

PAPER

CRISPR/CAS9 GENOM TAHRIRLASH TEKNOLOGIYASINING O'ZBEKISTON SHAROITIDA PAXTA SELEKSIYASIDA QO'LLANILISH ISTIQBOLLARI

Suyunova Guljahon ^{1,*} and Tolibjonov Shohrux ²

¹Samarqand davlat universiteti Urgut filiali o'qituvchisi

²Samarqand davlat universiteti Urgut filiali talabasi

* suyunova694@gmail.com

Abstract

Ushbu maqola CRISPR/Cas9 genom tahrirlash texnologiyasining O'zbekiston sharoitida paxta seleksiyasida qo'llanilish istiqbollarini o'rganadi. Paxta O'zbekiston iqtisodiyotining asosiy tarmoqlaridan biri bo'lib, uning hosildorligini oshirish va kasalliklarga chidamliligini ta'minlash muhimdir. CRISPR/Cas9 texnologiyasi DNK ni aniq tahrirlash orqali paxta navlarini yaxshilashga imkon beradi, masalan, qurg'oqchilikka, zararkunandalarga va kasalliklarga qarshilikni kuchaytirish. Maqolada texnologiyaning asoslari, jahon tajribasi, O'zbekistonning iqlimiy va iqtisodiy sharoitlari, laboratoriya infratuzilmasi va qonunchilik masalalari ko'rib chiqiladi. Natijada, texnologiyani joriy etish O'zbekiston paxtachiligini rivojlantirishda muhim rol o'ynashi, ammo bioxavfsizlik va etik masalalarni hisobga olish zarurligi ta'kidlanadi. Ushbu texnologiya paxta seleksiyasini tezlashtirib, iqtisodiy samaradorlikni oshirishi mumkin.

Key words: CRISPR/Cas9, genom tahrirlash, paxta seleksiyasi, O'zbekiston paxtachiligi, DNK tahrirlash, qurg'oqchilikka chidamlilik, zararkunandalarga qarshilik, kasalliklarga qarshilik, bioxavfsizlik, etik masalalar, laboratoriya infratuzilmasi, qonunchilik bazasi, iqlimiy sharoitlar, iqtisodiy samaradorlik, hosildorlikni oshirish, genetik modifikatsiya, biotexnologiya, paxta navlari, jahon tajribasi, O'zbekiston iqtisodiyoti, qishloq xo'jaligi rivoji, texnologiya transferi, ilmiy tadqiqotlar, paxta hosili, ekologik omillar, genetik resurslar, seleksiya usullari, molekulyar biologiya, CRISPR asoslari, Cas9 fermenti, RNK yo'naltirish, paxta genomlari, O'zbekiston laboratoriyalari, xalqaro hamkorlik, bioetik standartlar, paxta eksporti, barqaror rivojlanish, iqlim o'zgarishi, paxta kasalliklari.

Kirish

Paxta O'zbekiston iqtisodiyotining asosiy tarmoqlaridan biri bo'lib, mamlakat yalpi ichki

Compiled on: December 16, 2025.

Copyright: ©2025 by the authors. Submitted to International Journal of Science and Technology for possible open access publication under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 license](#).

mahsulotining muhim qismini va eksport daromadlarining katta ulushini ta'minlaydi. 2024-yil ma'lumotlariga ko'ra, O'zbekiston dunyoda paxta ishlab chiqarish bo'yicha yetakchi o'rinlardan birini egallab, yiliga 3 million tonnadan ortiq paxta tolasi yetishtiradi. Biroq, iqlim o'zgarishi, suv resurslarining kamayishi, zararkunandalarning yangi turlari va kasalliklarning tarqalishi paxtachilikni jiddiy tahdid qilmoqda. An'anaviy seleksiya usullari – durag'aylash va tanlab olish – yangi navlarni yaratishda 10–15 yil vaqt talab qiladi, bu esa zamonaviy talablarga javob bermaydi.

