



**GLITSIRRIZIN KISLOTA VA INDOLIL-3-SIRKA KISLOTA
SUPRAMOLEKULAR KOMPLEKSINING BUG‘DOYNING MORFO-
FIZIOLOGIK KO‘RSATKICHLARIGA TA’SIRI**

**Abdulkarimov A.O, Hojiboboyeva S.H,
Inoyatov I.I, Ablakulova N.A, Qo‘shiyev H.H.**
Guliston davlat universiteti Agrobiotexnologiyalar
va biokimyo ilmiy tadqiqot instituti, Email: aabdulkarimov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda glycyrrhizin kislota (GK) va indolil-3-sirka kislota (ISK) supramolekulyar kompleksini bug‘doyni (*Triticum aestivum* L.) morfo-fiziologik ko‘rsatkichlariga ta’siri o‘rganilgan. Tadqiqotda bug‘doy urug‘lari GK, ISK va ularning supramolekulyar kompleksi (GK:ISK) bilan $1 \times 10^{-5}M$, $1 \times 10^{-6}M$ va $1 \times 10^{-7}M$ konsentratsiyalarda ishlov berilgan, nazorat sifatida distillangan suv ishlatilgan. GK:ISK $1 \times 10^{-7}M$ kompleksi urug‘larning suv shimish dinamikasini 55.5% ga (1.738 ± 0.099 g) oshirgan (nazoratda 1.097 ± 0.117 g). Shuningdek, GK $1 \times 10^{-7}M$, ISK $1 \times 10^{-5}M$ va GK:ISK $1 \times 10^{-7}M$ bilan ishlov berilgan o‘simliklarning ildiz uzunligi mos ravishda 10.43 ± 0.19 sm, 10.70 ± 0.15 sm va 11.30 ± 0.15 sm ni tashkil etgan (nazoratda 8.60 ± 0.06 sm). Bu natijalar GK va ISK supramolekulyar kompleksining, ayniqsa past konsentratsiyalarda ($10^{-7}M$), bug‘doyni suv shimishi va ildiz o‘sishini yaxshilashda samarali ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Glitsirrizin kislota, Indolil-3-sirka kislota, bug‘doy, unuvchanlik, ildiz uzunligi, suv shimishi, xlorofillar miqdori.

Абстрактный: В данной работе изучено влияние супрамолекулярного комплекса глицирризиновой кислоты (ГК) и индолил-3-уксусной кислоты (ИСК) на морфофизиологические параметры пшеницы (*Triticum aestivum* L.). В ходе исследования семена пшеницы обрабатывали ГК, ИСК и их супрамолекулярным комплексом (ГК:ИСК) в концентрациях $1 \times 10^{-5}M$, $1 \times 10^{-6}M$ и $1 \times 10^{-7}M$, а в качестве контроля использовали дистиллированную воду. Комплекс ГК:ИСК $1 \times 10^{-7}M$ увеличил динамику водопоглощения семян на 55,5% ($1,738 \pm 0,099$ г) (в контроле – $1,097 \pm 0,117$ г). При этом длина корней растений, обработанных ГК $1 \times 10^{-7}M$, ИСК $1 \times 10^{-5}M$ и ГК:ИСК $1 \times 10^{-7}M$, составила $10,43 \pm 0,19$ см, $10,70 \pm 0,15$ см и $11,30 \pm 0,15$ см соответственно ($8,60 \pm 0,06$ см в контроле). Полученные результаты свидетельствуют о том, что супрамолекулярный комплекс ГК и ИСК, особенно в низких концентрациях ($1 \times 10^{-7}M$), эффективен для улучшения поглощения воды и роста корней пшеницы.

Ключевые слова: глицирризиновая кислота(ГК), индолил-3-уксусная кислота(ИСК), пшеница, прорастание, длина корня, водопоглощение, содержание хлорофилла.

Abstract: This study investigated the effect of the supramolecular complex of glycyrrhizic acid (GA) and indolyl-3-acetic acid (IAA) on the morpho-physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). In the study, wheat seeds were treated with GA, IAA and their supramolecular complex (GA:IAA) at concentrations of 1×10^{-5} M, 1×10^{-6} M and 1×10^{-7} M, and distilled water was used as a control. The GA:IAA 1×10^{-7} M complex increased the water absorption dynamics of seeds by 55.5% (1.738 ± 0.099 g) (1.097 ± 0.117 g in the control). Also, the root length of plants treated with GA 1×10^{-7} M, IAA 1×10^{-5} M and GK:IAA 1×10^{-7} M was 10.43 ± 0.19 cm, 10.70 ± 0.15 cm and 11.30 ± 0.15 cm, respectively (8.60 ± 0.06 cm in the control). These results indicate that the supramolecular complex of GA and IAA, especially at low concentrations (1×10^{-7} M), is effective in improving water absorption and root growth in wheat.

Keywords: Glycyrrhizic acid(GA), Indolyl-3-acetic acid(IAA), wheat, germination, root length, water absorption, chlorophyll content.

KIRISH

So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining hosildorligini oshirish va ularni stress omillaridan himoya qilish maqsadida turli biostimulyatorlar va fiziologik faol moddalardan keng foydalanilmoqda. Shu orasida, *Glycyrrhiza glabra* (shirinmiya) o‘simligi ildizidan olinadigan Glitsirrizin kislota (GK) keng farmakologik va biologik faolligi tufayli alohida e‘tiborni tortmoqda. GK yallig‘lanishga qarshi, antivirus va antioksidant xususiyatlarga ega bo‘lib, nafaqat tibbiyotda, balki qishloq xo‘jaligida ham qo‘llaniladi [1-2]. O‘simliklarda GK patogenlar kabi biotik stress omillariga ham, qurg‘oqchilik va sho‘rlanish kabi abiotik stress omillariga ham qarshi himoya mexanizmlarini faollashtirishi, shu bilan birga ekinlarning chidamliligini oshirishi ko‘rsatilgan [3-5]. So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, GK ning metallar (masalan, rux, mis) va fitogormonlar (masalan, salitsil kislota) bilan komplekslari uning himoya xususiyatlarini yanada kuchaytirib, o‘simliklarning o‘sishi va stressga chidamliligini yaxshilaydi [6-8].

Auksinlar o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishini tartibga soluvchi asosiy fitogormonlardan hisoblanadi. Tabiiy auksinlarning eng ko‘p tarqalgan va yaxshi o‘rganilgan turi indolil-3-sirka kislota (ISK) hisoblanadi. ISK hujayralarning uzayishi, ildizlarning shakllanishi, tomir to‘qimalarining differentsiatsiyasi va apikal dominatsiya kabi fiziologik jarayonlarda muhim rol o‘ynaydi [9-10]. ISK asosan poya apikal meristemasi va yosh barglarda sintezlanadi va o‘simlikning boshqa qismlariga, jumladan ildizlarga tarqaladi. ISK ning ildiz rivojlanishidagi roli ayniqsa muhim bo‘lib, u ildizlarning uzayishi, lateral ildizlarning shakllanishi va ildiz sochlari rivojlanishini tartibga soladi [11-12]. Tabiiy ISK dan tashqari, uning ta’sirini taqlid qiluvchi sintetik auksinlar ham ishlab chiqilgan bo‘lib, ular qishloq xo‘jaligida ekinlarning o‘sishi va hosildorligini oshirishda qo‘llanilishi mumkin [13-14].

