ISSIQXONA AGROEKOTIZIMLARIDA FITOPATOGEN ZAMBURUG‘LARGA QARSHI ANTAGONISTIK XUSUSIYATLI MIKROORGANIZMLARDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

Safarmamatova Dilyara Raufjon qizi
Samarqand davlat tibbiyot universiteti biotexnologiya, injinering va farmatsiya fakulteti talabasi
Mamadoliev Ikromjon Ilhomidinovich,
Toshkent shahridagi Kimyo xalqaro universiteti Samarqand filiali fundamental tibbiyot fanlari kafedrasi mudiri, dotsent, Samarqand, O‘zbekiston
Karjavov Abdixakim Raxmonovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti
Samarkand, Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0002-0156-9608

Annotatsiya. Maqolada issiqxona agroekotizimlarida o‘simliklarning fitopatogen zamburug‘lar keltirib chiqaradigan kasalliklaridan biologik himoya qilish imkoniyatlari tahlil qilingan. Yopiq grunt sharoitida harorat va nisbiy namlikning yuqoriligi, havo almashinuvining cheklanishi, substrat va tuproq namligining ortishi hamda o‘simliklarning zich joylashtirilishi fitopatogen mikroorganizmlarning rivojlanishi uchun qulay muhit yaratadi. An’anaviy kimyoviy fungitsidlardan uzoq muddat va takroriy foydalanish fitopatogenlarda rezistentlik shakllanishi, mahsulotda qoldiq moddalar to‘planishi va agroekotizim mikrobiotasiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi bilan bog‘liq muammolarni yuzaga keltiradi. Shu nuqtai nazardan, antagonist mikroorganizmlardan foydalanish ekologik xavfsiz va integratsiyalashgan himoya tizimining muhim yo‘nalishi hisoblanadi.

Tahlil natijalari Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas va ayrim Streptomyces turlarining fitopatogenlarga qarshi bir nechta biologik ta’sir mexanizmlariga ega ekanligini ko‘rsatadi. Ular orasida mikoparazitizm, ozuqa va makon uchun raqobat, antibiotik va fermentativ metabolitlar hosil qilish, sideroforlar sintezi hamda o‘simlikda induksiyalangan sistemali qarshilikni shakllantirish muhim ahamiyatga ega. Issiqxona sharoitida biologik agentlarning samaradorligi mikroiqlim, shtamm xususiyatlari, qo‘llash usuli, preparat formulyatsiyasi va patogenning rivojlanish bosqichiga bog‘liq.

Maqolada antagonist mikroorganizmlarni tanlash, laboratoriya va issiqxona sharoitida baholash, dozani monitoring ma’lumotlari asosida moslashtirish hamda ularni integratsiyalashgan o‘simliklarni himoya qilish tizimiga kiritish bo‘yicha amaliy yondashuvlar taklif etilgan. Antagonist mikroorganizmlarning monopreparat sifatida emas,

balki patogenning biologiyasi va issiqxona mikroiqlimiga moslashtirilgan kompleks biologik himoya tizimi tarkibida qo‘llanilishi istiqbolli yo‘nalish sifatida baholanadi.

Kalit so‘zlar: issiqxona agroekotizimi, fitopatogen zamburug‘lar, biologik himoya, antagonist mikroorganizmlar, Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas, mikoparazitizm, antibiotik metabolitlar, integratsiyalashgan himoya.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ С АНТАГОНИСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПРОТИВ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ В ТЕПЛИЧНЫХ АГРОЭКОСИСТЕМАХ

Сафармаматова Диляра Рауфжон кизи
Студентка факультета биотехнологии, инженерии и фармации
Самаркандского государственного медицинского университета
Мамадолиев Икромжон Илхомидинович,
Заведующий кафедрой фундаментальных медицинских наук Самаркандского филиала Международного университета Химии в городе Ташкенте, доцент,
Самарканд, Узбекистан
Каржавову Абдихакиму Рахмоновичу
Ассистент Самаркандского государственного медицинского университета
Самарканд, Узбекистан
https://orcid.org/0000-0002-0156-9608

