

Таримал ургамлын ургалтад шаварлаг хурдасны гумины бодисын нөлөөг судалсан дүн

Ганхүрэл Ганзаяа^{1*}, Авирмэд Буянбаатар², Ганиа Долмаа³

¹Шинжлэх ухаан технологийн их сургуулийн Хүнсний эрдэм шинжилгээ судалгааны хүрээлэн,
Улаанбаатар, Монгол улс

²Хөдөө аж ахуйн их сургууль, Улаанбаатар, Монгол улс

³Шинжлэх ухааны академийн Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол улс

*ganzaya@must.edu.mn

Хураангуй. Шаварлаг хурдаснаас гумины бодисыг ялган авч, түүний физик-химийн шинж чанарыг уламжлалт болон орчин үеийн спектрийн аргаар тодорхойлов. Гумины бодисын буудайн үрийн соёололтод үзүүлэх нөлөөг ургамлын фитогормон болох гетероауксин, үндэсний өсөлтийг идэвхжүүлэгч крезацинтай харьцуулан судлав. Туршилтын үр дүнг үрийн ургах эрчим болон соёололтын хувиар үнэлж, хяналтаар нэрсэн ус ашиглав. Буудайн үрийн соёололтын туршилтыг идэвхжүүлэгч бодисуудын (гумины бодис, гетероауксин, крезацин) $4 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-15}\%$ хүртэлх бага ба хэт бага концентрацын уусмалуудыг бэлтгэн лабораторийн нөхцөлд гүйцэтгэсэн. Судалгааны дүнгээс үзэхэд гумины бодисын $4 \cdot 10^{-5}$ – $4 \cdot 10^{-11}\%$ концентрацын үед буудайн үрийн ургах эрчим болон соёололт нь хяналтаас өндөр үзүүлэлттэй байв. Энэ нь гумины бодисыг бага ба хэт бага концентрацаар ашиглах боломжтойг харуулж, хөдөө аж ахуйн үйлдвэрлэлд эдийн засаг, экологийн ач холбогдолтой болохыг илтгэнэ.

Түлхүүр үг: хурдас, гумины бодис, соёололт, ургах эрчим

ОРШИЛ

Орчин үед биологийн идэвхт нэгдлийг хүнс, хөдөө аж ахуй, эмчилгээ сувилгаа зэрэг олон салбарт өргөн хэрэглэж байна. Судалгаагаар эдгээр бодисыг хэт бага концентрацаар хэрэглэхэд биологийн объектод илэрхий нөлөө үзүүлдэг болохыг тогтоосон [1]. Мөн хэт бага тунгийн үйлчлэл нь шугаман бус буюу бимодаль шинжтэй байж болох бөгөөд ургамлын өсөлт хөгжилд өдөөгч нөлөө үзүүлдэг байна [2, 3]. Тухайлбал, силатран, крезацин болон триэтаноламины уламжлалууд нь үрийн соёололт, үндэсний өсөлтийг идэвхжүүлдэг болохыг судалгаагаар харуулжээ [4, 5]. Үүнээс гадна зарим аммонийн давсууд нь ургамлын меристемийн эсийн үйл ажиллагаанд нөлөөлдөг болохыг тогтоосон байна [6].

Хэт бага концентрацын үйлчлэлийн судалгаа нь биологийн идэвхт бодисуудын үйлчлэлийн онцлогийг тодорхойлоход чиглэгдэж ирсэн бөгөөд уламжлалт тунгаар илэрдэг нөлөө нь хэт бага концентрацад мөн ажиглагдаж болохыг тогтоосон [7, 8]. Энэ нь биологийн идэвхт нэгдлүүдийг бага зарцуулалтаар үр ашигтай хэрэглэх боломжийг харуулж байна [9].

Ургамлын үрийн соёололт, эхний шатны өсөлт нь ургамлын цаашдын хөгжил, ургацын хэмжээнд шууд нөлөөлдөг чухал үзүүлэлт юм. Үрийн соёололтын үед нөөц бодисуудын задрал, ус шингээлт, ферментийн идэвхжил зэрэг процессууд явагдаж, эдгээрийг идэвхжүүлэгч бодисууд зохицуулдаг байна [10]. Иймд үрийн соёололт болон ургах эрчмийг нэмэгдүүлэх зорилгоор төрөл бүрийн химийн болон биологийн идэвхт бодисыг ашиглах нь өргөн судлагдаж байна.