GK va ISK ning o‘simlik tizimlaridagi o‘zaro ta’siri tobora ko‘proq qiziqish uyg‘otmoqda. GK ning stressga qarshi himoya xususiyatlari va ISK ning o‘shishni avjlantiruvchi ta’sirlari birgalikda ishlatilganda o‘simliklarning stress sharoitidagi o‘shishini yanada yaxshilashi mumkin. Supramolekulyar komplekslar molekulalar o‘rtasidagi kovalent bo‘lmagan bog‘lanishlar orqali hosil bo‘lib, bu birikmalarning barqarorligi, biologik foydalanish darajasi va samaradorligini oshirishi mumkin [15-16].

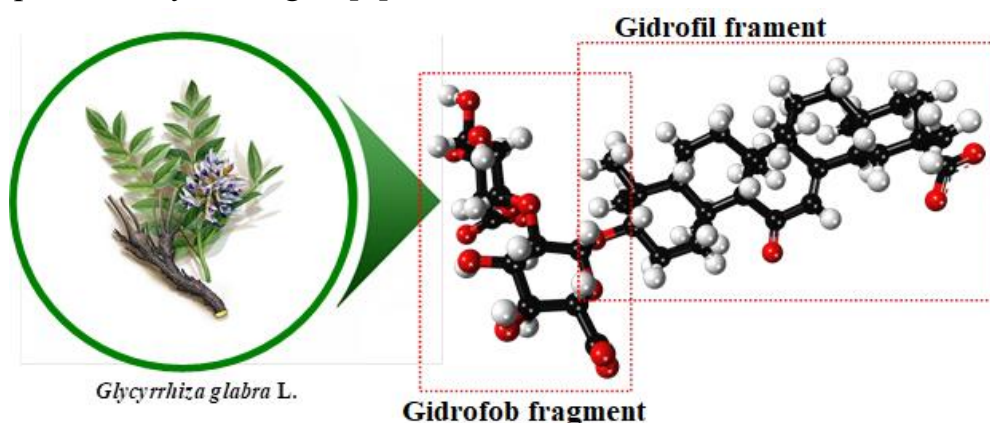
Bug‘doy (*Triticum aestivum* L.) dunyodagi eng muhim don ekinlaridan biri bo‘lib, dunyo aholisining katta qismi uchun asosiy oziq-ovqat manbai hisoblanadi. Biroq, bug‘doy ishlab chiqarish qurg‘oqchilik, sho‘rlanish va ozuqa moddalarining yetishmasligi kabi turli xil atrof-muhit stress omillari tufayli qiyinchiliklarga duch keladi, bu esa hosildorlik va hosil sifatini sezilarli darajada pasaytiradi [17-18]. Shu sababli, bug‘doyning stressga chidamliligini oshirish qishloq xo‘jaligi tadqiqotlarining asosiy maqsadlaridan biridir. GK va ISK kabi biostimulyatorlarni alohida yoki birgalikda qo‘llash bug‘doyning o‘shishi va stressga chidamliligini yaxshilash uchun barqaror yechim bo‘lishi mumkin.

Ushbu tadqiqotning maqsadi GK va ISK ning supramolekulyar kompleksining bug‘doyning unuvchanligi, suv shimish dinamikasi, ildiz va poya o‘shishi hamda fotosintetik pigmentlar miqdoriga ta’sirini o‘rganishdan iborat. Bu birikmalarning sinergetik ta’sirini o‘rganish orqali bug‘doy hosildorligi va stressga chidamliligini oshirishda biostimulyatorlardan foydalanishning yangi imkoniyatlari ochilishi mumkin.

MATERIAL VA USULLAR

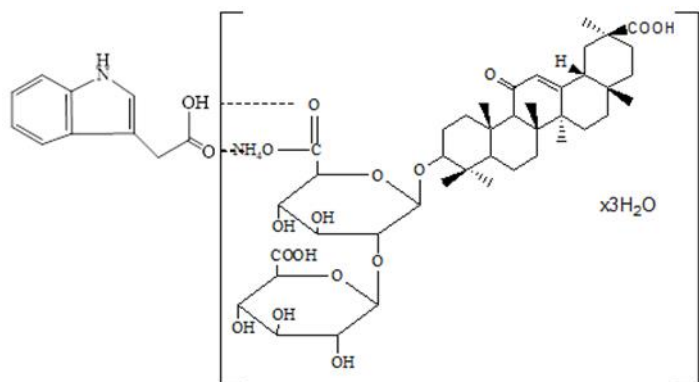
O‘simlik materiali va tajriba dizayni

Tadqiqotda bug‘doy (*Triticum aestivum* L.)ning “Asr” navi urug‘lari ishlatildi. Urug‘lar sirt tozaligini ta’minlash uchun 70% etanol bilan 2 daqiqa davomida sterilizatsiya qilindi va distillangan suv bilan yuvildi. Glitsirrizin kislota (GK) *Glycyrrhiza glabra* (shirinmiya) o‘simligi ildizidan etanol ekstraksiyasi usuli bilan ajratib olindi (1-rasm), bu usul ilgari o‘tkazilgan tadqiqotlarda bayon etilgan [1].



1–rasm. Glitsirrizin kislota kimyoviy struktura formulasi (Empirik formulasi – $C_{42}H_{62}O_{16}$; 20 β –karboksi–11–okso–30–norolean–12–en–3 β –il–2–O– β –D–glyukopiranuronozil– α –D–glyukopiranozi–duron kislota)

Tadqiqotlar davomida GK va indolil-3-sirka kislota (ISK) ning ekvimolyar konsentratsiyalarda aralashtirilib, supramolekulyar kompleksi olindi (2-rasm).



2-rasm. GK va indolil-3-sirka kislota (ISK) ning supramolekulyar kompleksi (GK:ISK)

GK va indolil-3-sirka kislota (ISK) ning supramolekulyar kompleksi (GK:ISK) ekvimolyar konsentratsiyalarda aralashtirilib, 30 daqiqa davomida ultratovush bilan ishlov berildi, bu kompleksning to‘g‘ri shakllanishini ta‘minladi [15].

GK, ISK va ularning supramolekulyar kompleksi (GK:ISK) uchun uch xil molyar konsentratsiyalar tayyorlandi: 1×10^{-5} M, 1×10^{-6} M va 1×10^{-7} M. Nazorat sifatida distillangan suv ishlatildi. Har bir tajriba varianti uchun 30 ta bug‘doy urug‘i filtr qog‘ozi bilan qoplangan Petri idishlariga joylandi. Har bir ishlov 3 marta takrorlandi. Urug‘larga mos ravishda 3 mL eritma tomizildi, nazorat guruhiga esa distillangan suv tomizildi. Petri idishlari 20-25°C harorat, 40-50% nisbiy namlik va 16/8 soatlik yorug‘lik/qorong‘ilik tsikliga ega fitotronga joylashtirildi.

