

## MIKROORGANIZMLAR GENETIKASI VA UNING AHAMIYATI

Ilmiy rahbar: **Xolmurodov Inoyatullo Ismatullayevich**

Tibbiy profilaktik fanlar kafedrası mudiri

Email: [inoyatulloxolmurodov@gmail.com](mailto:inoyatulloxolmurodov@gmail.com)

**Bo‘riyev Zohid Ergash o‘g‘li**

Termiz iqdisodiyot va servis universiteti

Tibbiyot fakulteti Davolash ishi yo‘nalishi talabasi

**ANNOTATSIYA** Mikroorganizmlar genetikasi ularning irsiy xususiyatlari, genetik materialining tuzilishi va funksiyalarini o'rganuvchi fundamental fanidir. Bu soha mikroblarning evolyutsiyasi, moslashuvi va patogenligini tushinishda muhim rol o'ynaydi. Prokariotlarda halqasimon xromosoma va plazmidlar, eukariotlarda esa yadrodagı chiziqli xromosomalar genetik xilma-xillikning asosini tashkil qiladi. Gorizontol genlar almashinuvi (transformatsiya, konjugatsiya, transduksiya) mikroblar populyatsiyalarida genlarning tez tarqalishini ta'minlaydi. Uning ahamiyati tibbiyotda kasalliklarni davolash, qishloq xo'jaligida hosildorlikni oshirish, sanoatda yangi mahsulotlar yaratish va atrof-muhitni muhofaza qilishda yaqqol namoyon bo'ladi. Zamonaviy CRISPR-Cas9, metagenomika va sun'iy intellekt yordamida mikroblar genetik salohiyati insoniyat uchun yangi imkoniyatlar ochmoqda.

**Kalit so'zlar:** mikroorganizmlar, genetika, biotexnologiya, gorizontol genlar almashinuvi, CRISPR-Cas9, antibiotik chidamliligi, operon tizimi, kvorum sezish, metagenomika, gen muhandisligi.

**KIRISH** Mikroorganizmlar genetikasi biologiya fanining markaziy yo'nalishlaridan biri bo'lib, hayotning eng oddiy shakllarida irsiyat va o'zgaruvchanlik qonuniyatlarini o'rganadi. Ushbu soha mikroblarning genetik materialining tuzilishi, funksiyalari, replikatsiyasi, ekspressiyasi va avloddan avlodga o'tish mexanizmlarini tahlil qiladi. Mikroorganizmlar



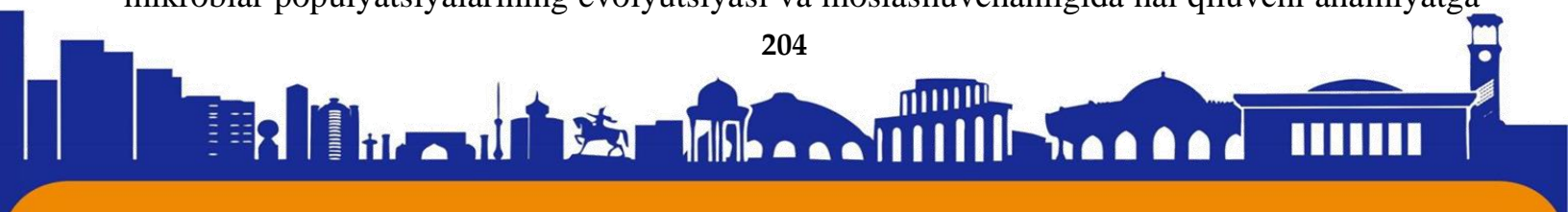
o'zining tez ko'payish qobiliyati, genetik xilma-xilligi va oddiy genetik tuzilishi tufayli molekulyar biologiya va genetika tadqiqotlari uchun ideal modellar bo'lib xizmat qiladi. Masalan, *Escherichia coli* bakteriyasi hali ham genetik tadqiqotlarning asosiy model organizmi sifatida dunyo bo'ylab laboratoriyalarda keng qo'llanilmoqda.

