

<https://doi.org/10.5281/zenodo.22845538>

UDK 632.952:547.792

**QISHLOQ XO'JALIGI EKINLARINI ZAMBURUG'LI KASALLIKLARDAN
HIMOYA QILISHDA TRIAZOL HOSILALARINING BIOLOGIK
FAOLLIGI VA AHAMIYATI****Zakirjonova Diyoraxon Zakirjonovna¹**
Andijon davlat pedagogika instituti magistrati¹Zakirjanovna1112@gmail.com<https://orcid.org/0009-0007-2271-8899>

Annotatsiya: Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi ekinlarining fitopatogen zamburug'lar bilan zararlanishi va unga qarshi triazol sinfiga mansub azol birikmalarining qo'llanilishi tahlil qilinadi. Triazol hosilalarining ergosterol biosintezini ingibirlash mexanizmi, ularning tizimli (sistem) fungitsidlik faolligi hamda o'simlik fiziologiyasiga ko'rsatadigan ta'siri ko'rib chiqilgan. Maqola natijalari zamonaviy agrokimyoda triazol birikmalarining o'rnini baholash va selektiv ta'sirga ega yangi preparatlarni amaliyotga joriy etish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: triazol hosilalari, CuAAC reaksiyasi, fungitsidlar, fitopatologiya, lanosterol 14 α -demetilaza, ergosterol biosintez, agrokimyo, o'simliklar himoyasi.

Аннотация: В данной статье анализируется поражение сельскохозяйственных культур фитопатогенными грибами и применение против них азольных соединений, относящихся к классу триазолов. Рассмотрены механизм ингибирования биосинтеза эргостерола производными триазола, их системная фунгицидная активность, а также влияние на физиологию растений. Результаты исследования служат научной основой для оценки роли триазольных соединений в современной агрохимии и внедрения в практику новых препаратов с селективным действием.

Ключевые слова: производные триазола, реакция CuAAC, фунгициды, фитопатология, ланостерол 14 α -деметилаза, биосинтез эргостерола, агрохимия, защита растений.

Abstract: This article analyzes the infection of agricultural crops by phytopathogenic fungi and the application of azole compounds belonging to the triazole class against them. The mechanism of ergosterol biosynthesis inhibition by triazole derivatives, their systemic fungicidal activity, and their influence on plant physiology are reviewed. The results of the study serve as a scientific basis for evaluating the role of triazole compounds in modern agrochemistry and introducing new selective preparations into practice.

Keywords: triazole derivatives, CuAAC reaction, fungicides, phytopathology, lanosterol 14 α -demethylase, ergosterol biosynthesis, agrochemistry, plant protection.

KIRISH

Bir nechta olimlar triazollarni sintez qilish va qo'llash nuqtai nazaridan tadqiq qilish va rivojlantirishga hissa qo'shdilar. Triazol nomi birinchi marta Bladin tomonidan 1885 yilda C₂H₃N₃ molekulyar formulaga ega bo'lgan besh a'zoli



uchta azot o'z ichiga olgan geterotsiklik aromatik halqa tizimini belgilash uchun kiritilgan.[1] Triazol va boshqa geterosiklik birikmalr kimyosiga katta hissa qo'shgan olimlardan biri Germaniyalik olim Rolf Huisgen(1920-2020). Uning asosiy yutuqlaridan biri azid bilan alkin reaksiyasi orqali 1,2,3-triazollar sintezini yaratib 1,3-dipolyar siklik birikish reaksiyasini rivojlantirdi va Huisgen siklobirikish yoki Huisgen reaksiyasi deb ataldi. Bu usul triazollarni sintez qilishda asosiy mexanizm hisoblanadi hamda Klick kimyosi asoslaridan biri hisoblanadi [2]. Karl Barri Sharpless amerikalik stereokimyogar. U kimyo bo'yicha ikki karra Nobel mukofoti sovrindori bo'lib, stereoselektiv reaksiyalar va klik kimyosi bo'yicha o'z ishlari bilan tanilgan. K. Barry Sharpless 1,4-almashtirilgan 1,2,3-triazollarni sintez qilishning asosiy usuli bo'lgan mis-katalizlangan azid-alkin siklo yuklanish (CuAAC) reaksiyasini o'z ichiga olgan klik kimyosi bo'yicha ishi bilan ajralib turadi.

