

Бага чадлын рентген туяа ашиглан сонгинын (Ричихун F1) хадгалалтын хугацааг уртасгасан нь

М.Дүүрэнжаргал^a, Э.Анужин^a, С.Гансүх^a, Г.Манлайжав^{ab}, Б.Лхам^c, П.Насан-Ариун^d,
Н.Цэцэгмаа^a, Б.Мөнхбат^c, Р.Чинзориг^{a*}

^a Монгол Улсын Их Сургууль, Инженер, Технологийн Сургууль, Хими Биологийн Инженерчлэлийн Тэнхим, e-lab

^b Цөмийн Энергийн Комисс, Ажлын алба

^c Мал Эмнэлгийн Хүрээлэн

^d Ургамал, Газар Тариалангийн Хүрээлэн

^e Монгол Улсын Их Сургууль, Цөмийн Шинжлэх Ухаан, Технологийн Үндэсний Хүрээлэн

*Chinzorig@num.edu.mn

ХУРААНГУЙ. Энэхүү судалгааны зорилго нь 2020 онд Монгол Улсад “Ирээдүйтэй сорт” гэж батлагдсан Ричихун F1 сортын сонгиныг бага чадлын рентген туяагаар шарж хадгалалтын хугацааг уртасгах боломжийг судлахад оршино. Аргазүй: Ричихун F1 сортын сонгинуудыг Rad Source RS1800 рентген төхөөрөмжөөр 100 Гр тунгаар шарж, 22°C тасалгааны температурт 100 хоног хадгалсан. Туршилтын 40, 60, 80, 100 хоногуудад жингийн алдагдал, сонгинолог ишний соёлолт, рН, нийт нүүрс-ус, ууссан хатуу бодис, антиоксидант идэвх болон физик-механик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлов. Үр дүн: 100 хоногийн дараа 100 Гр бүлгийн жингийн алдагдал 17.5%, соёлолт 32.5% байсан бол хяналтын бүлэгт харгалзан 34.0% ба 100% байв. Цоолох хүч, Юнгийн модуль, нүүрс-усны агууламж болон антиоксидант идэвх нь 100 Гр бүлэгт илүү өндөр байв. Дүгнэлт: 100 Гр тунгаар рентген цацрагаар шарах нь Ричихун F1 сортын сонгинын хадгалалтын чанарыг сайжруулах боломжтойг харууллаа.

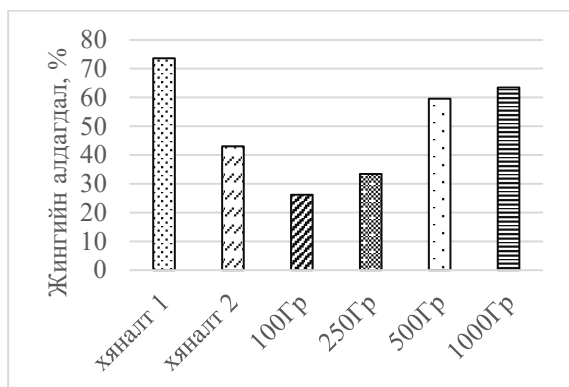
Түлхүүр үгс: Рентген цацраг, Ричихун F1 сортын сонгино, Юнгийн модуль

PACS number: 87.53.-j, 07.85.Qc

I. УДИРТГАЛ

Allium sera L. буюу бөөрөнхий сонгино нь дэлхий даяар өргөн хэрэглэгддэг булцуут хүнсний ногоо бөгөөд хүнсний хэрэглээ, амт үнэрийн чанар, биологийн идэвхт нэгдлийн агууламжаараа онцлог ургамал юм [1]. Сонгино нь хүхэрт нэгдлүүд, фенолт нэгдэл, флавоноид зэрэг антиоксидант идэвхтэй бодис агуулдаг тул хүнсний болон эрүүл мэндийн ач холбогдолтой [2]. Монгол Улс хүнсний ногооны хэрэгцээнийхээ 81.3%-ийг дотоодоос хангадаг бөгөөд бөөрөнхий сонгинын хувьд 49.9%-ийг дотооддоо үйлдвэрлэж, үлдсэн хэсгийг импортоор авдаг [3]. Иймээс шинэ сорт нутагшуулах, хураалтын дараах хадгалалтын алдагдлыг бууруулах, дотоодын нийлүүлэлтийн тогтвортой байдлыг сайжруулах нь чухал асуудал юм. Сонгинын хадгалалтын явцад соёлолт, амьсгалалт, усны ууршилт, эдийн зөөлрөл зэрэг физиологийн өөрчлөлтүүд явагдаж, нийт хорогдол 30–40%-д хүрэх тохиолдол байдаг [4]. Сонгинын хадгалалтын хугацаа болон чанарыг сайжруулахад хөргүүрийн хадгалалт, химийн боловсруулалт, агааржуулалт, савлагааны зохицуулалт зэрэг арга хэрэглэгддэг боловч ионжуулагч цацрагаар боловсруулах арга нь соёлолтыг сааруулах, хадгалалтын хугацааг уртасгах боломжтой