Mikroorganizmlar genetikasining ahamiyati faqat fundamental bilim bilan cheklanmaydi. Tibbiyotda antibiotiklarga chidamlilik mexanizmlarini o'rganish va yangi dori vositalarini yaratish, qishloq xo'jaligida hosildorlikni oshirish, sanoatda ferment va bioyoqilg'i ishlab chiqarish hamda atrof-muhitni muhofaza qilishda bu soha beqiyos amaliy ahamiyatga ega. Genetik almashinuv mexanizmlari — xususan, transformatsiya, konjugatsiya va transduksiya — mikroblar populyatsiyalarida genlarning gorizonttal o'tkazilishini ta'minlab, ularning atrof-muhitga moslashishida hal qiluvchi rol o'ynaydi [1].

Bugungi kunda genomik tahlillar, CRISPR-Cas9 genlarni tahrirlash texnologiyalari va sintetik biologiya yutuqlari mikroblarning genetik salohiyatini chuqurroq o'rganish va ulardan insoniyat manfaati yo'lida foydalanish imkoniyatlarini misli ko'rilmagan darajada kengaytirmoqda. Ushbu tadqiqotlar yangi dori vositalarini yaratish, kasalliklarni tashxislash va davolash, bioyoqilg'i ishlab chiqarish, qishloq xo'jaligi mahsuldorligini oshirish va ekologik muammolarni hal qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Mikroorganizmlar genetikasi sohasidagi doimiy izlanishlar kelajakdagi innovatsiyalar uchun mustahkam poydevor yaratadi [2].

**Genetik materilaning tuzulishi va xossalari** Mikroorganizmlar genetik materialining tuzilishi ularning sistematik guruhiga ko'ra tubdan farq qiladi. Bakteriyalar va arxeyalar kabi prokariot mikroorganizmlar odatda bitta, halqasimon xromosomaga ega bo'lib, u hujayra sitoplazmasida nukleoid deb ataladigan aniq belgilangan hududda joylashgan. Bu xromosoma supero'ralish (supercoiling) jarayoni orqali juda ixcham tarzda o'ralgan bo'lib, DNKning katta hajmini kichik hujayra ichiga sig'dirish imkonini beradi. Masalan, *E. coli* xromosomasi yoyilganda taxminan 1,5 mm uzunlikka ega, lekin 1-2 mkm o'lchamli hujayraga joylashadi [2].

Bundan tashqari, ko'plab bakteriyalar xromosomadan tashqari genetik elementlarga — plazmidlarga ega. Plazmidlar kichik, halqasimon DNK molekulalari bo'lib, ular xromosomadan mustaqil ravishda replikatsiya qila oladi va ko'pincha antibiotiklarga chidamlilik, virulens omillari yoki metabolik yo'llar uchun genlarni olib yuradi. Ularning gorizonttal genlar almashinuvidagi roli, xususan, konjugatsiya orqali boshqa bakteriyalarga o'tish qobiliyati, mikroblar populyatsiyalarining evolyutsiyasi va moslashuvchanligida hal qiluvchi ahamiyatga



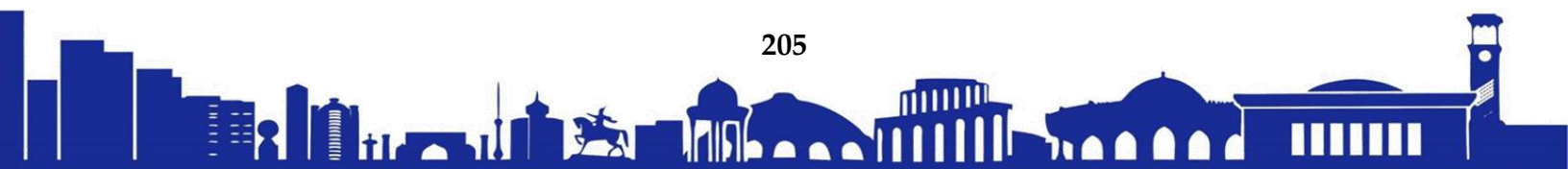


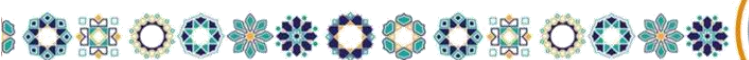
ega. Hozirgi kunda tibbiy amaliyotda kuzatilayotgan ko'p dori vositalariga chidamli (MDR) bakteriyalar asosan plazmid-mediatsiyali HGT orqali chidamlilik genlarini egallaydi.

