MAKKAJO‘XORI (*ZEA MAYS L.*) DON HOSILDORLIGINI OSHIRISHDA INNOVATSION BIOPREPARATLARDAN FOYDALANISH: GLOBAL ILMIY TADQIQOTLAR TAHLILI

Djabbarova Nurjahonoy Alijon qizi
Andijon qishloq xo’jaligi va agrotexnologiyalari instituti
Nurjahonoydjabbarova@gmail.com

Annotatsiya. *Mazkur tadqiqotda makkajo‘xori (Zea mays L.) don hosildorligini oshirishda innovatsion biopreparatlardan foydalanish bo‘yicha dunyoning turli agroekologik hududlarida olib borilgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar tahlil qilingan. Global qishloq xo‘jaligida iqlim o‘zgarishi, suv resurslarining cheklanishi, tuproq unumdorligining pasayishi va mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini oshirish zarurati makkajo‘xori yetishtirishda biologik preparatlar va biostimulyatorlardan foydalanishga bo‘lgan ilmiy qiziqishni kuchaytirmoqda. Tadqiqotda mikrobiologik biopreparatlar, o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi bakteriyalar, mikoriza zamburug‘lari, aminokislotalar, gumus va fulvo kislotalari, dengiz suvo‘ti ekstraktlari hamda boshqa biologik faol komponentlarning makkajo‘xori o‘sishi, rivojlanishi, oziqa elementlarini o‘zlashtirishi, fotosintetik faolligi va don hosildorligiga ta’siri umumlashtirilgan. Ilmiy manbalar tahlili biopreparatlarning samaradorligi preparat tarkibi, qo‘llash usuli va muddati, makkajo‘xori genotipi, tuproq unumdorligi, namlik darajasi hamda abiotik stress sharoitlariga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, barg orqali qo‘llanadigan biostimulyatorlar o‘simlikning fiziologik faoliyatini faollashtirish va hosil elementlarining shakllanishini yaxshilash orqali don hosildorligini oshirishning istiqbolli agrotexnologik usuli sifatida namoyon bo‘lmoqda. Olingan ilmiy xulosalar innovatsion biopreparatlarni mahalliy agroekologik sharoitlarga moslashtirish, ularning optimal konsentratsiyasi va qo‘llash muddatlarini aniqlash hamda barqaror makkajo‘xori yetishtirish texnologiyalarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *makkajo‘xori, Zea mays L., innovatsion biopreparatlar, biostimulyatorlar, mikroorganizmlar, aminokislotalar, gumus kislotalari, dengiz suvo‘ti ekstrakti, barg orqali qo‘llash, don hosildorligi, barqaror qishloq xo‘jaligi, agrotexnologiya.*

Аннотация: *в данном исследовании проведён анализ современных научных исследований, выполненных в различных агроэкологических регионах мира, по использованию инновационных биопрепаратов для повышения урожайности зерна кукурузы (zea mays L). В условиях изменения климата, органиченности водных ресурсов, снижения плодородия почв и необходимости повышения эффективности использования минеральных удобрений возрастает научный интерес к применению биологических препаратов и биостимуляторов при выращивании кукурузы. В исследовании обобщено влияние микробиологических биопрепаратов, азотфиксирующих бактерий, микоризных грибов, аминокислот, гуминовых и фульвокислот, экстрактов морских водорослей, а также других биологически активных компонентов на рост, развитие, усвоение питательных элементов, фотосинтетическую активность и урожайность зерна кукурузы. Анализ научных источников показывает, что эффективность биопрепаратов зависит от их состава, способа и сроков применения, генотипа кукурузы, плодородия почвы, уровня влажности и абиотических стрессовых условий. В частности, применение биостимуляторов через листья способствует повышению физиологической активности растений, улучшению формирования элементов продуктивности и повышению урожайности зерна. Полученные научные выводы служат основой для адаптации инновационных биопрепаратов к различным агроэкологическим условиям, определения их оптимальных концентраций и сроков применения, а также разработки устойчивых технологий возделывания кукурузы.*

