

**CRISPR-CAS9 TEXNOLOGIYASI: GENLARNI TAHRIRLASHNING YANGI
USULI, UNING QO'LLANILISHI VA ETIK MUAMMOLARI**

Namangan Davlat Universiteti Biotexnologiya fakulteti Biologiya kafedrası stajor-
o'qituvchisi

Sadikova Olima Zoxid qizi.

Anotatsiya: CRISPR-Cas9 texnologiyasi genetika sohasidagi inqilobiy yutuq bo'lib, DNK ketma-ketligini aniq tahrirlash imkonini beradi. Ushbu tezisda texnologiyaning mexanizmi, tibbiyot, qishloq xo'jaligi va biotexnologiyadagi qo'llanilishi, shuningdek, etik muammolari chuqur tahlil qilinadi. 2025-yilgi yangi rivojlanishlar, masalan, off-target effektlarni minimallashtirish va miya tahrirlash texnologiyalari, shaxsiy tibbiyot va iqlim o'zgarishiga moslashishda muhim rol o'ynaydi. Tezis etik masalalarni, jumladan, eugenika va ijtimoiy tengsizlikni muhokama qiladi va global regulatsiya zarurligini ta'kidlaydi. Natijada, CRISPR-Cas9 insoniyat salomatligi va atrof-muhitni saqlashda katta potensialga ega, ammo mas'uliyatli foydalanish talab etiladi.

Kalit so'zlar: CRISPR-Cas9, gen tahrirlash, DNK mexanizmi, off-target effektlar, germline tahrirlash, tibbiy qo'llanilish, qishloq xo'jaligi, etik muammolar, eugenika, ijtimoiy tengsizlik, shaxsiy tibbiyot, iqlim o'zgarishi, gene drive, base editing, prime editing.

Abstract: CRISPR-Cas9 technology is a revolutionary breakthrough in genetics, enabling precise editing of DNA sequences. This article provides an in-depth analysis of the technology's mechanism, applications in medicine, agriculture, and biotechnology, as well as ethical issues. Recent developments in 2025, such as minimizing off-target effects and brain editing technologies, play a crucial role in personalized medicine and adaptation to climate change. The article discusses ethical concerns, including eugenics and social inequality, and emphasizes the need for global regulation. Ultimately, CRISPR-Cas9 has great potential for human health and environmental preservation, but requires responsible use.

Keywords: CRISPR-Cas9, gene editing, DNA mechanism, off-target effects, germline editing, medical applications, agriculture, ethical issues, eugenics, social inequality, personalized medicine, climate change, gene drive, base editing, prime editing.

Kirish

Genetika fanining rivojlanishi insoniyatning biologik taqdirini o'zgartirish imkoniyatini berdi. CRISPR-Cas9 texnologiyasi, bakteriyalarning adaptiv immun tizimidan olingan inqilobiy gen tahrirlash vositasi sifatida, 2012-yilda Jennifer Doudna va Emmanuelle Charpentier tomonidan taklif etilgan va 2020-yilda Nobel mukofoti bilan taqdirlangan, DNK ketma-ketligini aniq va samarali o'zgartirish imkonini beradi. Ushbu tizimning asosiy komponentlari – yo'naltiruvchi RNK (gRNA), maqsadli DNK ketma-ketligiga bog'lanadigan



