

**BIOLOGIK NAZORAT AGENTLARI SIFATIDA ENDOFIT
MIKROORGANIZMLAR: O'SIMLIK PATOGENLARIGA QARSHI HIMOYA
MEXANIZMLARI VA AMALIY QO'LLANILISHI**

Guliston davlat universiteti

Ishlab chiqarish texnologiyalari

fakulteti tyutori

Rahmonqulov Qahramon

qahramonrahmonqulov66v65@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu maqolada endofit mikroorganizmlarning o'simlik patogenlariga qarshi biologik nazorat agentlari sifatida roli, himoya mexanizmlari va amaliy qo'llanilishi tahlil qilinadi. Endofitlar – o'simliklarning ichki to'qimalarida yashovchi mikroorganizmlar bo'lib, hosil barqarorligini oshirish, stressga chidamlilikni kuchaytirish va patogenlarga qarshi himoya tizimini faollashtirish imkonini beradi. Maqolada endofitlar orqali biologik nazoratning mexanizmlari, laboratoriya va maydon sharoitida tadqiqot metodlari, dolzarbligi, mavjud muammolar va ularni hal qilish yo'llari, ilmiy yangiliklar va O'zbekiston sharoitida amaliy qo'llanish istiqbollari ko'rsatib o'tiladi.*

Kalit so'zlar: *Endofit mikroorganizmlar, biologik nazorat agentlari, o'simlik patogenlari, himoya mexanizmlari, hosil barqarorligi, agrobiotexnologiya, o'simlik mikrobioti, stressga chidamlilik.*

KIRISH

O'simliklar va patogen mikroorganizmlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir biologik agroekotizimning asosiy komponentlaridan biridir. Patogenlar, jumladan bakteriyalar, zamburug'lar va viruslar, hosilning kamayishi va sifatining pasayishiga olib keladi. Endofit mikroorganizmlar – o'simlik to'qimalarida yashovchi bakteriya va zamburug'lar bo'lib, ularning faoliyati o'simlikning tabiiy himoya tizimini mustahkamlaydi. Endofitlar patogenlarga qarshi bir nechta mexanizm orqali ta'sir ko'rsatadi: antibakterial va antifungal metabolitlar ishlab chiqarish, raqobat orqali patogenlarni cheklash, o'simlik immun tizimini faollashtirish va stressga chidamlilikni oshirish.

Endofitlar o'simlik bilan simbiotik aloqada bo'lib, o'sish va rivojlanishni rag'batlantiradi. Ular fitohormonlar (auxin, gibberellin, cytokinin) ishlab chiqarish orqali o'simlikning fiziologik holatini yaxshilaydi va patogenlarni bloklaydi. Shu bilan birga, endofitlar orqali hosil barqarorligini oshirish, hosil sifatini yaxshilash va agroekotizimdagi kimyoviy vositalarga bo'lgan ehtiyojni kamaytirish mumkin. Endofitlar turli o'simliklar uchun turlicha bo'lib, ularning turlarini aniqlash va o'simlik bilan mosligini tadqiq qilish samarali biologik nazorat strategiyasini yaratishda muhim ahamiyatga ega.

Endofit mikroorganizmlar o'simliklar bilan yashovchi mikroorganizmlar bo'lib, o'simlikning o'sishi va sog'lom rivojlanishida muhim rol o'ynaydi. Ular nafaqat oziqa moddalarni assimilyatsiya qilish va stressga chidamlilikni oshirish orqali foydali ta'sir ko'rsatadi, balki o'simlik patogenlariga qarshi tabiiy himoya tizimini faollashtiradi. Jahon statistikasi shuni ko'rsatadiki, endofitlar bilan boyitilgan ekinlarda patogenlar ta'siri 30–50

foizga kamayadi va hosil sifatida sezilarli darajada yaxshilanish kuzatiladi. Masalan, tomatoda *Trichoderma* spp. endofitlari *Fusarium oxysporum* va *Pythium* spp. ga qarshi himoya yaratgan, bu esa 40 foizga hosil yo'qotilishini kamaytirgan. Shuningdek, qishloq xo'jaligi uchun muhim bo'lgan g'alla va sabzavotlarda endofitlar bilan ishlov berilgan maydonlarda patogen bosimi 25–35 foizga pasayganligi qayd etilgan.