Ключевые слова: *кукуруза, zea mays L.,инновационные биопрепараты, биостимуляторы, микроорганизмы, аминокислоты, гуминовые кислоты, экстракт морских водорослей, внекорневая обработка, урожайность зерна, устойчивое сельское хозяйство, агротехнология.*

Abstract: *this study analyzes modern scientific research conducted in different agroecological regions of the world on the use of innovative biopreparation to increase grain yield of maize (zea mays L). Under conditions of climate change, limited water resources, declining soil fertility and the need to improve the efficiency of mineral fertilizer use, scientific interest in the application of biological preparation and biostimulants in maize cultivation is increasing. The study summsrizes the effects of microbiological biopreparations, nitrogen-fixing bacteria, mycorrhizal fungi, amino acids, humic and fulvic acids, seaweed extracts and other biologically active components on maize growth and development, nutrient uptake, photosynthetic activity and grain yield. The analysis of scientific sources*

demonstrates that the effectiveness of biopreparations depends on their composition, maize genotype, soil fertility, moisture level, and abiotic stress conditions. In particular, foliar application of biostimulants contributes to enhanced formation of yield components and increased grain yield. The scientific findings provide a basis for adapting innovative biopreparations to different agroecological conditions determining their optimal concentrations and application timing and developing sustainable maize cultivation technologies.

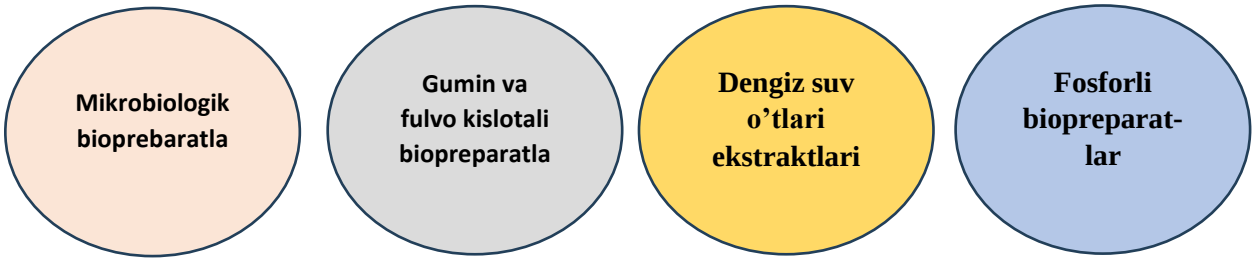
Keywords: *maize, Zea mays L., innovative bipreparations, biostimulants, microorganisms, amino acids, humic acids, seaweed exstract, foliar application, grain yield, sustainable agriculture, agrotechnology.*

Kirish. Don ekinlari orasida makkajo‘xori (Zea mays L.) o‘zining yuqori biologik salohiyati, keng foydalanish imkoniyatlari va turli agroiqlim sharoitlariga moslashuvchanligi bilan ajralib turadi. Makkajo‘xori doni oziq-ovqat, yem-xashak hamdasanoat xomashyosi sifatida keng qo‘llanilib, uning barqaror va yuqori hosil berishi mamlakat iqtisodiyoti hamda aholi farovonligini oshirishda muhim omil hisoblanadi[8].

O‘zbekistonda makkajo‘xori qariyb 40 ming gektar maydonda yetishtiriladi. Biroq, uning hosildorligi hanuz past bo‘lib qolmoqda va viloyatlarda rayonlashtirilgan navlar va gibridlarning potensial imkoniyatlarining hatto yarmiga ham yetmaydi [3]. Shu sababli, mineral o‘g‘itlar va biostimulyatorlar ta’sirida generativ organlarning shakllanishini o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega. Amaliyotda ko‘p hollarda makkajo‘xori so‘tasida yuqori qismidagi rovaglar va ba’zan so‘taning asosidagi rovaglar yetarlicha rivojlanmagan holatlar uchrab turadi [1,3,6,7]. Ushbu holat hosildorlikni shakllantirish va makkajo‘xori donasining sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi[9].

