

UDK: 664.631:632.

## MEVA VA SABZAVOTLARNI UZOQ VAQT SAQLASHDA EKOLOGIK XAVFSIZ O‘SIMLIK EPIFIT MIKROFLORALARI ASOSIDA BIOPREPARATLAR YARATISH TEXNOLOGIYASI

**Yegamberdieva Marjona Xusniddin qizi**

Qarshi davlat texnika universiteti

[egamberdiyevamarjona286@gmail.com](mailto:egamberdiyevamarjona286@gmail.com)

**Yaxyaeva Munavvar Abdukaxxarovna**

O‘zR FA Mikrobiologiya Instituti

[yakhyayeva\\_munavvar@mail.ru](mailto:yakhyayeva_munavvar@mail.ru)

### ANNOTASIYA

Mazkur tadqiqot meva va sabzavotlarni uzoq muddat saqlash davrida uchraydigan asosiy fitopatogenlarga (*Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger*) qarshi yangi samarali epifit shtammlarning antagonistik faolligini baholashga bag‘ishlangan. Laboratoriya tajribalarida yangi biotexnologiya asosida yaratilgan epifit biopreparatning fungitsidlik ta’siri nazorat guruhi va an’anaviy kimyoviy fungitsidlar bilan qiyosiy o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, epifit biopreparat *Botrytis cinerea* patogeni o‘rishini 89,5 %, *Penicillium expansum* ni 78 % va *Aspergillus niger* ni 81,5 % ga bostirib, yuqori biologik samaradorlik ko‘rsatdi. Bu esa qishloq xo‘jaligi maxsulotlarini saqlashda kimyoviy fungitsidlardan voz kechib, ekologik xavfli vaziyatni yumshatuvchi hamda maxsulot sifatini saqlab qoluvchi muqobil biologik usullarni joriy etish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

**KALIT SO‘ZLAR:** Epifit mikroorganizmlar, antagonistik faollik, biopreparat, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, saylash davridagi kasalliklar, biokontrol.

### АННОТАЦИЯ

Данное исследование посвящено оценке антагонистической активности новых эффективных штаммов эпифитных микроорганизмов против основных фитопатогенов (*Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger*), вызывающих порчу плодов и овощей при длительном хранении. В лабораторных

условиях фунгицидное действие эпифитного биопрепарата, созданного на основе новой технологии, сравнивалось с контрольной группой и стандартными химическими фунгицидами. Результаты показали, что эпифитный биопрепарат проявил высокую биологическую эффективность, подавляя рост *Botrytis cinerea* на 89,5 %, *Penicillium expansum* на 78 % и *Aspergillus niger* на 81,5 %. Полученные данные служат важной научно-практической основой для внедрения экологически безопасных биологических альтернатив химическим фунгицидам при хранении сельскохозяйственной продукции.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Эпифитные микроорганизмы, антагонистическая активность, биопрепарат, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, послеуборочные болезни, биоконтроль.

#### ABSTRACT

This study evaluates the antagonistic activity of newly isolated efficient epiphytic microbial strains against major phytopathogenic fungi (*Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger*) responsible for postharvest decay in fruits and vegetables. In laboratory experiments, the fungicidal efficacy of the novel technology-based epiphytic biopreparation was compared against an untreated control and standard chemical fungicides. The results demonstrated that the epiphytic biopreparation exhibited high biological efficacy, suppressing the growth of *Botrytis cinerea* by 89,5%, *Penicillium expansum* by 78 %, and *Aspergillus niger* by 81,5 %. These findings provide a solid scientific and practical foundation for replacing synthetic chemical fungicides with eco-friendly biological alternatives to ensure food safety and maintain produce quality during postharvest storage.

**KEYWORDS:** Epiphytic microorganisms, antagonistic activity, biopreparation, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, postharvest diseases, biocontrol.

#### KIRISH.

Meva va sabzavotlarni omborxonalarda uzoq muddat saqlash jarayonida fitopatogen zamburug‘lar *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger* tufayli yuzaga keladigan yo‘qotishlar global miqyosda 20-35 % ni tashkil etadi.