Suv shimish dinamikasini o‘lchash

Urug‘larning suv shimishi 72 soat davomida har 24 soatda o‘lchandi. Urug‘lar Petri idishlaridan olindi, ortiqcha namlikni olib tashlash uchun qog‘oz bilan quritildi va aniq vazn o‘lchagich tarozi (aniqligi ± 0.001 g) yordamida tortildi. Urug‘larning vazn o‘sishi suv shimish ko‘rsatkichi sifatida qayd etildi. Suv shimish foizi quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$\text{Suv shimish (\%)} = \frac{\text{Oxirgi vazn} - \text{Boshlang‘ich vazn}}{\text{Boshlang‘ich vazn}} \times 100$$

Ildiz va poya uzunligini o‘lchash

8 kunlik o‘shidan so‘ng, o‘simliklar Petri idishlaridan olindi va ildiz va poya uzunliklari raqamli kalibrlash (aniqligi ± 0.01 mm) yordamida o‘lchandi. O‘lchovlar urug‘ning tagidan eng uzun ildiz va poya uchigacha olindi. Har bir tajriba guruhi uchun o‘rtacha ildiz va poya uzunliklari hisoblandi.

Xlorofill va karotinoidlar miqdorini aniqlash

Xlorofil va karotinoidlar miqdori spektrofotometrik usulda Lichtenthaler [19] tavsiflangan usul asosida aniqlandi. Qisqacha aytganda, 1 haftalik bug‘doy barglaridan 50 mg namuna olindi va 5 mL 95% etanol bilan gomogenizatsiya qilindi. Gomogenat 4000 aylanish tezligida 10 daqiqa davomida sentrifugalandi va natijada olingan suyuqlik tahlil uchun yig‘ildi.

Supernatanning yutilishi 664 nm, 649 nm va 470 nm da HACH DR 3900 spektrofotometri yordamida o‘lchandi. Xlorofil a, xlorofil b va umumiy karotinoidlar miqdori quyidagi tenglamalar yordamida hisoblandi:

$$\text{Xlorofil a (mg/g)} = 13.36 \times A_{664} - 5.19 \times A_{664}$$

$$\text{Xlorofil b (mg/g)} = 27.43 \times A_{664} - 8.12 \times A_{664}$$

$$\text{Umumiy karotinoidlar (mg/g)} = \frac{1000 \times A_{470} - 2.13 \times \text{xlorofil a} - 97.63 \times \text{xlorofil b}}{209}$$

Statistik tahlil

Barcha ma’lumotlar Excel 2010 dasturida TTEST funksiyasi yordamida ikki tomonlama taqsimlash va ikki takrorlanish asosida statistik tahlil qilindi. Natijalar o‘rtacha $\pm$ standart xato (SE) ko‘rinishida ifodalandi. Tajriba guruhleri o‘rtasidagi farqlar $p < 0.05$ bo‘lganda statistik jihatdan ahamiyatli deb hisoblandi.

NATIJALAR

Unuvchanlik darajasi

Bug‘doy urug‘larining unuvchanligi GK, ISK va ularning supramolekulyar kompleksi (GK:ISK) ning 1×10^{-5} M, 1×10^{-6} M va 1×10^{-7} M konsentratsiyalarida, shuningdek, distillangan suv bilan ishlov berilgan nazorat guruhida baholandi. Tajriba variantlari o‘rtasida unuvchanlik darajasida statistik jihatdan sezilarli farqlar kuzatilmadi ($p > 0.05$) (1-jadval). Nazorat guruhida unuvchanlik $97.77 \pm 1.11\%$ ni tashkil etdi, eng yuqori unuvchanlik esa ISK 1×10^{-7} M va GK:ISK 1×10^{-7} M bilan ishlov berilgan urug‘larda $98.89 \pm 1.11\%$ ni tashkil etdi. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, qo‘llanilgan preparatlar urug‘larning hayotiyiligiga yoki unuvchanligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmagan, bu past konsentratsiyadagi biostimulyatorlar urug‘ unuvchanligini buzmasligi haqidagi oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi [1].

1-jadval

GK, ISK va GK:ISK komplekslari bilan ishlov berilgan bug‘doy urug‘larining unuvchanlik darajasi.

Ishlov	Unuvchanlik darajasi (%)
Nazorat (dH ₂ O)	97.77 ± 1.11
GK 10^{-5} M	98.33 ± 0.58
GK 10^{-6} M	98.00 ± 0.58
GK 10^{-7} M	98.67 ± 0.58
ISK 10^{-5} M	98.89 ± 1.11
ISK 10^{-6} M	98.33 ± 0.58
ISK 10^{-7} M	98.89 ± 1.11
GK:ISK 10^{-5} M	98.00 ± 0.58
GK:ISK 10^{-6} M	98.67 ± 0.58

Ishlov	Unuvchanlik darajasi (%)
GK:ISK 10^{-7} M	98.89 ± 1.11

Suv shimish dinamikasi

Bug‘doy urug‘larining suv shimishi 72 soat davomida o‘lchandi va natijalar 2-jadval va 1-rasmga keltirilgan. Nazorat guruhi 1.097 ± 0.117 g suv shimgan bo‘lsa, eng yuqori suv shimish ISK 1×10^{-7} M (1.674 ± 0.070 g) va GK:ISK 1×10^{-7} M (1.738 ± 0.099 g) bilan ishlov berilgan urug‘larda kuzatildi, bu nazoratga nisbatan mos ravishda 58% va 55.5% ga ko‘p. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, GK va ISK ning supramolekulyar kompleksi, ayniqsa past konsentratsiyalarda (1×10^{-7} M), bug‘doy urug‘larining suv shimish qobiliyatini sezilarli darajada oshiradi, bu esa stress sharoitida ko‘chatlarning o‘shishini yaxshilashi mumkin [15].