Eukariot mikroorganizmlar — zamburug'lar, protozoalar va ayrim suvo'tlar — murakkabroq genetik tuzilishga ega. Ularning genetik materiali yadroda joylashgan chiziqli xromosomalarda tashkil topgan bo'lib, bu xromosomalarning gistone oqsillari bilan bog'lanib, xromatinni hosil qiladi. Eukariot genomlar ko'plab takrorlanuvchi ketma-ketliklar, intronlar (kodlamaydigan qismlar) va eksonlar (kodlovchi qismlar) bilan tavsiflanadi. Mitoxondriyalar va xloroplastlar kabi organellalar ham o'zlarining halqasimon DNKlariga ega bo'lib, bu endosimbioz nazariyasini tasdiqlaydi. Viruslarning genoplari esa bir yoki ikki zanjirli DNK yoki RNKdan iborat bo'lib, hajmi bir necha ming nukleotiddan yuz minglab nukleotidlarga qadar o'zgaradi.

**Genetik o'zgaruvchanlik va uning mexanizmlari** Mikroorganizmlarning genetik o'zgaruvchanligi ularning evolyutsion muvaffaqiyatining va turli ekologik sharoitlarga moslashishining asosiy omilidir. Bu o'zgaruvchanlik ikki asosiy yo'l orqali yuzaga keladi: mutatsiyalar va gorizontaal genlar almashinuvi (HGT). Mutatsiyalar genetik materialdagi doimiy o'zgarishlar bo'lib, ular nukleotid ketma-ketligining o'zgarishi, genlarning qo'shilishi, o'chirilishi yoki qayta joylashishi shaklida namoyon bo'ladi. Nuqtali mutatsiyalar bitta nukleotidning almashinishi natijasida (silent — oqsilga ta'sir qilmaydigan; missense — aminokislota o'zgartiruvchi; nonsense — stop-kodon hosil qiluvchi) yuzaga kelishi mumkin. Frameshift mutatsiyalar esa o'qish ramkasining siljishiga olib kelib, ko'pincha funksional bo'lmagan oqsil sinteziga sabab bo'ladi.

Gorizontaal genlar almashinuvi (HGT) mikroorganizmlarda genetik xilma-xillikni oshirishning eng samarali mexanizmi bo'lib, turlarning genetik materialini tezda o'zgartirish imkonini beradi. Transformatsiyada hujayra tashqi muhitdan erkin DNKni qabul qilib, o'z irsiy xususiyatlarini o'zgartiradi; bu holat "kompetentlik" deb atalib, ko'pincha stress sharoitlarida yoki hujayra zichligi ma'lum darajaga yetganda induksiyalanadi. Konjugatsiyada esa genetik material jinsiy pilus orqali to'g'ridan-to'g'ri uzatiladi; bu jarayon F-plazmid (fertillik plazmidi) tomonidan boshqariladi. Donor hujayra (F+) F-plazmidni o'z ichiga oladi va pilus hosil qiladi, retseptor hujayra (F-) esa plazmidga ega emas. Konjugatsiya antibiotiklarga chidamlilik genlarining (R-plazmidlar) va virulens genlarining tez tarqalishida asosiy mexanizm hisoblanadi [3].





Transduksiya bakterial genlarning bakteriofaglar orqali bir bakteriyadan boshqasiga o'tkazilishi jarayonidir. Umumiy transduksiyada litik faglar DNKni qadoqlash paytida tasodifan bakterial xromosomaning har qanday qismini kapsidga kiritishi mumkin. Maxsus transduksiyada esa lizogenik fag xromosomadan noto'g'ri ajralib chiqib, o'zi bilan birga xromosomaning ma'lum bir qismini olib ketadi. Transpozitsiyalanuvchi elementlar ("sakrovchi genlar") esa DNKning genom ichida ko'chib yurish qobiliyati orqali genlarning inaktivatsiyasiga, yangi genlarning qo'shilishiga yoki genomning qayta joylashishiga olib keladi. CRISPR-Cas tizimlari esa bakteriyalarda adaptiv immun tizim sifatida ishlaydi: begona DNKning kichik qismlarini eslab qoladi va takroran kirganida Cas fermentlari yordamida kesib tashlaydi [4].