Сүүлийн жилүүдэд гумины бодис нь хөрсний үржил шимийг нэмэгдүүлэх, ургамлын өсөлтийг дэмжих биологийн идэвхт нэгдлийн хувьд ихээхэн анхаарал татаж байгаа бөгөөд түүний бага болон хэт бага концентрацын үйлчлэлийн талаарх судалгаа харьцангуй хязгаарлагдмал хэвээр байна.

Иймд энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисын физик-химийн шинж чанарыг тодорхойлох, мөн түүний бага ба хэт бага концентрацын уусмалууд буудайн үрийн соёололт болон ургах эрчимд үзүүлэх нөлөөг ургамлын өсөлтийг идэвхжүүлэгч бодисууд болох гетероауксин, крезацинтай харьцуулан судлахад оршино.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

Шаварлаг хурдасны гумины бодисын нийлбэр агуулгыг тодорхойлох арга зүй:

Шаварлаг хурдасны гумины бодисын нийлбэр агуулгыг MNS 5442:2005 стандартын дагуу тодорхойлов [11]. Тасалгааны температурт тогтмол жинтэй болтол нь хатаасан шаварлаг хурдасны агаарын хуурай дээж ба уусгагчийг (1:3) эзлэхүүний харьцаатай байхаар сонгон тасалгааны температурт 24 - 48 цаг хандална. Хандлагдах органик бодисоос нь салгасан шаварлаг хурдасны уусгагчийг зайлуулж

хатаагаад, давсны хүчлийн 10%-ийн уусмалаар үйлчилж гидролизод оруулна. Гидролиз явуулсны дараа хольцыг шүүж, үлдэгдэл шаварлаг хурдсыг халуун нэрсэн усаар хлоридын ионыг нь арилтал угаана. Шүүгсдийг авч хуваагч юүлүүрийн тусламжтайгаар н-бутаноолоор элюат хийж фульвохүчил-1 (Ф1) фракцыг ялгана. Н-бутанолын хандыг вакум ууршуулагч дээр өтгөрүүлээд 30-40°C-ийн температурт тогтмол жинтэй болтол нь хатааж жинлэнэ.

Гидролизод оруулсан шаварлаг хурдсыг натрийн шүлтийн уусмалаар 1:3 эзлэхүүний харьцаатайгаар хольж хавтгай ёроолтой шувтан колбонд хийгээд усан банн дээр 50-60°C температурт үе үе хутган хандлах ба энэ үед гумины бодис хандлагдаж шүлтийн уусмал хар хүрэн өнгөтэй болно. Нарийн ширхэглэгтэй шаварлаг хурдсыг гумат натрийн уусмалаас ялгахын тулд 2500 эрг/мин хурдтайгаар 10 минут центрифугдэж салгана.

Шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисын бага ба хэт бага концентрацын үйлчлэлийг буудайн үрийн соёлолтод үзүүлэх нөлөөг тогтоох арга зүй:

Бага ба хэт бага концентрацын үйлчлэлийн туршилтад буудайн үр ба ургамлын өсөлт, хөгжилтийг идэвхжүүлэгч бодисууд болох гетероауксин, крезацин болон шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисыг ашигласан болно.

Соёлолтын туршилтыг MNS 0487:2001 стандартын дагуу хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд петрийн аяганы ёроолд шүүлгүүрийн цаас дэвсэн тус бүрд 100 ширхэг үр хийж 4 удаагийн давталтаар туршилтыг явуулсан [12]. Улмаар $4 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-15}$ % концентрац бүхий гумины бодис, гетероауксин, крезацины уусмалууд ба хяналтаар авсан нэрсэн усаар үрийг дэвтээн стандартын дагуу ургах эрчим болон соёлолтыг тодорхойлсон болно.