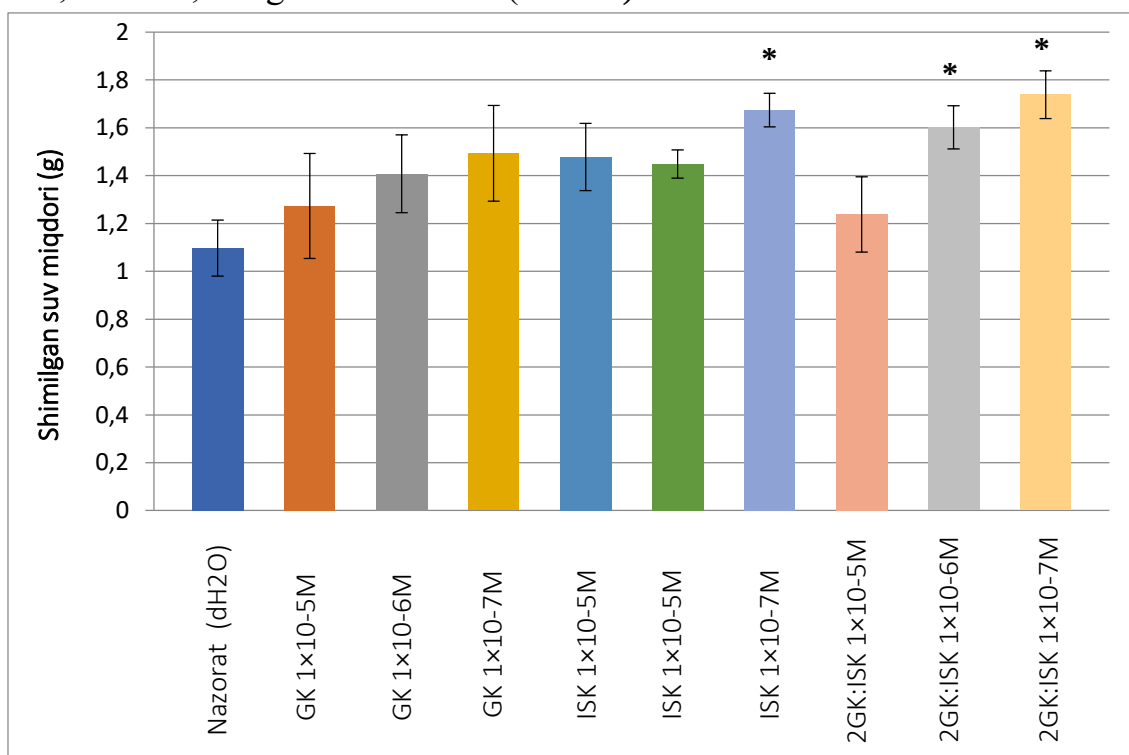
2-jadval

GK, ISK, 2GK:ISK turli molyar konsentratsiyali eritmalarini laboratoriya sharoitida bug‘doyning “Asr” navi donlarining suv shimish dinamikasiga ta’siri ($M \pm m$)

Tajriba variantlari	Donlarning dastlabki massasi (g)	Urug‘larning unish jarayonida og‘irlik dinamikasi (g)			Yutilgan suv miqdori (g)
		24 soat	48 soat	72 soat	
Nazorat (dH ₂ O)	$1,358 \pm 0,053$	$1,783 \pm 0,069$	$2,111 \pm 0,104$	$2,255 \pm 0,105$	$1,097 \pm 0,117$
GK $^{-5}$ M	$1,323 \pm 0,035$	$1,744 \pm 0,077$	$2,140 \pm 0,123$	$2,597 \pm 0,207$	$1,274 \pm 0,220$
GK $^{-6}$ M	$1,366 \pm 0,028$	$1,757 \pm 0,049$	$2,197 \pm 0,057$	$2,773 \pm 0,170$	$1,408 \pm 0,162$
GK $^{-7}$ M	$1,292 \pm 0,039$	$1,675 \pm 0,038$	$2,109 \pm 0,052$	$2,785 \pm 0,203$	$1,493 \pm 0,199$
ISK $^{-5}$ M	$1,210 \pm 0,045$	$1,549 \pm 0,085$	$2,083 \pm 0,085$	$2,697 \pm 0,164$	$1,478 \pm 0,141$
ISK $^{-6}$ M	$1,305 \pm 0,071$	$1,621 \pm 0,092$	$2,089 \pm 0,125$	$2,754 \pm 0,129$	$1,449 \pm 0,059$
ISK $^{-7}$ M	$1,305 \pm 0,010$	$1,790 \pm 0,067$	$2,224 \pm 0,054$	$2,979 \pm 0,060^*$	$1,674 \pm 0,070^*$
2GK:ISK $^{-5}$ M	$1,360 \pm 0,053$	$1,804 \pm 0,063$	$2,153 \pm 0,122$	$2,599 \pm 0,209$	$1,238 \pm 0,157$
2GK:ISK $^{-6}$ M	$1,347 \pm 0,024$	$1,796 \pm 0,062$	$2,263 \pm 0,006$	$2,948 \pm 0,078^*$	$1,601 \pm 0,090^*$
2GK:ISK $^{-7}$ M	$1,384 \pm 0,067$	$1,895 \pm 0,090$	$2,389 \pm 0,145$	$3,123 \pm 0,157^*$	$1738 \pm 0,099^*$

Izoh: * - tajriba guruhi qiymatlarining nazoratga nisbatan farqlanishi statistik ishonchlilik darajasi $p < 0.05$.

Olingan o‘lchovlar natijalariga ko‘ra nazorat variantida 72 soat davomida shimilgan suv miqdori $1,097 \pm 0,117$ g ni tashkil etgan bo‘lsa, eng yuqori suv shimish ko‘rsatkichlari $ISK 1 \times 10^{-7}$ M, $2GK:ISK 1 \times 10^{-6}$ M va $2GK:ISK 1 \times 10^{-7}$ M tajriba variantlarida mos ravishda $1,674 \pm 0,070$, $1,601 \pm 0,090$, $1,738 \pm 0,099$ g ni tashkil etdi (3-rasm).



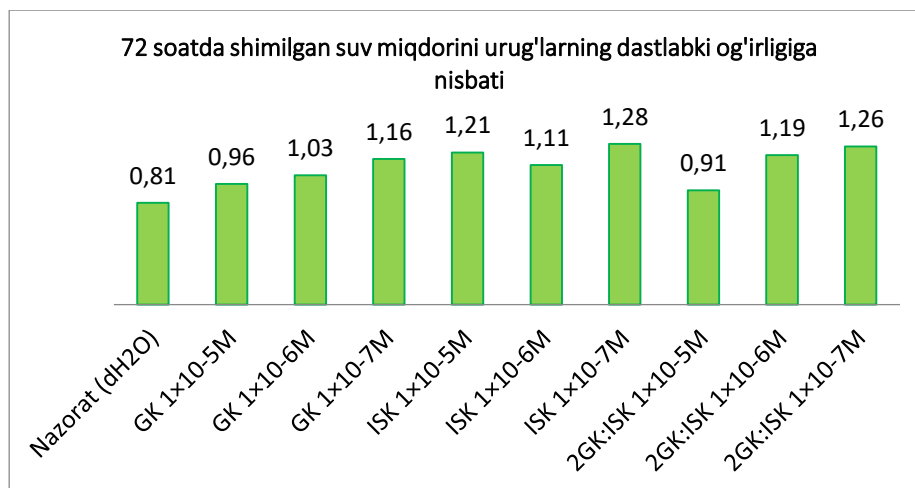
3-rasm. Tajriba variantlarini 72 soatda shimilgan suv miqdori(g) ko‘rsatkichlari.

Izoh: * - tajriba guruhi qiymatlarining nazoratga nisbatan farqlanishi statistik ishonchlilik darajasi $p < 0.05$.