**Gen ekspressiyasini boshqarish mexanizmlari** Gen ekspressiyasini boshqarish mikroorganizmlarning atrof-muhit sharoitlariga moslashishi uchun fundamental ahamiyatga ega. Prokariotlarda operon tizimi eng yaxshi o'rganilgan boshqaruv mexanizmidir. Lak operonida laktoza mavjud bo'lganda repressor oqsili operator hududidan ajralib chiqadi va RNK polimeraza laktozani metabolizm qiluvchi genlarni transkripsiya qilishni boshlaydi. Bunda katabolit aktivatsiya oqsili (CAP) va siklik AMP (cAMP) ham muhim rol o'ynaydi: glukoza kam bo'lganda cAMP darajasi ko'tarilib, CAP promotorga bog'lanadi va lak operonining ekspressiyasini kuchaytiradi. Triptofan operonida esa triptofan aminokislota yuqori konsentratsiyada bo'lganda repressor oqsili bilan kofaktor sifatida bog'lanib, operatorni bloklaydi va o'z biosintezi uchun zarur genlar transkripsiyasini to'xtatadi.

Sigma omillar RNK polimerazaning turli promotor ketma-ketliklarini tanib olishini ta'minlaydi. Turli sigma omillar bakteriyalarga issiqlik shoki, azot tanqisligi yoki sporulation kabi stress va rivojlanish bosqichlariga javoban genlarning global ekspressiyasini o'zgartirish imkonini beradi. Ikki komponentli tartibga solish tizimlari (sensor kinaza + javob regulyatori) atrof-muhit signallarini sezib, fosforillash orqali gen ekspressiyasini o'zgartiradi. Kichik RNKlar (sRNAlar) mRNK barqarorligini va translyatsiyasini tartibga soladi; riboswitchlar esa metabolitlarga bevosita bog'lanib, mRNKning konformatsiyasini o'zgartiradi va shu orqali gen ekspressiyasini boshqaradi.

Kvorum sezish (quorum sensing) mikroblarning hujayra zichligiga qarab genlarni sinxron boshqarish mexanizmidir. Bakteriyalar avtoinduktorlar deb ataladigan kichik signal molekularini doimiy ravishda sintez qilib, atrof-muhitga chiqaradi. Hujayra zichligi





oshganda, avtoinduktorlarning konsentratsiyasi kritik darajaga yetadi va ular hujayralar retseptorlari orqali virulens omillari, biofilm hosil bo'lishi, antibiotik sintezi va bioluminesans uchun mas'ul genlarning bir vaqtda ifodalanishini induksiyalaydi. Masalan, *Vibrio fischeri* bioluminesansini, *Pseudomonas aeruginosa* esa biofilm va virulens omillarini kvorum sezish orqali boshqaradi. Bu mexanizm bakteriyalarga bitta hujayra bajara olmaydigan jamoaviy funksiyalarni amalga oshirish imkonini beradi [4].

### **MIKROORGANIZMLAR GENETIKASINING QO'LLANILISH SOHALARI**

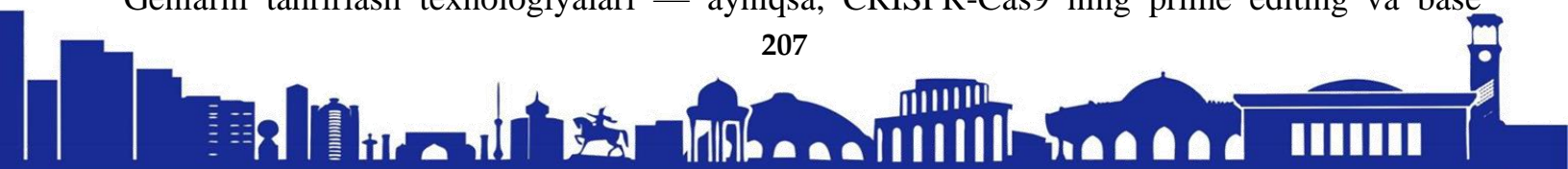
Mikroorganizmlar genetikasi sohasidagi yutuqlar fundamental biologik tushunchalarni chuqurlashtirishdan tashqari, insoniyatning turli sohalarida keng ko'lamli amaliy qo'llanilishini topgan. Antibiotiklarga chidamlilik mexanizmlarini o'rganish va yangi antibiotiklarni kashf etishda mikroblar genetikasi asosiy rol o'ynaydi. Chidamlilik genlarining plazmidlar orqali gorizontalar genlar almashinuvi orqali tarqalishini tushunish ushbu global sog'liqni saqlash muammosiga qarshi kurashish strategiyalarini ishlab chiqishda muhimdir.

