



ZAMONAVIY GEN TAHRIRLASH METODLARI

Muminov Ilyosbek O‘rinboy o‘g‘li

Namangan Davlat Universiteti

Raximjonova Rayxona Axmadjon qizi

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy gen tahrirlash texnologiyalarining (CRISPR/Cas9, TALEN, ZFN va boshqa) nazariy asoslari, amaliy qo‘llanilishi hamda biologiya va tibbiyot sohalaridagi o‘rni yoritiladi. Genetik kasalliklarni davolash, o‘simlik navlarini yaxshilash, va hayvonlar naslini optimallashtirishda bu metodlarning afzalliklari va cheklovlari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: gen tahrirlash, CRISPR, Cas9, TALEN, genom muhandisligi, biotexnologiya, genetik terapiya

KIRISH

XXI asrda genom muhandisligi sohasida yuz bergan eng muhim yutuqlardan biri bu — **gen tahrirlash texnologiyalarining rivojlanishidir**. An‘anaviy seleksiya va mutagenezga asoslangan usullarga nisbatan bu metodlar **aniq, tezkor va samarali** hisoblanadi.

Dastlab ZFN (*Zinc Finger Nucleases*) va TALEN (*Transcription Activator-Like Effector Nucleases*) texnologiyalari ilmiy amaliyotga joriy etilgan bo‘lsa-da, hozirgi kunda **CRISPR/Cas9 texnologiyasi** genetik tahrirlashning eng qulay va keng tarqalgan shakli sifatida e‘tirof etilmoqda. Ushbu tizim DNKning kerakli nuqtasini aniqlik bilan kesish va o‘zgartirish imkonini beradi.

Zamonaviy tibbiyot, qishloq xo‘jaligi, ekologiya va hatto kriminologiyada gen tahrirlash texnologiyalarining istiqbollari nihoyatda katta. Ushbu maqolada bu metodlarning ilmiy asoslari va ularni qo‘llash sohalari tahlil qilinadi.



Zamonaviy gen tahrirlash metodlari, ayniqsa **CRISPR/Cas9** tizimi, genomni tahrirlashda yuqori aniqlik, nisbatan past xarajat va oddiy ishlov berish texnikasi tufayli so‘nggi yillarda biologiya va tibbiyotda asosiy vosita sifatida keng e’tirof etildi. Mazkur texnologiya^{ning} muvaffaqiyatli tatbiqi nafaqat fundamental ilmiy tadqiqotlarda, balki **genetik kasalliklarni davolash, qishloq xo‘jaligi ekinlarini yaxshilash, va organizmlarning atrof-muhitga moslashuvchanligini oshirish** sohalarida ham o‘z samarasini ko‘rsatmoqda.

Biroq, ushbu metodlarning tez rivojlanishi bilan bir qatorda, ularni keng tatbiq qilishda **genetik xavfsizlik, bioetik me‘yorlar, va ixtiyoriy ravishda tahrirlangan organizmlarning ekologik ta’siri** kabi muhim muammolar ham paydo bo‘lmoqda. Shu sababli, gen tahrirlash texnologiyalarining hozirgi ilmiy asoslarini chuqur o‘rganish, ularning ustun va zaif jihatlarini tahlil qilish dolzarb hisoblanadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot quyidagi manbalar asosida olib borildi:

1. **Ilmiy maqolalar tahlili** – Nature, Science, Cell va PNAS jurnalidagi 2013–2024 yillardagi maqolalar o‘rganildi.
2. **Tajribaviy ishlanmalar** – CRISPR/Cas9 orqali Arabidopsis thaliana, odamning somatik hujayralari va Drosophila melanogasterda o‘tkazilgan tajribalar ko‘rib chiqildi.
3. **Qiyosiy tahlil** – CRISPR, TALEN va ZFN metodlari o‘zaro taqqoslandi: aniqligi, samaradorligi, narxi va o‘zgaruvchanligi mezonlari asosida.

NATIJALAR

Tadqiqotlar quyidagi asosiy natijalarni berdi:



• **CRISPR/Cas9** tizimi oddiy tuzilishi va oson dizayn qilinishi sababli boshqa texnologiyalardan ancha ustun:

- Gen kesilishi aniqligi ~90–95%
- Ko‘p genlarni bir vaqtda tahrirlash (multiplexing) imkoni mavjud

• **TALEN** texnologiyasi genetik materialning murakkab joylarida tahrir qilish uchun mos, lekin dizayni murakkab va qimmat.

• **ZFN** tizimi kamdan-kam ishlatilmoqda, chunki u yuqori mutatsiya xavfi va past aniqlik bilan bog‘liq.

• CRISPR orqali o‘simliklarda (g‘o‘za, bug‘doy, guruch) qurg‘oqqa chidamli, yuqori hosilli navlar yaratildi.

• Tibbiyotda CRISPR yordamida talassemiya, gemofiliya, koronavirusga qarshi immun hujayralarni modifikatsiya qilish kabi eksperimental ishlanmalar olib borilmoqda.

MUHOKAMA

CRISPR/Cas9 tizimi prokariot organizmlarning himoya mexanizmiga asoslangan bo‘lib, Cas9 oqsili yordamida DNKda kerakli joyni kesadi. Guide-RNA bu joyni aniq ko‘rsatadi. Bu tizim genomdagi istalgan genetik nuqtani **aniq, tez va arzon** o‘zgartirish imkonini beradi.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, bu texnologiya seleksiya, farmatsevtika va molekulyar diagnostikada inqilobiy o‘zgarishlar keltirib chiqarmoqda. Shu bilan birga, **off-target** effektlar (noto‘g‘ri joyni tahrirlash) xavfi, bioetik savollar (masalan, odam embrionlarida qo‘llanilishi) va qonunchilik cheklavlari mavjud.