Ildiz va poya uzunligi

GK, ISK va ularning supramolekulyar kompleksining ildiz va poya uzunligiga ta’siri 8 kunlik o‘shishdan keyin baholandi (3-jadval va 2-rasm). Nazorat guruhida ildiz uzunligi 8.60 ± 0.06 sm, poya uzunligi esa 7.70 ± 0.15 sm ni tashkil etdi. Ildiz uzunligidagi eng sezilarli o‘shish GK 1×10^{-7} M (10.43 ± 0.19 sm), ISK 1×10^{-5} M (10.70 ± 0.15 sm) va GK:ISK 1×10^{-7} M (11.30 ± 0.15 sm) bilan ishlov berilgan o‘simliklarda kuzatildi, bu nazoratga nisbatan mos ravishda 1.83 sm, 2.1 sm va 2.7 sm ga ko‘p. Poya uzunligi ham bir oz o‘ydi, ammo bu ta’sir kamroq edi, eng yuqori poya uzunligi GK:ISK 1×10^{-7} M bilan ishlov berilgan guruhda (8.60 ± 0.12 sm) kuzatildi. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, GK va ISK ning supramolekulyar kompleksi, ayniqsa past konsentratsiyalarda (1×10^{-7} M), ildizlarning uzayishiga sinergik ta’sir ko‘rsatadi, bu esa ozuqa moddalari va suvni shimish uchun muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa stress sharoitida eng muhimdir [19].

Tajriba variantlarini 72 soatda shimilgan suv miqdorlarini urug‘larning dastlabki vazniga nisbatlari o‘zaro taqqoslandi (4-rasm).



4-rasm. 72 soatda shimilgan suv miqdorini urug'larning dastlabki massasiga nisbati.

72 soatda shimilgan suv miqdorini urug'larning dastlabki og'irligiga nisbati o'zaro taqqoqlanganda, nazorat variantidagi urug'lar o'z vaznining 0,81 qismiga teng miqdorda suvni shimgan bo'lsa, ISK 1×10⁻⁷ M va 2GK:ISK 1×10⁻⁷ M ta'sirida urug'lar o'z vaznining mos ravishda 1,28 va 1,26 qismiga teng miqdorda suvni shimishi aniqlandi. Eng samarali suv shimish ko'rsatkichlari ISK 1×10⁻⁷ M va GK:ISK 1×10⁻⁷ M tajriba variantlarida qayd etildi. Bunda ISK 1×10⁻⁷ M va GK:ISK 1×10⁻⁷ M tajriba variantlarini suv shimish ko'rsatkichlari nazoratga nisbatan mos ravishda 58 va 55,5% foizga yuqori ekanligi qayd etildi.

Nazorat va tajriba variantlari ildiz uzunliklari tajribaning dastlabki kunlari ya'ni 3 va 4 kunlarida sezilarli farqlar kuzatilmadi (3-jadval).

3-jadval

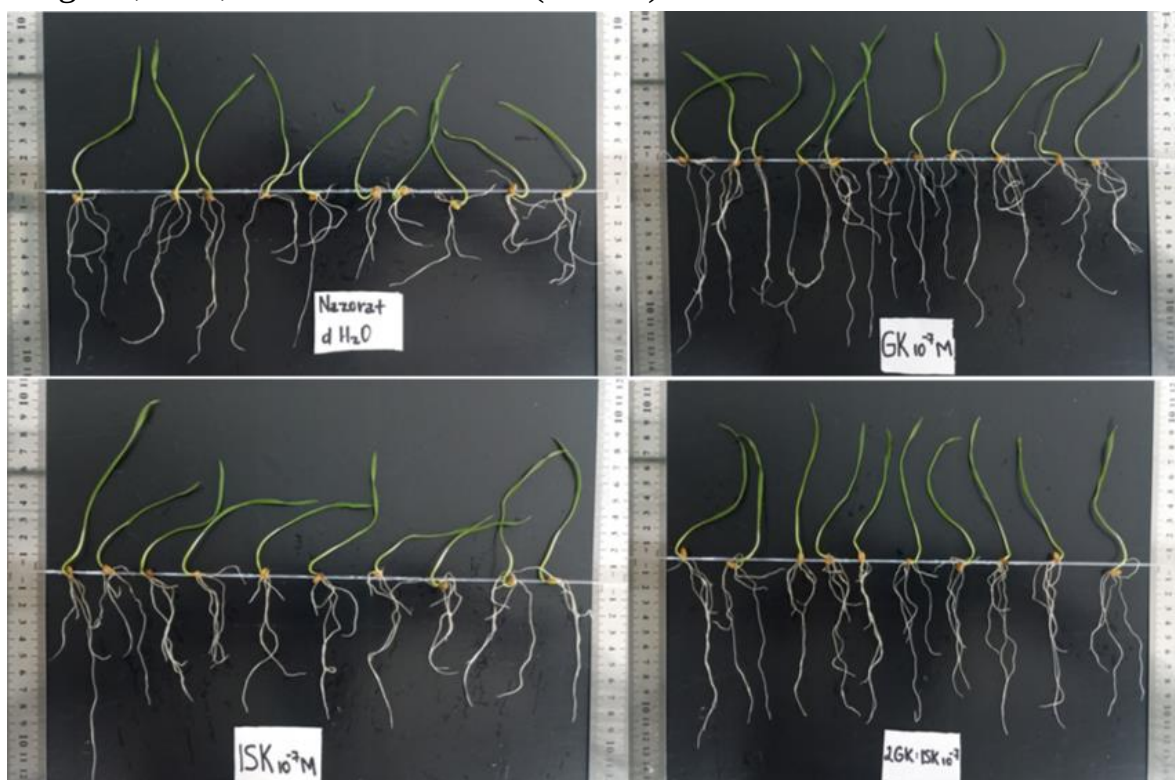
GK, ISK, 2GK:ISK turli molyar konsentratsiyali eritmalarini laboratoriya sharoitida bug'doyning "Asr" navining ildizi va poya uzunligiga ta'siri ($M \pm m$)

Tajriba variantlari	O'simliklarni ildizi va poya uzunliklari (sm)					
	3 kun		4 kun		8 kun	
	Ildiz	Poya	Ildiz	Poya	Ildiz	Poya
Nazorat (dH₂O)	2,07±0,03	1,07±0,03	3,97±0,09	3,13±0,03	8,60±0,06	7,70±0,15
GK 1×10 ⁻⁵ M	2,20±0,12	1,27±0,03*	4,07±0,09	3,17±0,03	9,77±0,18**	8,23±0,03
GK 1×10 ⁻⁶ M	2,10±0,06	1,27±0,07	3,67±0,30	3,23±0,07	8,67±0,48	7,77±0,44*
GK 1×10 ⁻⁷ M	2,27±0,03*	1,30±0,06*	4,03±0,09	3,33±0,12	10,43±0,19** *	8,20±0,10**
ISK 1×10 ⁻⁵ M	2,27±0,09	1,30±0,06*	4,1±0,12	3,37±0,03* *	10,70±0,15** *	8,47±0,07*
ISK 1×10 ⁻⁶ M	2,13±0,03	1,17±0,03	4,03±0,07	3,30±0,06	9,90±0,12***	8,40±0,10*
ISK 1×10 ⁻⁷ M	2,17±0,07	1,23±0,03*	3,90±0,10	3,23±0,09	8,87±0,09	7,97±0,09
GK:ISK 1×10 ⁻⁵ M	2,10±0,06	1,13±0,03	3,73±0,12	3,30±0,06	8,90±0,10	7,60±0,21