Vaktsinalar ishlab chiqarishda rekombinant DNK texnologiyasi yordamida patogen mikroorganizmlarning zararsizlantirilgan shtammlari yoki ularning immunogen oqsillari sintez qilinadi. COVID-19 pandemiyasida mRNA vaktsinalarining rekord tezlikda ishlab chiqilishi — bu mikroorganizmlar va viruslar genetikasini chuqur tushunishning bevosita samarasi bo'ldi. Diagnostikada esa PCR, qator-bo'yicha ketma-ketlikni aniqlash (NGS) va CRISPR-asosidagi tashxis tizimlari patogenlarni soatlar ichida aniqlab, maqsadli davolash imkonini beradi [5].

Qishloq xo'jaligida *Bacillus thuringiensis* (Bt) bakteriyasidan olingan toksin genlari o'simliklarga kiritilishi kimyoviy pestitsidlarga bo'lgan ehtiyojni 30-40% kamaytirmoqda. Azot fiksatsiyasi va fosfatlarni eruvchan holga keltiruvchi foydali bakteriyalar va zamburug'lar bioo'g'itlar sifatida keng qo'llanilmoqda. Sanoatda esa mikroblar bioyoqilg'i ishlab chiqarish (etanol, butanol), bioplastiklar va turli sanoat fermentlari (amilazalar, proteazalar, lipazalar) sintezi uchun genetik jihatdan optimallashtirilmoqda. Atrof-muhitni muhofaza qilishda bioremediatsiya — genetik jihatdan muhandislik qilingan mikroblar neft mahsulotlari, pestitsidlar va og'ir metallarni zararsizlantirish — muhim o'rin egallaydi [6].

### **KELAJAK ISTIQBOLLARI VA MUAMMOLAR**

Mikroorganizmlar genetikasi sohasidagi tadqiqotlar jadal rivojlanishda davom etmoqda. Genlarni tahrirlash texnologiyalari — ayniqsa, CRISPR-Cas9 ning prime editing va base



editing kabi yangi avlod ko'rinishlari — genetik modifikatsiyalarning aniqligi va samaradorligini yanada oshirmoqda. Yagona hujayra genomikasi va transkriptomikasi texnologiyalari mikrobial populyatsiyalardagi individual hujayralar darajasidagi genetik xilma-xillikni o'rganishga imkon beradi, bu esa antibiotiklarga chidamlilik va biofilm hosil bo'lishini chuqurroq tushunishga yordam beradi.

Biroq, bir qator jiddiy muammolar ham mavjud. Antibiotiklarga ko'p tomonlama chidamlilik (MDR) inqirozi eng dolzarb masalalardan biri bo'lib, chidamlilik genlarining gorizontal genlar almashinuvi orqali tez tarqalishi samarali antibiotiklarning sonini kamaytirmoqda. Genlarni tahrirlash texnologiyalarining etik jihatlari ham muhim munozara ob'ektidir. Biologik xavfsizlik va ikki tomonlama foydalanish tadqiqotlari (dual-use research) muammolari ham e'tiborni talab qiladi: genetik jihatdan o'zgartirilgan mikroorganizmlarning atrof-muhitga chiqishi yoki bioterrorizm maqsadlarida ishlatilishi xavflarini minimallashtirish uchun qat'iy xalqaro nazorat mexanizmlari zarur [7].

