас нэмэгдэхийн хэрээр шугаман хамааралтайгаар нэмэгдэж, агаарын дундаж температураас урвуу хамааралтай байгааг харуулсан (Zhang, 2013). Дункан, Вудманси (1975) нар Калифорнийн төв хэсгийн бэлчээрийн нэг наст өвсний гарц нь ургамал ургалтын үеийн аль ч сарын хур тунадастай тааруу хамааралтай гэж дүгнэжээ (Duncan, 1975). Тиймээс энэхүү судалгаагаар 14 жилийн мониторинг судалгааны өгөгдөл дээр үндэслэн уулын хээрийн ургамал бүлгэмдлийн газрын дээрх биомасст хур тунадас, агаарын температурын өөрчлөлтийн нөлөөллийг тодорхойлох зорилготой ажиллалаа. Бидний судалгаагаар дараах асуултуудад хариулахыг зорилоо. Үүнд; 1) 2009-2022 оны жилийн нийлбэр хур тунадас болон агаарын дундаж температурын өөрчлөлт нь газрын дээрх биомасст хэрхэн нөлөөлж байна? 2) Цаашид жилийн болон ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас, агаарын дундаж температурын өөрчлөгдөл нь аль бүлгийн ургамлын газрын дээрх биомасст хэрхэн нөлөөлөх вэ?

Судалгааны материал, аргазүй

Энэхүү судалгааг Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын нутагт байрлах уулын хээрийн ургамалжлын урт хугацааны мониторинг судалгааны талбайд 2009-2022 онд хийж гүйцэтгэсэн. Тус судалгааны талбай нь Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын төвөөс баруун тийш 6 км-т ЗУ 108°27'-108°29' ХӨ 48°11'-48°12' солбицолд Баруун бүрхийн аманд оршино. Төв аймгийн Мөнгөнморьт сум нь 2009-2021 онуудын цаг агаарын мэдээгээр жилийн дундаж агаарын температур -2.3°C,

жилийн нийлбэр хур тунадас 302.7 мм байна. Нэгдүгээр сард хамгийн хүйтэн буюу -23°C , 7-р сард хамгийн дулаан буюу 16.1°C байдаг. Дийлэнх хур тунадас 5-9-р сард ордог байна.



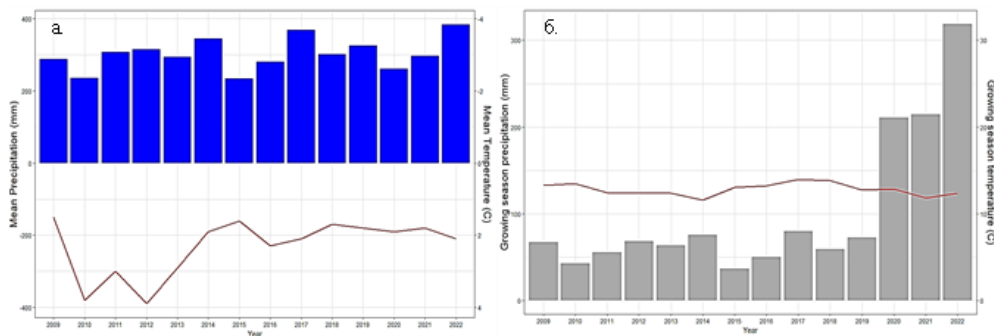
Зураг 1. Төв аймгийн Мөнгөнморьт суман дахь уулын хээрийн судалгааны талбай

Газрын дээрх биомассыг $1 \times 1 \text{ м}^2$ талбайгаас 4 давталттайгаар ургац бүрдэлтийн хамгийн дээд үе болох 8-р сарын эхний долоо хоногт зүйл тус бүрээр ногоон ургамал болон хагдаар ялгаж хөрсний түвшинд шүргүүлэн хайчилж авсан. Бүлгэмдэл дэх зүйл тус бүрийн өндрийг 3 давталттайгаар хэмжиж авав. Биомассын дээжийг хатаах шүүгээнд 65°C -т 48 цагийн турш хатааж хуурай жинг тодорхойлов (Түвшинтогтох нар, 2019).

Бүх статистик шинжилгээг SPSS программ (хувилбар 19.0, SPSS Inc., Чикаго, Иллинойс, АНУ, 2004) ашиглан хийсэн. Бид хур тунадас, температур, жил ба газрын дээрх биомасс хоорондын хамаарлыг энгийн шугаман регресс ашиглан үнэлсэн бол хур тунадас ба агаарын температураас хамааран газрын дээрх биомассын цаашдын хандлагыг SPSS-ийн Ordinary Least Squares (OLS regression) ба логарифм регрессийн анализыг ашиглан үнэлсэн.