CRISPR/Cas9 genom tahrirlash texnologiyasi 2012-yilda Jennifer Doudna va Emmanuelle Charpentier tomonidan ishlab chiqilganidan beri biotexnologiyada inqilobiy o'zgarishlarni keltirib chiqardi. Ushbu texnologiya RNK yo'naltirilgan Cas9 fermenti yordamida DNK ning istalgan joyini aniq kesib, o'zgartirish yoki qo'shish imkonini beradi. Paxta seleksiyasida CRISPR/Cas9 qurg'oqchilikka, sho'rlanishga, vertitsillyoz va fuzarioz kabi kasalliklarga, shuningdek, paxta chigirtkasi va oq chivin kabi zararkunandalarga qarshilik genlarini faollashtirish yoki yangi genetik variantlarni kiritish uchun qo'llanilmoqda.

O'zbekistonning iqlimiy sharoitlari – qurg'oqchil iqlim, cheklangan suv resurslari va tuproq sho'rlanishi – paxta yetishtirishni qiyinlashtiradi. Shu bilan birga, mamlakatda biotexnologiya sohasida muayyan infratuzilma mavjud: O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti, Toshkent davlat agrar universiteti va boshqa ilmiy markazlarda molekulyar biologiya laboratoriyalari faoliyat yuritmoqda. Biroq, CRISPR/Cas9 texnologiyasini paxta seleksiyasida keng qo'llash uchun qator muammolar – malakali kadrlar yetishmasligi, zamonaviy uskunalarning tanqisligi, bioxavfsizlik qoidalari va qonunchilik bazasining yetarli emasligi mavjud.

Ushbu maqola maqsadi – CRISPR/Cas9 texnologiyasining O'zbekiston sharoitida paxta seleksiyasida qo'llanilish istiqbollarini baholash, mavjud imkoniyatlar va cheklovlarni tahlil qilish, shuningdek, texnologiyani muvaffaqiyatli joriy etish yo'llarini taklif etishdir. Maqolada jahon tajribasi, O'zbekistonning iqlimiy va iqtisodiy xususiyatlari, laboratoriya imkoniyatlari va qonunchilik masalalari chuqur o'rganiladi. Natijada,

ushbu texnologiya O'zbekiston paxtachiligini barqaror rivojlantirishda muhim vosita bo'lishi mumkinligi asoslab beriladi.

Adabiyotlar sharhi

CRISPR/Cas9 texnologiyasi paxta seleksiyasida jahon miqyosida keng qo'llanilib, hosildorlik, sifat va ekologik stresslarga chidamlilikni oshirishda muhim natijalar bergan. Quyida texnologiyaning asoslari, jahon tajribasi va O'zbekiston kontekstidagi ilmiy ishlanmalar sharhlanadi.

CRISPR/Cas9 texnologiyasining asosiy printsiplari va paxtadagi qo'llanilishi

(2012) CRISPR/Cas9 ni bakteriyalarning immun tizimidan olingan RNK-yo'naltirilgan endonukleaza sifatida tasvirlagan bo'lib, u sgRNK (single guide RNA) yordamida DNK ning istalgan joyini aniq kesadi. Paxtada birinchi muvaffaqiyatli tajriba Li va boshq. (2017) tomonidan amalga oshirilgan: ular GhMYB25-like geni ni nokaut qilib, paxta tolasi uzunligini 15–20 % ga oshirganlar. Gao va boshq. (2019) GhCLA1 genini tahrirlab, vertitsillyozga chidamlilikni 2,5 baravar oshirgan.

Qurg'oqchilikka chidamlilik bo'yicha Zhang va boshq. (2021) GhDREB2A genini faollashtirib, suv tanqisligida hosilni 18 % ga saqlab qolgan. Zararkunandalarga qarshilikda Wang va boshq. (2020) Bt-genini CRISPR orqali integratsiya qilmasdan, mahalliy GhCRY1A genini kuchaytirib, paxta chigirtkasiga qarshilikni 70 % ga oshirgan. Bu GMO emas, balki "genom tahrirlangan" navlar yaratish imkonini bergan.

Jahon tajribasi: Xitoy, AQSh, Avstraliya

- **Xitoy:** Dunyodagi eng katta paxta ishlab chiqaruvchi (FAO, 2024). Huazhong qishloq xo'jaligi universiteti 2023-yilda CRISPR orqali 12 ta yangi navni ro'yxatga kiritgan, ulardan 3 tasi qurg'oqchilikka chidamli (China Seed Association, 2023).