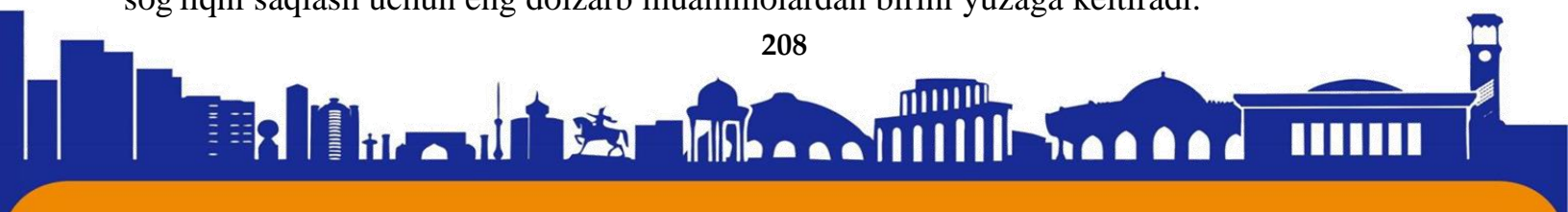
Sun'iy intellekt va mashinani o'rganish usullari mikrobial genomik ma'lumotlarni tahlil qilish, yangi dori vositalarini kashf etish, metabolik yo'llarni bashorat qilish va genetik muhandislik strategiyalarini optimallashtirishda tobora ko'proq qo'llanilmoqda. Kosmik mikrobiologiya esa kosmik sharoitlarda mikroblarning genetik moslashuvini o'rganib, kelajak kosmik missiyalari uchun yangi biotexnologik yechimlarni izlamoqda. Shaxsiy tibbiyot sohasida mikrobiom tahlili asosida individual bemorlarga moslashtirilgan davolash usullarini ishlab chiqish katta istiqbolga ega [8].

## ASOSIY NATIJALAR

1. Prokariot va eukariot mikroorganizmlarda genetik materialning tuzilishi tubdan farq qiladi: bakteriyalar halqasimon xromosoma va plazmidlarga, eukariotlar esa yadrodagi chiziqli xromosomalarga ega bo'lib, bu farqlar ularning biologik xilma-xilligini belgilaydi.

2. Transformatsiya mexanizmi bakteriyalarning "kompetentlik" holati orqali tashqi DNKni qabul qilishini ta'minlaydi; bu jarayon stress sharoitida yoki ma'lum hujayra zichligida induksiyalanib, antibiotik chidamlilik genlarining populyatsiya orasida tarqalishiga olib keladi.

3. Konjugatsiya — jinsiy pilus orqali amalga oshadigan genetik almashinuv — R-plazmidlar yordamida ko'p dori vositalariga chidamlilik genlarini tez tarqatadi va global sog'liqni saqlash uchun eng dolzarb muammolardan birini yuzaga keltiradi.





4. Transduksiya jarayonida bakteriofaglar umumiy va maxsus ko'rinishda bakterial genlarni ko'chiradi; maxsus transduksiya lizogenik faglar orqali virulens omillarini patogen bakteriyalarga maqsadli yetkazib beradi.

5. CRISPR-Cas9 tizimi dastlab bakteriyalarda adaptiv immunitet mexanizmi sifatida kashf etilgan bo'lsa-da, hozirda u genlarni yuqori aniqlikda tahrirlash texnologiyasiga aylanib, tibbiyot, qishloq xo'jaligi va sanoatda inqilobiy o'zgarishlar yaratmoqda.

6. Operon tizimi (lak, triptofan, arabinoza operonlari) prokariotlarda gen ekspressiyasini metabolit konsentratsiyasiga qarab induksiya yoki repressiya orqali boshqaradi; bu mexanizm hujayraning energiya sarfini minimallashtirishga xizmat qiladi.

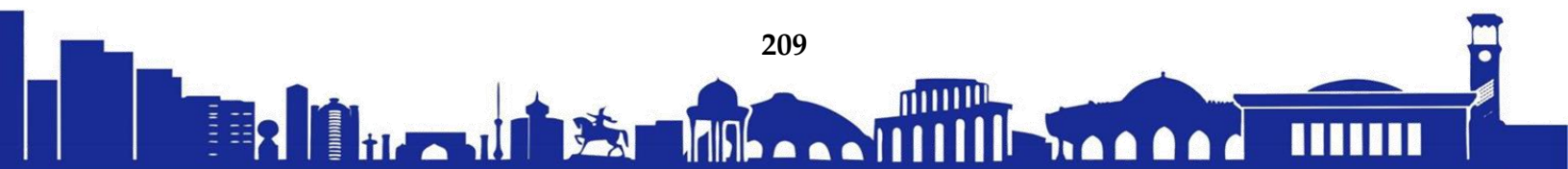
7. Kvorum sezish mexanizmi orqali bakteriyalar avtoinduktorlar yordamida hujayra zichligini sezadi va virulens omillari, biofilm, antibiotik ishlab chiqarish hamda bioluminesans kabi jamoaviy xatti-harakatlarni muvofiqlashtirilgan holda amalga oshiradi.