So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligida resurslardan samarali foydalanish, mineral o‘g‘itlar yuklamasini kamaytirish va ekologik barqaror ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etishga katta e’tibor qaratilmoqda. Shu nuqtayi nazardan, biostimulyator va biopreparatlardan foydalanish zamonaviy o‘simlikshunoslikning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda.

Materiallar va uslublar. Keng qamrovli adabiyotlar qidiruvi *Scopus, Google scholar* ma’lumotlar bazasida amalga oshirildi, chunki u nufuzli jurnallardan olingan millionlab yuqori sifatli maqolalarni o‘z ichiga olgan eng to‘liq va keng qo‘llaniladigan bazalardan biridir. Barcha biopreparatlar tarkibi jihatidan quyidagi turlarga bo’linadi:



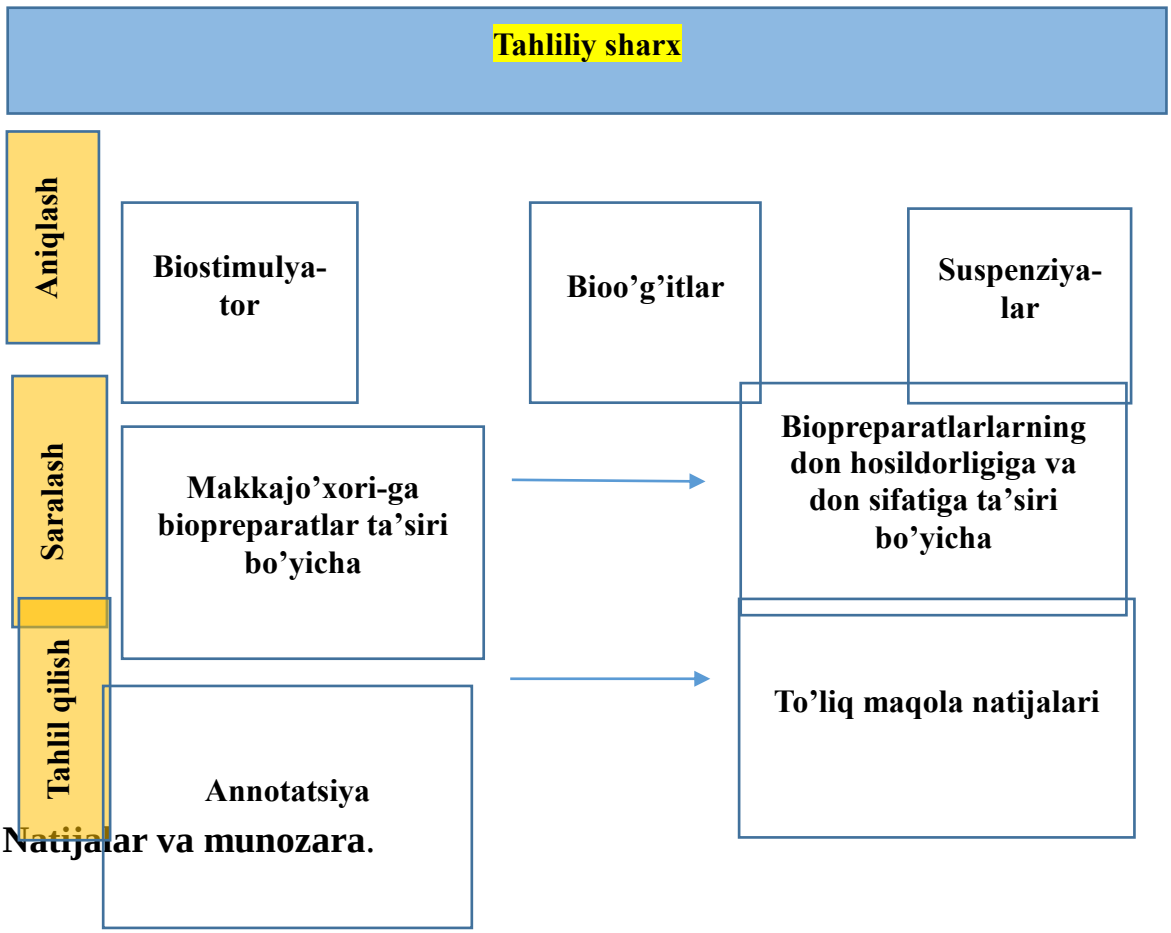
*Tahliliy sharxda avval mikrobiologik biopreparatlarning makkajo'xori hosildorligiga ta'siri bo'yicha maqolalar tahlil qilingan.