Туршилтад хэрэглэгдсэн бодисуудын уусмалыг $4 \cdot 10^{-3}$ % концентрацтайгаар бэлтгээд түүнээсээ логарифмын бууралтын дарааллаар $4 \cdot 10^{-15}$ % болтол шингэлж бэлтгэсэн болно.

ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисын таримал ургамлын өсөлтөд нөлөөлөх нөлөөг судлах судалгааны ажлын хүрээнд шавар, занар болон хүрэн нүүрснээс ялгасан гумины бодисын шинж чанарыг харьцуулан судаллаа. Гумины бодисын шинж чанарын чухал үзүүлэлтийн нэг нь ароматикийн зэрэг юм. Үүнийг элементийн задлан шинжилгээний дүнд үндэслэн гаргахад 0.067-0.083 байгаа нь молекулын бүтцэд ароматик бүтэц зонхилж байгааг баталж байгаа төдийгүй эдгээр нь хөрсний гумины бодисынхтой ойролцоо байна [13-15]. Шаврын гумины бодист азот 4.42% агуулагдаж байгаа нь байж болох хэвийн хэмжээ юм. Харин нүүрсний гумины бодист азот бага агуулгатай (0.83%) байна. Эдгээр 3 төрлийн гумины бодисын исэлдэлтийн зэрэг нь 0.65-0.86 хязгаарт байгаа нь молекул хүчтэй исэлдсэн байдалд байгааг харуулж байна (1-р хүснэгт).

1-р хүснэгт. Гумины бодисын исэлдэлт ба ароматикийн зэрэг

Сорьц	O/C	H/C	O%	C%	H, %	N, %	Үнслэг, %
Нүүрсний гумины бодис	0.65	0.067	35.6	54.5	3.65	0.83	21.75
Занарын гумины бодис	0.93	0.083	40.1	54.6	4.55	2.6	21.99
Шаварлаг хурдасны гумины бодис	0.86	0.011	41.1	47.7	3.42	4.42	19.87

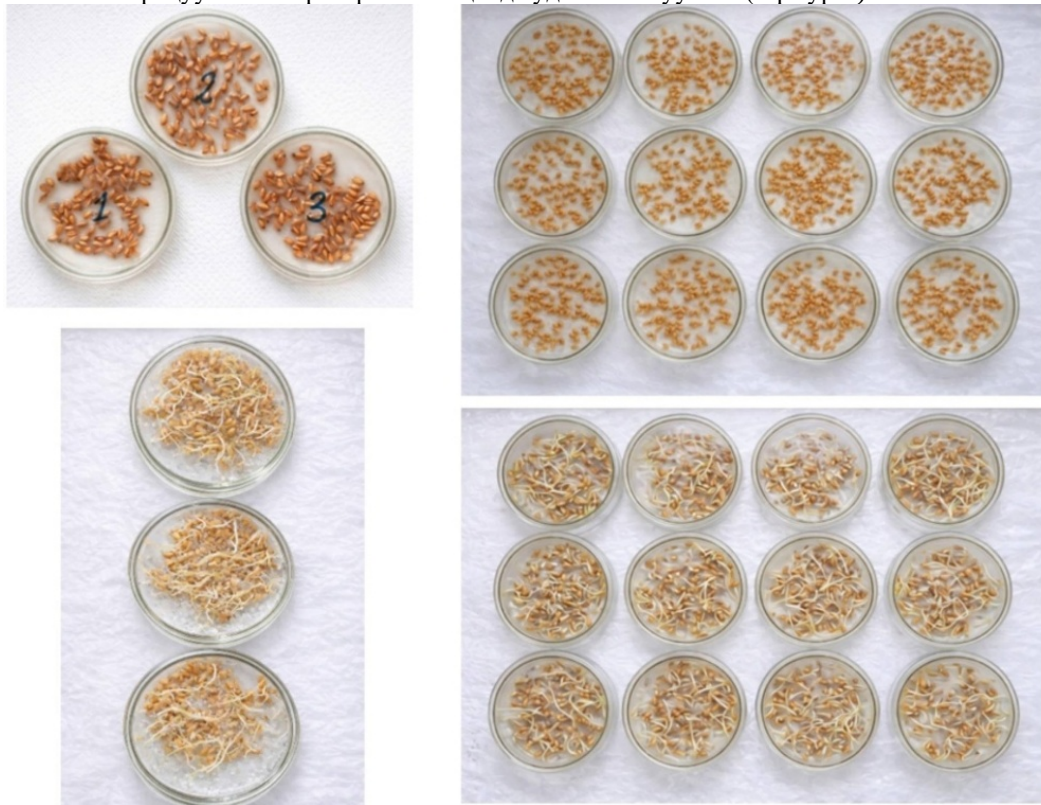
Ялган авсан гумины бодист хүхэр 0.1-1.4% агуулагдаж байгаа ба сульфатжсан хэлбэртэй байх боломжтой. Сорьцуудад 0.2-0.7% агуулагдаж байгаа хлор нь гумины бодисыг ялгах процесст ашигласан хүчлийн үлдэгдэл байж болох юм. Түүнчлэн шавраас ялгасан гумины бодист 0.7% төмөр илэрсэн нь шаврын силикатын найрлагатай холбоотой бөгөөд шаварлаг хурдасны бальнеологийн шинж чанарыг нөхцөлдүүлэх онцлогтой (2-р хүснэгт). Шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисын азотын агуулга бусад сорьцоос ялгасан гумины бодисын азотын агуулгаас 1.7-5.3 дахин их байгаа нь газар тариаланд бордоо болгон ашиглах боломжтой байна.