8. Metagenomika va metaproteomika usullari inson mikrobiomasi, tuproq va okean mikrobial jamoalarining genetik salohiyatini laboratoriya sharoitisiz to'g'ridan-to'g'ri o'rganish imkonini beradi; bu soha ekotizimlarni tushinishda mutlaqo yangi sahifa ochdi.

9. Antibiotiklarga ko'p tomonlama chidamlilik (multidrug resistance, MDR) inqirozi gorizontal genlar almashinuvi tufayli tez kuchaymoqda; yangi antibiotiklarni kashf etish sur'ati chidamlilik paydo bo'lish sur'atidan orqada qolmoqda va bu global xavf sog'liqni saqlash tizimini qayta ko'rib chiqishni talab etmoqda.

10. Sun'iy intellekt va mashinani o'rganish usullari millionlab mikrobial genomlarni tahlil qilish, yangi dori-darmon maqsadlarini aniqlash va CRISPR strategiyalarini optimallashtirishda qo'llanilib, mikroorganizmlar genetikasi sohasida tadqiqot tezligini bir necha barobarga oshirmoqda.

**XULOSA** Mikroorganizmlar genetikasi hayotning asosiy qonuniyatlarini ochib beruvchi, irsiyat va o'zgaruvchanlikni o'rganuvchi muhim fandır. Genetik materialning xilma-xil tuzilishi — prokariotlarda halqasimon xromosoma va plazmidlar, eukariotlarda esa yadrodagı chiziqli xromosomalar — mikroblarning biologik xilma-xilligini belgilaydi. Mutatsiyalar va gorizontal genlar almashinuvi (transformatsiya, konjugatsiya, transduksiya) orqali yuzaga keladigan dinamik o'zgaruvchanlik, shuningdek, operon tizimi, kvorum sezish va





sigma omillar orqali boshqariladigan gen ekspressiyasi mexanizmlari mikroblarning moslashuvchanligini ta'minlaydi.

Ushbu fundamental tushunchalar tibbiyot (rekombinant oqsillar, mRNA vaksinalar, maqsadli tashxis), qishloq xo'jaligi (bioo'g'itlar, transgenik ekinlar), sanoat biotexnologiyasi (bioyoqilg'i, fermentlar) va atrof-muhitni muhofaza qilish (bioremediatsiya) sohalarida inqilobiy yechimlarni yaratishga asos bo'ldi. Kelajakda CRISPR ning yangi avlod texnologiyalari, sun'iy intellekt integratsiyasi va metagenomika yordamida bu soha yanada katta yutuqlarga erishishi kutilmoqda. Biroq, antibiotiklarga chidamlilik inqirozi, etik muammolar va biologik xavfsizlik masalalarini hal qilish uchun xalqaro miqyosdagi hamkorlik va doimiy e'tibor zarur. Mikroorganizmlar genetikasi bo'yicha uzluksiz tadqiqotlar global sog'liqni saqlash, oziq-ovqat xavfsizligi, energetika va barqaror rivojlanishning kelajagini shakllantirishda muhim rol o'ynashda davom etadi.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] Costa, J. M. S. (Ed.). *Microbial Genomics: Methods and Protocols*. New York: Springer, 2021. — 412 p.
- [2] Varma, A. K., Singh, R., & Singh, S. K. *Microbial Physiology and Genetics*. Singapore: Springer, 2021. — 538 p.
- [3] Versalovic, J., Carroll, K. C., Jorgensen, J. H., Funke, G., & Landry, M. L. (Eds.). *Molecular Microbiology: Diagnostic Principles and Practice*. Washington, DC: ASM Press, 2022. — 680 p.
- [4] Shapiro, B. J., & Polz, M. F. Ecology and evolution of microbial populations. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 19, no. 1, 2021, pp. 1–15.
- [5] Wozniak, R. A., & Waldor, M. K. Horizontal gene transfer by bacteriophages. *Current Opinion in Microbiology*, vol. 55, 2020, pp. 1–7.
- [6] Sela, I., & Gophna, U. The dynamic bacterial genome: insights from pan-genomics. *Trends in Microbiology*, vol. 29, no. 10, 2021, pp. 875–885.
- [7] Calik, P., & Calik, G. Microbial biotechnology: A sustainable approach for industrial applications. *Biotechnology Advances*, vol. 40, 2020, pp. 107500.