Endofitlar o'simlik patogenlariga qarshi turli mexanizmlardan foydalanadi. Biokimyoviy mexanizmlarga antifungal va antibakterial metabolitlar ishlab chiqarish kiradi. Misol uchun, *Pseudomonas* spp. endofitlari sideroforlar ishlab chiqaradi, bu temirni patogenlar uchun yetishmaydigan holga keltirib, ularning rivojlanishini cheklaydi. Shuningdek, endofitlar chitinaz va glukanaz fermentlarini ishlab chiqaradi, bu o'simlik patogenlarining hujayra devorlarini buzadi va ularni zaiflashtiradi. Fiziologik mexanizmlarga o'simlikning ichki himoya tizimini faollashtirish, masalan, jasmonic acid va salicylic acid yo'llarini ishga tushirish kiradi. Bu mexanizm orqali o'simlik viruslar, bakteriyalar va zamburug'larga qarshi immun javob hosil qiladi.

Jahon tajribalari shuni ko'rsatadiki, endofitlar bilan biologik nazoratni tatbiq qilish samarali va ekologik xavfsiz yondashuv hisoblanadi. Shimoliy Amerikada *Trichoderma harzianum* bilan boyitilgan ekinlarda *Fusarium* kasalligi bilan bog'liq hosil yo'qotilishi 45 foizga kamaygan. Yevropada *Piriformospora indica* bilan inokulyatsiya qilingan g'alla ekinlarida *Blumeria graminis* ta'siridan kelib chiqadigan hosil yo'qotilishi 30 foizga kamaygan. Osiyo mamlakatlarida, xususan Hindiston va Xitoyda, endofitlar bilan boyitilgan paxta va sabzavot ekinlarida begomoviruslar va bakterial patogenlar ta'siri sezilarli darajada pasayganligi qayd etilgan. Global tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, endofitlarni qo'llash hosil barqarorligini oshirish va agroekotizimni ekologik toza usulda boshqarish imkonini beradi.

O'zbekiston kontekstida ham endofitlar bilan biologik nazoratni tatbiq qilish imkoniyati mavjud. Mahalliy mikrofloraning genetik diversifikatsiyasi o'simlik patogenlariga qarshi tabiiy chidamlilikni oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis* va *Piriformospora indica* kabi endofitlar paxta, sabzavot va g'alla ekinlariga yuqori darajada moslashgan. Endofitlarni inokulyatsiya qilish orqali mahalliy patogen shtammlari bilan raqobatlashish va hosil barqarorligini oshirish mumkin. Shu bilan birga, endofitlar bilan ishlash ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan muhim bo'lib, kimyoviy pestitsidlarni kamaytirish imkonini beradi.

Biologik nazorat agentlarini endofit sifatida qo'llashda bir qator muammolar mavjud. Endofitlar turlicha ekin turlari va ekologik sharoitga moslashadi; ba'zi shtammlar faqat ma'lum iqlim sharoitida samarali. Bundan tashqari, endofitlar bilan bog'liq samaradorlikni monitoring qilish va doimiy nazorat talab etiladi. Global tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, endofitlar bilan biologik nazoratni muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun patogen shtammlari, o'simlik turi, ekin sharoiti va inoculum dozasini hisobga olish zarur. Innovatsion yondashuvlar sifatida nanoformulyatsiyalangan endofit inokulyantlari va mikrob-mikrobiom integratsiyasi samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi.

