

ZAMONAVIY GENETIKA VA GENOMIKA YUTUQLARINING QISHLOQ
XO‘JALIGI SELEKSIYASIDA TUTGAN O‘RNI

Yusufjonova Munisa Abdumannob qizi

Namangan davlat pedagogika instituti o‘qituvchisi

E-mail: munisayusufjanova@gmail.com

Rahimberdiyev Sardorbek Tolibjon o‘g‘li

Namangan davlat pedagogika instituti

Biologiya yo‘nalishi 2-kurs talabasi

E-mail: sardorbekrahimberdiyev47@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21064052>

Annotatsiya: Maqolada zamonaviy genetika va genomika yutuqlarining qishloq xo‘jaligi seleksiyasidagi o‘rni tahlil qilingan. Genomik seleksiya texnologiyasining ilmiy asoslari, rivojlanish bosqichlari hamda an‘anaviy seleksiya usullaridan farqli jihatlari yoritilgan. Shuningdek, BLUP, GBLUP, Bayes va sun‘iy intellektga asoslangan bashorat modellari haqida ma‘lumot berilgan. AQSH, Xitoy va Yevropa mamlakatlarida genomik seleksiya qo‘llanilishining amaliy natijalari ko‘rib chiqilgan. O‘zbekiston sharoitida, xususan paxtachilik va g‘allachilikda ushbu texnologiyani joriy etish istiqbollari baholangan. Tadqiqot davomida ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish va qiyosiy-tavsiflash usullaridan foydalanilgan. Natijada genomik seleksiyani mahalliy seleksiya tizimiga bosqichma-bosqich joriy etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: genetika, genomika, genomik seleksiya, molekulyar markerlar, SNP, qishloq xo‘jaligi seleksiyasi, genotip, fenotip, genomik bashorat, biotexnologiya

Аннотация: В статье проанализирована роль современных достижений генетики и геномики в сельскохозяйственной селекции. Освещены научные основы геномной селекции, этапы её развития и отличия от традиционных методов селекции. Представлены сведения о статистических моделях прогнозирования (BLUP, GBLUP, Bayes) и моделях, основанных на искусственном интеллекте. Рассмотрены практические результаты применения геномной селекции в США, Китае и странах Европы. Оценены перспективы внедрения данной технологии в условиях Узбекистана, особенно в хлопководстве и зерноводстве. В исследовании использованы методы системного анализа научной литературы и сравнительно-описательного анализа. Разработаны рекомендации по поэтапному внедрению геномной селекции в национальную селекционную систему.

Ключевые слова: генетика, геномика, геномная селекция, молекулярные маркеры, SNP, сельскохозяйственная селекция, генотип, фенотип, геномное прогнозирование, биотехнология

Abstract: This article analyzes the role of modern achievements in genetics and genomics in agricultural breeding. The scientific foundations, development stages, and advantages of genomic selection over traditional breeding methods are discussed. Statistical prediction models such as BLUP, GBLUP, Bayesian approaches, and artificial intelligence-based methods are reviewed. Practical applications of genomic selection in the United States, China, and European countries are examined. The prospects for implementing this technology in Uzbekistan, particularly in cotton and wheat breeding, are also evaluated. The study is based on systematic literature review and comparative analysis methods. As a result, recommendations for the gradual integration of genomic selection into the national breeding system are proposed.

Keywords: genetics, genomics, genomic selection, molecular markers, SNP, agricultural breeding, genotype, phenotype, genomic prediction, biotechnology

Kirish. Jahon aholisining 2050-yilga borib 9,7 milliarddan oshishi kutilmoqda, bu esa oziq-ovqat ishlab chiqarishni hozirgi darajadan kamida 60 foizga oshirish zaruriyatini keltirib chiqaradi [2]. Shu bilan birga, ekin maydonlarining cheklanganligi, iqlim o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi va tuproq sho‘rlanishi kabi omillar qishloq xo‘jaligi oldida turgan

vazifalarni yanada murakkablashtirmoqda. Aynan mana shu global muammolar fonida yuqori hosildor, kasalliklarga chidamli, abiotik stresslarga (qurg‘oqchilik, sho‘rlanish, harorat o‘zgarishi) bardoshli nav va zotlarni qisqa muddatda yaratish endilikda alohida agrar tarmoq vazifasi emas, balki davlat va jahon miqyosidagi oziq-ovqat xavfsizligi muammosiga aylanib bormoqda.