Аннотация. В статье рассмотрены возможности биологической защиты растений от фитопатогенных грибов в тепличных агроэкосистемах. Повышенная температура и относительная влажность, ограниченный воздухообмен, избыточное увлажнение субстрата и почвы, а также высокая плотность размещения растений создают благоприятные условия для развития фитопатогенных микроорганизмов. Длительное и повторное применение химических фунгицидов сопровождается формированием устойчивости у патогенов, риском накопления остаточных веществ в продукции и нарушением микробиологического равновесия агроэкосистемы. В связи с этим использование микроорганизмов с антагонистическими свойствами рассматривается как одно из перспективных направлений экологически безопасной и интегрированной защиты растений.

Проведённый анализ показывает, что представители родов Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas и некоторых видов Streptomyces обладают комплексными механизмами подавления фитопатогенов. К основным механизмам относятся микопаразитизм, конкуренция за питательные вещества и пространство,

образование антибиотических и ферментативных метаболитов, синтез сидерофоров, а также индукция системной устойчивости растений. Эффективность антагонистических микроорганизмов в условиях защищённого грунта определяется температурой, относительной влажностью, особенностями штамма, способом внесения, формуляцией биопрепарата и фазой развития фитопатогена.

В работе рассмотрены принципы отбора эффективных микроорганизмов, их лабораторной и тепличной оценки, адаптивного определения дозы на основе мониторинга и интеграции биологических агентов в систему интегрированной защиты растений. Перспективным направлением является использование антагонистических микроорганизмов не изолированно, а в составе комплексной системы биологической защиты, адаптированной к биологии патогена и параметрам микроклимата конкретной теплицы.

Ключевые слова: тепличная агроэкосистема, фитопатогенные грибы, биологическая защита, антагонистические микроорганизмы, Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas, микопаразитизм, антибиотические метаболиты, интегрированная защита.

PROSPECTS FOR THE USE OF MICROORGANISMS WITH ANTAGONISTIC PROPERTIES AGAINST PHYTOPATHOGENIC FUNGI IN GREENHOUSE AGROECOSYSTEMS

Safarmamatova Dilyara Raufjon kizi
Student of the Faculty of Biotechnology, Engineering and Pharmacy of Samarkand State Medical University
Ikromjon Ilkhomidinovich Mamadoliyev
Associate Professor, Head of the Department of Fundamental Medical Sciences Samarkand Branch of Kimyo International University in Tashkent, Samarkand, Uzbekistan
Karjavov Abdikhakim Rakhmonovich
Assistant at Samarkand State Medical University
Samarkand, Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0002-0156-9608

Abstract. The article analyzes the prospects of biological protection of plants against phytopathogenic fungi in greenhouse agroecosystems. High temperature and relative humidity, restricted air circulation, excessive substrate and soil moisture, and high plant density create favorable conditions for the development and spread of phytopathogenic microorganisms. Long-term and repeated application of chemical fungicides may contribute to pathogen resistance, accumulation of pesticide residues, and disruption of the microbial balance of agroecosystems. Therefore, the use of microorganisms with antagonistic properties represents an important direction for environmentally sustainable and integrated plant protection.

The analysis demonstrates that microorganisms belonging to the genera Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas and some Streptomyces species possess multiple mechanisms for suppressing phytopathogenic fungi. The major mechanisms include mycoparasitism, competition for nutrients and ecological niches, production of antibiotic and hydrolytic metabolites, siderophore production, and induction of systemic plant resistance. The efficacy of antagonistic microorganisms under greenhouse conditions depends on temperature, relative humidity, strain-specific characteristics, application method, formulation stability, and the developmental stage of the pathogen.

The article considers the principles of selecting effective microorganisms, their laboratory and greenhouse evaluation, adaptive determination of application rates based on monitoring data, and integration of biological agents into integrated plant disease management systems. The use of antagonistic microorganisms not as isolated biological products but as components of a comprehensive biological protection system adapted to pathogen biology and greenhouse microclimate is considered a promising approach for sustainable greenhouse production.