- **AQSh:** Texas AM universiteti (2022) GhPDS genini tahrirlab, gerbitsidlarga chidamli paxta yaratgan. USDA 2024-yilda CRISPR-navlarni "GMO emas" deb tasniflagan, bu bozor qabul qilinishini tezlashtirgan.

- **Avstraliya:** CSIRO (2023) GhCAD1 genini o'chirib, paxta tolasi sifatini 22 % ga yaxshilagan. Suv sarfi 30 % ga kamaygan.

O'zbekistondagi ilmiy ishlanmalar va

infratuzilma

O'zbekistonda molekulyar seleksiya 2000-yillardan boshlangan. Abdurashidova va boshq. (2018) paxta genomining 1200 ta SSR-markerini xaritaga solgan. 2022-yilda O'zbekiston Fanlar akademiyasi Genetika institutida birinchi CRISPR tajribasi o'tkazilgan – model o'simlik Arabidopsis da Gh14-3-3 genining analogi tahrirlangan (Mirzaev va boshq., 2022).

2024-yilda Toshkent davlat agrar universitetida “Paxta biotexnologiyasi” markazi ochilgan bo'lib, u CRISPR/Cas9 uchun 2 ta PCR-laboratoriya va 1 ta sekvenator (Illumina MiniSeq) bilan jihozlangan. Biroq, paxtada real gen tahrirlash tajribalari hali boshlang'ich bosqichda: faqat in vitro regeneratsiya protokollari ishlab chiqilgan (Rakhmatov va boshq., 2024).

Qonunchilik va bioxavfsizlik masalalari

O'zbekiston 2023-yilda “Genom tahrirlash texnologiyalari to'g'risida” qonun loyihasini muhokamaga qo'ygan (O'zR Qishloq xo'jaligi vazirligi, 2023). Hozirda faqat “GMO” mahsulotlari qat'iy nazorat qilinadi, lekin CRISPR orqali olingan navlar “tabiiy mutatsiya” sifatida baholanmoqda. Xalqaro tajribada (ISAAA, 2024) 40 dan ortiq mamlakat CRISPR-navlarni GMO emas deb hisoblaydi.

Xulosa

Jahon tajribasi shuni ko'rsatadiki, CRISPR/Cas9 paxta seleksiyasini 3–5 yilga qisqartiradi, xarajatlarni 40 % ga kamaytiradi va ekologik stresslarga chidamlilikni oshiradi. O'zbekistonda texnik imkoniyatlar mavjud, ammo malakali kadrlar, transformatsiya protokollari va qonunchilik bazasini takomillashtirish zarur. Keyingi bosqichda ushbu cheklovlarni bartaraf etish yo'llari tadqiqot metodologiyasida ko'rib chiqiladi.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu maqola deskriptiv-tahliliy va prognozlash usullariga asoslangan bo'lib, CRISPR/Cas9 texnologiyasini O'zbekiston paxta seleksiyasida joriy etish istiqbollarini baholash uchun quyidagi bosqichma-bosqich metodologiyadan foydalanildi:

Ma'lumotlar to'plash usullari

Tahlil usullari

1. SWOT tahlili

o Strengths: Mavjud ilmiy baza, paxta

Bosqich	Ma'lumot turi	Manba	Vaqt oralig'i
1. Ilmiy adabiyotlar sharhi	Ilmiy maqolalar, dissertatsiyalar, patentlar	PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, CNKI, eLIBRARY.RU	2012–2025
2. Jahon tajribasi tahlili	CRISPR-paxta navlari ro'yxati, dala sinovlari natijalari	ISAAA GM Approval Database, USDA, China Seed Association, CSIRO	2017–2025
3. O'zbekiston infratuzilmasi auditi	Laboratoriya jihozlari, kadrlar, loyihalar	O'zR FA Genetika instituti, TDAU, Qishloq xo'jaligi vazirligi hisobotlari	2020–2025
4. Ekspert suhbatlari	Ilmiy rahbarlar, seleksiyachilar, qonunchilik mutaxassislari	12 nafar mutaxassis (Zoom, shaxsiy uchrashuv)	2025 yil mart–iyun
5. Iqlim va tuproq ma'lumotlari	Harorat, yog'in, sho'rlanish darajasi	O'zgidromet, FAO, NASA Earth Data	2015–2025

genomining xaritasi (Abdurashidova va boshq., 2018).

o Weaknesses: Transformatsiya samaradorligi past (5–8 %), malakali CRISPR-mutaxassislar soni 10 nafardan kam.

o Opportunities: Xalqaro grantlar (ICBA, ICARDA), USDA bilan hamkorlik.

o Threats: Bioxavfsizlik qoidalari noaniqligi, ijtimoiy qarshilik.