технологийн шийдэлд тооцогддог [5]. Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага, Олон Улсын Хүнс, Эмийн Захиргаа болон Олон Улсын Атомын Энергийн Агентлаг нь хүнсийг цацрагаар боловсруулахыг аюулгүй болохыг дүгнэсэн байдаг [6]. Манай өмнөх судалгаанд Монгол оронд нутагшсан Штутгартер Ризен сортын сонгиныг цацрагаар үйлчлүүлээгүй том сонгино (150–300 г; хяналт 1) болон цацраглал үйлчлүүлээгүй жижиг сонгино (30–80 г; хяналт 2)-той харьцуулан 100 Гр, 250 Гр, 500 Гр, 1000 Гр тунгаар үйлчилж, 18.2–20.8°C температурт 10% чийгтэй орчинд 9 долоо хоногийн турш жингийн алдагдлыг хэмжихэд цацраглал үйлчилсэн бүлгүүдийн дотроос 100 Гр тунгаар үйлчилсэн бүлэг хамгийн бага буюу 26.2%-ийн жингийн алдагдалтай байсан (Зураг 1) [7]. Эдгээр үр дүнд тулгуурлан 2020 онд Монголд “Ирээдүйтэй сорт” гэж батлагдсан Ричихун F1 сортыг судалгааны дээж болгон сонгон авч, 100 Гр тунгаар үйлчлэн хадгалалтын 40, 60, 80, 100 хоногуудад чанарын болон цоолох туршилтын хэмжилтийг гүйцэтгэлээ.



Зураг 1. Жингийн алдагдлыг хувиар илэрхийлэн харьцуулсан нь

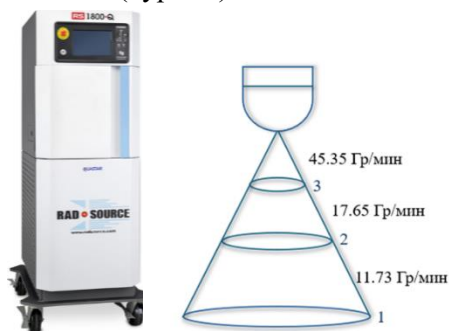
II. МАТЕРИАЛ, АРГАЗҮЙ

А. Дээж

Судалгаанд ашигласан Ричихун F1 сортын сонгинууд нь морфологийн хувьд хэлбэр сайтай, механик гэмтэлгүй, MNS 0260:2022 хүсэнд хэрэглэх стандарт шаардлага хангасан байв. Туршилтын болон хяналтын бүлэг тус бүрт 30 ширхэг сонгино ашиглан бөгөөд дээжийг 2024 оны 10 сард Ургамал, Газар тариалангийн хүрээлэнгээс хүлээн авсан. Сонгиныг 100 Гр тунгаар шарж, хяналтын бүлэгтэй хамт 22°C тасалгааны температурт, давхарлалгүй, жигд тараан, задгай цаасан хайрцагт 100 хоног хадгалах явцад жин, урт, өргөн, булцууны соёлолтын тоог MNS 0260:2022 стандартын дагуу хэмжсэн [8].

В. Багаж төхөөрөмж

Судалгаанд Rad Source RS1800 (АНУ) рентген шарах төхөөрөмжийг ашигласан (Зураг 2). Энэ төхөөрөмж нь 40–160 кВ-ийн хүчдэлийн мужид ажиллах ба үйлдвэрлэгчийн мэдээллээр тунгийн чадал нь ойролцоогоор 65 Гр/мин байдаг. Шарах хэсгийг хар тугалган хаалтаар хамгаалсан. Тунгийн зураглал хийхэд PTW Unidos 10002 (Герман) электромтр болон PTW 30004 (Герман) ионжуулалтын камер ашигласан. Сонгинын физик-механик шинж чанарыг Shimadzu EZ-SX (Япон) төхөөрөмжийн TRAPEZIUM X программ ашиглан тодорхойлсон (Зураг 3).