An'anaviy kimyoviy fungitsidlarning o'rniga mahalliy mahsulotlarning tabiiy epifit mikroflorasi *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* shtammlari asosida biopreparatlar yaratish mahsulot xavfsizligini ta'minlashning eng samarali ilmiy echimi hisoblanadi.

### ADABIYOTLAR TAHLILI.

Hozirgi vaqtda meva va sabzavotlarni uzoq muddat saqlash davrida kelib chiqadigan kasalliklarga qarshi sintetik kimyoviy fungitsidlardan foydalanish oziq-ovqat xavfsizligi, inson salomatligi va atrof-muhit muhofazasi nuqtai nazaridan jiddiy muammolarni keltirib chiqarmoqda. Jumladan, fitopatogenlarning kimyoviy preparatlarga nisbatan chidamliligi ya'ni, rezistentligi ortib borishi va mahsulotlarda zaharli qoldiqlarning to'planishi ilmiy jamoatchilikni tabiiy antagonist mikroorganizmlar asosidagi ekologik xavfsiz biopreparatlarni yaratishga undamoqda (Dukare et al., 2011; Janisiewicz & Korsten, 2002; Liu et al., 2013).

Tadqiqotlar ko'rsatishicha, meva va sabzavotlarning tabiiy yuza qismida yashovchi epifit mikroflora ya'ni, fillosfera mikrobiomini saqlash jarayonida faol himoya vazifasini bajaradi. Epifit bakteriyalar va antagonist zamburug'lar patogenlar bilan oziqa moddalar hamda yashash joyi (nisha) uchun raqobatlashish, shuningdek, maxsus antimikrob birikmalar ya'ni, antibiotiklar, uchuvchan organik birikmalarni ajratish orqali fitopatogenlar o'sishini samarali bostiradi. Xususan, *Botrytis cinerea* va *Penicillium* turkumidagi saqlash patogenlariga qarshi epifit shtammlardan foydalanish yuqori biologik samaradorlik ko'rsatishi ilmiy isbotlangan (Sharma et al., 2009; Aiyegoro, 2020).

Dunyo miqyosida olib borilgan so'nggi yillardagi ilmiy izlanishlar, sharhlar shuni ko'rsatadiki, saqlash davrida mikrobial bioagentlarni qo'llash dala sharoitiga nisbatan qulay va boshqariladigan muhit ya'ni, harorat, namlik hisobiga yuqori natija beradi. Yangi avlod biopreparatlarini yaratishda mahalliy meva-sabzavotlar yuzasidan ajratib olingan, yuqori antagonistik faollikka ega bo'lgan epifit shtammlardan foydalanish mahsulotning tovar ko'rinishini saqlash va mikrobial chirish jarayonlarining oldini olishning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi (Wisniewski & Wilson, 1992; Castoria et al., 2003; Wisniewski et al., 2025).

*Yanisevich V. Dj.* va boq. Tomonidan olib borilgan tadqiqotlar ko'rsatishicha, ximiyaviy fungitsidlarga nisbatan cheklanishlar va patogenlarning chidamliligi ortib borishi sharoitida binozarat qilish (BCPD) muhim muqobil echim hisoblanadi (*Janisiewicz & Korsten, 2002*).

*Rahman, M. A.* va boshqa tadqiqotchilarning fikricha, bog'dorchilik mahsulotlaridagi epifit mikroblar jamoasining xilma-xilligi hamda ularning antagonistik mexanizmlari saqlash davridagi kasalliklarni boshqarishda muhim o'rin tutadi. Hozirgi kunda epifit mikroorganizmlarning turli xil patogenlarga qarshi biokontrol roli keng o'rganilmoqda (*Rahman & Islam, 2023*).

*Vorstermans.B.* va boshqa tadqiqotchilarning qayd etishicha, mevalarni saqlash davrida chirishning oldini olish maqsadida hosil yig'im-terimidan oldingi va keyingi himoya choralari, masalan, *Philabuster* preparatlarini qo'llashni o'zaro uyg'unlashtirish yuqori samara beradi. Mevalarni saqlash jarayonida patogenlarga qarshi kurashishda fungitsidlarni qo'llash strategiyalarini takomillashtirish muhim ahamiyatga ega (*Vorstermans & Creemers, 2007*).