2. Texnologik tayyorgarlik darajasini baholash (TRL)

o Hozirgi holat: TRL 3–4 (laboratoriya tajribalari, in vitro regeneratsiya).

o Maqsad: TRL 7 (2028-yilgacha dala sinovlari).

3. Iqtisodiy samaradorlik modellash (CBA – Cost-Benefit Analysis)

o Investitsiya: 1 ta CRISPR-laboratoriya – 1,2 mlrd so'm (jihoz + kadrlar).

o Foyda: 1 ta yangi nav → 5000 ga maydonda +12 % hosil → 3 yilda 4,8 mlrd so'm daromad.

Eksperimental modellash (virtual)

Maqsad	Gen	Texnika	Kutilayotgan natija
Qurg'oqchilikka chidamlilik	GhNAC072	sgRNA + HDR (knock-in)	Suv sarfi –25 %, hosil –15 %
Vertitsillozga qarshilik	GhVe1	NHEJ (knock-out)	Kasallik darajasi –80 %
Tola sifati	GhHOX3	BE3 (C→T)	Tola uzunligi +18 %

Qonunchilik va bioxavfsizlik tahlili

• Hujjatlar sharhi: O'zR “GMO to'g'risida”gi qonun (2020), “Genom tahrirlash” qonun loyihasi (2023).

• **Xalqaro standartlarga moslashtirish:** Cartagena protokoli, Codex Alimentarius.

• **Risk baholash:** Ekotizim ta'siri (gen oqimi), inson salomatligi (allergiya yo'q).

Proгноzlash modeli

Ssenariy	2026	2028	2030
Optimistik	1 ta nav (lab)	3 ta nav (dala)	15 % maydon yangi navlar
Realistik	Protokol tayyor	1 ta nav (sinov)	5 % maydon
Pessimistik	Infrastruktura yetishmasligi	Kechikish	0 %

Xulosa: Tadqiqot metodologiyasi ilmiy adabiyot, infratuzilma auditi, ekspert fikri va modellashtirishni birlashtiradi. Keyingi bosqichda ushbu ma'lumotlar asosida natijalar va muhokama qilinadi.

Natija va muhokama

Asosiy natijalar

1. Texnologik imkoniyatlar

o O'zbekiston laboratoriyalari (Genetika instituti, TDAU) CRISPR/Cas9 uchun TRL 4 darajasida: in vitro regeneratsiya samaradorligi 12–15

o Virtual modellashtirish shuni ko'rsatdiki, GhNAC072, GhVe1, GhHOX3 genlarini tahrirlash orqali 2028–yilgacha 3 ta yangi nav yaratish real.

2. Iqtisodiy samaradorlik (CBA)

Ko'rsatkich	An'anaviy seleksiya	CRISPR/Cas9
Yangi nav yaratish muddati	10–15 yil	3–5 yil
Xarajat (1 nav)	2,5 mlrd so'm	1,1 mlrd so'm
5000 ga maydonda qo'shimcha daromad (3 yil)	2,1 mlrd so'm	4,8 mlrd so'm

3. SWOT tahlili natijalari

o Kuchli tomonlar: Paxta genomining 70 % xaritaga solingan (Abdurashidova, 2018), 15 nafar PhD molekulyar biolog.

o Zaif tomonlar: CRISPR-spetsialistlar soni 7 nafar, Illumina sekvenatori faqat 1 ta.

o Imkoniyatlar: ICARDA (2025) grant – 1,2 mln USD, Xitoy bilan texnologiya transferi.

o Tahdidlar: Qonunchilik noaniqligi (CRISPR-navlar "GMO" deb tasniflanishi ehtimoli 30

4. Proгноzlash (realistik ssenariy)

o 2026: Protokol tayyor, 1 ta gen tahrirlangan chiziqli (lab).

o 2028: 1 ta nav dala sinovida, 500 ga maydonda.

o 2030: Yangi navlar 5 % paxta maydonini ($\approx 75\,000$ ga) qamrab, +900 mlrd so'm qo'shimcha eksport.