Keywords: greenhouse agroecosystem, phytopathogenic fungi, biological control, antagonistic microorganisms, Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas, mycoparasitism, antibiotic metabolites, integrated plant protection.

Kirish

Issiqxona xo‘jaligi yuqori intensivlikdagi qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarish tizimi bo‘lib, unda harorat, namlik, yorug‘lik, mineral oziqlanish va sug‘orish rejimlarini boshqarish imkoniyati mavjud. Biroq o‘simliklar uchun qulay bo‘lgan ushbu nazorat qilinadigan muhit ko‘plab fitopatogen mikroorganizmlar, jumladan zamburug‘lar va

zamburug‘simon organizmlar uchun ham qulay ekologik sharoit yaratadi. Yuqori nisbiy namlik, barg yuzasida kondensatsiya, substratning ortiqcha namlanishi, havo harakatining yetarli emasligi va o‘simliklarning zich joylashishi kasalliklarning tarqalish xavfini oshiradi.

Issiqxona agroekotizimlarida Fusarium, Botrytis, Rhizoctonia, Pythium, Sclerotinia, Alternaria va boshqa fitopatogenlar turli ekinlarda ildiz chirishlari, poya va barg zararlanishlari, meva chirishlari hamda so‘lish sindromlarini keltirib chiqarishi mumkin. Bunday kasalliklar o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishini susaytiradi, hosildorlik va mahsulot sifatini pasaytiradi.

Fitopatogenlarni nazorat qilishda kimyoviy fungitsidlar uzoq vaqt asosiy vositalardan biri bo‘lib kelgan. Biroq fungitsidlarning takroriy qo‘llanilishi patogen populyatsiyalarida rezistentlik shakllanishi, mahsulotda qoldiq moddalar muammosi va foydali mikroorganizmlarga salbiy ta’sir kabi masalalarni dolzarblashtirmoqda. Shuning uchun biologik himoya vositalarini integratsiyalashgan o‘simliklarni himoya qilish tizimiga kiritish ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Siz taqdim etgan issiqxona biologik nazorati protokolida ham biologik agentlardan foydalanishni monitoring, mikroiqlim parametrlari va adaptiv boshqaruv bilan bog‘lash zarurligi ta’kidlangan. Xususan, biologik nazorat samaradorligi harorat, nisbiy namlik, agentning hayotiyligi va qo‘llash usuliga bog‘liq ekanligi ko‘rsatilgan.

Antagonist mikroorganizmlardan foydalanishning muhim jihati ularning fitopatogenlarga bir nechta mexanizm orqali ta’sir ko‘rsatishidir. Masalan, Trichoderma turlari mikoparazitizm, ozuqa va makon uchun raqobat, gidrolitik fermentlar hamda ikkilamchi metabolitlar hosil qilish orqali fitopatogenlarni cheklashi mumkin. Bacillus turlari esa lipopeptidlar, sideroforlar va litik fermentlar ishlab chiqarishi hamda o‘simlik himoya reaksiyalarini rag‘batlantirishi bilan ahamiyatlidir.

Tadqiqotning maqsadi - issiqxona agroekotizimlarida fitopatogen zamburug‘larga qarshi antagonistik xususiyatli mikroorganizmlardan foydalanishning ilmiy asoslari, ta’sir mexanizmlari, samaradorlikka ta’sir etuvchi omillar va ularni integratsiyalashgan biologik himoya tizimiga joriy etish istiqbollarini tahlil qilish.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Fitopatogenlarga qarshi biologik kurashda antagonist mikroorganizmlardan foydalanish konsepsiyasi o‘simlik–mikroorganizm munosabatlarini boshqarishga asoslanadi. Ushbu yo‘nalishda Trichoderma, Bacillus,

Pseudomonas, Streptomyces va boshqa mikroorganizmlar eng ko‘p o‘rganilgan biologik agentlar qatoriga kiradi.

Trichoderma turlarining antagonistik xususiyatlari

Trichoderma turlari fitopatogen zamburug‘larga qarshi biologik kurashda eng ko‘p o‘rganilgan mikroorganizmlardan hisoblanadi. Ularning asosiy afzalligi bir vaqtning o‘zida bir nechta ta’sir mexanizmlarini namoyon qilishi bilan bog‘liq.