2-р хүснэгт. Гумины бодисын үнслэг дэх элементүүд, %

Сорьц	Элементүүд						
	Si	Al	S	Fe	Cl	Na	Чийглэг
Нүүрсний гумины бодис	5.5	3.4	0.3	-	0.6	-	6.56
Занарын гумины бодис	3.3	1.7	0.1	-	0.2	-	4.55
Шаварлаг хурдасны гумины бодис	6.0	1.6	1.4	0.7	0.7	0.8	7.92

Шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисыг буудайн үрийн соёлолтод нөлөөлөх нөлөөллийг ургамлын фитогормон болох гетероауксин, үндэсний өсөлтийг идэвхжүүлэгч крезацинтай харьцуулан судлав (1-р зураг). Туршилтын дүнг үрийн ургах эрчим ба соёлолтын хувиар гаргасан бөгөөд хяналт

болгон нэрсэн усыг авсан болно. Буудайн үрийн соёололтын туршилтыг идэвхжүүлэгч бодисуудын (гумины бодис, гетероауксин, крезацин) $4 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-15}\%$ хүртэлх бага ба хэт бага концентрацын уусмалыг бэлтгэн хяналттай харьцуулан лабораторийн нөхцөлд судалгааг явууллаа (1-р зураг).



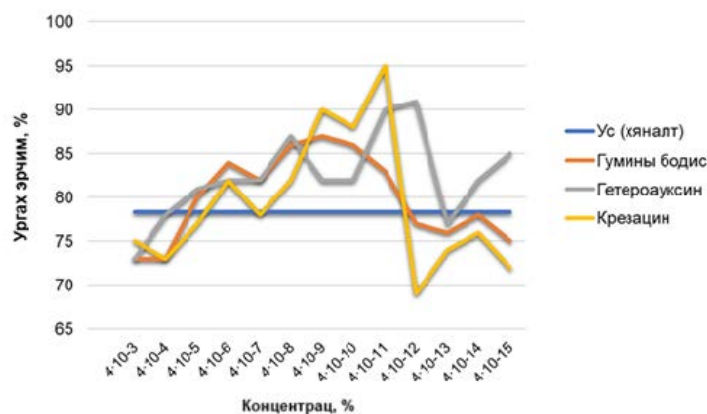
1-р зураг. Биологийн идэвхт бодисын бага ба хэт бага концентрацын үйлчлэлийг туршсан дүн

Гумины бодис, гетероауксин, крезацины $4 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-15}\%$ -ийн бага ба хэт бага концентрацын уусмалаар буудайн үрийн ургах эрчмийн хувийн туршилтын дүнг 3-р хүснэгтэд харууллаа.