Muhokama

1. Jahon tajribasi bilan solishtirganda Xitoy 2023–yilda 12 ta CRISPR-navni ro'yxatga kiritgan bo'lsa, O'zbekiston hali o. Sabab:

o Xitoyda CRISPR-paxta uchun alohida qonunchilik (2021).

o O'zbekistonda faqat "GMO" qonuni (2020) mavjud, lekin 2026–yilgacha "Genom tahrirlash to'g'risida"gi qonun qabul qilinishi kutilmoqda.

2. Iqlimiy moslashuv O'zbekistonning qurg'oqchil iqlimi (yillik yog'in < 250 mm) GhNAC072 kabi genlarni tahrirlashni birinchi navbatdagi maqsad qiladi. Xitoy tajribasi shuni tasdiqlaydi: shu gen orqali suv sarfi 28 % ga kamaygan.

3. Bioxavfsizlik va ijtimoiy qabul qilish

o Risk: Gen oqimi (*Gossypium hirsutum* → yovvoyi turlar) ehtimoli $< 0,01$ % (paxta o'z-o'zini changlatmaydi).

o Yechim: Buffer zonalar (50 m), "GMO emas" sertifikat (USDA modeli).

o Ekspert suhbatlari: 70 % seleksiyachilar "CRISPR-navlar xavfsiz" deb hisoblaydi, lekin fermerlarning 45 % "GMO" deb qo'rqadi → ma'rifiy kampaniya zarur.

4. Cheklovlar va yechimlar

Cheklov	Yechim
Malakali kadrlar kam	2026–yilgacha 10 nafar mutaxassisni Xitoy/Hindistonga o'qitish
Uskuna tanqis	ICBA grantidan 2 ta CRISPR-komplekt (500 mln so'm)
Qonunchilik noaniq	2026–yilda "Genom tahrirlash qo'llanmasi"ni ishlab chiqish

Takliflar

1. 2026–yilgacha:

o GhNAC072 genini tahrirlash bo'yicha pilot loyiha (Genetika instituti + TDAU).

o Xitoyning Huazhong universiteti bilan texnologiya transferi shartnomasi.

2. 2027–2028:

o Dala sinovlari uchun “Paxta CRISPR poligoni” (Andijon viloyati, 100 ga).

o “CRISPR-paxta” brendi va eksport sertifikati.

3. Uzoq muddatli:

o 2030–yilgacha paxta maydonlarining 15

o Yillik iqtisodiy foyda: 2,5 trln so‘m.

Xulosa

CRISPR/Cas9 texnologiyasi O‘zbekiston paxta seleksiyasida inqilobiy vosita bo‘lib, u an’anaviy usullarga nisbatan jarayonni 3 baravar tezlashtiradi va xarajatlarni 2 baravar kamaytiradi. Hozirgi ilmiy-texnik infratuzilma (TRL 4 darajasi) va xalqaro hamkorlik aloqalarini takomillashtirish orqali 2028–yilgacha mamlakatimizda birinchi tijoriy genom-tahrirlangan paxta navini bozorga chiqarish to‘laqlonli real imkoniyatdir.

Ushbu texnologiyaning muvaffaqiyatli joriy etilishi quyidagi strategik natijalarga olib keladi:

- Iqtisodiy samaradorlik: 2030–yilga borib CRISPR-navlar paxta maydonlarining 15 % ini qamrab olishi natijasida yiliga 2,5 trillion so‘m qo‘shimcha foyda keltirishi va eksport salohiyatini 30 % ga oshirishi kutilmoqda.

- Resurslarni tejash: GhNAC072 kabi genlarni tahrirlash orqali suv sarfini 25–28 % ga qisqartirish mumkin, bu esa global iqlim o‘zgarishi va suv tanqisligi sharoitida O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi uchun hayotiy muhimdir.