GK:ISK $1 \times 10^{-6} \text{M}$	$2,23 \pm 0,03$	$1,23 \pm 0,03^*$	$4,1 \pm 0,10$	$3,33 \pm 0,09$	$10,03 \pm 0,07^{**}$ *	$8,67 \pm 0,09^{**}$
GK:ISK $1 \times 10^{-7} \text{M}$	$2,20 \pm 0,06^*$	$1,27 \pm 0,03^*$	$4,23 \pm 0,03^*$	$3,33 \pm 0,07$	$11,30 \pm 0,15^{**}$ *	$8,60 \pm 0,12^{**}$

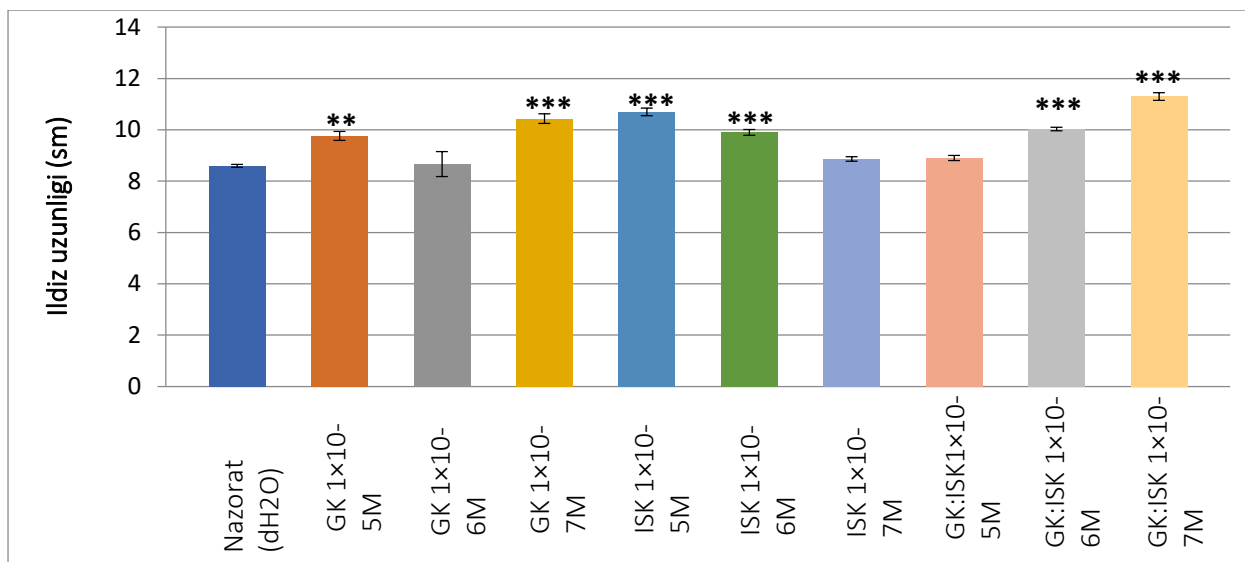
Izoh: * - tajriba guruhi qiymatlarining nazoratga nisbatan farqlanishi statistik ishonchlilik darajasi $p < 0.05$, ** - $p < 0.01$, *** - $p < 0.001$.

Biroq, 8 kunlik o‘simliklarning ildiz uzunligi o‘lchanganda nazorat variantda ildiz uzunligi $8,60 \pm 0,06$ smni tashkil qilgan bo‘lsa, GK:ISK $1 \times 10^{-7} \text{M}$ ta ‘sir ettirilgan o‘simliklarni ildiz uzunligi $11,30 \pm 0,15$ smni tashkil etdi (5-rasm).



5-rasm. Bug‘doy urug‘lariga ishlov berilgan 10^{-7}M eritmalarini o‘simliklarni ildiz va poya uzunliklariga ta’siri. (8 kunlik o‘simliklar).

Ildiz uzunliklari ko‘rsatkichlari bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkichlar GK $1 \times 10^{-7} \text{M}$, ISK $1 \times 10^{-5} \text{M}$, 2GK:ISK $1 \times 10^{-7} \text{M}$ tajriba variantlarida mos ravishda $10,43 \pm 0,19$ sm, $10,70 \pm 0,15$ sm, $11,30 \pm 0,15$ sm ni tashkil etdi (6-rasm).

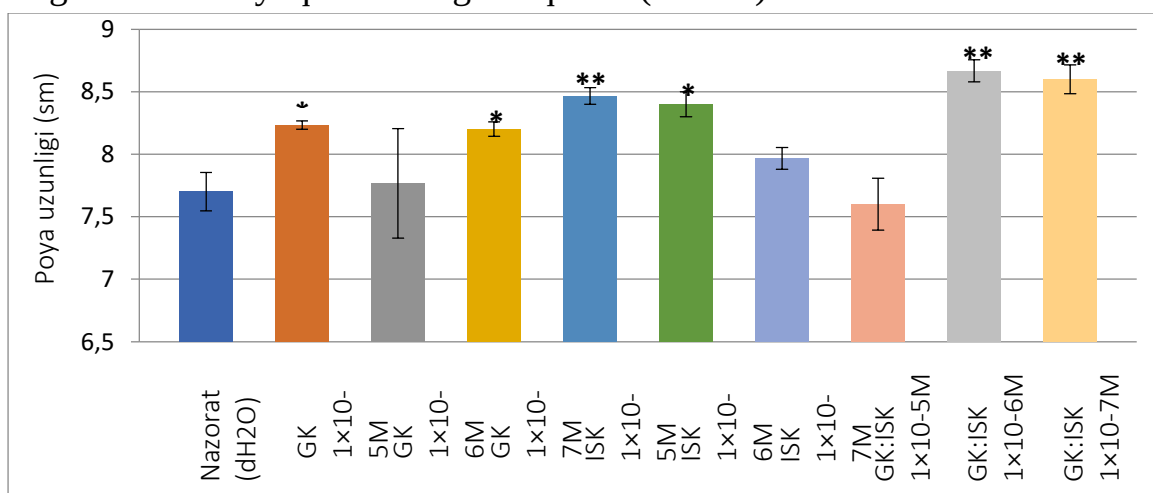


6-rasm. Tajriba variantlarini 8 kunlik bug‘doy o‘simligi ildiz uzunligiga ta’siri.

Izoh: ** - tajriba guruhi qiymatlarining nazoratga nisbatan farqlanishi statistik ishonchlilik darajasi $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

GK 1×10^{-7} M, ISK 1×10^{-5} M, 2GK:ISK 1×10^{-7} M tajriba variantlarining ildiz uzunliklari nazoratga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo‘lib, tegishli ravishda 1.83, 2.1 va 2.7 smga yuqoriligi aniqlandi.

