


## Бороожуулах эрчимд машины ажиллах горим нөлөөлөх байдлыг тодорхойлсон дүн

Лхагвасүрэнгийн Дэлгэрмаа<sup>1</sup>, Ядамсүрэнгийн Нууц<sup>2</sup>, Балганы Отгонхуяг<sup>1</sup>, Чагнаагийн Бямбадорж<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Инженер, технологийн сургууль, ХААИС, Зайсан 17024, Улаанбаатар

<sup>2</sup> "Гацуурт" ХХК, Алтанбулаг сум, Сэлэнгэ

\*Холбоо баригч зохиогч: [byambadorj@mul.su.mn](mailto:byambadorj@mul.su.mn)

 <https://orcid.org/0000-0002-7425-8691>

Хүлээн авсан: 26.02.2021

Хянасан: 04.06.2021

Хэвлэлгэд орсон: 18.06.2021

### Хураангуй

Бороожуулах хошуугаар өгч байгаа усны зарцуулгын хэмжээ буюу өгсөн усны зузаанд ( $Y$ , мм) хошуугаар гарах усны даралт ( $X_1$ , PSI), машины тойрох хурд ( $X_2$ , м/мин) гэсэн технологийн хоёр параметр дангаараа болон хавсран үзүүлэх нөлөөллийн төлвийг тодорхойлох туршилтыг 8 мм голчтой бороожуулах хошуун дээр лабораторийн нөхцөлд тодорхойлов. ХААИС-ийн ИТС-ийн "Усалгааны машин, тоног төхөөрөмжийн хийц "лабораторт 2019 онд "Бороожуулах хошууны борооны эрчим, усны жигд тархалт тодорхойлох төхөөрөмж"-ийг ашиглан туршилтыг хийж гүйцэтгэв. Нам даралтат бороожуулах хошууны борооны эрчмийг тодорхойлж, үр дүнг математик статистикийн аргаар боловсруулахад бороожуулах хошуугаар өгч буй усны хамгийн их хэмжээ 1.727 мм/мин нь даралт хамгийн их 30 PSI, шилжих хурд хамгийн бага 1м/мин үед байгаа бол хамгийн бага хэмжээ 0.313 мм/мин нь даралт тохируулагч 20 PSI утга дээр, шилжих хурд хамгийн их буюу 3 м/мин байв.

**Түлхүүр үг:** Даралт тохируулагч, бороожуулах хошууны жигд тархалт, нам даралтат бороожуулах хошуу

### Оршил

Манай оронд усалгаатай тариаланг төрийн бодлогын хэмжээнд сэргээн хөгжүүлэхийн тулд 2004 оноос эхлэн техник, технологийн олон ажлуудыг хийж эхэлсэн. Усалгаатай газар тариалангийн хөгжилд зайлшгүй шаардлагатай гол хүчин зүйл нь усалгааны машин, тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын асуудал юм. Усалгаатай газар тариалангийн үйлдвэрлэлд биеийн хүчний хөдөлмөрийн багтаамж улам бүр багасч, шинэ загварын, бүтээмж сайтай усалгааны төхөөрөмжийн тоо жилээс жилд нэмэгдэж байгаа боловч бороожуулагч шинэ машин, тоног төхөөрөмжийг манай орны хөрс, цаг уурын онцлогт тохируулан зохистой, үр ашигтай ашиглах асуудал одоо хүртэл бараг хөндөгдөөгүй байна. Иймд газар тариалангийн төв бүсийн хөрс, цаг уурын нөхцөл, таримлын физиологийн онцлогт тохирсон, хөрсийг элэгдэл, эвдрэлд орохоос хамгаалсан, эрчим хүчний хэмнэлттэй технологи, горимыг боловсруулах асуудал чухлаар тавигдаж байна. Усалгааны

машин, тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын гол үзүүлэлтийн нэг бол бороожуулах хошуугаар өгч байгаа усны борооны эрчим, жигд тархалт болон тархалтын радиус, зарцуулга зэрэг үзүүлэлт билээ. Манай оронд сүүлийн жилүүдэд АНУ-ын дэлхийд тэргүүлэгч бороожуулагч Valley, Zimmatic, T-L загварын машинууд өргөн ашиглагдаж байна. Үүнтэй уялдуулан эдгээр усалгааны машинуудын ашиглалтын гол үзүүлэлтийн нэг болох бороожуулах хошуугаар өгч буй усны борооны эрчмийн үзүүлэлтийг туршиж үзэх зайлшгүй шаардлага гарч байна. Дээрх нөхцөл байдлаас үндэслэн манай орны усалгаатай газар тариаланд ашиглагдаж буй бороожуулагч машины ашиглалтын үзүүлэлтийн нэг болох машинаар өгч буй усалгааны норм, горимыг зөв тогтоохын тулд нам даралтат бороожуулах хошуугаар өгч буй борооны эрчмийн бодит хэмжээг лаборатори болон үйлдвэрлэлийн нөхцөлд туршин судлах шаардлагатай байна.