Зураг 2. Rad Source RS1800 рентген шарах төхөөрөмж ба тунгийн зураглалын схем



Зураг 3. Shimadzu EZ-SX төхөөрөмжийн Puncture Test Analysis

С. Чанарын шинжилгээ

Жин, сонгинолог ишний соёлолт

Рентген цацрагаар боловсруулсны дараа сонгиныг 100 хоног хадгалан, 40, 60, 80, 100 хоногуудад MNS 0260:2022 стандартын дагуу жин, ишний урт болон соёлолтыг хэмжлээ.

Нүүрс-ус, ууссан хатуу бодис, рН, антиоксидант идэвх

Хадгалалтын 40, 60, 80, 100 дахь хоногуудад бүлэг тус бүрээс сонгосон сонгинуудыг эхлээд текстур шинжилгээнд ашигласны дараа шахаж, цаасан фильтрээр шүүн, 6000 rpm хурдаар 10 мин центрифугдэн шүүсийг ялган авсан. Шүүгдсэний рН-ийг Sartorius Basic pH Meter PB-10 ашиглан хэмжсэн. Шүүгдсэнээс 5 мл авч, урьдчилан жинлэсэн саванд хийж 50 °C температурт 24 цаг хатаасны дараа үлдэгдэл хуурай бодисын жинг хэмжив. Ууссан хатуу бодисын агууламжийг хатаалтын дараах үлдэгдэл жинг шинжилгээнд авсан дээжийн эзлэхүүнд харьцуулан г/л нэгжээр тооцов.

$$\text{Ууссан хатуу бодисын агууламж (г/л)} = m \text{ (г)} / V \text{ (л)}$$

Энд m нь хатаалтын дараах үлдэгдэл жин, V нь шинжилгээнд авсан дээжийн эзлэхүүн болно. Манай туршилтад $V = 0.005$ л байсан.

Нийт нүүрс-усны хэмжээг 0.5 мл шүүгдэс дээр 0.5 мл 5% фенол нэмж, 95.5% хүхрийн хүчилтэй урвалд оруулан 30 минутын дараа 490 нм-д хэмжин тодорхойлов [10]. Антиоксидант идэвхийг DPPH чөлөөт радикал саармагжуулах аргаар тодорхойлов. 0.1 mM DPPH уусмалыг метанолд бэлтгэж, сонгинын шүүсэн дээжтэй хольсны дараа 30 минут харанхуй нөхцөлд урвалд оруулан 517 нм долгионы уртад шингээлтийг хэмжив [11].

DPPH чөлөөт радикал саармагжуулах идэвхийг дараах томъёогоор хувиар илэрхийлэв:

DPPH саармагжуулах идэвх (%) = $[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$.

Энд A_{control} нь DPPH уусмалын хяналтын шингээлт, A_{sample} нь дээжтэй урвалд орсны дараах шингээлт болно. Энэхүү судалгаанд дээжийн олон шаталсан концентраци бэлтгээгүй тул IC_{50} тооцоогүй. Хэмжилт тус бүрийг 3 техникийн давталттайгаар гүйцэтгэв.

D. Текстур шинжилгээ – цоолох туршилт

Сонгиныг Shimadzu Trapezium EZ-SX төхөөрөмжийн суурь тавцан дээр тэгш хэмтэй байрлуулж, 5 мм диаметртэй цилиндр хэлбэрийн мухар зүү ашиглан 0.25 мм/с хурдтайгаар 5 удаа цоолсон. Хэмжилтийн хүч-зайны муруйгаас цоолох үеийн хүчийг Ньютон (Н), цоолох үеийн зайг мм, Юнгийн модулийг МПа нэгжээр тооцсон.

E. Математик боловсруулалт

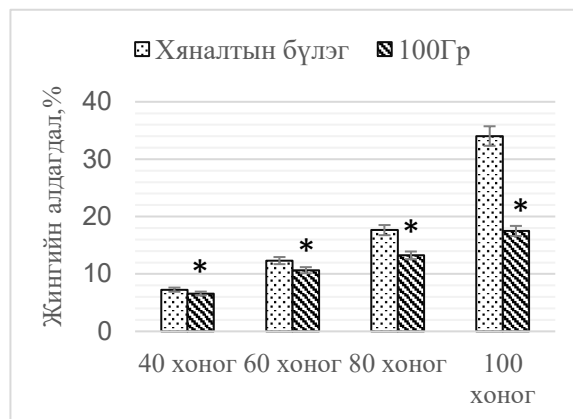
Туршилтын үр дүнг Microsoft Excel 2016 программ ашиглан t-test-ийн аргаар боловсруулж, $p \leq 0.05$ утгыг бүлэг хоорондын статистикийн ач холбогдолтой ялгааны шалгуур болгон хэрэглэв. *— $p \leq 0.05$ утгыг хангасан; ns — $p > 0.05$ утгыг илэрхийлнэ.