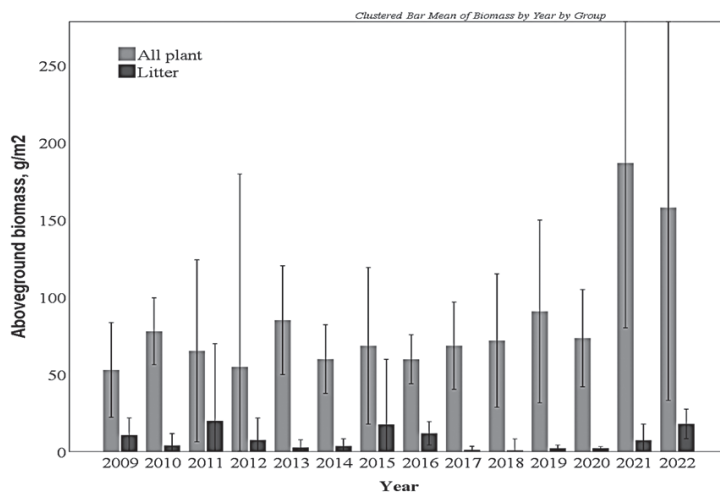
Үр дүн

Хур тунадас ба температурын хөдлөлзүй. 2009-2022 онуудын жилийн нийлбэр хур тунадас, агаарын дундаж температур, ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас ба агаарын дундаж температур ихээхэн хэлбэлзэлтэй байна. 2009-2022 оны жилийн нийлбэр хур тунадас дунджаар 302.7 мм ба 2015 онд хамгийн бага 234.5 мм, 2022 онд хамгийн өндөр 384.2 мм байв. Цаашилбал, 14 жилийн нийлбэр хур тунадасны үзүүлэлт жилтэй шугаман хамааралгүй ($R^2 = 0.059$, $F = 1.817$, $P = 0.203$; Зураг 1a) бол ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдэж байна ($R^2 = 0.476$, $F = 12.790$, $P = 0.004$; Зураг 1б). Нийт хур тунадасны 75% нь ургамал ургалтын хугацаа болох 6-8-р сард, хавар 3-р сараас 5-р саруудад 12%, намар 9-11-р сард 17% нь тус тус орсон байна. 2009-2022 оны агаарын дундаж температур нь -2.3°C , хамгийн бага утга 2012 онд -3.9°C , хамгийн өндөр нь 2015 онд -1.5°C байв. Жилийн дундаж агаарын температур 2009 оноос 2014 он хүртэл 2 оройтой динамик бууралттай байснаа 2016-2022 он хүртэл мэдэгдэхүйц өөрчлөлт ажиглагдахгүй ($R^2 = 0.183$, $F = 3.905$, $P = 0.073$; Зураг 2a), мөн ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температур нь 2009-2022 онд мөн өөрчлөгдөлгүй байна ($R^2 = 0.011$, $F = 0.137$, $P = 0.717$; Зураг 2б).



Зураг 2. 2009-2022 он хүртэлх судалгааны талбайн хур тунадас, температурын жил (а) болон ургамал ургалтын хугацааны (б) хөдлөлзүй.

Ногоон ургамал ба хагдны биомассын хөдлөлзүй. Ногоон ургамлын биомасс 2009-2022 онд дунджаар 363.7 г/м^2 , 2012 онд хамгийн бага 197.1 г/м^2 , хамгийн их нь 2021 онд 976.3 г/м^2 ба 2022 онд 2009 онтой харьцуулахад 3.3 дахин нэмэгдэж, шугаман хамааралтайгаар өссөн ($R^2 = 0.329$, $F = 21.094$, $P = 0.0001$; Зураг 2). Харин хагдны биомасс 2009-2022 онд дундаж нь 25.3 г/м^2 , хамгийн бага нь 2018 онд 1.5 г/м^2 , хамгийн их нь 2022 онд 71.6 г/м^2 . 2022 онд 2009 онтой харьцуулахад 2.2 дахин нэмэгдсэн ч, шугаман хамаарал ажиглагдсангүй ($R^2 = 0.03$, $F = 0.143$, $P = 0.707$; Зураг 2).



Зураг 3. Ногоон ургамал ба хагдны биомассын хөдлөлзүй (all plant-ногоон ургамал, litter-хагд, aboveground biomass, г/м^2 -газрын дээрх биомасс, г/м^2).

Бид нийт ногоон ургамлын газрын дээрх биомассыг аж ахуйн бүлгээр нь сөөг, заримдаг сөөгөнцөр, олон наст өвс, үетэн, улалж, буурцагтан ба цөөн наст гэж 7 бүлэгт ангилж (Хүснэгт 1) үзэхэд 2022 онд бүх бүлгийн газрын дээд биомасс 2009 онтой харьцуулахад өссөн байна. Үүнээс олон наст өвслөг бүлгийн ургамлуудын газрын дээд биомасс 2022 онд 5.3 дахин, улалж 2.9 дахин, цөөн настууд 1.8 дахин, үетнүүд 1.6 дахин тус тус нэмэгдсэн байна (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Нийт ногоон ургамлын газрын дээрх биомасс (аж ахуйн бүлгээр)-ын хөдлөлзүй