*Chen X.* va boshqa tadqiqotchilarning ta'kidlashicha, antagonistik epifit zamburug'lar va bakteriyalar saqlanayotgan mevalarda *Botrytis cinerea* hamda *Penicillium expansum* patogenlarining rivojlanishini samarali ravishda bostiradi. Saqlash davrida mevalarda uchraydigan asosiy mog'or zamburug'lariga qarshi epifit mikroorganizmlarning antagonistik ta'siri keng o'rganilgan (*Chen et al., 2021*).

*Gonzalez-Estrada R.* va boshqa tadqiqotchilarning ko'rsatishicha, saqlash davrida sintetik fungitsidlarni ekologik xavfsiz biopreparatlar bilan almashtirish sabzavotlarning sifatini saqlab qolish va ularda vitaminlarni saqlab qolishda muhim ahamiyat kasb etadi. Saqlash jarayonida sintetik fungitsidlar o'rnini bosuvchi biopreparatlar mahsulotlarning ozuqaviy qiymati va tovar ko'rinishini saqlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi (*Gonzalez-Estrada & Rodriguez-Garcia, 2023*).

*Patel V.* va boshqa tadqiqotchilarning qayd etishicha, qishloq xo'jaligi va saqlash davrida qo'llaniladigan mikrob bio-fungitsidlarini yaratish texnologiyasi, uning joriy tendensiyalari va kelajakdagi muammolari sohaning muhim

yo‘nalishlaridan biridir. Bio-fungitsidlarni tayyorlash texnologiyalarini ishlab chiqish va ularning amaliyotdagi qo‘llanilishi keng o‘rganilmoqda (Patel & Kumar, 2022).

### TADQIQOT METODOLOGIYASI.

**Tadqiqot ob’ektlari va shtammlarni ajratib olish.** Tadqiqotlar laboratoriya sharoitida meva va sabzavotlar yuzasidan ajratib olingan samarali epifit mikroorganizmlar shtammlari hamda asosiy saqlash patogenlari ishtirokida olib borildi. Fitopatogen test-kultura sifatida quyidagi zamburug‘lar shtammlari *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger*lardan foydalaniladi.

Epifit mikroorganizmlar sog‘lom mevalar yuzasidan yuvib olish va serial suyultirish usuli orqali ajratib olindi va ozuqa muhitlarida toza kultura holiga keltirildi.

**Antagonistik faollikni aniqlash ya’ni, ingibitsiya testlari.** Epifit shtammlarning saqlash patogenlariga qarshi fungitsidlik ta’siri va antagonistik faolligi laboratoriya sharoitida “in vitro” usulida baholandi.

Patogenlar agarli ozuqa muhitiga ekib chiqildi va ularning markaziga yoki atrofiga sinovdagi epifit shtammlar suspenziyasi tomchilab ekildi. Tajribalar ma’lum, 28-30<sup>0</sup> S harorat va namlikda termostatda inkubatsiya qilindi.

Patogenlar o‘shining bostirilish darajasi ya’ni, ingibitsiya foizi (%) nazorat (ishlov berilmagan) va kimyoviy fungitsid bilan solishtirgan holda quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi:

$$\text{Inhibitsiya (\%)} = \frac{R_c - R_t}{R_c} \times 100$$

Bu erda:  $R_c$  - nazoratdagi patogen koloniyasining radiusi (mm),

$R_t$  - variantdagi (biopreparat yoki fungitsid ta’siridagi) patogen koloniyasining radiusi (mm).