3-р хүснэгт. Буудайн үрийн ургах эрчмийн дүн

Концентрац, %	Ургах эрчим, %					
	Ус (хяналт)	Гумины бодис	Гетероауксин	Крезацин		
$4 \cdot 10^{-3}$	78.3	73	73	75	Арифметик дундаж = 80.9	Арифметик дундаж = 79.3
$4 \cdot 10^{-4}$		73	78	73		
$4 \cdot 10^{-5}$		80	81	77		
$4 \cdot 10^{-6}$		84	82	82		
$4 \cdot 10^{-7}$		82	82	78		
$4 \cdot 10^{-8}$		86	87	82		
$4 \cdot 10^{-9}$		87	82	90		
$4 \cdot 10^{-10}$		86	82	88		
$4 \cdot 10^{-11}$		83	90	95		
$4 \cdot 10^{-12}$		77	91	69		
$4 \cdot 10^{-13}$		76	77	74		
$4 \cdot 10^{-14}$		78	72	76		
$4 \cdot 10^{-15}$		75	75	72		

Туршилтын дүнгээс үзэхэд ургах эрчмийн хувь нь гумины бодисын хувьд $4 \cdot 10^{-5}$ – $4 \cdot 10^{-11}\%$; гетероауксин $4 \cdot 10^{-5}$ – $4 \cdot 10^{-12}\%$; крезацин $4 \cdot 10^{-6}$ – $4 \cdot 10^{-11}\%$ концентрацын үед хяналтаас 1.02-1.21 дахин их байна. Харин цааш нь концентрацыг багасгахад ургах эрчим хяналтаас бага байсан ба гумины бодис $4 \cdot 10^{-14}\%$ үед хяналттай ойролцоо дүнг үзүүлсэн (2-р зураг).



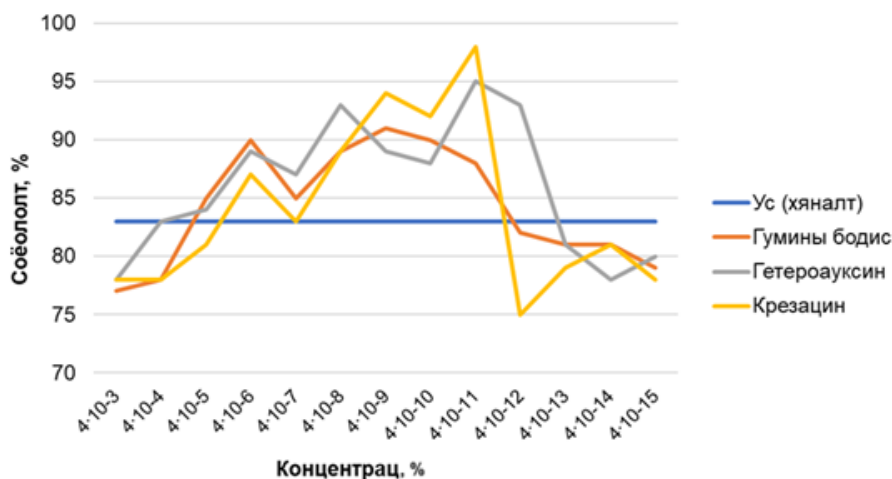
2-р зураг. Буудайн үрийн ургах эрчмийн хувь

Буудайн үрийн соёлолтын туршилтыг гумины бодис, гетероауксин, крезацины $4 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-15}\%$ -ийн бага ба хэт бага концентрацын уусмалаар идэвхжүүлэн туршсан бөгөөд үр дүнг 4-р хүснэгтэд үзүүлэв.

4-р хүснэгт. Буудайн үрийн соёлолтын дүн

Концентрац, %	Соёлолт, %						
	Ус (хяналт)	Гумины бодис		Гетероауксин		Крезацин	
4·10 ⁻³	83	77	Арифметик дундаж = 84.3	78	Арифметик дундаж = 86	78	Арифметик дундаж = 84
4·10 ⁻⁴		78		83		78	
4·10 ⁻⁵		85		84		81	
4·10 ⁻⁶		90		89		87	
4·10 ⁻⁷		85		87		83	
4·10 ⁻⁸		89		93		89	
4·10 ⁻⁹		91		89		94	
4·10 ⁻¹⁰		90		88		92	
4·10 ⁻¹¹		88		95		98	
4·10 ⁻¹²		82		94		75	
4·10 ⁻¹³		81		81		79	
4·10 ⁻¹⁴		81		78		81	
4·10 ⁻¹⁵		79		80		78	