Kelajakda **CRISPR 2.0**, **base-editing**, **prime-editing** kabi yangi avlod texnologiyalarining kirib kelishi bu sohada yana yangi imkoniyatlar ochadi.



CRISPR/Cas9 texnologiyasi orqali genetik tahrirlash jarayoni bir nechta asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi: **spetsifik guide-RNA (gRNA)** ni tanlash, Cas9 oqsili yordamida DNKda zarur joyni kesish, va keyin bu joyda **DNKni tabiiy tuzatish yoki yangi ma'lumot kiritish**. Bu tizimdan foydalanib, olimlar o'simliklarda g'alla donining protein tarkibini oshirish, g'o'za navlarining hosildorligini ko'paytirish, va hatto sog'liqni saqlashda genetik kasalliklar (masalan, Duchenne mushak distrofiyasi, talassemiya, orfogenetik kasalliklar) ustida tajribalar o'tkazmoqda.

Biroq, **“off-target” effektlar** (ya'ni, DNKning noto'g'ri joylarining kesilishi) hozircha asosiy texnik kamchilik bo'lib qolmoqda. Ushbu noxush holat natijasida organizmda kerakli bo'lmagan genetik o'zgarishlar paydo bo'lishi mumkin. Shuningdek, inson genomi ustida olib borilayotgan tahrirlar **bioetik muammolarni** yuzaga keltirmoqda — masalan, embrion hujayralarni tahrirlash orqali kelajak avlod DNK strukturasi aralashish masalalari jamiyatda jiddiy bahslarga sabab bo'lmoqda.

Shu bilan birga, CRISPR/Cas9 tizimining takomillashgan turlari — **base editing, prime editing**, hamda **Cas12, Cas13** kabi yangi variantlar yordamida aniqlik oshirilmoqda va off-target xatoliklar kamaymoqda. Bu esa texnologiyani yanada ishonchli va xavfsiz qiladi.

Qishloq xo'jaligi sohasida esa gen tahrirlash yordamida genetik modifikatsiya qilinmagan, ammo genetik yaxshilangan navlar ishlab chiqarish imkoniyati yaratilmoqda. Bu esa transgen ekinlarga nisbatan kamroq norozilik tug'diradi.

XULOSA

- Gen tahrirlash texnologiyalari biologiyada tub burilish yasadi.



- CRISPR/Cas9 texnologiyasi eng samarali va amaliy vosita sifatida tan olindi.

- O‘simlik va hayvon genomi, shuningdek inson hujayralari uchun keng qo‘llanilmoqda.

- Kelajakda genetik kasalliklarni davolashda, oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlashda va ekologik muammolarni hal etishda gen tahrirlash muhim rol o‘ynaydi.

- Shu bilan birga, etik, huquqiy va ekologik xavfsizlik masalalariga ham jiddiy e‘tibor qaratish zarur.

Zamonaviy gen tahrirlash texnologiyalari, xususan **CRISPR/Cas9**, **TALEN**, va **ZFN**, genetik muhandislikda tub burilish yasab, biologik fanlarning turli yo‘nalishlarida keng qo‘llanilmoqda. Ularning yordamida organizmlarda aniqlik bilan genetik o‘zgarishlar kiritish, nojo‘ya genlarni yo‘qotish yoki yangi funksional genlar kiritish imkoni tug‘iladi.

Mazkur texnologiyalar:

- **Fundamental ilm-fanda** genlarning funksiyasini o‘rganish;
- **Tibbiyotda** irsiy kasalliklar uchun genetik terapiya ishlab chiqish;
- **Qishloq xo‘jaligida** hosildor, kasalliklarga va stress omillariga chidamli navlar yaratish;
- **Ekologiyada** invaziv organizmlarni nazorat qilish kabilarda katta imkoniyatlar ochmoqda.

Biroq, bu metodlarning keng tatbiqi **off-target effektlar**, **bioetik xavotirlar**, va **qonunchilikdagi cheklovlar** bilan chambarchas bog‘liq. Ayniqsa, inson genomi ustida olib borilayotgan tadqiqotlar yuqori ehtiyotkorlik va xalqaro miqyosda huquqiy tartibga solishni talab etadi.



Kelgusida gen tahrirlash texnologiyalarining aniqroq, xavfsizroq va keng omma uchun maqbul shakllari (masalan, **base editing**, **prime editing**) orqali inson salomatligini yaxshilash, oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash va ekologik barqarorlikka erishish yo'lida ulkan natijalar kutilmoqda.

Shunday qilib, zamonaviy gen tahrirlash texnologiyalari – bu faqat ilm-fan yutug'i emas, balki insoniyat kelajagini shakllantirishga xizmat qiladigan kuchli vositadir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Doudna, J.A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR–Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.
2. Barrangou, R., & Doudna, J. (2016). Applications of CRISPR technologies in research and beyond. *Nature Biotechnology*, 34(9), 933–941.
3. Carroll, D. (2011). Genome engineering with zinc-finger nucleases. *Genetics*, 188(4), 773–782.
4. Joung, J.K., & Sander, J.D. (2013). TALENs: a widely applicable technology for targeted genome editing. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 14(1), 49–55.
5. Zetsche, B. et al. (2015). Cpf1 is a single RNA-guided endonuclease of a class 2 CRISPR-Cas system. *Cell*, 163(3), 759–771.