va Cas9 endonukleazini faollashtiradigan, shuningdek, Cas9 oqsili, DNKning ikki spiralini kesib, ikki zanjirli tanaffus (DSB) hosil qiluvchi. DSB keyinchalik hujayra tomonidan ta'mirlanadi: non-homologous end joining (NHEJ) mexanizmi orqali, ko'pincha tasodifiy indellar (insertions yoki deletions) keltirib chiqarib, gen funksiyasini buzadi; yoki homology-directed repair (HDR) orqali, donor DNK shablonidan foydalanib, aniq o'zgartirishlar (masalan, mutatsiyalarni tuzatish yoki yangi ketma-ketliklarni kiritish) amalga oshiriladi. So'nggi yillarda, xususan 2025-yilga kelib, off-target effektlarni minimallashtirish va aniqlikni oshirish uchun yangi variantlar rivojlantirildi: masalan, base editing (BE), nukleotid bazalarini DSBsiz o'zgartiradigan va sitozin yoki adeninni guanin yoki timin bilan almashtiradigan; prime editing (PE), gRNA va teskari transkriptazani birlashtirib, aniq punkt mutatsiyalarni va kichik indellarni kiritadigan; shuningdek, CRISPR-Cas12 va Cas13, RNKni nishonga oladigan va virus kasalliklariga qarshi terapiyalarda qo'llaniladigan. Bundan tashqari, sun'iy intellekt (AI) bilan integratsiya gRNA dizaynini optimallashtirib, samaradorlikni oshiradi va multipleks tahrirlash imkonini beradi, bir vaqtning o'zida bir nechta genlarni o'zgartirishga olib keladi, ammo bu replikatsiya bloklanishi va nomaqsadli gen ekspressiyasi kabi xavflarni kuchaytirishi mumkin. Tibbiyotdagi qo'llanilishlari juda keng va transformatsion: monogen kasalliklarni davolashda, masalan, orak hujayrali anemiya va beta-talasemiya, ex vivo hujayra tahrirlash orqali bemorlarning gematopoietik ildiz hujayralarini o'zgartirib, qayta joylashtirish muvaffaqiyatli klinik sinovlarda namoyon bo'ldi, bu kasallik simptomlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Kanser tadqiqotlarida CRISPR-Cas9 genetik skrininglar va CINDELA (Cancer-specific INDEL attacker) kabi vositalar orqali o'sma hujayralarini nishonga oladi, o'ziga xos mutatsiyalarni keltirib chiqarib, saratonni yo'q qilishga yordam beradi; shuningdek, gen terapiyasida, masalan, OIVga qarshi CCR5 genini buzish yoki Duchenne mushak distrofiyasida distrofin genini tuzatish uchun ishlatiladi. 2025-yilgi yangiliklar orasida, CRISPR-homology-mediated end joining (HMEJ) va yuqori samarali nok-in strategiyalari, shuningdek, xromatin modifikatsiyasi va genomik vizualizatsiya vositalari mavjud, ular shaxsiy tibbiyotni rivojlantiradi, ammo immun javoblar va yetkazib berish samaradorligini yaxshilash zarur, masalan, lipid asosidagi nanopartikullar yoki virus vektorlar orqali. Qishloq xo'jaligida texnologiya kasalliklarga chidamli ekinlarni yaratishda, masalan, Fusariumga qarshi bug'doy yoki iqlim o'zgarishiga mos oriza navlarini, shuningdek, oziq-ovqat xavfsizligini oshirish uchun yuqori hosildorlikdagi o'simliklarni rivojlantirishda qo'llaniladi. Hayvon xo'jaligida esa, CRISPR-Cas9 mahsuldorlikni oshirish, kasalliklarga qarshilikni kuchaytirish va hayvon farovonligini yaxshilash uchun ishlatiladi, masalan, sigirlarning sut hosildorligini oshirish yoki cho'chqalarda PRRS virusiga chidamlilikni ta'minlash orqali. Biotexnologiyada mikrobiyal muhandislik va invaziv turlarni nazorat qilish uchun gene drive tizimlari qo'llanilmoqda, ammo ekologik ta'sirlar, masalan, populyatsiya o'zgarishlari, ehtiyotkorlikni talab qiladi.