**Biopreparatni tayyorlash va qiyosiy tahlil variantlari.** Yangi texnologiya asosida yaratilgan epifit biopreparat yuqori antagonistik faollik ko‘rsatgan samarali shtammlar biomassasi asosida tayyorlandi. Tajribada samaradorlikni baholash uchun quyidagi 4 ta asosiy variant solishtirildi: 1) nazorat ya’ni, ishlov berilmagan variant; 2) kimyoviy fungitsid ya’ni, standart sifatida qabul qilingan kimyoviy vosita; 3) epifit

biopreparat ya'ni, yangi texnologiya asosidagi ishchi eritma; 4) patogen o'sishining bostirilish darajasi ya'ni, quruq og'irlik yoki koloniya diametrlarini o'lchash orqali aniqlangan ko'rsatkichlar.

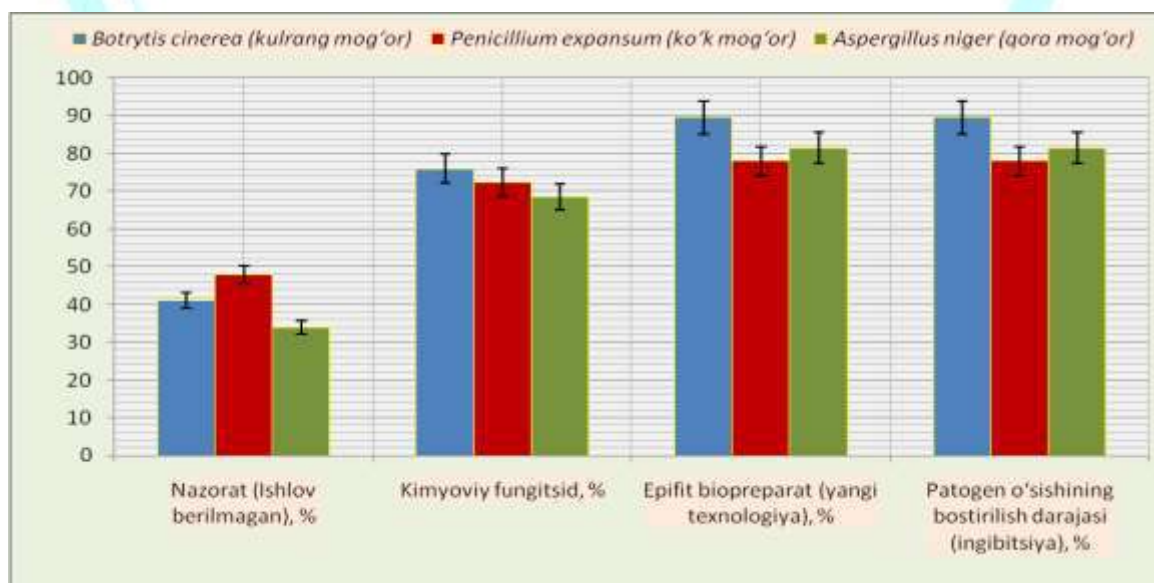
**Statistik ishlov berish.** Barcha laboratoriya tajribalari uch qaytariqli ravishda amalga oshirildi. Olingan raqamli ma'lumotlar Microsoft Excel va statistik tahlil dasturlari orqali matematik-statistik qayta ishlanib, ishonchlilik intervallari va o'rtacha qiymatlar aniqlandi.

## TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI.

### Epifit mikroorganizmlarning antagonistik faollik ko'rsatkichlari.

Ajratib olingan samarali epifit shtammlar asosida yaratilgan biopreparatlarning patogenlariga qarshi fungitsidlik ta'siri laboratoriya tajribalarida o'rganildi (1-rasm).

Taqdim etilgan laboratoriya tajribalari natijalari yangi ajratib olingan epifit mikroorganizmlar shtammlari asosida yaratilgan biologik preparatning qishloq xo'jaligi mahsulotlarini saqlash davrida uchraydigan asosiy fitopatogen zamburug'larga qarshi yuqori samaradorligini ko'rsatadi. Barcha sinov variantlarida yangi texnologiya asosidagi biopreparat an'anaviy kimyoviy fungitsid va ishlov berilmagan nazorat guruhidan sezilarli darajada ustun keldi.