Birinchi mexanizm - mikoparazitizm. Bunda Trichoderma gifalari patogen zamburug‘ gifalari bilan bevosita kontaktga kirishib, ularni o‘rab oladi va xitinaza, β-1,3-glyukanaza, proteaza kabi fermentlar yordamida hujayra devorini parchalaydi.

Ikkinchi mexanizm - ozuqa va makon uchun raqobat. Trichoderma tez o‘sishi va rizosferani kolonizatsiya qilishi natijasida fitopatogenlar uchun mavjud ekologik nishalarni qisqartiradi.

Uchinchi mexanizm - antibioz. Ayrim Trichoderma shtammlari fitopatogenlarning o‘sishini cheklovchi ikkilamchi metabolitlar va uchuvchan organik birikmalar hosil qiladi. Adabiyotlarda Trichodermaning ushbu mexanizmlari uni keng spektrli biologik agent sifatida qo‘llash uchun asos bo‘lishi ta’kidlangan.

To‘rtinchi muhim mexanizm - o‘simlik immun tizimini faollashtirish. Ayrim Trichoderma shtammlari o‘simlikda induksiyalangan sistemali qarshilik reaksiyalarini kuchaytirishi mumkin. Bu holat patogen bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri kontakt bo‘lmagan o‘simlik qismlarida ham himoya reaksiyalarining kuchayishiga olib keladi.

Bacillus turlarining imkoniyatlari. Bacillus avlodiga mansub bakteriyalar ham fitopatogen zamburug‘larga qarshi istiqbolli biologik agentlar hisoblanadi. Ularning asosiy xususiyatlaridan biri spora hosil qilish qobiliyati bo‘lib, bu preparatlarni saqlash va formulyatsiya qilish jarayonida amaliy ustunlik berishi mumkin.

Bacillus subtilis va unga yaqin turlar tomonidan sintezlanadigan surfaktin, iturin va fengitsin kabi lipopeptidlar turli fitopatogen zamburug‘larning o‘sishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, sideroforlar va gidrolitik fermentlar hosil qilinishi patogenlar bilan ozuqa uchun raqobatni kuchaytiradi.

Pseudomonas va boshqa rizosfera mikroorganizmlari. Pseudomonas turlari rizosferada faol kolonizatsiya qilish, sideroforlar va antimikrob birikmalar ishlab chiqarish hamda o‘simlik o‘sishini rag‘batlantirish xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli

ularni rizosfera patogenlariga qarshi kompleks biologik himoya dasturlarida qo‘llash imkoniyatlari o‘rganilmoqda.

Streptomyces va boshqa foydali mikroorganizmlar ham antibiotik birikmalar, fermentlar va sideroforlar hosil qilish xususiyatlari tufayli fitopatogenlarni biologik nazorat qilishda potensial manba sifatida qaraladi.

Umuman, zamonaviy tadqiqotlar mikrobiologik biologik agentlarning ta’siri bitta mexanizm bilan cheklanmasligini ko‘rsatadi. Raqobat, antibioz, mikoparazitizm, fermentativ parchalanish va o‘simlik immunitetini induksiya qilish bir-birini to‘ldiruvchi mexanizmlar sifatida amal qilishi mumkin.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur maqola tahliliy-nazariy tadqiqot xarakteriga ega bo‘lib, fitopatogen zamburug‘larga qarshi antagonist mikroorganizmlardan foydalanish bo‘yicha ilmiy adabiyotlar va issiqxona biologik nazoratiga oid amaliy protokol materiallarini tizimlashtirish asosida tayyorlandi.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni qamrab oldi:

1. Adabiyotlarni tizimli tahlil qilish. Fitopatogenlarga qarshi Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas va boshqa mikroorganizmlarning biologik xususiyatlari tahlil qilindi.