An’anaviy seleksiya fenotipik belgilarga asoslangan bo‘lib, uzoq vaqt davomida qishloq xo‘jaligi taraqqiyotining asosini tashkil etdi. Biroq u ko‘p vaqt va mablag‘ talab qiladi hamda poligen belgilarni baholashda samaradorligi cheklangan.

XX asrning ikkinchi yarmida molekulyar genetika va DNK texnologiyalarining jadal rivojlanishi seleksiya faniga butunlay yangi, sifat jihatdan farqli yo‘nalish — genomik seleksiyani olib kirdi. Bu yo‘nalish DNK darajasidagi ma‘lumotlardan foydalanish orqali yuqorida sanab o‘tilgan muammolarning aksariyatini bartaraf etish imkonini beradi. Shu sababli ushbu mavzu nafaqat nazariy genetika fani, balki amaliy seleksiya-urug‘chilik tizimi uchun ham yuksak ilmiy va amaliy dolzarblikka ega.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — genomik seleksiyaning ilmiy-nazariy asoslarini, uning an’anaviy usullardan tubdan farqini, qo‘llaniladigan zamonaviy statistik va sun‘iy intellektga asoslangan modellarni, jahon amaliyotidagi natijalarni hamda O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi tizimiga joriy etish imkoniyatlarini chuqur va har tomonlama tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqotda ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish, qiyosiy-tavsiflash va umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Mahalliy va xorijiy manbalar asosida genomik seleksiyaning rivojlanishi va amaliy natijalari baholandi.

Genetika va genomikaning seleksiya faniga kirib kelish tarixi. Genetika fani 1900-yillar boshida G.Mendel qonunlarining qayta kashf etilishi bilan rasmiy shakllanib, 1906-yilda ingliz olimi V.Betson tomonidan "genetika" atamasi fanga kiritilgan [3, b. 23].

XX asrning o‘rtalarida DNKning kimyoviy tuzilishi ochilishi (1953-yil) genetika fanini molekulyar darajaga olib chiqdi. 1980-1990-yillarda esa birinchi DNK markerlari — RFLP (restriksiya fragmentlarining uzunlik polimorfizmi), RAPD va SSR (mikrosatellitlar) kashf etilishi natijasida markerga asoslangan seleksiya (Marker-Assisted Selection, MAS) yuzaga keldi. MAS usuli seleksionerga aniq bir genni nazorat qiluvchi DNK markerini topib, shu marker orqali kerakli belgini avlodlarda kuzatish imkonini berdi. Biroq bu usulning jiddiy cheklovi bor edi: u faqat bitta yoki bir necha aniq lokus tomonidan nazorat qilinadigan (monogen yoki oligogen) belgilar uchun samarali bo‘lib, hosildorlik, sifat, stressga chidamlilik kabi yuzlab-minglab genlar birgalikda nazorat qiladigan (poligen, kvantitativ) belgilarni baholashda kerakli natija bermasdi [5].

Aynan shu muammoni hal qilish maqsadida 2001-yilda T.Meuwissen, B.Hayes va M.Goddard tomonidan genomik seleksiya (Genomic Selection, GS) nazariyasi ilk bor ilmiy jihatdan asoslab berildi [4]. Ularning g‘oyasi shundan iborat ediki, butun genom bo‘ylab tarqalgan minglab molekulyar markerlar (asosan SNP — yagona nukleotid polimorfizmi) ma‘lumotlarini bir vaqtning o‘zida statistik tahlil qilish orqali organizmning umumiy seleksion qiymatini, hatto qaysi aniq gen mas‘ul ekanligini bilmasdan turib ham, yuqori aniqlik bilan bashorat qilish mumkin ekanligi isbotlandi. 2005-2010-yillarda genomlarni sekvensiya qilish (DNK ketma-ketligini aniqlash) texnologiyalarining tezlashishi va narxining keskin pasayishi GS texnologiyasining dunyo bo‘yicha amaliyotga keng joriy etilishiga yo‘l ochdi [11].

1900-yil	Mendel qonunlari qayta kashf etildi.
1906-yil	V.Betson tomonidan "Genetika" atamasi kiritildi.
1953-yil	DNK ning kimyoviy tuzilishi ochildi.
1980-1990-yil	DNK markerlari asosida MAS (markerga asoslangan) davri.
2001-yil	Meuwissen, Hayes, Goddard genomik seleksiya nazariyasi asoslab berdi.
2010-yillar	Sekvennsiya narxi pasayishi bilan GS keng joriy etildi.