III. ҮР ДҮН

A. Чанарын шинжилгээ

Жингийн алдагдал

Сонгино хадгалалтын хугацааны турш жингийн алдагдал нэмэгдэх хандлагатай байв. Ричихун F1-ийн хяналтын бүлэгт жингийн алдагдал 40, 60, 80, 100 хоногт харгалзан 7.26%, 12.33%, 17.64%, 34.03% байсан бол 100 Гр бүлэгт 6.59%, 10.66%, 13.25%, 17.50% байв. Жингийн алдагдлыг хяналтын болон 100 Гр бүлгийн хооронд харьцуулахад $p \leq 0.05$ утгыг хангаж, статистикийн хувьд ач холбогдолтой ялгаа ажиглагдав (Зураг 4).



Зураг 4. Жингийн хорогдлыг харьцуулсан нь

Сонгинолог ишний соёололт

Монгол Улсын MNS 0260:2022 стандартын дагуу навчны углуургаас салаалж ургасан 3 см ба түүнээс дээш урттай сонгинолог иштэй сонгиныг хүлээн зөвшөөрдөггүй тул уг үзүүлэлтийг тоолон бүртгэв (Зураг 5). Хяналтын бүлэгт сонгинолог иш, навчны углуурга хэвийн ургасан бол 100 Гр тунгийн нөлөөнд ургалт дарангуйлагдсан байна (Зураг 6, 7). 100 хоногийн байдлаар хяналтын бүлгийн соёололт 100%-д хүрсэн бол 100 Гр бүлгийнх 32.5% байсан ба сонгинолог ишний соёололт 67.5%-иар буурсан үзүүлэлт гарлаа.



Зураг 5. Сонгинолог ишний соёололтыг хувиар илэрхийлсэн нь



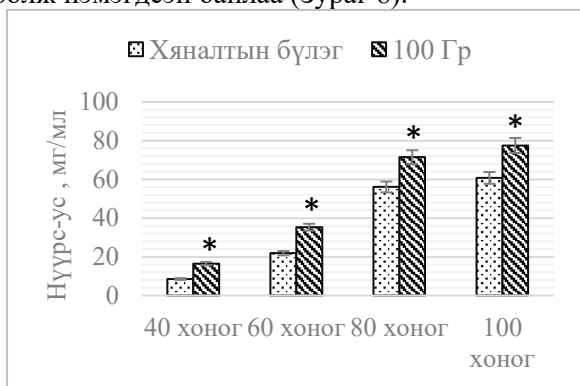
Зураг 6. Хяналтын бүлгийн сонгинын нахиалалд болон дотоод бүтцийн өөрчлөлт



Зураг 7. 100 Гр бүлгийн сонгинын нахиалалд болон дотоод бүтцийн өөрчлөлт

Нүүрс-ус

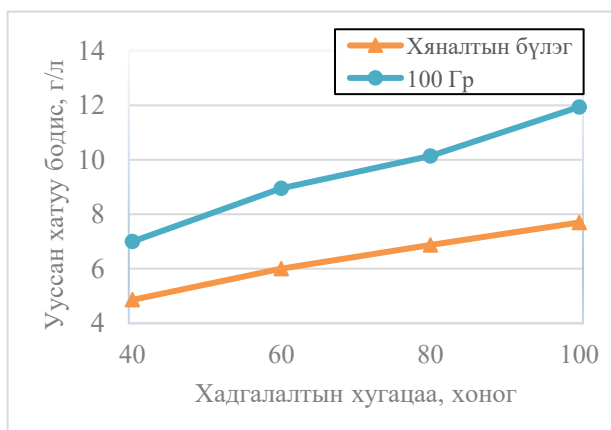
Сонгинын хадгалалтын хугацаа уртсах тусам нүүрс-усны агууламж нэмэгдэх хандлагатай байв. 100 дахь хоногийн хэмжилтээр хяналтын бүлгийн сонгинын нүүрс-усны агууламж 60.76 мг/мл байсан бол 100 Гр бүлгийнх 77.54 мг/мл болж нэмэгдсэн байлаа (Зураг 8).