## Материал, арга зүй

Лабораторийн нөхцөлд дараах туршилт судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэв. Valley LEN загварын нам даралтат цацруулагч /дефлектор / бороожуулах хошуунд 8 гэсэн дугаартай, сүвэгчийг сонгон авч лабораторийн төхөөрөмж

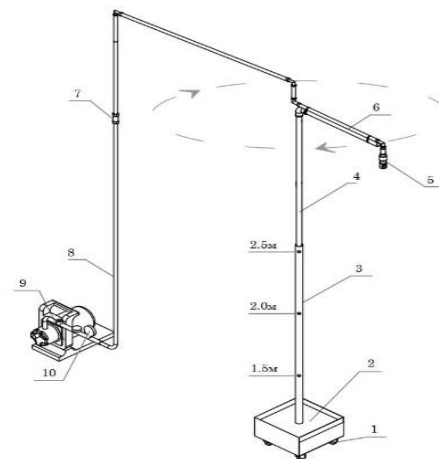


Figure 1. Low pressure nozzle distribution radius and rain intensity measuring equipment

1- wheel, 2- base, 3- vertical support, 4- switch, support, 5- sprinkler, 6, 8- water pipe, 7- valve, 9- pump, 10- manometer

Лабораторийн төхөөрөмжийн насосны даралтыг 45 PSI буюу 3 бар даралтаар ажиллахаар тохируулж хэмжилтийг хийж гүйцэтгэнэ. Хошууг 100%, 75%, 50% хурдад харгалзах хурдаар жигд шилжүүлж бүтэн тойруулна. Хошууны ус цацах радиусын дотор  $30^\circ$  өнцгөөр 4 эгнээ бүхий цацраг хэлбэртэйгээр 40 ширхэг хэмжилтийн сав байрлуулна [7]. Хэмжилтийн савны амсрын диаметр 11 см, өндөр нь 9,5 см байна [2]. Хошууг зогсолтгүй шилжүүлэх агшинд саванд тосч авсан усны хэмжээг жинлэж гаргана. Тэр үедээ бороожуулах хошуугаар Үүнд:

$X_1$  - Туршилтын явцад хэмжээг нь удирдах боломжтой (оролт) хүчин зүйлс:

$X_1$  - Бороожуулах хошуун дээрх даралт, PSI

$X_2$  - Эцсийн цамхагийн шилжих хурд буюу бороожуулах туршилтын хошууны шилжих хурд, м/мин

$Z_i$  - Туршилтын явцад хэмжээг нь хянах боломжтой үзүүлэлтүүд

$Z_1$  - Бороожуулах хошууны сүвэгчийн голчийн хэмжээ

$Z_2$  - Хошуугаар цацагдсан усны радиус, см

$P_i$  - Туршилтын явцад хэмжээг нь удирдах боломжгүй үзүүлэлтүүд:

$P_1$  - Цаг агаарын нөхцөл (салхины хурд, температур, агаарын харьцангуй чийг г.м)

$P_2$  - Ууршилт

$Y_i$  - Туршилтаар гарах үзүүлэлт буюу тодорхойлогдох үзүүлэлт:

$Y_1$  - Бороожуулах хошуугаар гарсан усны тархалтын хэмжээ буюу саванд тосч авсан усны хэмжээ ба бороожуулах

цацагдсан усны хэмжээг зэрэгцүүлэн хэмжилтүүдийг хийж, хошуугаар ус цацагдах байдлын жигдрэлтийн графикийг байгуулж, хоорондын зохистой хамаарлыг нь тодорхойлно. (ANSI.ASAE S436.1 DEC01 стандартыг баримтлав.)

Туршилтанд нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийг дараах байдлаар авч үзэв. Усалгаа хийх ажиллагааны үр дүн буюу усалгааны хэмжээ нь эдгээр хүчин зүйлүүдээс хэрхэн хамаарах хамаарлыг функц хэлбэрээр дараах байдлаар илэрхийлж болно.