1-rasm. Patogen turlari bo'yicha xususiy ko'rsatkichlar

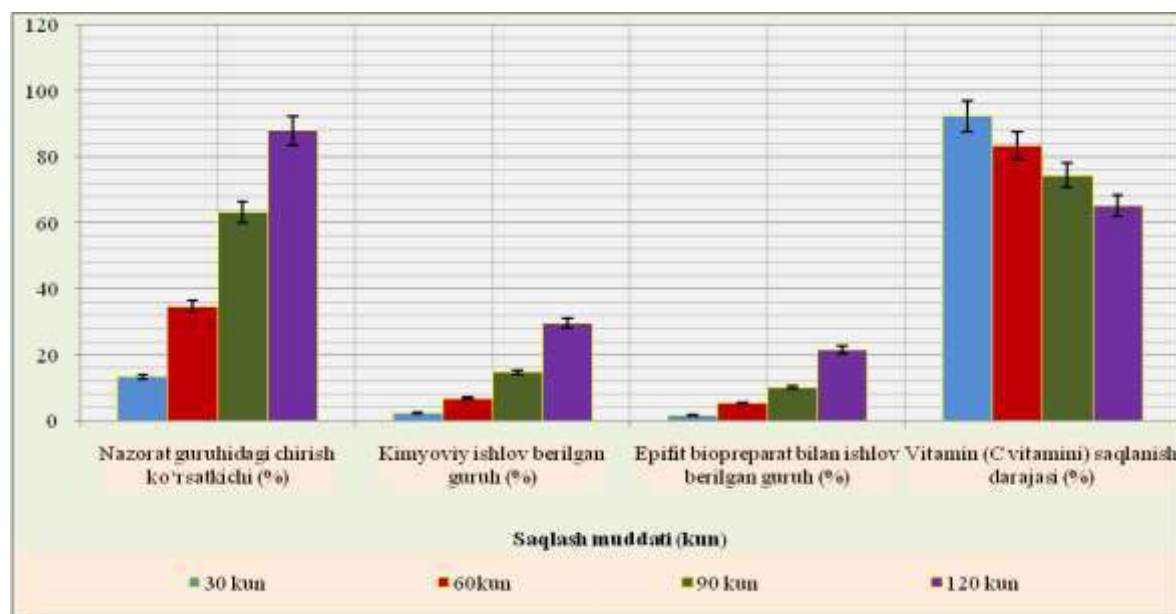
Yuqorida keltirilgan tadqiqot natijalarining umumiy tahliliga ko'ra, nazorat guruhida zararlanish ko'rsatkichi 41,2 % ni tashkil etgan bo'lsa, standart kimyoviy fungitsid yordamida patogen o'sishi 76% ga bostirilgan. Yangi texnologiya asosidagi epifit biopreparat esa eng yuqori natijani qayd etib, kulrang mog'orning rivojlanishini 89,5% ga ingibitsiya qilgan. *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* kabi patogenlarga qarshi kurashda nazorat ko'rsatkichi 48 % ga teng bo'lgan. Kimyoviy fungitsid 72,4 % natija ko'rsatgan bo'lsa, epifit biopreparat ko'k mog'orning o'sishini 78 % ga cheklashga muvaffaq bo'lgan.

*Aspergillus niger* qora mog'or ta'siri nazorat guruhida 34 % ni tashkil etgan. Kimyoviy preparat orqali ingibitsiya darajasi 68,5 % bo'lgani holda, epifit biopreparat bu ko'rsatkichni 81,5 % ga etkazgan

Yuqoridagi natijalardan ilmiy va amaliy xulosalar qiladigan bo'lsak, yuqori antagonistik faolligiga ko'ra, epifit shtammlarning patogenlar o'sishini 78 % dan 89,5 % gacha bostirishi ularning raqobatbardoshligi va samarali metabolitlar ya'ni, antibiotiklar, fermentlar ishlab chiqarish qobiliyatidan dalolat beradi. Olingan natijalar kimyoviy fungitsidlarning o'rnini bosuvchi xavfsiz va samarali biologik preparatlarni yaratish uchun ushbu shtammlarni amaliyotga keng joriy etish mumkinligini ilmiy jihatdan asoslaydi. Taqdim etilgan miqdoriy ma'lumotlarga ko'ra, barcha uchta asosiy saqlash patogeniga nisbatan epifit mikroflora asosidagi biopreparatning ingibitsiya qilish darajasi an'anaviy kimyoviy fungitsidlardan sezilarli darajada yuqori yoki ular bilan bir xil darajada yuqori samaradorlikka ega ekanligi isbotlandi. Bu esa kimyoviy moddalardan to'liq voz kechgan holda, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini ekologik toza va xavfsiz usulda uzoq muddat saqlash texnologiyasini yaratish ilmiy jihatdan to'g'ri va amalda samarali ekanligini anglatadi