Зураг 8. Нүүрс-усны агууламжийг харьцуулсан нь

Ууссан хатуу бодис

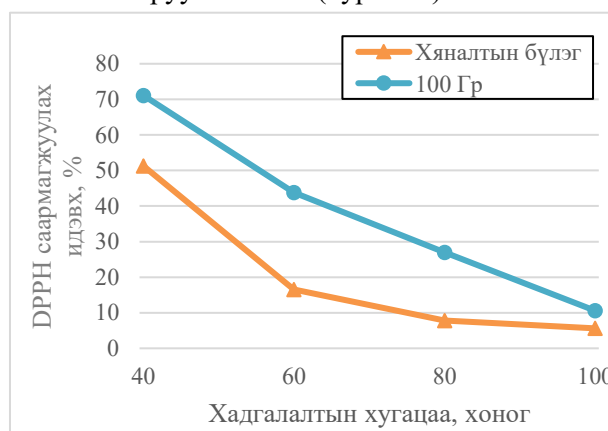
Сонгинын хадгалалтын хугацаа уртсах тусам ууссан хатуу бодисын агууламж нэмэгдэх хандлагатай байв. Хяналтын бүлгийн ууссан хатуу бодисын агууламж 40, 60, 80, 100 хоногт харгалзан 4.86, 6.01, 6.88, 7.7 г/л байсан бол 100 Гр бүлэгт 7.0, 8.95, 10.14, 11.94 г/л байв. Энэ нь хадгалалтын явцад сонгинын шүүсэн дэх уусамтгай нэгдлүүдийн агууламж, ялангуяа нүүрс-ус болон бусад уусамтгай бодисын харьцангуй хэмжээ нэмэгдэж байгааг харуулж байна (Зураг 9).



Зураг 9. Хадгалалтын хугацаанд сонгинын шүүсэн дэх ууссан хатуу бодисын агууламжийн өөрчлөлт, г/л

Антиоксидант идэвх

Сонгинын хадгалалтын хугацаа уртсах тусам DPPH чөлөөт радикал саармагжуулах идэвх буурах хандлагатай байв. Энэхүү судалгаанд дээжийн олон шаталсан концентраци бэлтгээгүй тул IC50 утга тооцоогүй бөгөөд ижил эзлэхүүнтэй шүүсэн дээжүүдийг харьцуулах зорилгоор DPPH саармагжуулах идэвхийг хувиар илэрхийлэв. 100 хоногийн дараа хяналтын бүлгийн DPPH саармагжуулах идэвх 5.62% байсан бол 100 Гр бүлгийнх 10.59% байв. Энэ нь 100 Гр бүлгийн антиоксидант идэвх хяналтын бүлгээс 1.88 дахин өндөр хадгалагдсан болохыг харуулж байна (Зураг 10).



Зураг 10. Хадгалалтын хугацаанд сонгинын DPPH чөлөөт радикал саармагжуулах идэвхийн өөрчлөлт, %

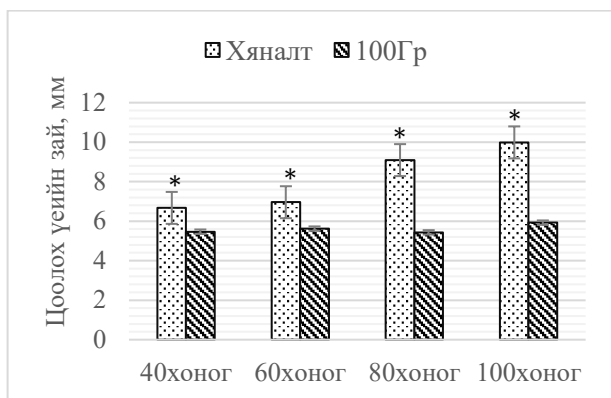
pH

Туршилтын хугацаанд pH-ийн хэмжилтийн үр дүнд хяналтын бүлэг 5.9 ± 0.2 , 100 Гр бүлэг 6.1 ± 0.1 байв. Хяналт болон 100 Гр бүлгийн хооронд t-test хийхэд $p > 0.05$ утга гарсан тул хоёр бүлгийн pH-ийн утга статистикийн хувьд ялгаагүй байв.