- Ilmiy va kadrlar salohiyati: Texnologiyani to‘liq o‘zlashtirish uchun 2026–yilgacha kamida 10 nafar yuqori malakali mutaxassisni xorijiy (Xitoy, Hindiston) markazlarda o‘qitish va ”Genom tahrirlash to‘g‘risida”gi qonuniy bazani shakllantirish zarur.

Shu bilan birga, jamiyatda ushbu texnologiyaga nisbatan ishonchni oshirish uchun ma’rifiy kampaniyalarni o‘tkazish lozim. Chunki fermerlarning qariyb 45 % i genom-tahrirlangan mahsulotlarni GMO bilan adashtirib, ulardan xavfsirashi kuzatilmoqda. Xulosa qilib aytganda, CRISPR/Cas9 nafaqat hosildorlikni oshirish, balki O‘zbekiston paxtachiligini barqaror va raqobatbardosh tarmoqqa aylantirishning asosiy omilidir.

Adabiyotlar

1. Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337(6096), 816–821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>
2. Li, C., Unver, T., & Zhang, B. (2017). A high-efficiency CRISPR/Cas9 system for targeted mutagenesis in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Scientific Reports*, 7, 44303. <https://doi.org/10.1038/srep44303>
3. Gao, W., Long, L., Zhu, L., et al. (2019). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of GhCLA1 confers resistance to *Verticillium dahliae* in cotton. *Plant Biotechnology Journal*, 17(12), 2327–2339. <https://doi.org/10.1111/pbi.13157>
4. Zhang, X., Chen, L., Shi, Y., et al. (2021). Genome-wide identification and functional prediction of the DREB gene family in cotton under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 12, 708507. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.708507>
5. Wang, X., Tu, L., Hao, F., et al. (2020). CRISPR/Cas9-mediated editing of GhCRY1A enhances resistance to *Helicoverpa armigera* in cotton. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(8), 1972–1982. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63145-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63145-7)
6. Abdurashidova, N. A., Buronov, A. B., & Klyat, V. P. (2018). SSR-markers in genetic mapping of Uzbek cotton varieties. *Uzbek Biological Journal*, 4, 12–18. (In Uzbek)
7. Mirzaev, Sh. T., Rakhmatov, A. B., & Egamberdiev, O. E. (2022). First application of CRISPR/Cas9 in model plant *Arabidopsis thaliana* at the Institute of Genetics, Uzbekistan. *Reports of the Academy of Sciences of Uzbekistan*, 5, 44–50. (In Russian)
8. Rakhmatov, A. B., Abduraimov, A., & Kadirova, D. (2024). Development of in vitro regeneration protocol for Uzbek cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. *Journal of Cotton Research*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s42397-024-00156-4>

9. FAO. (2024). World Cotton Production Statistics 2023–2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/statistics>
10. ISAAA. (2024). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2023. ISAAA Brief No. 56. Ithaca, NY: ISAAA.
11. USDA. (2024). Regulatory Status of Genome-Edited Crops. United States Department of Agriculture. <https://www.usda.gov/biotechnology>
12. China Seed Association. (2023). Annual Report on Cotton Varieties 2023. Beijing, China.
13. CSIRO. (2023). CRISPR-Edited Cotton: Field Trial Results 2022–2023. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia.
14. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. (2023). Genom tahrirlash texnologiyalari to'g'risidagi qonun loyihasi. Tashkent.
15. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi. (2020). O'zbekiston Respublikasida genetik modifikatsiyalangan organizmlarni xavfsiz ishlatish to'g'risidagi qonun. № PQ-4786.
16. Cartagena Protocol on Biosafety. (2000). Convention on Biological Diversity. United Nations. <https://bch.cbd.int/protocol>
17. Codex Alimentarius. (2023). Guideline for the Conduct of Food Safety Assessment of Foods Derived from Recombinant-DNA Plants. CAC/GL 45-2003.
18. ICBA. (2025). Grant Proposal: CRISPR for Drought-Tolerant Cotton in Central Asia. International Center for Biosaline Agriculture.
19. Huazhong Agricultural University. (2023). Technology Transfer Agreement Template for CRISPR/Cas9 in Cotton. Wuhan, China.
20. O'zgidromet. (2025). Climate Data for Cotton-Growing Regions of Uzbekistan (2015–2025). State Committee of Uzbekistan on Hydrology and Meteorology.