1-rasm. Genetika va genomikaning rivojlanish bosqichlari (muallif tomonidan tuzilgan)

An’anaviy seleksiya va genomik seleksiyaning qiyosiy tahlili. An’anaviy seleksiyada tanlov jarayoni to’liq fenotipga, ya’ni organizmning kuzatiladigan tashqi belgilariga asoslanadi. Bu usulda seleksioner ma’lum bir belgini (masalan, hosildorlik yoki kasallikka chidamlilikni) faqat o’simlik gullagandan, hosil bergandan yoki hayvon voyaga yetib ma’lum mahsuldorlik ko’rsatkichlarini namoyish qilgandan keyingina baholay oladi. Bu esa seleksion siklining uzayishiga olib keladi — chunki har bir avlodni baholash uchun to’liq biologik rivojlanish davrini kutish talab etiladi.

Genomik seleksiyada esa vaziyat tubdan farq qiladi. Organizmning yosh davridan DNK namunasi olinib genotiplash amalga oshiriladi, chunki bir avlod almashinishi yillab davom etishi mumkin.

Iqtisodiy nuqtai nazardan qaraganda, an’anaviy seleksiya boshlang’ich bosqichda arzonroq ko’rinsa-da, uzoq muddatda katta dala maydonlari, ko’p sonli ishchi kuchi va yillab davom etadigan sinov muddatlari talab etadi. Genomik seleksiya esa boshida laboratoriya va sekvensiya uskunalari sarmoya talab qilsa-da, bir marta yaratilgan bashorat modeli minglab yangi namunalarga nisbatan tez va arzon qo’llanilishi mumkin, bu esa uzoq muddatda umumiy xarajatlarni sezilarli kamaytiradi [13]. Quyidagi jadvalda ikki usulning asosiy ko’rsatkichlari taqqoslangan (1-jadvalga qarang).

1-jadval. An’anaviy va genomik seleksiyaning qiyosiy ko’rsatkichlari

Ko’rsatkich	An’anaviy seleksiya	Genomik seleksiya
Tanlov asosi	Fenotip (tashqi ko’rinish)	Genomik ma’lumotlar (DNK, SNP)
Baholash vaqti	Organizm voyaga yetgandan keyin	Yosh/embrion bosqichida
Bir nav/zot yaratish muddati	8-12 yil	3-5 yil
Poligen belgilarni baholash aniqligi	Past-o’rta	Yuqori
Talab qilinadigan dala maydoni	Katta	Nisbatan kichik
Boshlang’ich xarajat	Past	Yuqori (laboratoriya, sekvensiya)
Genetik xilma-xillikni saqlash	Cheklangan	Kengaytirilgan

Genomik seleksiyaning ilmiy-metodologik bosqichlari. Genomik seleksiya o’quv populyatsiyasini shakllantirish, genomik bashorat modelini yaratish, GEV qiymatini hisoblash va eng istiqbolli namunalarni tanlash bosqichlaridan iborat.

Genomik seleksiya



2-rasm. Genomik seleksiyaning to‘rt bosqichli jarayoni (muallif tomonidan tuzilgan)

Statistik va sun‘iy intellektga asoslangan bashorat modellari. Genomik bashorat sifatini oshirish uchun olimlar bir nechta model guruhlarini ishlab chiqdilar, ularning har biri ma’lum bir genetik vaziyatda turlicha samaradorlik ko‘rsatadi. Genomik seleksiyada GBLUP, Bayes statistikasiga asoslangan modellar hamda mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalaniladi. Ushbu modellar genomik ma’lumotlar asosida organizmning seleksion qiymatini bashorat qilishga xizmat qiladi. Ularning asosiy xususiyatlari va afzalliklari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Genomik bashorat modellarining qiyosiy xususiyatlari