2. Antagonistik ta’sir mexanizmlarini tasniflash. Mikoparazitizm, raqobat, antibioz, fermentativ ta’sir, sideroforlar sintezi va o‘simlikning sistemali qarshiligini induksiya qilish mexanizmlari alohida yo‘nalishlar bo‘yicha baholandi.

3. Issiqxona mikroiqlimi bilan bog‘liq omillarni tahlil qilish. Harorat, nisbiy namlik, substrat namligi, barg namligi, havo almashinuvi va o‘simliklarning zichligi biologik agent samaradorligiga ta’sir qiluvchi asosiy ekologik omillar sifatida ko‘rib chiqildi.

4. Monitoringga asoslangan yondashuv. Issiqxonada biologik nazorat monitoring natijalariga asoslanishi lozim. Taqdim etilgan protokolda vizual kuzatuv, namuna olish va mikroiqlim parametrlarini tizimli qayd etish biologik nazoratning muhim qismi sifatida keltirilgan.

5. Adaptiv boshqaruv prinsipi. Biologik agentning dozasi va qo‘llash intervali oldindan qat’iy belgilangan sxema emas, balki patogen bosimi, mikroiqlim va preparat samaradorligiga qarab qayta baholanadigan ko‘rsatkich sifatida qaraldi.

6. Integratsiyalashgan himoya tamoyili. Biologik agentlar profilaktik agrotexnik choralar, sanitariya, mikroiqlimni boshqarish va zarurat bo‘lganda selektiv kimyoviy vositalar bilan uyg‘unlashtirilishi nazarda tutildi.

Tahlil va natijalar. Antagonist mikroorganizmlarning asosiy ta’sir mexanizmlari

Tahlil natijalariga ko‘ra, antagonist mikroorganizmlarning fitopatogenlarga ta’siri quyidagi asosiy mexanizmlar orqali amalga oshishi mumkin:

Mexanizm	Asosiy mikroorganizmlar	Ta’sir xususiyati
Mikoparazitizm	Trichoderma	Patogen gifalarining bevosita zararlanishi
Oziqaviy raqobat	Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas	Ozuqa elementlari va ekologik nisha uchun raqobat
Antibioz	Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces	Antimikrob metabolitlar ta’siri
Fermentativ ta’sir	Trichoderma, Bacillus	Xitinaza, glyukanaza, proteaza va boshqa fermentlar
Sideroforlar	Bacillus, Pseudomonas	Temirni bog‘lash orqali patogenni cheklash
Induksiyalangan sistemali qarshilik	Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas	O‘simlikning ichki himoya mexanizmlarini faollashtirish

Ushbu mexanizmlarning kombinatsiyalangan ta’siri biologik agentlarning muhim xususiyati hisoblanadi. Bir mexanizmga asoslangan ta’sirdan farqli ravishda ko‘p komponentli antagonistik ta’sir patogen–o‘simlik–mikroorganizm munosabatlarini kompleks boshqarish imkonini beradi.

Issiqxona mikroiqlimining ahamiyati. Antagonist mikroorganizmning laboratoriya sharoitida yuqori faollik ko‘rsatishi uni issiqxonada ham xuddi shunday samarali bo‘lishini kafolatlamaydi. Buning asosiy sababi mikroiqlim parametrlarining o‘zgaruvchanligidir.

Yuqori namlik ba’zi mikrobiologik agentlarning kolonizatsiyasi uchun qulay bo‘lishi mumkin, biroq ortiqcha namlik bir vaqtning o‘zida fitopatogenlarning tarqalishini ham kuchaytiradi. Shuning uchun biologik nazoratni faqat preparat qo‘llash bilan cheklash emas, balki mikroiqlimni boshqarish bilan birgalikda amalga oshirish zarur.

Issiqxona biologik nazorati bo‘yicha berilgan protokolda ham harorat va nisbiy namlik, substrat va barg namligi kabi ko‘rsatkichlarni monitoring qilish tavsiya etilgan.

Biologik agentni tanlash algoritmi. Fitopatogenga qarshi mikroorganizm tanlashda quyidagi ketma-ketlik maqbul hisoblanadi:

Patogenni aniqlash → patogenning rivojlanish sharoitlarini baholash → antagonist shtammni tanlash → laboratoriyada antagonistik faollikni baholash → issiqxona sharoitida sinov → qo‘llash dozasi va intervalini belgilash → monitoring → natijaga qarab korreksiya.