В. Текстур шинжилгээ – цоолох туршилт

Цоолох хүч

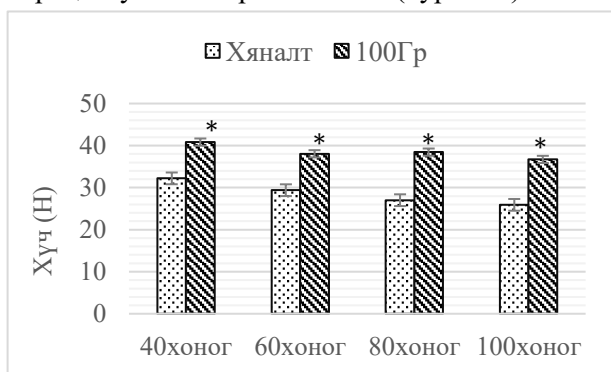
Хяналтын бүлгийн сонгинын цоолох хүчний утгууд 40, 60, 80, 100 хоногт харгалзан 32.20 Н, 29.39 Н, 27.01 Н, 25.90 Н байсан бол 100 Гр бүлгийнх 40.83 Н, 38.05 Н, 38.44 Н, 36.71 Н байв. Бүх хугацааны хэмжилтэд 100 Гр бүлгийн цоолох хүч хяналтынхаас өндөр байсан нь рентгенээр шарсан сонгино хатуулаг чанараа илүү сайн хадгалж байгааг харуулж байна (Зураг 11).



Зураг 11. Сонгинын гадаргууг цоолоход зарцуулсан хүчийг Ньютоноор илэрхийлсэн нь

Цоолох үеийн зай

Цоолох үеийн зай (мм) нь сонгинын гадаргууг цоолох үед мухар зүүний туулсан зайг илэрхийлнэ. Хяналтын бүлгийн утгууд 6.67 мм, 6.96 мм, 9.09 мм, 9.99 мм; 100 Гр бүлгийнх 5.47 мм, 5.62 мм, 5.43 мм, 5.92 мм байв. Хяналтын бүлгийн цоолох үеийн зай хадгалалт уртсах тусам нэмэгдэж байсан бол 100 Гр бүлгийн утга харьцангуй тогтвортой байлаа (Зураг 12).



Зураг 12. Сонгинын гадаргууг цоолох хүртэл мухар зүүний туулсан зайг мм-ээр илэрхийлсэн нь

Юнгийн модуль

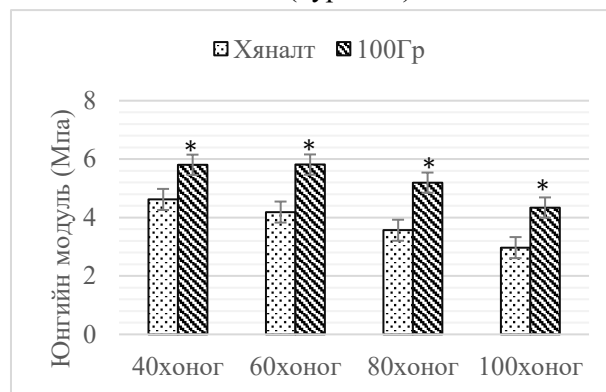
Юнгийн модуль нь материалыг шахах болон татах хүчний үйлчлэлд хэрхэн хариу үйлдэл үзүүлэхийг тодорхойлдог бөгөөд шахалт болон сунгалтад хэр зэрэг тэсвэртэй болохыг харуулдаг. Юнгийн модулийг дараах томъёогоор тооцов:

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

Энд F — үйлчилсэн хүч (Н), A — хүч үйлчилж буй талбай (м^2), ΔL — уртын өөрчлөлт (м), L — анхны урт (м).

Хяналтын бүлгийн Юнгийн модуль 40, 60, 80, 100 хоногт харгалзан 4.62 МПа, 4.19 МПа, 3.56 МПа, 2.97 МПа байсан бол 100 Гр бүлгийнх 5.81 МПа, 5.81 МПа, 5.19 МПа, 4.34 МПа байв. Хяналтын бүлгийн Юнгийн модуль 100 Гр бүлгийнхээс бага байгаа нь хадгалалтын явцад

хяналтын бүлгийн сонгино илүү хурдан зөөлөрч байгааг илтгэж байна (Зураг 13).