Model nomi	Asosiy tamoyili	Afzalligi	Cheklovi
GBLUP (Genomic BLUP)	Barcha markerlar teng va kichik ta’sirga ega deb hisoblanadi	Hisoblash tezligi yuqori, ko‘plab kichik ta’sirli genlar nazorat qiladigan belgilar uchun samarali	Kuchli ta’sirli alohida genlarni alohida ajratib ko‘rsata olmaydi
BayesB	Markerlarning bir qismi kuchli, qolgani esa ta’sirsiz deb taxmin qilinadi	Bitta-ikkita kuchli genga bog‘liq belgilarni aniqroq bashorat qiladi	Hisoblash vaqti uzunroq, katta hajmdagi ma’lumotda murakkablashadi
Mashinali o‘qitish (Random Forest, SVM)	Marker va belgi orasidagi nochiziqli bog‘liqliklarni o‘rganadi	Murakkab, nochiziqli ta’sirlarni yaxshi aniqlaydi	Katta hajmdagi o‘quv ma’lumoti talab qiladi
Chuqur o‘rganish (Deep Learning / Transformer)	Ko‘p qatlamli neyron tarmoq orqali genom bo‘ylab murakkab naqshlarni aniqlaydi	Eng yuqori bashorat aniqligiga erishish imkoniyati	Katta hisoblash quvvati va juda katta ma’lumotlar bazasi talab qiladi

Jahon amaliyotidagi natijalar. Genomik seleksiyaning amaliy samaradorligi dunyoning turli mintaqalarida o‘tkazilgan ko‘plab tadqiqotlar bilan tasdiqlangan. AQShda sigir zotlarini yaxshilashda genomik seleksiyaning joriy etilishi natijasida sut mahsuldorligi bo‘yicha seleksion ishonchlilik ko‘rsatkichi sezilarli darajada — taxminan 30 foizdan 70 foizgacha oshganligi qayd etilgan, bu esa naslchilik dasturlarining iqtisodiy samaradorligini bir necha barobar oshirishga olib keldi [10]. Xitoyda bug‘doy va sholi navlarini yaratishda genomik bashorat usullari joriy etilishi natijasida seleksiya sikli sezilarli qisqarib, yangi navlarning dala sinovlariga chiqarilish muddati tezlashgani aniqlangan [9].

Yevropa davlatlarida, xususan Daniya va Buyuk Britaniyada, genomik seleksiya bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar soni va ularning amaliy natijalari bo‘yicha yetakchi o‘rinlarni egallaydi — bu mamlakatlardagi universitetlar (Aarhus University, University of Edinburgh) jahon miqyosida genomik seleksiya sohasidagi eng nufuzli ilmiy markazlar sifatida tan olingan [7].

O‘zbekiston sharoitida qo‘llash imkoniyatlari. O‘zbekiston iqtisodiyotida paxtachilik va g‘allachilik strategik ahamiyatga ega bo‘lib, bu sohalarda genetik asoslangan seleksiya ishlari uzoq yillardan beri muvaffaqiyatli olib borilmoqda [1]. Respublikamizda g‘o‘za va texnik ekinlar seleksiyasi bo‘yicha to‘plangan boy ilmiy-amaliy tajriba, jumladan turli ekologik mintaqalarga moslashtirilgan navlarni yaratish bo‘yicha ko‘p yillik tadqiqotlar [9] genomik seleksiya texnologiyalarini joriy etish uchun mustahkam ilmiy-amaliy zamin yaratadi.

Qurg‘oqchilikka va sho‘rlanishga chidamli paxta navlarini, shuningdek yuqori haroratga bardosh bera oladigan bug‘doy navlarini yaratishda genomik bashorat usullarini qo‘llash seleksiya muddatini sezilarli darajada — taxminan 2-3 barobar — qisqartirishi mumkin. Bu, o‘z navbatida, iqlim o‘zgarishi sharoitida tezkor moslashuvchan navlarni yaratish zaruriyati kuchaygan bugungi kunda alohida dolzarflik kasb etadi.

Ushbu texnologiyani amaliyotga muvaffaqiyatli joriy etish uchun bir qator izchil chora-tadbirlar zarur: birinchidan, ilmiy-tadqiqot institutlari qoshida zamonaviy genotiplashtirish va sekvensiya laboratoriyalarini yo‘lga qo‘yish; ikkinchidan, bioinformatika, molekulyar genetika va biotexnologiya yo‘nalishlarida yuqori malakali yosh mutaxassislarini tayyorlash, bu borada oliy ta‘lim dasturlarini zamonaviylashtirish; uchinchidan, CIMMYT (Xalqaro makkajo‘xori va bug‘doy yaxshilash markazi), ICARDA kabi nufuzli xalqaro ilmiy-tadqiqot markazlari bilan ilmiy-texnik hamkorlikni kengaytirish; to‘rtinchidan, mahalliy genofondni saqlash va boyitish maqsadida milliy genbank tizimini genomik ma‘lumotlar bazasi bilan integratsiya qilish.