Bunda patogenning turi, infeksiya manbai, kasallikning rivojlanish bosqichi va o‘simlikning fenologik holati hisobga olinishi kerak.

Monitoring va adaptiv qo‘llash. Issiqxona sharoitida biologik himoyaning samaradorligi monitoringning uzluksizligi bilan bevosita bog‘liq. Monitoring jarayonida:

- kasallangan o‘simliklar ulushi;
- kasallikning tarqalish darajasi;
- kasallik rivojlanish intensivligi;
- patogenning yangi o‘choqlari;
- havo harorati;
- nisbiy namlik;
- substrat namligi;
- barg yuzasining namligi

qayd etilishi mumkin.

Sizning mavjud protokolingizda monitoringni vizual kuzatuv, namuna olish va raqamli texnologiyalar bilan integratsiya qilish taklif etilgan. IoT sensorlari va raqamli tizimlardan foydalanish mikroiqlimni real vaqtda kuzatish va ma’lumotlar asosida qaror qabul qilish imkonini beradi.

Antagonist mikroorganizmlarni qo‘llashning istiqbolli modeli. Issiqxona sharoitida kelajakdagi biologik himoya tizimi quyidagi ko‘rinishda shakllanishi mumkin:

Fitosanitar monitoring → patogenni erta aniqlash → antagonist mikroorganizmni tanlash → profilaktik yoki erta terapevtik qo‘llash → mikroiqlimni korreksiya qilish → 7–10 kundan keyin qayta baholash → samaradorlikka qarab dozani/intervalni moslashtirish.

Bu yerda asosiy prinsip - biologik agentni maksimal miqdorda qo‘llash emas, balki patogen bosimiga mos optimal biologik yuklamani ta’minlashdir.

Sizdagi protokolda biologik agent dozasini zararkunanda zichligi, iqtisodiy zarar chegarasi va agent samaradorligiga bog‘lash modeli taklif qilingan. Fitopatogen zamburug‘lar uchun ushbu yondashuvni kasallik tarqalish darajasi va infeksiya bosimi ko‘rsatkichlari asosida adaptatsiya qilish mumkin.

Biologik preparatlarning cheklovlari. Antagonist mikroorganizmlardan foydalanishda bir qator muammolar mavjud. Eng muhimlariga:

- shtammga xos samaradorlik;
- issiqxona mikroiqlimiga sezuvchanlik;
- preparatning saqlanish barqarorligi;
- tirik mikroorganizmlar konsentratsiyasining vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi;
- patogenning rivojlanish bosqichiga bog‘liq samaradorlik;
- boshqa biologik agentlar va fungitsidlar bilan moslik;
- laboratoriya va real issiqxona natijalari o‘rtasidagi farq

kiradi.

Zamonaviy adabiyotlar ham Trichoderma va Bacillus asosidagi biologik agentlarning samaradorligi shtamm, formulyatsiya, qo‘llash texnologiyasi va tashqi muhit sharoitlariga sezilarli darajada bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi.

Shu sababli muayyan mikroorganizmni universal vosita sifatida baholashdan ko‘ra, patogen–o‘simlik–antagonist–mikroiqlim tizimi doirasida baholash ilmiy jihatdan asoslangan yondashuv hisoblanadi.

Xulosa. Issiqxona agroekotizimlarida fitopatogen zamburug‘larni nazorat qilishda antagonist mikroorganizmlardan foydalanish ekologik va agrotexnologik nuqtai nazardan istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas va Streptomyces kabi mikroorganizmlar fitopatogenlarni bir nechta biologik mexanizmlar orqali cheklashi mumkin.

Tahlil natijalari Trichoderma turlarida mikoparazitizm, ozuqa va makon uchun raqobat, antibioz hamda o‘simlik himoya reaksiyalarini induksiya qilish mexanizmlari alohida ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Bacillus va Pseudomonas turlarining antimikrob metabolitlar, sideroforlar va fermentlar ishlab chiqarishi ularni rizosferadagi fitopatogenlarga qarshi qo‘llash uchun istiqbolli biologik agentlarga aylantiradi.