Соёлолтын үр дүнг дүгнэхэд идэвхжүүлэгч бодисууд болох гумины бодис $4 \cdot 10^{-5}$ – $4 \cdot 10^{-11}\%$; гетероауксин $4 \cdot 10^{-5}$ – $4 \cdot 10^{-12}\%$; крезацин $4 \cdot 10^{-6}$ – $4 \cdot 10^{-11}\%$ концентрацын үед хяналтаас 1.02-1.18 дахин их, гетероауксин $4 \cdot 10^{-4}$ концентрацын үед хяналттай ижил байна. Бусад концентрацын хувьд хяналтаас доогуур соёлолтын хувьтай байлаа (3-р зураг).



3-р зураг. Буудайн үрийн соёлол

Буудайн үрийн соёлолтод вариацийн шинжилгээ хийхэд гумины бодис $HCP_{0.05} = 3.72$ байна. Гумины бодисын хамгийн бага концентрацтай уусмалаас эхлэн бодит ялгааг бодож үзэхэд $4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-10}\%$ уусмалууд бодит ялгаатай байна (5-р хүснэгт).

5-р хүснэгт. Буудайн үрийн соёлолтын математик боловсруулалт

Концентрац, %	Дундаж	Дисперс	Стандарт хазайлт	Итгэлт хязгаар
$4 \cdot 10^{-3}$	77.00	18.00	4.24	5.45
$4 \cdot 10^{-4}$	77.50	21.66	4.65	5.98
$4 \cdot 10^{-5}$	84.50	21.66	4.65	5.98
$4 \cdot 10^{-6}$	89.50	16.33	4.04	5.19
$4 \cdot 10^{-7}$	85.25	14.91	3.86	4.96
$4 \cdot 10^{-8}$	88.75	18.91	4.34	5.58
$4 \cdot 10^{-9}$	90.75	6.25	2.50	3.21
$4 \cdot 10^{-10}$	89.75	18.91	4.34	5.58
$4 \cdot 10^{-11}$	87.75	9.58	3.09	3.97
$4 \cdot 10^{-12}$	81.50	16.33	4.04	5.19
$4 \cdot 10^{-13}$	80.50	33.66	5.80	7.45
$4 \cdot 10^{-14}$	81.25	10.91	3.30	4.24
$4 \cdot 10^{-15}$	78.50	33.66	5.80	7.45

Буудайн үрийн ургах эрчмийн вариацийн шинжилгээ хийхэд гумины бодис $HCP_{0.5} = 1.68$ байна. Гумины бодисын хамгийн бага концентрацтай уусмалаас эхлэн бодит ялгааг бодож үзэхэд $4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-120}\%$ болон $4 \cdot 10^{-14} \%$ уусмалууд бодит ялгаатай байна (6-р хүснэгт).

6-р хүснэгт. Буудайн үрийн ургах эрчмийн математик боловсруулалт

Концентрац, %	Дундаж	Дисперс	Стандарт хазайлт	Итгэлт хязгаар
$4 \cdot 10^{-3}$	73.25	26.25	5.12	6.58
$4 \cdot 10^{-4}$	73.00	34.66	5.88	7.56
$4 \cdot 10^{-5}$	79.75	24.91	4.99	6.41
$4 \cdot 10^{-6}$	83.75	20.91	4.57	5.87
$4 \cdot 10^{-7}$	81.50	16.33	4.04	5.19
$4 \cdot 10^{-8}$	86.00	27.33	5.22	6.71
$4 \cdot 10^{-9}$	87.25	6.91	2.63	3.37
$4 \cdot 10^{-10}$	85.50	27.00	5.19	6.67
$4 \cdot 10^{-11}$	83.00	19.33	4.39	5.65
$4 \cdot 10^{-12}$	77.25	14.91	3.86	4.96
$4 \cdot 10^{-13}$	75.75	36.91	6.07	7.80
$4 \cdot 10^{-14}$	77.75	11.58	3.40	4.37
$4 \cdot 10^{-15}$	75.00	40.66	6.37	8.19