Зураг 13. Сонгинын гадаргууг цоолох туршилтын үр дүнд тооцсон Юнгийн модуль

IV. ШҮҮН ХЭЛЭЛЦЭХҮЙ

Жингийн алдагдлын хувьд Akhther, Islam, Hassan нарын судалгаатай харьцуулбал 50 Гр, 100 Гр, 150 Гр, 200 Гр тунгаар шарж 280 хоног хадгалсан тус судалгаанд 100 Гр бүлгийн жингийн алдагдал бусад бүлгээс хамгийн бага буюу 100 дахь өдөр 15–20%, 280 дахь өдөр 47.72% байв [12]. Энэ үр дүн нь манай судалгааны үр дүнтэй нийцэж, 100 Гр тун нь сонгинын хадгалалтад тохиромжтой болохыг харуулж байна. Соёололтын хувьд 100 хоногийн байдлаар хяналтын бүлгийн соёололт 100%-д хүрсэн бол 100 Гр бүлгийнх 32.5% байсан ба сонгинолог ишний соёололт 67.5%-иар буурсан үзүүлэлт гарав. Энэ үр дүн нь Red Globe сортын сонгиныг 60–120 Гр рентген туяагаар үйлчилж ургалтыг саармагжуулсан судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна [13]. Хадгалалтын үед сонгино соёолох явцад амьсгалах хурд нэмэгдэж, цардуул задран уусдаг сахар үүсдэг тул хяналтын бүлгийн нүүрс-усны агууламж харьцангуй бага байжээ. Рентген цацрагийн үйлчлэл нь сонгинын соёололтыг бууруулснаар нүүрс-усны задрал багасаж, нүүрс-усны агууламжийг нэмэгдүүлсэн гэж дүгнэж болохоор байна [14, 15]. Антиоксидант идэвхийн хувьд 100–200 Гр тунгаар шарсан сонгинын флавоноид болон фенолт нэгдлүүдийн хэмжээ тогтворжиж, антиоксидант идэвх нь хяналтын бүлгээс өндөр хадгалагдсан судалгааны үр дүнтэй нийцсэн байна [16]. рН-ийн хувьд хоёр бүлгийн хооронд статистикийн ач холбогдолтой ялгаа гараагүй нь рентген цацрагийн уг тун нь сонгинын органик хүчлийн тэнцвэрт мэдэгдэхүйц өөрчлөлт оруулдаггүй болохыг харуулж байна. Текстур шинжилгээний хувьд Sharma, Sharma, Dhali нарын хийсэн судалгаанд сонгиныг тасалгааны температурт 84 хоног хадгалсны дараа хяналтын бүлгийн цоолох хүч 9.41 Н, 120 Гр тунгаар шарсан

сонгинын цоолох хүч 10.98 Н байжээ [17]. Мөн өмнөх судалгаануудад гамма туяагаар шарсан сонгинын цоолох хүч хяналтын бүлгийнхээс их байсан үр дүн гарсан байна [18]. Эдгээр үр дүн нь манай судалгааны үр дүнтэй нийцэж байгаагаас гадна хяналтын бүлгийн сонгинуудын цоолох үеийн зай нэмэгдэж байгаа нь хадгалалтын явцад сонгинын эсийн хана гэмтэж зөөлөрч байгааг харуулж байна [19]. Энэхүү судалгаа нь зөвхөн нэг сорт, нэг тунгийн хэмжээ, нэг талаас шарах нөхцөл, тасалгааны нэг температурт хийгдсэн тул цаашдын судалгаанд олон тун, хоёр талаас шарах, хөргүүрийн температурт хадгалах болон олон сортын харьцуулсан туршилт хийх шаардлагатай.

V. ДҮГНЭЛТ

“Ричихун F1” сортын сонгиныг 100 Гр тунгаар рентген цацрагаар шарж, 22°C тасалгааны температурт 100 хоног хадгалан чанарын болон физик-механик шинж чанарыг хяналтын бүлэгтэй харьцуулан судлав. 100 хоногийн хадгалалтын дараа 100 Гр бүлгийн жингийн алдагдал хяналтын бүлгээс бага, сонгинолог ишний соёлолт 32.5%-д хязгаарлагдсан нь соёлолтыг мэдэгдэхүйц дарангуйлсныг харууллаа. Мөн 100 Гр бүлгийн нүүрс-усны агууламж, антиоксидант идэвх, цоолох хүч болон Юнгийн модуль хяналтын бүлгээс өндөр байсан нь хадгалалтын явцад сонгинын чанар, хатуулаг илүү сайн хадгалагдаж байгааг илтгэв. Харин рН-ийн хувьд хоёр бүлгийн хооронд статистикийн хувьд ялгаа ажиглагдсангүй. Иймд 100 Гр тунгаар рентген цацрагаар шарах нь Ричихун F1 сортын сонгинын хадгалалтын чанарыг сайжруулах боломжтой арга болохыг энэхүү судалгааны үр дүн харуулж байна.