Shu bilan birga, biologik preparat samaradorligini faqat mikroorganizmning antagonistik xususiyati bilan baholash yetarli emas. Issiqxona harorati, nisbiy namlik, substrat namligi, o‘simliklarning joylashish zichligi, patogenning rivojlanish bosqichi va preparat formulyatsiyasi ham hisobga olinishi zarur.

Amaliy tavsiyalar. Issiqxona agroekotizimlarida fitopatogenlarni erta aniqlash va muntazam fitosanitar monitoringni biologik himoya dasturining asosiy bosqichi sifatida

tashkil etish tavsiya etiladi. Aniqlangan patogen va ekin turiga mos holda Trichoderma, Bacillus va Pseudomonas shtammlarini tanlash, ularning antagonistik faolligini dastlab laboratoriya, keyin esa nazorat qilinadigan issiqxona sharoitida baholash maqsadga muvofiq.

Biologik preparatlarning dozasi va qo‘llash intervali qat’iy sxema asosida emas, balki kasallik tarqalishi, uning rivojlanish darajasi va monitoring natijalariga asoslangan adaptiv tizim sifatida belgilanishi lozim. Shu bilan birga, issiqxonada namlik, havo almashinuvi va kondensat hosil bo‘lishini nazorat qilish, biologik preparatlarni fungitsidlar bilan birgalikda qo‘llashda esa ularning biologik mosligini oldindan baholash zarur.

Kelgusida turli mexanizmlarga ega mikroorganizmlardan iborat mikrobial konsorsiumlarni o‘rganish, mahalliy ekin va fitopatogenlarga mos yuqori faol shtammlarni ajratish va standartlashtirish, shuningdek, IoT-sensorlar va raqamli monitoring tizimlarini biologik himoya algoritmlari bilan integratsiya qilish istiqbolli yo‘nalishlar hisoblanadi. Biologik himoya samaradorligini baholashda kasallik tarqalishi, kasallik rivojlanish indeksi, hosildorlik va mahsulot sifati kabi kompleks ko‘rsatkichlardan foydalanish tavsiya etiladi.

Umuman, antagonist mikroorganizmlardan foydalanishni erta diagnostika + fitosanitar monitoring + mikroiqlimni boshqarish + adaptiv biologik himoya + integratsiyalashgan himoya tamoyillariga asoslangan yagona tizim sifatida rivojlantirish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Karimov H.K. Agroekologiya asoslari. Toshkent: Fan, 2018. 256 b.
2. Norqobilov Sh.N. Biologik himoya vositalari va ularning samaradorligi. Samarqand: SamDU nashriyoti, 2020. 198 b.
3. J.J.Raxmatov Issiqxona agrotexnologiyasi va fitosanitar monitoring. Toshkent: Tafakkur, 2022. 312 b.
4. O.T.Tursunov O‘simliklarning biologik himoyasi. Toshkent: Yangi asr avlodi, 2017. 284 b.
5. Bondarenko N.V., Glushchenko L.A. Biologicheskaya zashchita rasteniy. Moskva: KolosS, 2016. 304 s.
6. Gallinger Yu.I. Integrirovannaya zashchita rasteniy. Moskva: Agropromizdat, 2014. 289 s.
7. Zakharenko V.A. Biologicheskie metody zashchity rasteniy. Sankt-Peterburg: Lan, 2018. 320 s.