Жил	Сөөг	Заримдаг сөөгөнцөр	Олон наст өвс	Үетэн	Улалж	Буурцагтан	Цөөн наст
2009		0.00	73.79	71.15	10.85	6.98	49.94
2010		1.08	177.19	54.81	27.04	3.05	51.38
2011		9.12	125.60	60.62	16.82	4.02	6.02
2012		11.17	125.22	35.12	9.48	8.62	7.49
2013		12.42	220.86	64.32	5.52	5.74	16.71
2014		75.29	94.08	53.44	16.31	4.62	0.29
2015	12.00	30.00	104.80	56.70	13.20	7.10	3.40
2016		18.97	109.23	53.19	15.74	10.76	11.55
2017	3.91	19.49	153.11	36.02	16.89	16.75	14.96
2018	17.09	7.16	180.06	42.80	0.48	12.90	28.15
2019		65.06	228.57	115.28	28.66	22.44	44.77
2020		13.08	200.55	101.84	17.19	36.77	41.91
2021	10.65	12.86	437.98	191.07	30.90	124.46	138.39
2022	15.15	0.00	391.31	117.75	31.67	68.26	92.74

Аж ахуйн бүлэг тус бүрийг жилийн нийлбэр хур тунадас, агаарын дундаж температур, ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас, агаарын температур зэрэг 4 үзүүлэлтээс хэрхэн хамаарч байгааг тодорхойлов (Хүснэгт 2).

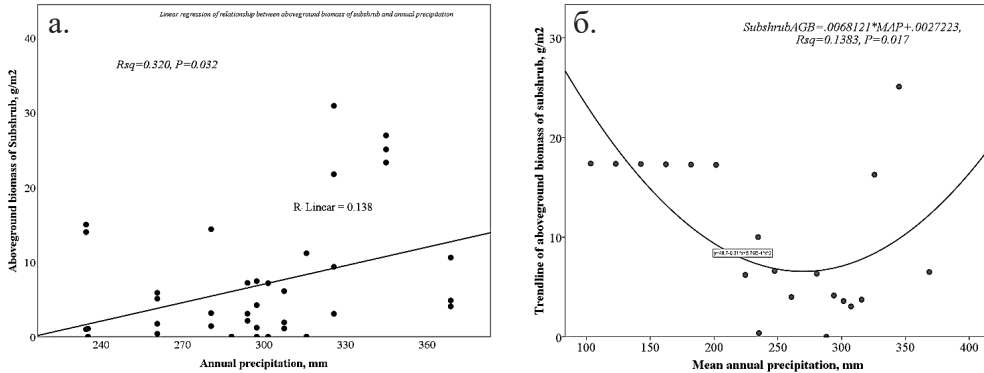
Заримдаг сөөгөнцөр бүлгийн ургамлуудын газрын дээд биомасс жилийн нийлбэр хур тунадаснаас шууд эерэг хамааралтай ($F=6.262$; $p=0.032$), үетний газрын дээд биомасс жилийн дундаж агаарын температураас шууд эерэг хамааралтай ($F=4.911$; $p=0.017$), олон наст өвслөг ургамлын газрын дээд биомасс ($F=12.756$; $p=0.001$), үетэн ургамлууд ($F=13.153$; $p=0.001$), цөөн наст бүлгийн ургамлуудын газрын дээд биомасс ($F=19.031$; $p=0.001$) тус тус ургамал ургалтын хугацааны нийлбэр хур тунадаснаас шууд эерэг хамааралтай байна. Харин ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температураас заримдаг сөөгөнцөр ($F=4.282$; $p=0.045$), үетэн бүлгийн ургамлууд ($F=6.498$; $p=0.014$) тус тус шууд эерэг хамааралтай байна (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Нийт ногоон ургамлын газрын дээрх биомасс (аж ахуйн бүлгээр) болон цаг агаарын үзүүлэлтүүд хоорондын шугаман хамаарлын үр дүн

Бүлгүүд	n/df	R ²	F утга	P утга
Хүчин зүйл: Жилийн нийлбэр хур тунадас				
Сөөг	44/1	0.011	0.090	0.772
Заримдаг сөөгөнцөр	44/1	0.320	6.262	0.032*
Олон наст өвс	44/1	0.042	1.884	0.177
Үетэн	44/1	0.022	0.021	0.884
Улалж	44/1	0.013	0.558	0.459
Буурцагтан	44/1	0.018	0.791	0.379
Цөөн наст	44/1	0.005	0.218	0.643
Хүчин зүйл: Жилийн дундаж агаарын температур				
Сөөг	44/1	0.386	5.029	0.055