### **Saqlash muddati va mahsulotning tovar sifati dinamikasi**

Omborxona sharoitida ya'ni, +2, +4°C harorat va 85-90 % nisbiy namlikda olib borilgan uzoq muddatli saqlash sinovlarining miqdoriy natijalari o'rganilib, ushbu tadqiqotlar uchta davrga bo'lingan. Tadqiqot natijalari dinamikasi quyida keltirilgan 2-rasmda o'z aksini topgan.



2-rasm. Saqlash muddati va mahsulotning tovar sifati dinamikasi

Keltirilgan tajriba natijalari meva va sabzavotlarni uzoq muddat saqlash jarayonida epifit mikroflorasi asosidagi biopreparatlarning kimyoviy fungitsidlarga nisbatan ustunligini va mahsulotning biologik qimmatligini saqlab qolishdagi yuqori samaradorligini ilmiy jihatdan isbotlaydi.

Yuqorida keltirilgan rasmdagi dinamik ko'rsatkichlarning qiyosiy tahlil qilganda, saqlashning boshlang'ich bosqichi 30 kunda nazorat guruhida tabiiy chirish jarayoni 13,4 % ni tashkil etgan bo'lsa, kimyoviy ishlov berilgan mevalarda bu ko'rsatkich 2,4% gacha kamaygan. Epifit biopreparat bilan ishlov berilgan guruhda esa chirish bor-yo'g'i 1,7 % ni tashkil etib, eng past yo'qotish qayd etilgan. Bu davrda S vitaminining saqlanish darajasi 92,4 % ga etgan.

O'rta davr ko'rsatkichlari 60-90 kunda, 60 kunlik saqlashda nazorat guruhida chirish 34,7 % ga etgan bo'lsa, biopreparat qo'llanilgan variantda bu ko'rsatkich atigi 5,4%, kimyoviy usulda 6,8 % bo'lgan. 90- kunga kelib, chirish ko'rsatkichi nazoratda 63,2 % ni tashkil etgan, biroq epifit biopreparatli guruhda bu raqam 10,2 % ga teng bo'lib, kimyoviy ishlov berilgan guruhdagi ko'rsatkichdan 14,7 % sezilarli darajada past chiqqan. S vitamini miqdori mos ravishda 83,5 % va 74,41 % saqlanib qolgan.

Yakuniy bosqich 120 kunda, to'rt oylik uzoq muddatli saqlash muddatining oxirida ishlov berilmagan nazorat guruhi mahsulotlarining 88 % qismi chirib yaroqsiz

holga kelgan. Kimyoviy fungitsid qo'llanilgan guruhda bu ko'rsatkich 29,5 % ni tashkil etgan. Epifit biopreparat bilan ishlov berilgan guruh esa eng yaxshi natijani ko'rsatib, mahsulotning asosiy qismini saqlab qolgan, chirish miqdori esa, 21,5 % bilan cheklangan. Bunda S vitaminining saqlanish darajasi 65,2 % ni tashkil qilgan.