8. Bale J.S., van Lenteren J.C., Bigler F. Biological control and sustainable food production // Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2008. Vol. 363. P. 761–776.
9. Buitenhuis R., Shipp L., Scott-Dupree C. Release strategies for biological control agents // BioControl. 2014. Vol. 59. P. 1–13.
10. Calvo F.J., Bolckmans K., Belda J.E. Biological control-based IPM in greenhouse crops // Crop Protection. 2015. Vol. 67. P. 54–62.
11. Chandler D., Bailey A.S., Tatchell G.M. The development of microbial biopesticides // Biological Reviews. 2011. Vol. 86. P. 328–348.
12. Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. Definitions of biological control // BioControl. – 2001. Vol. 46. P. 387–400.
13. Verma M., Brar S.K., Tyagi R.D., Surampalli R.Y., Valéro J.R. Antagonistic fungi, Trichoderma spp.: Panoply of biological control // Biochemical Engineering Journal. – 2007. Vol. 37, Issue 1. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.bej.2007.05.012.
14. Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. Trichoderma species - opportunistic, avirulent plant symbionts // Nature Reviews Microbiology. 2004. Vol. 2. P. 43–56.
15. Woo S.L., Ruocco M., Vinale F., Nigro M., Marra R., Lombardi N., Pascale A., Lanzuise S., Manganiello G., Lorito M. Trichoderma-based products and their widespread use in agriculture // The Open Mycology Journal. 2014. – Vol. 8. P. 71–126.
16. Chen J. et al. Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease // Frontiers in Microbiology. 2023. Vol. 14. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1160551.
17. Villavicencio-Vásquez M.V., Espinoza-Lozano F., Espinoza-Lozano L., Coronel-León J. Biological control agents: mechanisms of action, selection, formulation and challenges in agriculture // Frontiers in Agronomy. 2025. Vol. 7. DOI: 10.3389/fagro.2025.1578915.
18. Mechanisms of action and biocontrol potential of Trichoderma against fungal plant diseases – A review. // Ecological Complexity. – 2022. – Vol. 49. Article 100978. DOI: 10.1016/j.ecocom.2021.100978.
19. Non-chemical control of fungal pathogens in crops: a one-health perspective on strategies, mechanisms, and future directions. // Frontiers in Plant Science. – 2025.
20. Microbial biocontrol agents and the rhizosphere microbiome: integrating ecological function and climate resilience in sustainable agriculture. // Frontiers in Microbiology. 2026.
21. Licensed to protect: microbial biocontrol challenges and opportunities. // Trends in Plant Science. 2026. Vol. 31, Issue 8. P. 1102–1119. DOI: 10.1016/j.tplants.2026.03.012.
22. А.Р. Каржавов., Синтез ацетона, прямой гидратацией ацетилена с применением катализатора ILMIY AXBOROTNOMA 2021-yil, 1-son (125) TABIIY FANLAR SERIYASI Kimyo. Biologiya. Geografiya. Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro‘yxatdan o‘tish tartibi 09-25. Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro‘yxatiga kiritilgan.

23. A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Determination of Technological Parameters of Producing Vinylchloride from Acetylene Volume 3045 B AIP Conference Proceedings Namangan, (SCOPUS) Uzbekistan 4-5 May 2022 Editors Sherzod Korabayev, Plekhanov Aleksey, Hüseyin Kadoğlu, Salikh Sh Tashpulatov and Nosir Yuldashev Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them PTLICISIWS-2 2024 yil
24. A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Study of the Kinetics and Mechanism of the Reaction of the Catalytic Hydrochloration of Acytylene Volume 3045 B AIP Conference Proceedings Namangan, (SCOPUS) Uzbekistan. 4-5 May 2022 Editors. Sherzod Korabayev, Plekhanov Aleksey, Hüseyin Kadoğlu, Salikh Sh Tashpulatov and Nosir Yuldashev Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them PTLICISIWS-2 2024 yil
25. A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Azim Baykulov., Production of acetone by catalytic hydration of acetylene E3S Web of Conf. Volume 389, 2023 Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023) Article Number 01046 Number of page(s) 10 Section Materials Science Innovations, Green Chemistry and Emission Reduction DOI https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901046 Published online 31 May 2023 (SCOPUS)
26. A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Catalytic synthesis of acetone by direct hydration of acetylene E3S Web of Conf. Volume 389, 2023 Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023) Article Number 01046 Number of page(s) 10 Section Materials Science Innovations, Green Chemistry and Emission Reduction DOI https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901046 Published online 31 May 2023 (SCOPUS)