Оролтын үзүүлэлт буюу тухайн технологи ажиллагаанд нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийг туршилтын үед удирдах боломжтой эсэхээс нь хамааруулан өгөгдлийн хэмжээг удирдаж болох

$X_i$ , хянах боломжтой  $Z_i$ , удирдах боломжгүй  $P_i$  хүчин зүйл гэж бүлэглэж математик загварыг зохиоход ашиглалаа.

$$Y = f(X_i, Z_i, P_i)$$

Хүчин зүйл нэг бүр услах ажиллагаанд нөлөөлөх хэмжээг тооцоолон хэрхэн өөрчлөх талаар шийдлийг гаргах зорилгоор олон хүчин зүйлт

туршилтыг гүйцэтгэхдээ туршилт төлөвлөлтийн ротатабель аргыг сонгож хэрэглэв. Туршилтын үе дэх нөлөөлөх хүчин зүйлийн нэр, хувьсах хүрээг дараах байдлаар илэрхийлнэ.

Table 1

Variable range and name of factors influencing irrigation during the experiment						
Нэр	Хүчин зүйл		Хүчин зүйлсийн түвшин			Хувьсах засвар
	Тэмдэглэгээ		Доод	Төвийн (үндсэн)	Дээд	
	Үсгэн тэмдэглэгээ	Бодит утга				
Хошуун дээрх даралт - $X_1$ , PSI	p	$X_1$	-1	0	+1	10
Машины шилжих хурд - $X_2$ , м/мин	t	$X_2$	-1	0	+1	1
$X_1$ ба $X_2$ хүчин зүйлүүд		Нормчлогдсон утга	-	0	+	

The above factors can be changed during the experiment.

Table 2

Хүчин зүйл	Experiment conditions					Өөрчлөх интервал
	Хүчин зүйлийн өөрчлөгдөх утга					
	-1.414	-1	0	+1	+1.414	
Хошуун дээрх даралт - $X_1$ , PSI	5.86	10	20	30	34.14	10
Машины шилжих хурд - $X_2$ , м/мин	0.586	1	2	3	3.414	1

### Судалгааны үр дүн

Туршилтыг төвийн компоцит ортатабель төлөвлөлтийн аргаар хийхэд нийт туршилтын тоо 13 гарсан ба нэг туршилтын үед 40 ширхэг сав тосож тэдгээрийн дундаж утгыг нэг давталт гэж үзсэн. Туршилтын үр дүнд дараах математик шинжилгээнүүдийг хийж гүйцэтгэв.

Эхлээд хувилбарууд дээр хэт ялгарах хэмжигдэхүүн байгаа эсэхийг Стьюдентын шалгуураар шалгаж, дараа нь туршилтын нийт үзүүлэлтүүдийн дисперси нэгэн төрлийн байгаа

эсэхийг Кохрены шалгуураар шалгахад дисперсүүд нь нэгэн төрлийн гэдэг нь батлагдлаа. Дисперсүүд нэг төрлийн учир өргөгтгөсөн дисперси буюу дисперсүүдийн дундаж утга түүний чөлөөний зэргийг тодорхойлсний дараа регрессийн коэффициентуудын утгыг олсноор регрессийн 2-р эрэмбийн тэгшитгэл дараах хэлбэртэй бичигдэж байна.

$$Y_T = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_1 \cdot x_2 + b_4 \cdot x_1^2 + b_5 \cdot x_2^2$$

Эндээс талбайд өгч байгаа усалгааны бороожуулах эрчмийг ( $Y$ , мм/мин) хошуугаар гарах усны даралт ( $X_1$ , PSI), машины шилжих хурд ( $X_2$ , м/мин) гэсэн технологийн хоёр

параметрээс хамааруулан тодорхойлох тэгшитгэлийн кодчилсон үеийн илэрхийлэл дараах хэлбэртэй болж байна.

$$Y_T = 1.253 + 0.313 \cdot x_1 - 0.270 \cdot x_2 - 0.099 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0.022 \cdot x_1^2 - 0.285 \cdot x_2^2$$