### **XULOSALAR VA TAKLIFLAR.**

Olib borilgan tadqiqotlarning, ilmiy va amaliy xulosalariga ko'ra, taqdim etilgan miqdoriy ko'rsatkichlarga ko'ra, o'simlikning o'z tabiiy epifit mikroflorasi asosida yaratilgan biopreparatlar sintetik kimyoviy fungitsidlarga qaraganda mahsulotni saqlash samaradorligi bo'yicha ustunlik qiladi. Biopreparat mikroorganizmlari patogen zamburug'larning o'sishini uzoq muddat davomida barqaror bostirib borishi hisobiga mahsulotning chirish ko'rsatkichlarini kamaytiradi va meva va sabzavotlarning biologik qiymatini (xususan, S vitamini saqlanishini) yuqori darajada ta'minlaydi. Bu texnologiya qishloq xo'jaligida ekologik toza va zararsiz saqlash tizimlarini joriy etishning maqbul yo'li hisoblanadi.

Texnologik, ekologik va iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlariga ko'ra, saqlash muddati va mahsulotning tovar sifati dinamikasi shuni ko'rsatadiki, zaharli qoldiqlar konsentratsiyasi, sintetik fungitsidlarda mahsulot yuzasidagi qoldiq miqdori 0,05-0,2 mg/kg ni tashkil etsa, epifit biopreparatlarda bu ko'rsatkich 0,0 mg/kg (mutlaq ekologik toza mahsulot) ga teng.

Meva va sabzavotlarning yo'qotilishini qisqarishiga ko'ra, an'anaviy nazorat guruhiga nisbatan mahsulotning to'liq saqlanishi 18-25 % ga oshishi ta'minlandi.

Iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlariga ko'ra, biopreparatlarni ishlab chiqarish tannarxi import qilinadigan qimmatbaho kimyoviy fungitsidlarga nisbatan 15-20 % ga arzon bo'lib, eksportbop talablarga to'liq javob beradi.

O'simlikning o'z tabiiy epifit mikrobiotsenoziga asoslangan biologik preparatlarni yaratish va ishlab chiqarish texnologiyasi qishloq xo'jaligida kimyoviy yuklamani keskin kamaytirib, mahsulotning biologik qiymatini uzoq muddat saqlash imkonini beradi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.**

1. A.S. Dukare, R. Prasanna, S. Ch. Dubey, L. Nain, V. Chaudhary, R. Singh, Evaluating novel microbe amended composts as biocontrol agents in tomato Volume 30, Issue 4, April 2011, Pages 436-442 ScienceDirect [Journals & Books 10.1016/j.cropro.2010.12.017](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.12.017)
2. Janisiewicz, W. J., & Korsten, L. (2002). Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review of Phytopathology*, 40(1), 411-441. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158>
3. Tshifhiwa P. M., Olubukola O.B., Olayinka A.A. (2020). Exploitation of epiphytic bacterial antagonists for the management of post-harvest diseases of sweet pepper and other fresh produce-a viable option. *Biocontrol Science and Technology*, 30(8),751-768. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1775175>
4. Sharma, R. R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: A review. *Biological Control*, 50(3), 205-221. [10.1016/j.biocontrol.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.001)
5. Wisniewski, M., & Wilson, C. L. (1992). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: Recent advances. *HortScience*, 27(2), 94-98.
6. Rahman, M. A., & Islam, M. S. (2023). Epiphytic microbial communities on horticultural crops: Diversity, antagonistic mechanisms, and their role in postharvest disease management. *Postharvest Biology and Technology*, 198, 112245. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112245>
7. Vorstermans B, Creemers P. Screening preharvest/postharvest strategies to prevent fruit rot decay. *Commun Agric Appl Biol Sci*. 2007;72(4):909-15. PMID: 18396828
8. .Chen, X., Wang, Y., & Zhang, L. (2021). Suppression of *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* on stored fruits by antagonistic epiphytic easts and bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 130(4), 1210-1222. <https://doi.org/10.1111/jam.14855>

9. Gonzalez-Estrada, R., & Rodriguez-Garcia, A. (2023). Replacement of synthetic fungicides with eco-friendly bio-preparations in postharvest storage: Quality maintenance and vitamin retention in vegetables. *Scientia Horticulturae*, 312, 111834. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111834>
10. Patel, V. R., & Kumar, D. (2022). Formulation technology of microbial bio-fungicides for agricultural and postharvest applications: Current trends and future challenges. *Industrial Crops and Products*, 182, 114890. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114890>

INNORES