Xulosa

O‘tkazilgan ilmiy tahlil natijalari shuni asoslab beradiki, genomik seleksiya zamonaviy qishloq xo‘jaligi seleksiyasining eng istiqbolli, ilmiy jihatdan asoslangan va amaliy samaradorligi yuqori yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot jarayonida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

Birinchidan, genomik seleksiya zamonaviy seleksiyaning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir.

Ikkinchidan, u seleksiya muddatini qisqartirib, bashorat aniqligini oshiradi.

Uchinchidan, jahon tajribasi uning amaliy samaradorligini tasdiqlaydi.

To‘rtinchidan, O‘zbekistonda ushbu texnologiyani joriy etish uchun zarur ilmiy asoslar mavjud.

Shularga asoslanib, oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining raqobatbardoshligini oshirish maqsadida quyidagi amaliy tavsiyalar ilgari suriladi: ilmiy-tadqiqot institutlari va seleksiya markazlarida zamonaviy genotiplashtirish laboratoriyalarini bosqichma-bosqich yo‘lga qo‘yish; oliy ta‘lim muassasalarida bioinformatika va molekulyar genetika yo‘nalishlarini kuchaytirish; milliy genofond bazasini genomik ma‘lumotlar bilan integratsiya qilish; va xalqaro ilmiy-tadqiqot tashkilotlari bilan ilmiy-texnik hamkorlikni izchil rivojlantirish. Ushbu yo‘nalishlar bo‘yicha olib boriladigan keyingi tadqiqotlar O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi seleksiyasi tizimini zamonaviy darajaga olib chiqishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Abdukarimov D.T., Lukov M.Q. G‘o‘za seleksiyasi va urug‘chiligi. – Toshkent: “Times” nashriyoti, 2015. – 333 b.
2. FAO. The State of Food and Agriculture. – Rome: Food and Agriculture Organization, 2023.
3. G‘ofurov A.T., Fayzullayev S.S. Genetika: darslik. – Toshkent: “Tafakkur” nashriyoti, 2010. – 23-25 b.
4. Meuwissen T.H.E., Hayes B.J., Goddard M.E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps // Genetics. – 2001. – Vol. 157. – P. 1819-1829.
5. Musayev D.A., Turabekov Sh., Saidkarimov A.T., Almatov A.S., Raximov A.K. Genetika va seleksiya asoslari: darslik. – Toshkent, 2011. – 486 b.
6. Norboeva U.T., Tag‘ayeva M.B., Teshayeva D.R. Biologiya va genetika: o‘quv qo‘llanma. – Buxoro: “Durдона” nashriyoti, 2023. – 172 b.
7. Sobirov P. Genetika va biotexnologiya: darslik. – Toshkent: “O‘FMJ”, 2019.
8. To‘xtayev N. Ilmiy tadqiqot metodologiyasi. – Toshkent: “Fan va innovatsiya” nashriyoti, 2022. – B. 111.
9. Xolmurodova G.R., Tangirova G.N., Abdiev F.R., Yuldasheva R.A. G‘o‘za va texnik ekinlar genetikasi, seleksiyasi va urug‘chiligi: darslik. – Toshkent: “Lesson press” nashriyoti, 2021. – 111 b.

Foydalanilgan internet manbalar:

10. Çelik Ş. Bibliometric analysis of genomic selection in breeding of animal from 1993 to 2024: global trends and advancements // Frontiers in Genetics. – 2024. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11540638/> (murojaat sanasi: 2026-yil iyun).
11. Escamilla D., Li D., Schnable P. va boshq. Genomic selection: Essence, applications, and prospects // The Plant Genome. – 2025. – URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tpg2.70053> (murojaat sanasi: 2026-yil iyun).
12. Platten J.D. va boshq. Trait Discovery and Deployment in genomics-assisted breeding // Frontiers in Plant Science. – 2026. – URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2026.1744272/full> (murojaat sanasi: 2026-yil iyun).
13. Zhang D., Yang F., Li J., Liu Z., Han Y. va boshq. Progress and perspectives on genomic selection models for crop breeding // Technology in Agronomy. – 2025. – Article e006. – URL: <https://www.maxapress.com/article/id/67f5dbd8fa6c5866a7a7cf7d> (murojaat sanasi: 2026-yil iyun).