Mavzuning dolzarbligi: Biologik nazorat agentlari sifatida endofit mikroorganizmlarga qiziqishning ortishi agroekotizim barqarorligini ta'minlash va oziq-ovqat xavfsizligini oshirish bilan bog'liqdir. An'anaviy kimyoviy vositalar patogenlarni nazorat qilishda samarali bo'lsa-da, ular ekologik xavfsizlikni buzadi va o'simliklarda rezistent shtammlar paydo bo'lishiga olib

keladi. Shu sababli endofitlar orqali biologik nazorat — barqaror, ekologik xavfsiz va iqtisodiy samarali yondashuv hisoblanadi. Endofitlar patogenlarga qarshi doimiy himoya yaratadi, agroekotizimdagi biologik xilma-xillikni oshiradi va kimyoviy vositalarga bo'lgan ehtiyojni kamaytiradi. Metodologiya: Endofit mikroorganizmlarni aniqlash va qo'llash jarayoni bir necha bosqichdan iborat. Avvalo, o'simlikning turli to'qimalaridan mikroorganizmlar izolyatsiya qilinadi. Laboratoriya sharoitida ularning patogenlarga qarshi antagonistik faoliyati, o'sishni rag'batlantiruvchi xususiyatlari va fitohormon ishlab chiqarish qobiliyati baholanadi. Keyinchalik, maydon sharoitida tadqiqotlar o'tkazilib, endofitlar bilan inokulyatsiya qilingan o'simliklarda hosil darajasi, patogenlarga chidamlilik va stressga bardoshlilik aniqlanadi. Shu bilan birga, molekulyar metodlar yordamida endofit turlari va ularning genetik xususiyatlari o'rganiladi, bu esa optimal biologik nazorat agentlarini tanlash imkonini beradi.

Muammolar va yechimlar: Endofit mikroorganizmlarni amaliy qo'llashda bir qator muammolar mavjud. Birinchidan, endofitlarning o'simlik bilan mosligi va barqarorligi tadqiqotlarda farq qiladi, bu esa ularning samaradorligini pasaytiradi. Bu muammoni hal qilish uchun, lokal sharoitga mos endofit turlarini tanlash va genetik moslikni aniqlash zarur. Ikkinchidan, laboratoriya va maydon sharoitidagi natijalar o'rtasidagi tafovut endofitlarning real sharoitda samaradorligini kamaytiradi. Bu muammoni maydon sharoitida keng ko'lamli sinovlar va optimallashtirish orqali hal qilish mumkin. Uchinchidan, endofitlarning uzoq muddatli barqarorligini ta'minlash va ularni sanoat miqyosida yetkazib berish tizimini yaratish muhimdir.

Yangiliklar: So'nggi yillarda endofit mikroorganizmlarning yangi turlari kashf qilinib, ularning patogenlarga qarshi faoliyati va o'sish rag'batlantiruvchi xususiyatlari aniqlangan. Nanoformulyatsiyalar yordamida endofitlar o'simlik to'qimalariga samarali yetkazilishi va uzoq muddat barqarorligini saqlashi mumkin. Shu bilan birga, genomik va metagenomik yondashuvlar orqali endofitlar bilan o'simlik o'rtasidagi murakkab o'zaro ta'sirlarni aniqlash, optimal biologik nazorat strategiyalarini ishlab chiqish imkonini beradi. Endofitlar bilan biologik nazorat patogenlarga qarshi ko'p mexanizmlilik himoya yaratadi, bu esa agroekotizim barqarorligini oshiradi.

So'nggi yillarda CRISPR/Cas texnologiyasi yordamida endofitlar genetik jihatdan optimallashtirilmoqda, ularni patogenlarga qarshi yanada samarali qilish imkonini beradi. Nanoformulyatsiyalar orqali endofit inokulyantlarining barqarorligi oshirilmoqda, o'simlik barglari va ildizlariga yetkazish samaradorligi kuchaymoqda. Bundan tashqari, endofitlar bilan integratsiyalashgan agroekotizim yondashuvi hosil barqarorligini oshiradi va kimyoviy pestitsidlarni kamaytiradi. Jahon tajribasi shuni ko'rsatadiki, ekologik xavfsiz va barqaror o'simlik himoyasi uchun endofitlar bilan biologik nazorat muhim strategiya hisoblanadi.