Заримдаг сөөгөнцөр	44/1	0.081	3.442	0.071
Олон наст өвс	44/1	0.003	0.112	0.739
Үетэн	44/1	0.372	4.911	0.017*
Улалж	44/1	0.001	0.049	0.827
Буурцагтан	44/1	0.044	1.919	0.173
Цөөн наст	44/1	0.032	1.437	0.237
Хүчин зүйл: Ургамал ургалтын хугацааны нийлбэр хур тунадас				
Сөөг	44/1	0.257	2.773	0.134
Заримдаг сөөгөнцөр	44/1	0.023	0.905	0.347
Олон наст өвс	44/1	0.478	12.756	0.001**
Үетэн	44/1	0.484	13.153	0.001**
Улалж	44/1	0.065	2.971	0.092
Буурцагтан	44/1	0.278	1.174	0.072
Цөөн наст	44/1	0.554	19.031	0.001**
Хүчин зүйл: Ургамал ургалтын хугацааны агаарын температур				
Сөөг	44/1	0.007	0.054	0.823
Заримдаг сөөгөнцөр	44/1	-0.315	4.282	0.045*
Олон наст өвс	44/1	0.035	1.572	0.217
Үетэн	44/1	-0.362	6.498	0.014*
Улалж	44/1	0.126	0.693	0.410
Буурцагтан	44/1	0.069	3.093	0.086
Цөөн наст	44/1	0.023	1.008	0.321
Хүчин зүйл: Жил				
Сөөг	44/1	0.417	5.715	0.044*
Заримдаг сөөгөнцөр	44/1	0.030	1.209	0.278
Олон наст өвс	44/1	0.222	12.242	0.001**
Үетэн	44/1	0.219	12.060	0.001**
Улалж	44/1	0.036	1.611	0.211
Буурцагтан	44/1	0.248	1.839	0.341
Цөөн наст	44/1	0.164	8.410	0.006*

Жилийн нийлбэр хур тунадас ба заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомассын хамаарал. Заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасс нь 2009-2022 оны жилийн нийлбэр хур тунадаснаас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдэж байна ($R^2 = 0.320$, $F = 6.262$, $P = 0.032$; Зураг 4а). Харин цаашид заримдаг сөөгөнцөр ургамлууд жилийн нийлбэр хур тунадас нэмэгдэхэд газрын дээрх биомасс хэрхэн хариу үйлдэл үзүүлэхийг тодорхойлов. Үүнд жилийн нийлбэр хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.0068 дахин нэмэгдэх хандлагатай байна ($Y = 0.0068121 * X + 0.0027223$, $R^2 = 0.1383$, $F = 6.194$, $P = 0.017$; Зураг 4б).

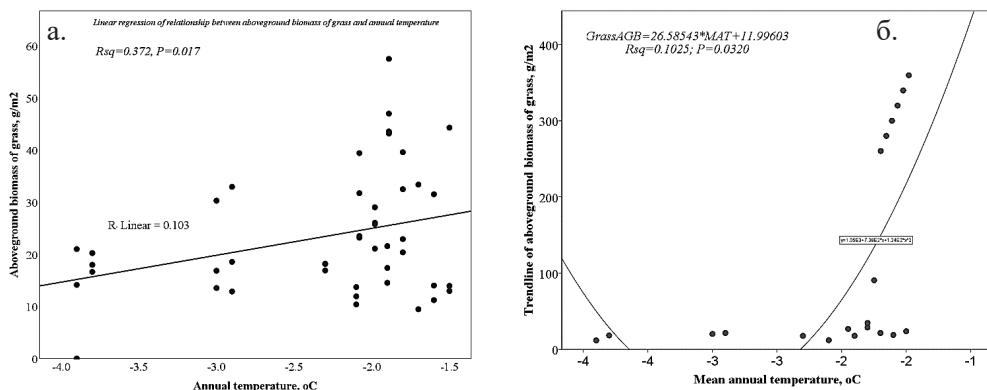


Зураг 4. Жилийн нийлбэр хур тунадас болон заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомассын хамаарал. а. 2009-2022 оны жилийн нийлбэр хур тунадаснаас сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомассын шугаман хамаарал, б. жилийн нийлбэр хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомассын хандлага.

Жилийн дундаж агаарын температур ба үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомассын хамаарал. 2009-2022 онд Үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс нь жилийн дундаж агаарын температураас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдэж байна ($R^2 = 0.372$, $F = 4.911$, $P = 0.017$; Зураг 5а). Цаашид жилийн дундаж агаарын температур 1°C -ээр нэмэгдэхэд үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 26.585 дахин нэмэгдэх хандлагатай байна ($Y = 26.58543 * X + 11.99603$, $R^2 = 0.1025$, $F = 2.105$, $P = 0.032$; Зураг 5б).

Ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас ба олон наст өвс, үетэн, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомассын харилцан хамаарал. Олон наст өвслөг ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны хур тунадаснаас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдсэн байна ($R^2 = 0.478$, $F = 12.756$, $P = 0.0001$; Зураг 6а). Цаашид ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд олон наст өвслөг ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.039298 дахин нэмэгдэх хандлагатай байна ($Y = 0.039298 * X + 0.0110033$, $R^2 = 0.2288$, $F = 1.342$, $P = 0.0009$; Зураг 6б).

Үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны хур тунадаснаас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдсэн ($R^2 = 0.484$, $F = 13.153$, $P = 0.0001$; Зураг 6а) байна. Цаашид ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.012055 дахин нэмэгдэх ($Y = 0.012055 * X + 0.01714$, $R^2 = 0.0548$, $F = 13.022$, $P = 0.0001$) хандлагатай байна (Зураг 6б).

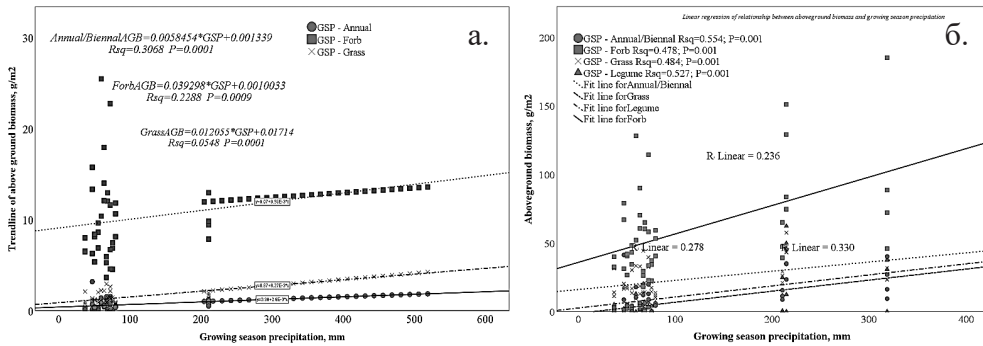


Зураг 5. Жилийн дундаж агаарын температур болон үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомассын хамаарал. а. 2009-2022 оны жилийн дундаж агаарын температураас үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомассын шугаман хамаарал, б. жилийн дундаж агаарын температур 1°C-ээр нэмэгдэхэд үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомассын хандлага.

Ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас ба олон наст өвс, үетэн, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомассын харилцан хамаарал. Олон наст өвслөг ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны хур тунадаснаас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдсэн байна ($R^2 = 0.478$, $F = 12.756$, $P = 0.0001$; Зураг 6а). Цаашид ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд олон наст өвслөг ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.039298 дахин нэмэгдэх хандлагатай байна ($Y = 0.039298 * X + 0.0110033$, $R^2 = 0.2288$, $F = 1.342$, $P = 0.0009$; Зураг 6б).

Үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны хур тунадаснаас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдсэн ($R^2 = 0.484$, $F = 13.153$, $P = 0.0001$; Зураг 6а) байна. Цаашид ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.012055 дахин нэмэгдэх ($Y = 0.012055 * X + 0.01714$, $R^2 = 0.0548$, $F = 13.022$, $P = 0.0001$) хандлагатай байна (Зураг 6б).

Цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны хур тунадаснаас шугаман хамааралтайгаар нэмэгдсэн ($R^2 = 0.554$, $F = 19.031$, $P = 0.0001$; Зураг 6а) байна. Цаашид ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомасс 0.039298 дахин нэмэгдэх ($Y = 0.0058454 * X + 0.0113399$, $R^2 = 0.3068$, $F = 11.478$, $P = 0.0001$) хандлагатай байна (Зураг 6б).

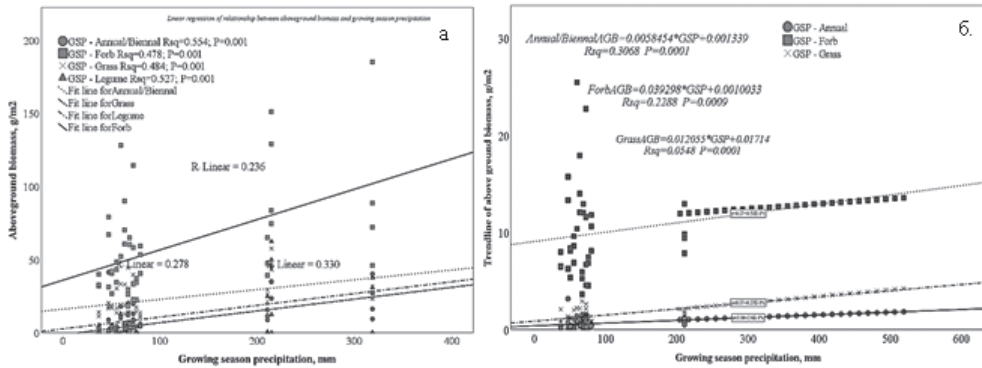


Зураг 6. Ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас ба олон наст өвс, үетэн, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомассын хамаарал. а. 2009-2022 оны ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас, б. Ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд дээрх бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомассын нэмэгдэх хандлага (GSP-ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас, Forb-олон наст өвс, Grass-үетэн, Annual/biennial-цөөн наст бүлгийн ургамлууд).

Ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температур болон заримдаг сөөгөнцөр, үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомассын харилцан хамаарал. Заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температураас шугаман хамааралтайгаар буурсан байна ($R^2 = -0.315$, $F = 4.282$, $P = 0.045$; Зураг 7а). Цаашид ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температур 1°C -аар нэмэгдэхэд заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасс 14.61131 дахин буурах хандлагатай байна ($Y = -14.61131 * X + 7.061231$, $R^2 = 0.0989$, $F = 10.012$, $P = 0.0452$; Зураг 7б).

Үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 2009-2022 онд ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температураас шугаман хамааралтайгаар буурсан байна ($R^2 = -0.362$, $F = 6.498$, $P = 0.014$; Зураг 7а). Цаашид ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температур 1°C -аар нэмэгдэхэд үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомасс 41.70361 дахин буурах хандлагатай байна ($Y = -41.70361 * X + 16.36018$, $R^2 = 0.3113$, $F = 6.541$, $P = 0.0145$; Зураг 7б).

Жил ба ногоон ургамлын газрын дээрх биомассын хамаарал. 2009-2022 оны сөөг, сөөгөнцөр, олон наст өвс, үетэн, улалж, буурцагтан болон цөөн наст бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомасс ба жил хоорондын хамаарлыг шалгасан. Үүнээс сөөг ($R^2 = 0.417$, $F = 5.715$, $P = 0.044$), олон наст өвс ($R^2 = 0.222$, $F = 12.242$, $P = 0.001$), үетэн ($R^2 = 0.219$, $F = 12.060$, $P = 0.001$), мөн цөөн наст ($R^2 = 0.164$, $F = 8.410$, $P = 0.006$) бүлгийн ургамлууд жилээс эерэг хамааралтай байна (Хүснэгт 1).



Зураг 7. Ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температур болон сөөгөнцөр, үетэн ургамлуудын газрын дээрх биомассын хамаарал. а. 2009-2022 оны ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температураас шугаман хамаарал, б. Ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температур 1 °C-аар нэмэгдэхэд дээрх бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомассын нэмэгдэх хандлага (GST-ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температур, Subshrub-заримдаг сөөгөнцөр, Grass-үетэн бүлгийн ургамлууд).

Хэлэлцүүлэг

2009-2022 оны 14 жилийн мэдээлэлд үндэслэн бид Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын уулын хээрийн үетэн-алаг өвст бүлгэмдэл дэх сөөг, сөөгөнцөр, олон наст өвс, үетэн, улалж, буурцагтан, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомасст хур тунадас, агаарын дундаж температурын нөлөөг илрүүлэв.

Цаг агаарын үзүүлэлт, цаг хугацааны зүй тогтол болон аж ахуйн бүлгүүд ба газрын дээрх биомасс хоорондын хамаарлыг үнэлж, дараах хоёр үндсэн үр дүнд хүрсэн: (1) үетэн ургамлын газрын дээрх биомасс нь ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас болон жилийн дундаж агаарын температур нэмэгдэхийн хэрээр нэмэгдэх хандлагатай байна, харин ургамал ургалтын хугацааны дундаж агаарын температур нэмэгдэхэд буурах сөрөг хандлага үзүүлж байна. (2) Сөөгөнцөр ургамлуудын газар дээрх биомасс нь жилийн нийлбэр хур тунадастай ихээхэн эерэг хамааралтай байсан ч ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас, дундаж агаарын температураас сөрөг хамааралтай байна. Энэхүү судалгааны үр дүнд хур тунадас нь үетэн ургамлын газрын дээрх биомасст өндөр ач холбогдолтойг харуулж байгаа бөгөөд бусад судлаачдын үр дүнтэй тайрч байна. Тухайлбал, хур тунадасны нөлөөгөөр хөрсний чийг хангалттай нэмэгдсэнээр ус чийгийн хангамж хязгаарлагдмал хээрийн экосистемд багахан хэмжээний ус чийг нь ургамлын биомассыг ихээхэн нэмэгдүүлдэг (Xu et al. 2011). Биомассын хуримтлал нь тухайн жилийн фотосинтезийн үр дүн бөгөөд хөрсөнд байгаа шим тэжээлийн бодис юм (Bai et al. 2008). Ургамлын фотосинтез нь усны нөөцөөс хамаардаг, тиймээс ус чийг хангалттай байх нь нүүрстөрөгчийн шингээлтийг нэмэгдүүлж, улмаар ургамлын бүтээмжийг

нэмэгдүүлдэг (Yoneyama et al. 2001). Түүгээр ч зогсохгүй хээрийн экосистемд хөрсний шим тэжээл (ялангуяа азот) болон усны хүртээмжтэй нягт холбоотой байдаг (Gutierrez et al. 1987).