Ингээд тэгшитгэлийн коэффициентууд дотроос ач холбогдол багатай байж болох  $b_{12} = 0.099$ ,  $b_{11} = -0.022$  гэсэн утгуудыг шалгаж үзээд, энэ хоёр коэффициентуудын нөлөөллийг Стьюдент болон Фишерийн шалгуураар шалгаж үзэхэд

$$Y_T = 1.253 + 0.313 \cdot \left(\frac{X_1 - 20}{10}\right) - 0.270 \cdot \left(\frac{X_2 - 2}{1}\right) - 0.099 \cdot \left(\frac{X_2 - 20}{10}\right) \cdot \left(\frac{X_2 - 2}{1}\right) + 0.022 \cdot \left(\frac{X_1 - 20}{10}\right)^2 - 0.285 \cdot \left(\frac{X_2 - 2}{1}\right)^2$$

Эндээс тэгшитгэлийн хүчин зүйлүүдийн өөрчлөгдөх хүрээ дараах хэмжээнд байна.

Бороожуулах эрчим:  $Y_T > 2.3$  мм/мин

Хошуун дээрх даралтын хэмжээ:  $X_1 = 10-30$  PSI

Машины шилжих хурдны хэмжээ:  $X_2 = 1.0-3.8$  м/мин.

Хошуугаар гарах усны хэмжээг тохируулгын горимоос хамааруулан урьдчилан мэдэж өөрчлөн тохируулах үед уг тэгшитгэлийг

$$Y_T = 2.419 + 0.0313 \cdot X_1 - 0.270 \cdot X_2 - 0.0099 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0.00011X_1^2 - 0.1425 \cdot X_2^2$$

Дээрх туршилтын үр дүнгээр гаргаж авсан тэгшитгэлээс хархад хүчин зүйлүүдийн өөрчлөгдөх хүрээн дотор тохиргоо хийсэн нөхцөлд усалгаа хийхэд өгөх усны хэмжээ нь машинаар бороожуулж байгаа усны нормоос хэтрэхгүй болно. Өөрөөр хэлбэл, усалгааны эрчим нь хөрсөнд сөрөг нөлөө үүсгэхгүй буюу тохируулсан нормоос аль ч горим дээрээ хэтрэхгүй байна.

### Шүүн хэлэлцэхүй

ОХУ-ын судлаач А.С. Штанько “ Волжанка” машин дээр бороожуулах эрчимийн дээд хязгаарийг 5.2 мм буюу машины талбайд шилжих зохистой хурдыг 0.58 км/цаг (9.6 м/мин) гэж тогтоосон байдаг. Энэхүү судалгааны дүнтэй өөрсдийн туршилтын дүнг харьцуулахад бороожуулах эрчимийн хэмжээ 0.44 мм ,

### Дүгнэлт

Туршилтын үр дүнгээс харахад машины шилжих хурдыг нэмэгдүүлэхийн хирээр усалгааны горим буурах, хошуугаар гарах усны даралтыг нэмэгдүүлэх тусам усалгааны горим нэмэгдэх ерөнхий зүй тогтол хадгалагдаж байна. Үүнд:

1. Бороожуулах хошуугаар гарах усны даралтыг 30 PSI (2 бар) хүртэл нэмж хурдыг удаан (1 м/мин) болгоход даралт (30 PSI) болон хурд (3 м/мин) их үеэс 56 % бага байна.

дээрх тэгшитгэл туршилтын үр дүнг төлөөлж чадаж байна.

Тэгшитгэлийн кодчилсон утгыг бодит утга руу доорх хэлбэрээр шилжүүлбэл дараах байдлаар илэрхийлэгдэж байна.

ашиглах тохиолдолд (гэхдээ №8 хошуу тавьсан хэсэгт) кодчилсон утгыг бодит утгад шилжүүлэх шаардлагатай юм. Үүний кодчилсон коэффициентуудын  $b_i$  утгыг хүчин зүйлүүдийн  $X_i$  бодит утгатай үеийн  $a_i$  утгад шилжүүлэхдээ дараах зарчмыг баримтлав.

Регрессийн тэгшитгэлийн кодчилсон утгыг бодит утгад шилжүүлсэний дараа уг тэгшитгэл дараах хэлбэрт орж байна.

Тухайлбал, өгч байгаа усны хамгийн их хэмжээ нь (1.727 мм/мин) даралт хамгийн их (30 PSI), шилжих хурд хамгийн бага (1 м/мин) үед байгаа бол хамгийн бага хэмжээ (0.313 мм) нь даралт тохируулгын үндсэн утга дээр (20 PSI), шилжих хурд хамгийн их дээр байхад (3 м/мин) байгаа юм.