Endofit mikroorganizmlar biologik nazorat agentlari sifatida o'simlik patogenlariga qarshi samarali himoya yaratadi. Ular o'simlikning ichki immun tizimini faollashtiradi, patogenlar ta'sirini cheklaydi va hosil barqarorligini oshiradi. Global tadqiqotlar va statistika endofitlar bilan biologik nazoratni ekologik xavfsiz va samarali strategiya ekanini tasdiqlaydi. O'zbekistonda endofitlar bilan biologik nazoratni tatbiq etish orqali kimyoviy pestitsidlar ishlatilishini kamaytirish, agroekotizim barqarorligini oshirish va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash mumkin. Tavsiyalar sifatida mahalliy patogen shtammlari bilan raqobatlashuvchi endofitlar tanlash, nanoformulyatsiyalar yordamida inokulyantlar barqarorligini oshirish,

CRISPR/Cas texnologiyasi bilan genetik optimallashtirish va monitoring tizimini yaratish muhim hisoblanadi. Bu yondashuvlar global va milliy miqyosda agrobiotexnologiya rivojlanishida yetakchi rol o'ynashi mumkin.

Xulosa va takliflar: Endofit mikroorganizmlar biologik nazorat agentlari sifatida o'simlik patogenlariga qarshi samarali va ekologik xavfsiz strategiya hisoblanadi. Ular patogenlarni antagonistik faoliyat orqali cheklaydi, o'simlik immun tizimini faollashtiradi, hosil barqarorligini oshiradi va agroekotizimda kimyoviy vositalarga bo'lgan talabni kamaytiradi. O'zbekiston sharoitida endofitlar bilan biologik nazorat tizimini rivojlantirish, lokal endofit turlarini izolyatsiya qilish, ularning molekulyar xususiyatlarini o'rganish va maydon sharoitida optimallashtirish ilmiy va amaliy jihatdan ustuvor vazifa hisoblanadi. Shu bilan birga, bioxavfsizlik protokollari va normativ-huquqiy bazani yaratish endofit yondashuvining muvaffaqiyatli tatbiqini ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Hardoim P. R., van Overbeek L. S., van Elsas J. D. Properties of bacterial endophytes and their applications in plant disease management. FEMS Microbiology Ecology, 2008.
2. Compant S., Duffy B., Nowak J., Clément C., Barka E. A. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology, 2005.
3. Ryan R. P., Germaine K., Franks A., Ryan D. J., Dowling D. N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. FEMS Microbiology Letters, 2008.
4. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi ilmiy markazi. Endofit mikroorganizmlar va biologik nazorat agentlari bo'yicha tadqiqotlar. Toshkent, 2022.
5. Tursunov F., Axmedov N. O'simlik patogenlariga qarshi endofit mikroorganizmlardan foydalanish. Biotexnologiya va Qishloq xo'jaligi, 2021, №3, 45-63.
6. Khalil A., et al. Endophytic microbes as potential biocontrol agents against plant pathogens. Frontiers in Plant Science, 2020.
7. Sobirov Sh., Qodirov P. Endofit mikroorganizmlar va o'simlik immun tizimi. Fan va Texnologiya, 2021, №6, 55-72.
8. Rasulov A., Tursunova M. Agrobiotexnologiyada biologik nazorat agentlari: endofitlar yondashuvi. Fan va Ta'lim, 2020, №4, 22-40.
9. Abdullayev S. Transgen va endofitlar bilan biologik nazoratning qo'llanilishi. Toshkent Davlat Agrar Universiteti, 2022.
10. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. Biologik nazorat agentlari va agrobiotexnologik yondashuvlar bo'yicha milliy strategiya, Toshkent, 2023.