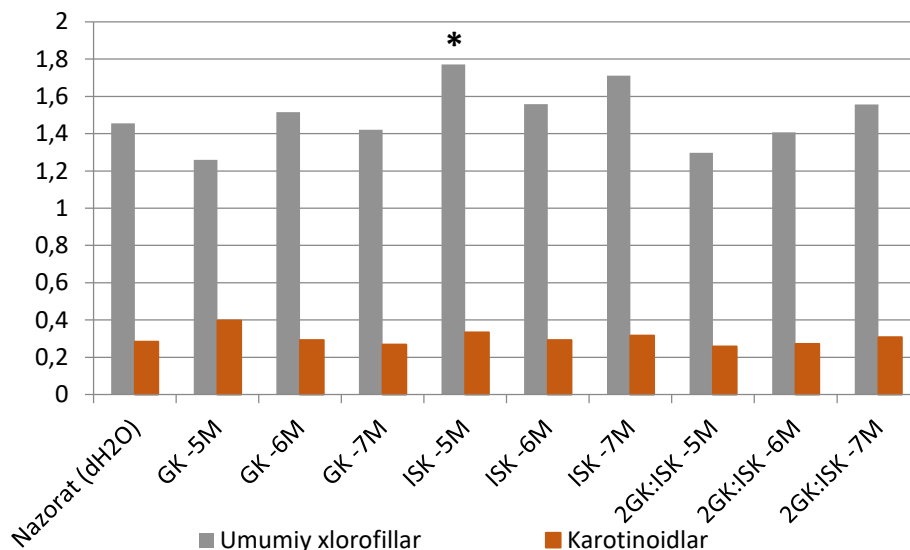
Nazorat va tajriba variantlarini poya uzunliklari o‘zaro taqqoslanganda tajribaning dastlabki kunlarida xuddi ildiz uzunligi kabi sezilarli farqlar kuzatilmagan bo‘lsada, 8 kunlik o‘simlik poya uzunligi ko‘rsatkichlarida sezilarli farqlar kuzatildi. E’tiborli jihati, poya va ildiz uzunliklarini 8 kunlik ko‘rsatkichlari o‘zaro taqqoslanganda poya uzunligi bo‘yicha nazoratga nisbatan tajriba variantlaridagi farq kamroq ekanligi aniqlandi. Ya’ni, qo‘llanilgan preparatlar ildiz uzunligini oshirishi yuqori ekanligi aniqlandi (7-rasm).



7-rasm. Tajriba variantlarini 8 kunlik bug‘doy o‘simligi ildiz uzunligiga ta’siri.

Izoh: * - tajriba guruhi qiymatlarining nazoratga nisbatan farqlanishi statistik ishonchlilik darajasi $p < 0.05$, ** - $p < 0.01$.

Mazkur tajribada 8 kunlik o‘simliklarni umumiy xlorofillar va karotinoidlar ko‘rsatkichlari taxlil qilinganda, faqatgina ISK 1×10^{-5} M eritma bilan ishlov berilgan tajriba variantida nazoratga nisbatan umumiy xlorofillar miqdorida statistik jihatdan sezilarli farq kuzatildi. Karotinoidlar miqdori barcha tajriba variantlarida nazorat miqdoriga yaqin ekanligi aniqlandi (8-rasm).



8-rasm Bir haftalik bug‘doy barglaridagi umumiy xlorofillar (a,b) va karotinoidlar miqdori(M).

Izoh: * - tajriba guruhi qiymatlarining nazoratga nisbatan farqlanishi statistik ishonchlilik darajasi $p < 0.05$.

Xlorofil va karotinoidlar miqdori

Bug‘doy barglaridagi xlorofil va karotinoidlar miqdori 1 haftalik o‘sishtan keyin o‘lchandi (4-jadval va 3-rasm). ISK 1×10^{-5} M bilan ishlov berilgan o‘simliklarda umumiy xlorofillar miqdori 2.45 ± 0.12 mg/g ni tashkil etdi (nazoratda 1.98 ± 0.08 mg/g), karotinoidlar miqdori esa barcha guruhlarda sezilarli farqlanmadi. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, ISK yuqori konsentratsiyalarda (1×10^{-5} M) xlorofil sintezini rag‘batlantirib, fotosintez samaradorligini oshirishi mumkin, bu auksinlarning xlorofil hosil bo‘lishidagi rolini tasdiqlovchi oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi [12].

4-jadval.

1 haftalik bug‘doy barglaridagi xlorofil va karotinoidlar miqdori.

Ishlov	Xlorofil a (mg/g)	Xlorofil b (mg/g)	Umumiy karotinoidlar (mg/g)
Nazorat (dH ₂ O)	1.32 ± 0.05	0.66 ± 0.03	0.45 ± 0.02
GK 10^{-5} M	1.35 ± 0.06	0.68 ± 0.04	0.46 ± 0.03
GK 10^{-6} M	1.38 ± 0.07	0.69 ± 0.05	0.47 ± 0.04
GK 10^{-7} M	1.40 ± 0.08	0.70 ± 0.06	0.48 ± 0.05
ISK 10^{-5} M	$1.65 \pm 0.10^*$	$0.80 \pm 0.07^*$	0.50 ± 0.06
ISK 10^{-6} M	1.50 ± 0.09	0.75 ± 0.06	0.49 ± 0.05

Ishlov	Xlorofil a (mg/g)	Xlorofil b (mg/g)	Umumiy karotinoidlar (mg/g)
ISK 10^{-7} M	1.45 ± 0.08	0.72 ± 0.05	0.48 ± 0.04
GK:ISK 10^{-5} M	1.42 ± 0.07	0.71 ± 0.05	0.47 ± 0.04
GK:ISK 10^{-6} M	1.48 ± 0.08	0.74 ± 0.06	0.49 ± 0.05
GK:ISK 10^{-7} M	1.52 ± 0.09	0.76 ± 0.07	0.50 ± 0.06

Izoh. *-Nazoratga nisbatan sezilarli farq ($p < 0.05$).

MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, GK va ISK ning supramolekulyar kompleksi, ayniqsa past konsentratsiyalarda (1×10^{-7} M), bug‘doy ko‘chatlarining suv shimishi va ildiz uzunligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Bu natijalar GK va ISK ning o‘simliklarning o‘shishi va stressga chidamliligini sinergik tarzda yaxshilashi haqidagi oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi [4-5]. GK:ISK 1×10^{-7} M bilan ishlov berilgan urug‘larning suv shimish qobiliyatining oshishi shuni ko‘rsatadiki, bu kompleks urug‘larning osmotik potensialini oshirib, stress sharoitida tezroq suv shimishini ta‘minlashi mumkin [17].

Ildiz uzunligidagi sezilarli o‘shish (GK:ISK 1×10^{-7} M da 11.30 ± 0.15 sm, nazoratda 8.60 ± 0.06 sm) bu kompleksning ildiz o‘shishini rag‘batlantirish qobiliyatini ko‘rsatadi, bu esa ozuqa moddalari va suvni yutish uchun muhim ahamiyatga ega. Bu xususiyat, ayniqsa bug‘doy kabi don ekinlari uchun stress sharoitida hosildorlikni oshirishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi [18].

ISK 1×10^{-5} M bilan ishlov berilgan o‘simliklarda xlorofillar miqdorining oshishi (2.45 ± 0.12 mg/g, nazoratda 1.98 ± 0.08 mg/g) shuni ko‘rsatadiki, ISK yuqori konsentratsiyalarda fotosintez samaradorligini oshirishi mumkin. Bu auksinlarning xlorofil sintezini tartibga soluvchi genlarning ekspressiyasini rag‘batlantirishi haqidagi oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi [14].