Аммони нитрит, нитрат зэрэг илүү эрдэсэжсэн азотыг нэг наст ургамлууд ус ихтэй хөрснөөс гаргаж авдаг. Гутиеррез, Уитфорд нарын (1987) судалгаагаар ус чийгийн хангамж хангалттай байснаар хөрсөн дэх азотын түвшин нэмэгдэж цөөн наст хаврын эртгч ургамлуудын биомассыг нэмэгдүүлж байгааг тогтоосон. Хэд хэдэн судалгаагаар ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас ургамлын бүтээмжид шууд нөлөөлдөг гэсэн үр дүн нь бидний үр дүнтэй нийцэж байна (Xia Y et al. 2010).

Ургамал ургалтын хугацааны агаарын температурын өсөлт нь газрын дээрх биомасст сөргөөр нөлөөлж байгаа нь Стернберг (1999) болон Kahmen (2005) нарын туршилтын үр дүнтэй нийцэж байна. Тус судалгаагаар жилийн болон ургамал ургалтын хугацааны агаарын температур нэмэгдэх нь усны хүртээмжийг бууруулж, фотосинтезийг хязгаарлаж (Knapp et al. 2008), ууршилтыг нэмэгдүүлэх замаар биомассын бүтээмжийг бууруулдаг байна (Reichstein et al. 2006; De Boeck et al. 2011). Өндөр температур нь физиологийн стресс (Crafts-Brandner and Salvucci, 2002) үүсгэж, найлзууруудын өсөлтийн оронд үндэс ургалтыг идэвхжүүлдэг байна (Asseng et al. 1998).

Давгадорж нар (2014) Монгол орны хэмжээнд уур амьсгалын өөрчлөлтийн ирээдүйн хандлагыг үнэлэхэд 2016-2035 оны өвлийн улирлын температур дунджаар 2.3°C-аар нэмэгдэхээр байхад 2081-2100 оны үед RCP2.6-ийн хувьд 2.5°C, RCP4.5-ийн хувьд 3.7°C, RCP5.5-ийн хувьд 6.7°C-аар тус тус нэмэгдэх загварын тооцооны дүн гарсан байна. Үүнийг бүсчилж авч үзвэл өвлийн улирлын хур тунадас төв, баруун, зүүн бүсэд 55-75% хүртэл нэмэгдэхээр, харин зуны улиралд баруун бүсэд 5-10%-иар буурч бусад бүсэд бага хэмжээгээр нэмэгдэхээр байна. Үүнээс үзэхэд цаашид хур тунадас 1 мм-ээр нэмэгдэхэд газрын дээрх биомасс 0.0068-0.0391 дахин нэмэгдэх хандлагатай байна. Ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температураас сөөгөнцөр, үетэн бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомасс урвуу хамааралтай ба цаашид агаарын дундаж температур 1°C-ээр нэмэгдэхэд газрын дээрх биомасс 14.611-41.703 дахин буурах хандлагатай байна.

Дүгнэлт

2009-2022 онд заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасс жилийн нийлбэр хур тунадаснаас, үетэн, олон наст өвс, цөөн наст ургамлуудын газрын дээрх биомасс нь ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас эерэг хамааралтайг тогтоов. Цаашид хур тунадас 1мм-ээр нэмэгдэхэд газрын дээрх биомасс 0.0068-0.0391 дахин нэмэгдэх хандлагатай байна. Ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температураас сөөгөнцөр, үетэн бүлгийн ургамлуудын газрын дээрх биомасс урвуу хамааралтай ба цаашид агаарын дундаж температур 1°C-аар нэмэгдэхэд газрын дээрх биомасс 14.611-41.703 дахин буурах хандлагатай байна.

Үүнээс үзэхэд ургамал ургалтын хугацааны цаг агаарын үзүүлэлт үетэн болон заримдаг сөөгөнцөр ургамлуудын газрын дээрх биомасст хамгийн хүчтэй нөлөө үзүүлж байгааг ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температур 1°C-аар нэмэгдэхэд үетэн ургамлууд 14.611 дахин, заримдаг сөөгөнцөр ургамлууд 41.703 дахин буурах хандлага харагдаж байна.

Талархал

Энэхүү судалгааг БШУЯ-ны захиалгаар ШУТ сангийн санхүүжилттэй суурь судалгааны төслийн /ШуСс-2019/04; ШУТБЦХХЗГ-2022/169/ хүрээнд хийж гүйцэтгэв.