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодис нь тодорхой концентрацын мужид буудайн үрийн ургах эрчим болон соёлолтыг нэмэгдүүлж байгаа нь биологийн идэвхт нэгдлүүдийн хэт бага концентрацын үед илрэх идэвхжилтэй нийцэж байна. Ийм төрлийн үр дүнг өмнөх судалгаанд мөн тэмдэглэсэн бөгөөд биологийн идэвхт бодисууд хэт бага концентрацад биологийн объектод мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлдэг болохыг тогтоосон байдаг [1,3,7].

Түүнчлэн ургамлын өсөлтийг идэвхжүүлэгч бодисууд болох гетероауксин, крезацины хувьд бага концентрацад ургамлын өсөлтийг дэмжих нөлөө үзүүлдэг болохыг өмнөх судалгаанд дурдсан нь энэхүү судалгааны үр дүнтэй тохирч байна [5,9]. Манай судалгаанд мөн эдгээр бодисууд тодорхой концентрацын мужид ($4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-120}\%$) ургах эрчим болон соёлолтыг нэмэгдүүлсэн нь өмнөх судалгааны дүгнэлтийг баталж байна.

Гумины бодисын хувьд хөрсний органик бодисын бүрэлдэхүүн хэсэг болохын хувьд ургамлын өсөлтийг дэмжих, шим тэжээлийн бодисын хүртээмжийг сайжруулах нөлөөтэй болохыг өмнөх судалгаанд тэмдэглэсэн байдаг [13-15]. Энэхүү судалгаагаар гумины бодисын үйлчлэлийн хамгийн үр дүнтэй

концентрацын мужийг ($4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-11}\%$) тогтоосон нь практик хэрэглээнд оновчтой тунг сонгоход чухал ач холбогдолтой юм.

Энэхүү судалгааны шинэлэг тал нь шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодисын бага болон хэт бага концентрацын үйлчлэлийг ургамлын өсөлтөд системтэйгээр судалж, түүний үр нөлөөг уламжлалт идэвхжүүлэгч бодисуудтай харьцуулан үнэлсэнд оршино.

Нөгөө талаар энэхүү судалгааг зөвхөн лабораторийн нөхцөлд гүйцэтгэсэн бөгөөд бодит талбайн нөхцөлд үзүүлэх нөлөөг судлаагүй болно. Мөн зөвхөн буудайн үрийг сонгон судалсан тул бусад таримал ургамалд үзүүлэх нөлөөг цаашид судлах шаардлагатай байна.

ДҮГНЭЛТ

Шаварлаг хурдаснаас ялгасан гумины бодис болон ургамлын идэвхжүүлэгч бодисууд болох гетероауксин, крезацинийг буудайн үрийн өсөлтөд нөлөөлөх нөлөөллийг туршин үзэхэд:

1. Ургах эрчмийн хувь гумины бодисын хувьд $4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-11}\%$; гетероауксин $4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-12}\%$; крезацин $4 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-11}\%$ концентрацын үед хяналтаас 1.02-1.16 дахин илүү байна. Харин цааш концентрацыг багасгахад ургах эрчим хяналтаас бага байсан ба гумины бодис $4 \cdot 10^{-14}\%$ үедээ хяналттай ойролцоо дүнг үзүүлсэн.
2. Соёлолтын дүнгээс үзэхэд идэвхжүүлэгч бодисууд болох гумины бодис $4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-11}\%$; гетероауксин $4 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-12}\%$; крезацин $4 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-11}\%$ концентрацын үед хяналтаас 1.02-1.21 дахин илүү, гетероауксин $4 \cdot 10^{-4}$ концентрацын үедээ хяналттай ижил байна. Бусад концентрацын хувьд хяналтаас доогуур соёлолтын хувьтай байв.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ (REFERENCES)