машины шилжих хурд 0,1 м/мин хэмжээний зөрүүтэй байлаа. Энэ нь тухайн бүс нутгийн цаг уурын онцлог болон машины ашиглалтын хугацаа, тухайн машиныг ажиллуулах үеийн орчны нөхцөл зэрэг хүчин зүйлүүд нөлөөлж буйг харуулж байна.

2. Бороожуулах хошуу нь LEN загварынх учраас ихэвчлэн 10 PSI даралтаар ажилладаг. Тиймээс бороожуулагч Валлей 8000 загварын машины усалгааны норм хангах хурдны хэмжээг сонгохдоо 100% хурдны ердөө 10-20% хооронд тохируулж ихэвчлэн 10 PSI даралттай ажиллуулдаг нь төмс тарьсан элсэнцэр бүтэцтэй хөрсөнд тохирсон горим болж байна.

## Ашигласан бүтээлийн жагсаалт

- [1] Авдай Ч., Энхтуяа Д. “Судалгаа шинжилгээний ажлыг гүйцэтгэх арга зүй. ШУТИС-ийн сурах бичиг УБ 2019 он.
- [2] ANSI.ASAE S436.1 DEC01. Test Procedure for Determining the Uniformity of Water Distribution of Center Pivot and Lateral Move Irrigation Machines Equipped with Spray or Sprinkler Nozzles.
- [3] Базарсад Я., Энхбат Р. Магадлалын онол, математик-статистикийн гарын авлага. УБ 1998.[4]Valley Classic Control Panel. 0997335\_G.Valmont Industries, Valley NE68064 USA.
- [5] Sabah Almasraf, Jennifer Jury and Steve Miller. Field evaluation of center pivot sprinkler irrigation systems. Department of Biosystems and Agricultural Engineering Michigan State University, March 2011
- [6] Danny H.Rogers. Performance of Center Pivot Irrigation Systems. Kansas State University. February 23-24 2016.
- [7] Wenting, Han and Pute, Wu. Evaluation model development for sprinkler irrigation uniformity based on catch can data. African Journal of Biotechnology Vol.10(66), pp. 14796-14802,26 October, 2011. ISSN1684-5315.2011
- [8] Prof. Dr. Khalid Adel Abdelrazaq. Improving The Performance of Center Pivot Irrigation System. Journal of Engineering and Development, Vol.18, No.4, July 2014, ISSN 1813-7822
- [9] Assis. Prof. Dr.Khalid Adel Abdelrazaq, “Improving The Performance of Center Pivot Irrigation System”, Journal of Engineering and Development. Vol.18, No.4, July 2014,ISSN 1813-7822.

## The result of the influence of center pivot irrigation machine operations on rain (irrigation) intensity

Delgermaa Lkhagvasuren<sup>1</sup>, Nuuts Yadamsuren<sup>2</sup>, Otgonkhuyag Balgan<sup>1</sup>, Byambadorj Chagnaa<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> School of Engineering and Technology, Mongolian University of Life Sciences, Zaisan 17024, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>2</sup> “Gatsuurt” company, Altanbulag, Selenge, Mongolia

\*Corresponding author: [byambadorj@mul.edu.mn](mailto:byambadorj@mul.edu.mn)

 <https://orcid.org/0000-0002-7425-8691>

---

Received: 26.02.2021

Revised: 04.06.2021

Accepted: 18.06.2021

---

### Abstract

The water consumption through the nozzle or water pressure through the nozzle at the given water thickness ( $Y$ , min) the two technological parameters, the pressure of the nozzle ( $X_1$ , PSI) and the rotational speed of the nozzle ( $X_2$ , m/min) are used to determine the state of the impact at 8 mm nozzle. The experiment was determined under laboratory conditions on a Low Energy Nozzle (LEN). The experiment was conducted in the “Irrigation machinery and equipment design” laboratory of the School of Engineering and Technology of the MULS using the “Low pressure nozzle distribution radius and rain intensity measuring equipment”. The maximum intensity of water supplied by the nozzle is 1.727 mm / min or the maximum pressure is 30 PSI and the minimum flow rate is 0.313 mm / min. The pressure regulator at 20 min was at a value of 20 PSI, and the transition speed was at a maximum of 3 m / min.

**Keywords:** pressure regulator, nozzle, sprinkler uniformity, low energy nozzle