Эшилсэн бүтээл

- Bai Y, Wu J, Xing Q, Pan Q, Huang J, Yang D, et al. 2008. Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology*. ; 89: 2140–2153. PMID: 18724724. <https://doi.org/10.1890/07-0992.1>
- Duncan DA, Woodmansee RG. Forecasting forage yield from precipitation in California's annual rangeland. *J Range Manag.* 1975; 28: 327–329. <https://doi.org/10.2307/3897788>
- Gutierrez JR, Whitford WG. 1987. Chihuahuan Desert annuals: importance of water and nitrogen. *Ecology*. 68: 2032–2045. <https://doi.org/10.2307/1939894>
- Hou Y, Zhou G, Xu Z, Liu T, Zhang X. 2013. Interactive Effects of Warming and Increased Precipitation on Community Structure and Composition in an Annual Forb Dominated Desert Steppe. *PLOS ONE*. 8(7): e70114. doi: 10.1371/journal.pone.0070114 PMID: 23894600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070114>
- Knapp AK, Burns CE, Fynn RS, Kirkman KP, Morris CD, Smith MD. 2006. Convergence and contingency in production-precipitation relationships in North American and South African C4 grasslands. *Oecologia*. 149: 456–464. PMID: 16821014. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0468-2>
- Knapp AK, Fay PA, Blair JM, Collins SL, Smith MD, Carlisle JD, et al. 2002. Rainfall variability, carbon cycling, and plant species diversity in a mesic grassland. *Science*. 298: 2202–2205. PMID: 12481139. <https://doi.org/10.1126/science.1076347>
- Lauenroth WK, Sala OE. 1992. Long-term forage production of North American shortgrass steppe. *Ecol Appl*. 2: 397–403. <https://doi.org/10.2307/1941874>
- Miranda JD, Armas C, Padilla FM, Pugnaire FI. 2011. Climatic change and rainfall patterns: effects on semiarid plant communities of the Iberian Southeast. *J Arid Environ*. 75: 1302–1309. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.022>
- Quevedo-Robledo L, Pucheta E, Ribas-Fernández Y. 2010. Influences of interyear rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual plants in a sandy Monte Desert. *J Arid Environ*. 74: 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.04.002>

[org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.002](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.002)

- Rivas-Arancibia SP, Montaña C, Velasco Hernández JX, Zavala-Hurtado JA. 2006. Germination responses of annual plants to substrate type, rainfall, and temperature in a semi-arid inter-tropical region in Mexico. *J Arid Environ.* 67: 416–427. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.005>
- Xia Y, Moore DI, Collins SL, Muldavin EH. 2010. Aboveground production and species richness of annuals in Chihuahuan Desert grassland and shrubland plant communities. *J Arid Environ.* 74: 378–385. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.016>
- Yoneyama T, Matsumaru T, Usui K, Engelaar WMHG. 2001. Discrimination of nitrogen isotopes during absorption of ammonium and nitrate at different nitrogen concentrations by rice (*Oryza sativa* L.) plants. *Plant Cell Environ.* 24: 133–139. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00663.x>
- Zhang B, Cao J, Bai Y, Zhou X, Ning Z, Yang S, et al. 2013. Effects of rainfall amount and frequency on vegetation growth in a Tibetan alpine meadow. *Climatic Change.* 118: 197–212. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0622-2>
- Давгадорж, Д., З. Батжаргал, and Л. Нацагдорж. 2014. “Монгол Орны Уур Амьсгалын Өөрчлөлтийн Үнэлгээний Хоёрдугаар Илтгэл.” 54472540.
- Түвшинтогтох, И. 2014. Монгол Орны Хээрийн Ургамалжил. Улаанбаатар хот: Бэмби сан.
- Түвшинтогтох, И., О. Мөнхзул, Ц. Түмэнжаргал, Г. Батзаяа, Н. Нямбаяр, and Ж. Аззаяа. 2019. Ургамалжлын Урт Хугацааны Мониторингийн Арга Зүй (Шинэчилсэн). Улаанбаатар хот.

Effects of precipitation and temperature on the aboveground biomass of the forb-grass community in the Mountain Steppes

Bayasgalankhuu Lyankhua*., Narmandakh Enkhriimaa., Oyunbileg Munkhzul., Indree Tuvshintogtokh

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

*E-mail: lyankhua_b@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0003-0656-028X>

Received: 26.05.2023

Revised: 10.09.2023

Accepted: 16.10.2023

Abstract: This study was carried out from 2009 to 2022, conducted in the long-term monitoring research area of the vegetation community in the mountain steppe of Mungunmorit soum, Tov Province. The plants of the community were divided into seven groups based on their life form: shrubs, subshrubs, grasses, perennials, sedges, legumes, annuals, and biennials, and how they depended on four climate parameters: annual and growing season precipitation, air temperature. As a result of the study, the above-ground biomass of the subshrub group was favorably connected to annual precipitation from 2009 to 2022, whereas the above-ground biomass of grass, perennial, annual, and biennial was positively related to growing season precipitation. As a result, when precipitation increases by 1 mm, biomass on the ground grows by 0.0068-0.0391 times. The above-ground biomass of subshrub and grass, on the other hand, is inversely related to the average air temperature during plant growth, with the above-ground biomass decreasing 14.611-41.703 times when the average air temperature rises by 1°C. Our findings revealed that precipitation has a significant impact on the above-ground biomass of subshrubs and grasses.

Keywords: Above-ground biomass, subshrub, grass, annual and growing season precipitation, air temperature, linear regression

© 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.