- [1] Е.Б. Бурлакова. Эффект сверхмалых доз. Вестник РАН, №5, с. 425-431, 1994.
- [2] Е.Б. Бурлакова., П.Я.Боиков., Р.И. Панина. Бимодальный эффект производных пиколиновой кислоты на скорость прорастания пшеницы и гороха. Изв. РАН. Сер. биол, №1, с. 39-45, 1996.
- [3] Е.Б. Бурлакова., А.А. Кондрадов., Е.Л. Мальцева. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ и низкоинтенсивных физических факторов. Химическая физика, №2, с. 21-40, 2003.
- [4] М.Г. Воронков., Г. Долмаа., Ш. Цэрэнпил., О. Угтахбаяр., А. Чимидцогзол. Стимулирующее влияние микромолярных водных растворов силатранов и крезацина на прорастание семян ячменя. ДАН, с. 562-564, 2005.
- [5] Л.Е. Макарова., Г.Б. Боровский., А.М. Булатова., М.Г. Соколова., М.Г. Воронков., А.Н. Мирскова. Влияние производных триэтанолamina на рост корней проростков однодольных и двудольных растений. Агрохимия, №10, pp. 41-45, 2006.
- [6] Р.Н. Платонова., М.Г. Воронков., В.П. Ольховенко., В.М. Поляченко и др. Влияние трис (2-оксипропил) аммониевых солей ароматических кислот на меристемные клетки. АН СССР, с. 1433-1435, 1976.
- [7] Л.А. Сазанов., С.В. Зайцев. (10^{-18} - 10^{-14} М) Действие сверхмалых доз. Биохимия, №10, с. 1443, 1992. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000002185>
- [8] E.B. Burlakova., A.N. Goloschapov., G.P. Zhizhina et al. Some specific aspects of low-doses irradiation on membranes, cells and organism. Abstracts of 25th Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology, Stockholm, Sweden, 1993.
- [9] M.G. Voronkov., G. Dolmaa., Sh. Tserenpil., K.A. Abzaeva. The effect of 10^{-5} - 10^{-19} M aqueous solutions of silatranes and crezacin on wheat seeds germination. The 3rd International Conference on Chemical Investigation & Utilization of Natural Resources, UB, 2008.
- [10] Ц. Цэндээхүү. Физиология растений. УБ, 2009.
- [11] MNS 5442:2005 Эмчилгээний шавар дахь гумины бодисын нийлбэр агуулгыг тодорхойлох арга. 2005.
- [12] MNS 0487:2001 Тарих үрийн чанарыг тодорхойлох арга. 2001.
- [13] М.М. Кононова. Органические вещества почвы. Академии Наук СССР, 1963.
- [14] З.Ф. Косьянова., Орлов Д.С., Аммосова Я.М. Гуминовые кислоты пеллоидов. Наука, с. 74-79, 1993
- [15] J.I. Hedges. Polymerization of humic substances in natural environments. Humic Substances and their Role in the Environment. S. Bernhard, Dahlem Konferenzen., New York, 1988.

Effect of humic substances derived from clayey sediment on the growth of cultivated plants

Ganzaya Gankhurel^{1*}, Buyanbaatar Avirmed², **Dolmaa Gania³**

¹Institute of Food Research, Mongolian University of Science And Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

²Mongolian University of Life Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

³Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

*Ganzaya@must.edu.mn

Abstract. Humic substances were extracted from clayey sediment and their physicochemical properties were characterized using conventional analytical methods and modern spectroscopic techniques. The effects of humic substances on wheat seed germination were investigated and compared with those of heteroauxin, a plant growth hormone, and kresacin, a root growth stimulant. Germination energy and germination percentage were used as evaluation criteria, while distilled water served as the control. Wheat seed germination experiments were conducted under laboratory conditions using low and ultra-low concentration solutions (4×10^{-3} – 4×10^{-150} %) of humic substances, heteroauxin, and kresacin. The results demonstrated that humic substances at concentrations ranging from 4×10^{-5} to 4×10^{-11} % promoted wheat seed germination, resulting in higher germination energy and germination percentage than the control. These findings suggest that humic substances are biologically active even at low and ultra-low concentrations and may have practical applications in sustainable agricultural production, providing both economic and environmental benefits.

Keywords: sediment, humic substances, germination, seed germination rate

© Author (s), 2025



Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as 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. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>