*So'ngra gumin va fulvo kislotali biopreparatlarning makkajo'xori hosildorligiga ta'siri bo'yicha maqolalar tahlil qilingan.

*Undan keyin dengiz suv o'tlari ekstraktlari fonida makkajo'xori hosildorligi o'zgarishi haqidagi maqolalar tahlil qilindi.

*Ohirida Fosforli biopreparat-lar makkajo'xori hosildorligiga ta'siri bo'yicha maqolalar tahlil qilingan(1-jadval).

1-jadval.



Natijalar va munozara.

Makkajo‘xori (*Zea mays* L.) don hosildorligini oshirish va agroekotizimlarning barqarorligini ta’minlashda biologik faol preparatlardan foydalanish so‘nggi yillarda dunyo miqyosida muhim ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylanmoqda. Ayniqsa, biostimulyatorlar, mikrobiologik o‘g‘itlar, o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi bakteriyalar (PGPR), arbuskulyar mikoriza zamburug‘lari (AMF), gumus va fulvo kislotalari, dengiz suvo‘tlari ekstraktlari hamda aminokislotalarga asoslangan preparatlarning makkajo‘xori o‘sishi va hosildorligiga ta’siri keng o‘rganilmoqda. 2024-yilda e’lon qilingan global sistematik tahlilda 2011–2023-yillarda chop etilgan 69 ta dala tadqiqoti umumlashtirilib, biostimulyatorlarning makkajo‘xori don hosildorligiga ta’siri kompleks baholangan. Tadqiqotlarda Osiyo 46,4 %, Janubiy Amerika 23,2 %, Yevropa 17,4 %, Afrika 11,6 % va Shimoliy Amerika 1,4 % ulush bilan ifodalangan[2].

Ilmiy adabiyotlar tahlili biopreparatlarning asosiy ta’sir mexanizmlari o‘simlikning oziqa elementlarini o‘zlashtirish qobiliyatini yaxshilash, ildiz tizimi rivojlanishini kuchaytirish, fotosintetik jarayonlarni faollashtirish, suvdan foydalanish samaradorligini oshirish va noqulay ekologik sharoitlarga chidamlilikni kuchaytirish bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Shu sababli zamonaviy biopreparatlar faqat mineral o‘g‘itlarning muqobili sifatida emas, balki o‘simlikning fiziologik jarayonlarini optimallashtiruvchi vosita sifatida ham qaralmoqda

Mikrobiologik biopreparatlar orasida PGPR guruhiga mansub bakteriyalar, xususan *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter* va ayrim *Rhizobium* turlari alohida ahamiyatga ega. Ushbu mikroorganizmlar azotni biologik bog‘lash, fosforni o‘simlik uchun o‘zlashtiriladigan shaklga o‘tkazish, fitogormonlar sintez qilish va ildiz atrofidagi mikrobiologik jarayonlarni faollashtirish orqali o‘simlikning oziqlanishini yaxshilashi mumkin. Global tahlilda *Azospirillum brasilense* yoki *Bradyrhizobium japonicum*ni makkajo‘xori duragaylari bilan birgalikda qo‘llash natijasida yuqori hosildorlik ko‘rsatkichlari qayd etilgan. Ayrim tajribalarda mikrobiologik preparatlarning mineral o‘g‘itlar bilan birgalikdagi qo‘llanilishi alohida qo‘llashga nisbatan samaraliroq bo‘lgan[2].