ТАЛАРХАЛ БА МЭДЭГДЭЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг ШУТСангийн ШУУЗ 2022/289 тоот төслийн санхүүжилтээр гүйцэтгэв.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] S. Pareek, N. Sagar, S. Sharma and V. Kumar, Onion (*Allium cepa* L.), in *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*, 2nd ed., 1145–1161 (2015).
- [2] J. L. Brewster, *Onions and Other Alliums*, 2nd ed., CABI Publishing, Wallingford (2008).
- [3] Үндэсний статистикийн хороо, Хөдөө аж ахуйн статистикийн эмхэтгэл, Улаанбаатар (2023).
- [4] T. I. Suravi et al., An update on post-harvest losses of onion and employed strategies for remedy, *Scientia Horticulturae* (2024).
- [5] L. Nouri and F. Toofanian, Effect of gamma irradiation on onion storage quality, *Pakistan*

- Journal of Biological Sciences* 4, 728–730 (2001).
- [6] International Atomic Energy Agency, *Manual of Good Practice in Food Irradiation*, IAEA, Vienna (2015).
- [7] CAEID, МУЛИС, Ричихун F1 сортын батлагдсан сортын мэдээлэл, Тариалан эрхлэлтийн хүрээлэн (2022). URL: https://caeid.muls.edu.mn/view_news.php?id=157
- [8] Монгол Улсын стандарт, MNS 0260:2022: Бөөрөнхий сонгино. Техникийн ерөнхий шаардлага, Улаанбаатар (2022).
- [9] N. Pushpalatha et al., Total dissolved solids and their removal techniques, *International Journal of Environmental Sustainability and Protection* 2, 13–20 (2022).
- [10] M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith, Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Analytical Chemistry* 28, 350–356 (1956).
- [11] W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier and C. Berset, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LWT - Food Science and Technology* 28, 25–30 (1995).
- [12] N. Akhter, M. R. Islam and M. K. Hassan, Effect of gamma radiation on shelf life and quality of onion (*Allium cepa* L.), *International Journal of Agriculture and Technology* (2022).
- [13] P. Thomas, A. N. Srirangarajan and S. P. Limaye, Studies on sprout inhibition of onions by gamma irradiation—I. Influence of time interval between harvest and irradiation, radiation dose and environmental conditions on sprouting (1975).
- [14] J. D. Bewley, K. J. Bradford, H. W. M. Hilhorst and H. Nonogaki, *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*, Springer, New York (2013).
- [15] J. F. Diehl, *Safety of Irradiated Foods*, CRC Press, Boca Raton (1995).
- [16] V. Kavita et al., Gamma irradiation enhanced flavor volatiles and selected biochemicals in onion (*Allium cepa* L.) during storage, *Postharvest Biology and Technology* (2024).
- [17] P. Sharma, S. R. Sharma and R. K. Dhali, Effect of γ -radiation on post-harvest storage life and quality of onion bulb under ambient condition, *Journal of Food Science and Technology* 57, 2534–2544 (2020).
- [18] T. W. Coolong, W. M. Randle and L. Wicker, Structural and chemical differences in the cell wall regions in relation to scale firmness of three onion (*Allium cepa* L.) selections at harvest and during storage, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88, 1277–1286 (2008).

- [19] M. A. da Costa Borges et al., Self-supported biopolymeric films based on onion bulb (*Allium cepa* L.): Gamma-radiation effects in sterilizing doses, *Polymers* 15, 914 (2023).

Extending the storage life of onion (Richikhun F1) using low-energy X-ray irradiation

**M.Duurenjargal^a, E.Anujin^a, S.Gansukh^a, G.Manlaijav^{ab}, B.Lkham^c, P.Nasan-Ariun^d, N.Tsetsegmaa^a,
B.Munkhbat^e, R.Chinzorig^{a*}**

^a National University of Mongolia, School of Engineering and Technology, Department of Chemical and Biological Engineering, e-lab

^b Nuclear Energy Commission, Mongolia

^c Institute of Veterinary Medicine, Mongolia

^d Institute of Plant and Agricultural Science, Mongolia

^e National University of Mongolia, National Institute of Nuclear Science and Technology

ABSTRACT

This study evaluated whether low-energy X-ray irradiation can extend the storage life of Richikhun F1 onion, a cultivar approved in Mongolia as a promising variety in 2020. Onion bulbs were irradiated at 100 Gy using a Rad Source RS1800 X-ray irradiator and stored at room temperature (22°C) for 100 days. Weight loss, sprouting, pH, total carbohydrate content, total dissolved solids, antioxidant activity, and physical-mechanical properties were measured at 40, 60, 80, and 100 days. After 100 days of storage, the 100 Gy group showed lower weight loss (17.5%) and markedly reduced sprouting (32.5%) compared with the control group. The 100 Gy treatment also preserved higher puncture force, Young's modulus, total carbohydrate content, and antioxidant activity, whereas pH did not differ significantly between groups. These results indicate that 100 Gy X-ray irradiation can improve the post-harvest storage quality of Richikhun F1 onion under room-temperature storage conditions.

Keywords: X-ray irradiation, Richikhun F1 onion, Young's modulus

PACS number: 87.53.-j, 07.85.Qe

chinzorig@num.edu.mn