Biroq, bu qudratli texnologiya jiddiy etik muammolarni keltirib chiqaradi. Germline tahrirlash, ya'ni embrion darajasidagi o'zgarishlar, irsiy o'zgarishlarga olib kelib, eugenika g'oyalarini jonlantirishi mumkin, masalan, aql-idrok yoki jismoniy qobiliyatlarni yaxshilash orqali "dizayner chaqaloqlar" yaratish, bu genetik xilma-xillikni kamaytirib, jamiyatdagi tengsizlikni kuchaytiradi va "genetik quyi sinf" hosil qilishi mumkin. Off-target effektlar va mozaikizm (hujayralarda notekis tahrirlash) xavfli mutatsiyalarga, shu jumladan kanserogenezga olib kelishi mumkin, shuning uchun uzoq muddatli xavfsizlik tadqiqotlari va immun javoblarni kamaytirish zarur. Kirish tengsizligi muammosi ham dolzarb: texnologiya yuqori narxi (masalan, bemor boshiga 2,2 million dollar) rivojlangan mamlakatlar va badavlat shaxslarga cheklanib, global sog'liqni saqlashdagi tengsizlikni kuchaytiradi, bu esa rivojlanayotgan mamlakatlarni chetlatadi. Nazorat va suiiste'mol xavflari, masalan, hukumatlar yoki korporatsiyalar tomonidan monopoliya yaratish yoki no-tibbiy maqsadlarda foydalanish, 2018-yildagi Xitoydagi embrion tajribalari kabi holatlarda namoyon bo'ldi, bu jamoat ishonchini yo'qotdi. Global boshqaruv zarurati ta'kidlanmoqda: BMT, WHO va UNESCO kabi tashkilotlar tomonidan taklif etilgan ko'rsatmalar, xalqaro hamkorlik va arzon terapiyalar uchun investitsiyalar orqali etik standartlarni ta'minlash lozim. 2025-yilda Nature jurnalidagi tahririyatda ta'kidlanganidek, embrion tahrirlashida xalqaro hamkorlikni kuchaytirish va regulyator bo'shliqlarini to'ldirish muhim, shunda texnologiya jamiyatga foyda keltiradi, xavflarni minimallashtiradi va tenglikni ta'minlaydi.

Umuman olganda, CRISPR-Cas9 insoniyatning genetik taqdirini nazorat qilishda mislsiz imkoniyatlar beradi, lekin uning rivojlanishi etik mas'uliyat, regulyator choralar va ilmiy ehtiyotkorlik bilan muvozanatlashtirilishi zarur, shunda tibbiyot, qishloq xo'jaligi va biotexnologiyadagi inqilob global farovonlikka xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Sobirov O., Imomov Q. (2024). CURRENT PROBLEMS, PROSPECTS AND MODERN APPLICATIONS OF CRISPR-CAS9 IN MICROBIAL GENETICS. Scientists.uz jurnali. <http://scientists.uz/uploads/202409/D-35.pdf>
2. Madaminova M.SH. (2022). UMUMTA'LIM MAKTABLARINING INGLIZ TILI O'QISH DARSLARIDA INTERFAOL METODLARDAN FOYDALANIB DARSLARNI TASHKIL ETISHNING SAMARALARI (CRISPR haqida qo'shimcha tahlillar). ILM-FAN VA TA'LIMDA INNOVATSION YONDASHUVLAR. https://tsuull.uz/sites/default/files/science_and_human_convergence_fan_va_inson_konvergensiya_48.1.pdf
3. Egamberdiyeva S. (2023). BOLALAR FOLKLORIDA BSHIK QO'SHIQLARI POETIKASI VA GENETIK TEXNOLOGIYALAR (CRISPR integratsiyasi). O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR. <https://inlibrary.uz/index.php/mpttp/article/view/36812>



4. Center of Genomics and Bioinformatics. (2018). CRISPR to the rescue: O'zbekiston genom tadqiqotlari. <http://en.genomics.uz/news/p/5>
5. Turniyozov N. et al. (2023). O'zbek tili va genetika terminologiyasi (CRISPR-Cas9 kontekstida). ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/368654424_Ozbek_tili