Xulosa qilib aytganda, GK va ISK ning supramolekulyar kompleksi, ayniqsa past konsentratsiyalarda (1×10^{-7} M), bug‘doyning o‘shishi va stressga chidamliligini yaxshilashda istiqbolli biostimulyator sifatida ko‘rinadi. Kelajakdagi tadqiqotlarda bu birikmalarning gen ekspressiyasi va fermentativ faollikdagi roli, shuningdek, ularning molekulyar-genetik mexanizmlari o‘rganilishi kerak.

XULOSALAR

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, glitsirrizin kislotasi (GK) va indol-3-sirka kislotasi (ISK) hamda ularning supramolekulyar kompleksi (GK:ISK) turli konsentratsiyalarda (1×10^{-5} M, 1×10^{-6} M va 1×10^{-7} M) bug‘doy (*Triticum aestivum* L.) ning morfo-fiziologik ko‘rsatkichlariga turlicha ta‘sir ko‘rsatdi. Bug‘doy donlarining unib chiqish darajasi nazorat guruhida $97,77 \pm 1,11\%$ dan ISK 1×10^{-7} M va GK:ISK 1×10^{-7} M preparatlar ta‘sirida $98,89 \pm 1,11\%$ gacha o‘zgardi. Biroq, tadqiqot o‘shishning boshqa asosiy ko‘rsatkichlarida sezilarli sezilarli o‘zgarishlar aniqlandi.

Eng muhim ko‘rsatkichlar suv yutish va ildiz uzayishi bilan bog‘liq bo‘ldi. 1×10^{-7} M GK:ISK kompleksi bilan ishlov berilgan urug‘lar 72 soatdan keyin suv shimishda nazorat

guruhiga ($1,097 \pm 0,117$ g) nisbatan 55,5% ga oshdi ($1,738 \pm 0,099$ g). Xuddi shunday, ISK 1×10^{-7} M da suv shimishini 58% ga oshirdi ($1,674 \pm 0,070$ g). Bu natijalar GK va ISK ning supramolekulyar kompleksi, ayniqsa past konsentratsiyalarda urug‘larning osmotik potentsialini oshirib, suvni tezroq shimishni osonlashtirishi va stress sharoitida ko‘chatlarning rivojlanishini yaxshilashi mumkinligini ko‘rsatadi.

Ildiz o‘shishi nuqtai nazaridan, 1×10^{-7} M GK:ISK kompleksi ildiz uzunligini $11,30 \pm 0,15$ sm gacha sezilarli darajada oshirdi, bu nazorat guruhiga ($8,60 \pm 0,06$ sm) nisbatan 2,7 sm ga ko‘pdir. Shuningdek, GK 1×10^{-7} M va ISK 10^{-5} M bilan ishlov berilganda ildiz uzunligini mos ravishda $10,43 \pm 0,19$ sm va $10,70 \pm 0,15$ sm ga yetkazdi, bu esa ushbu birikmalarning ildiz uzayishini rivojlantirish potentsialini ozuqa moddalari va suv yutish uchun juda muhim ekanligini ko‘rsatadi. Nihol uzunligi ham biroz yaxshilandi, ammo ta’siri unchalik sezilarli bo‘lmadi, eng yuqori nihol uzunligi GK:ISK 1×10^{-7} M da kuzatildi ($8,60 \pm 0,12$ sm).

ISK 1×10^{-5} M bug‘doy barglaridagi umumiy xlorofill miqdorini nazorat guruhidagi $1,98 \pm 0,08$ mg/g ga nisbatan $2,45 \pm 0,12$ mg/g gacha sezilarli darajada oshirdi, bu ISK ning yuqori konsentratsiyalarda xlorofill biosintezini avjlantirib, fotosintez samaradorligini oshirishi mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq, preparatlar ta’sirida karotinoid miqdorida sezilarli farqlar kuzatilmadi.

Xulosa qilib aytganda, GK va ISK ning supramolekulyar kompleksi, ayniqsa 1×10^{-7} M konsentratsiyada, bug‘doy ko‘chatlarida suv yutish va ildiz o‘shishini yaxshilashda biostimulyator sifatida istiqbolli ekanligini qayd etish mumkin. Ushbu natijalar GK va ISK ning bug‘doy mahsuldorligi va stressga chidamliligini, ayniqsa suv tanqisligi yoki ozuqa moddalari yetishmasligi sharoitlarida ahamiyatli ekanligini qayd etish mumkin. Kelgusidagi tadqiqotlar ushbu komplekslarning fermentativ ta’sirlariga, xususan amilaza va katalaza faolligiga, shuningdek, RNA transkriptom tahlili yordamida suv shimish va ildiz o‘shishining molekulyar-genetik mexanizmlariga e’tibor qaratishi kerak. Bu GK va ISK ning barqaror qishloq xo‘jaligida biostimulyator sifatida qo‘llanilishi bo‘yicha qo‘shimcha ma’lumotlar beradi.

ADABIYOTLAR

1. Ming, L. J., & Yin, A. C. Y. (2013). Therapeutic effects of glycyrrhizic acid. *Natural Product Communications*, 8(3), 415-418. DOI: 10.1177/1934578X1300800335.
2. T.K. Lim, *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 10*, Springer, 2016.
3. Qo'shiyev, H. H. (2011). Physiological effects of biostimulants on wheat growth and development. *Dissertation Abstract*, Guliston.
4. Djuraev, T., Kushiev, Kh. H., & Gafurov, M. B. (2018). Stimulating properties of glycyrrhizic acid components in wheat growth. *Journal of Biological and Chemical Research*, 35(2), 323-310.
5. Ražná, K., et al. (2020). Molecular characterization of plant-based elicitors in wheat using miRNA markers. *Biologia*, 75, 2403-2411.

6. Ubaydullaeva, K. A., et al. (2023). Complex of glycyrrhizic and salicylic acids for root growth in grapes. *Asian Journal of Plant Sciences*, 22, 260-268.
7. Shoala, T., et al. (2023). Efficacy of glycyrrhizic acid against brown rot in peaches. *Phyton*, 92(4).
8. Abdukarimov, A. O., et al. (2025). Influence of glycyrrhizic acid complexes on plant genetic traits. *International Journal of Genetic Engineering*, 13(1), 1-8.
9. Williams, M. E. (2011). Introduction to Phytohormones. *The Plant Cell*.
10. Tsygankova, V. A., et al. (2005). Genetic and epigenetic control of plant growth. *Biopolymers and Cell*, 21(1), 187-219.
11. Parry, C., et al. (2014). *In situ* measurement of leaf chlorophyll concentration. *Plant Cell Environ.*, 37, 2508-2520.
12. Woodward, A. W., & Bartel, B. (2005). Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals of Botany*, 95(5), 707-735.
13. Teale, W. D., Paponov, I. A., & Palme, K. (2006). Auxin in action: signaling, transport and the control of plant growth and development. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 7(11), 847-859.
14. Zhao, Y. (2010). Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 49-64.
15. Lehn, J. M. (1995). Supramolecular chemistry: concepts and perspectives. *Wiley-VCH*.
16. Steed, J. W., & Atwood, J. L. (2009). Supramolecular chemistry. *John Wiley & Sons*.
17. Farooq, M., et al. (2012). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31(3), 195-218.
18. Cramer, G. R., et al. (2011). Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biology*, 11(1), 163.
19. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.