Arbuskulyar mikoriza zamburug‘lari ham makkajo‘xori yetishtirishda istiqbolli biopreparatlar qatoriga kiradi. Mikoriza o‘simlik ildizi bilan simbiotik munosabat hosil qilib, ildizning oziqlanish maydonini kengaytiradi va ayniqsa fosfor hamda suvning o‘zlashtirilishiga yordam beradi. Dala tadqiqotlarida AMF preparatlarini mineral o‘g‘itlarning kamaytirilgan me’yorlari bilan birgalikda qo‘llash ayrim sharoitlarda makkajo‘xori hosildorligini sezilarli oshirgan. Masalan,

global tahlilda AMF + 50 % NPK kombinatsiyasi ayrim tajriba maydonlarida nazorat variantiga nisbatan 138–141 % gacha yuqori hosil shakllanishiga olib kelgani qayd etilgan. Biroq ushbu samaradorlik tuproqdagi fosfor miqdori, nav yoki duragay genotipi va agroekologik sharoitga kuchli bog‘liq.

Gumus va fulvo kislotalariga asoslangan biostimulyatorlar ham makkajo‘xori hosildorligini oshirishda keng tadqiq qilinmoqda. Ular tuproqdagi oziqa elementlarining harakatchanligini yaxshilash, ildizlarning rivojlanishini rag‘batlantirish, azotdan foydalanish samaradorligini oshirish hamda o‘simlikning qurg‘oqchilikka chidamliligini kuchaytirishi mumkin. Ayrim tadqiqotlarda gumus kislotasining mineral yoki nazorat qilinadigan ajraluvchi azotli o‘g‘itlar bilan kombinatsiyasi yuqori hosil bergan. 2026-yilda e’lon qilingan dala tajribasi va global meta-tahlilni birlashtirgan tadqiqotda gumus kislotasini azotli o‘g‘itlar bilan uyg‘unlashtirish makkajo‘xori hosildorligini an’anaviy urea qo‘llashga nisbatan 34,0–43,1 % oshirgani hamda azotdan foydalanish samaradorligini yaxshilagani xabar qilingan.

Dengiz suvo‘tlari ekstraktlari asosidagi biostimulyatorlar ham istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Bunday preparatlar tarkibidagi biologik faol moddalar, mineral elementlar, polisaxaridlar va boshqa birikmalar o‘simlikning fiziologik faolligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Adabiyotlarda *Kappaphycus alvarezii* va *Gracilaria edulis* ekstraktlarining makkajo‘xori hosildorligini oshirishi qayd etilgan; ayrim tadqiqotlarda mos ravishda 18,54 % va 26,04 % gacha hosil qo‘shimchasi kuzatilgan[4].

Biopreparatlarning yana bir muhim jihati — **qurg‘oqchilik va sho‘rlanish kabi abiotik stress sharoitlarida ularning samaradorligi**dir. So‘nggi ilmiy sharhlarda mikrobial inokulyantlar, gumus va fulvo kislotalari hamda dengiz suvo‘tlari ekstraktlari makkajo‘xorida ildiz rivojlanishi, suv holati, fotosintetik faollik, antioksidant himoya va oziqa moddalari o‘zlashtirilishini yaxshilashi mumkinligi ko‘rsatilgan. Shu bilan birga, biostimulyatorlarning ta’siri universal emasligi, ularning samarasi genotip, preparat konsentratsiyasi, tuproq xususiyatlari, namlik rejimi va qo‘llash muddatiga bog‘liqligi ta’kidlangan.

Xulosa. Global tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, innovatsion biopreparatlar, xususan, PGPR bakteriyalari, arbuskulyar mikoriza zamburug‘lari, gumus va fulvo kislotalari hamda dengiz suvo‘tlari ekstraktlari makkajo‘xori (*Zea mays* L.) o‘sishi va don hosildorligini oshirishda istiqbolli vositalar hisoblanadi. Ular ildiz tizimi rivojlanishi, oziqa elementlari va suvning o‘zlashtirilishi hamda o‘simliklarning stress omillariga chidamliligini yaxshilaydi. Biopreparatlarni mineral o‘g‘itlar bilan uyg‘un qo‘llash ko‘plab tadqiqotlarda yuqori samaradorlikni ta’minlagan. Biroq

ularning ta’siri tuproq-iqlim sharoiti, preparat turi, qo‘llash me’yori va makkajo‘xori genotipiga bog‘liq. Shu bois mahalliy agroekologik sharoitlarda samarali biopreparatlar va ularning optimal qo‘llash texnologiyalarini aniqlash makkajo‘xori hosildorligini barqaror oshirishning muhim yo‘nalishi hisoblanadi.

Adabiyotlar ro’yxati

1. Махматмуродов А.У., Умурзаков Э.У. Формирование репродуктивных органов кукурузы в зависимости от фосфорного питания // Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги.- №1. 2017. б-45. (06.00.00. №4).
2. Integrating field experiments and meta-analysis to decipher the mechanisms underlying the yield-enhancing effect of humic acid on maize // Field Crops Research. — 2026. — Vol. 346. — 110618. DOI: 10.1016/j.fcr.2026.110618.
3. Abdinoor J. A., Hegedüs G., Awais M., Bede L., Stencinger D., Horváth B., Kulmány J. B., Temeltürk B. M., Licskai Á., Ambrus H., Vancsura M. M., Benedek G., Kalocsai R., Makkos-Káldi J., Tóth K. P., Zsebő S., Drucskó Z., Bedő V., Kulmány I. M. Not a Universal Solution: A Systematic Review of Context-Dependent AMF and AMF–PGPR Effects in Maize Production // Agriculture. — 2026. — Vol. 16, № 15. — 1635. DOI: 10.3390/agriculture16151635.
4. Володарский Н. И. Биологические основы возделывания кукурузы. — 2-е изд. — Москва: Агропромиздат, 1986. — 187 с.
5. Meena D. C., Birthal P. S., Kumara T. M. K. Biostimulants for sustainable development of agriculture: a bibliometric content analysis // Discover Agriculture. — 2025. — Vol. 3, № 1. — P. 1–14. DOI: 10.1007/s44279-024-00149-5.
6. Ocwa A., Mohammed S., Mousavi S. M. N., Illés Á., Bojtor C., Ragán P., Rátonyi T., Harsányi E. Maize Grain Yield and Quality Improvement Through Biostimulant Application: A Systematic Review // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. — 2024. — Vol. 24. — P. 1609–1649. DOI: 10.1007/s42729-024-01687-z.
7. Шпаар Д. Кукуруза. Киев: Альфа-стевя ЛТД, 2009,-с.396
8. Hong W. Ji-yunJ., Effect of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (Zea mays L.)//Agr.Sci.China.2007.6.N8,C.988-995.
9. Karimov B.S., Xudoyberdiyev R.J. Makkajo‘xori yetishtirish texnologiyasi. –Toshkent: O‘qituvchi, 2019

10. Uluqova S., Umurzakov E. “Makkajo‘xorini hosil organlarini shakllanishiga oziqlanish me’yorlarini ta’siri” // Agro kimyo himoya va o‘simliklar karantini. – 2026. – №1 (116). – DOI: 10.63241/2026148akhv.