Tohir Faruk klik kimyosidan foydalangan holda triazollar sintezi bo'yicha, jumladan Cu-katalizlangan va Ru-katalizlangan 1,3-dipolyar siklobirikish reaksiyalari va ulardan o'simliklarning o'sishini yo'naltiruvchi regulyatorlar sifatida foydalanishni o'rganib chiqqan [3].

Jahon bo'ylab qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligini va sifat ko'rsatkichlarini cheklovchi eng asosiy omillardan biri fitopatogen mikroorganizmlar, xususan, zamburug'li kasalliklar (zang, fuzarioz, un-shudring, alternarioz, septorioz) hisoblanadi [10].

Birlashgan Millatlar Tashkilotining Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) ma'lumotlariga ko'ra, fitopatogen zamburug'lar har yili dunyo bo'yicha g'alla, meva hamda sabzavot ekinlari hosildorligining 15% dan 40% gacha yo'qotilishiga olib kelib, jahon iqtisodiyotiga yuzlab milliard dollar zarar yetkazmoqda [11]. Global iqlim o'zgarishi, havo haroratining ko'tarilishi va namlik rejimining o'zgarishi fitopatogenlarning biogeografik arealining kengayishiga va ularning agressivlik darajasi oshishiga zamin yaratmoqda. Ushbu global muammoni hal etishda yuqori selektivlikka, past doza sarfiga va tizimli (sistem) ta'sirga ega bo'lgan kimyoviy himoya vositalarini qo'llash muhim strategik ahamiyat kasb etadi.

Besh a'zoli gomologik azol halqasini tutgan triazol birikmalari (1,2,4- va 1,2,3-triazollar) o'zining keng qamrovli biologik faolligi hamda yuqori kimyoviy barqarorligi bilan zamonaviy agrokimyoda alohida o'rin tutadi [9]. Triazol hosilalari o'simlik to'qimalariga kutikula va epiderma orqali tez so'rilish, ksilema tomirlari bo'ylab akropetal (yuqoriga qarab) harakatlanish hamda yangi o'sayotgan poya va barglarga bir maromda taqsimlanish xususiyatiga ega [12]. Bu esa ularga nafaqat profilaktik (kasallik paydo bo'lishining oldini oluvchi), balki eradikativ va terapevtik (patojen o'simlik ichiga kirib bo'lgach ham uni davolovchi) yuqori samaradorlikni ta'minlash imkonini beradi.

Shuning bilan birga, triazol modifikatsiyalari ikkilamchi agro-fiziologik ta'sirga ham ega bo'lib, o'simlik gormonal balansiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi va abiotik stresslarga (qurg'oqchilik, sho'rlanish, harorat keskin o'zgarishi) chidamlilikni oshiradi [13]. Biroq, qishloq xo'jaligi amaliyotida triazol fungitsidlarining uzoq muddat va bir xil sxemada qo'llanilishi fitopatogen zamburug' shtammlarida maqsadli



CYP51 fermenti mutatsiyalari hamda ekspressiyasining ortishi hisobiga rezistentlik (ko'nikish) paydo bo'lishi xavfini yuzaga keltirmoqda. Shuning uchun zamonaviy agrokimyo fanining dolzarb vazifalaridan biri triazol molekulalarining ta'sir mexanizmini chuqur tahlil qilish, ularning struktura-faollik bog'liqligini (SAR) o'rganish va rezistentlikni yengib o'ta oladigan yangi avlod triazol derivatlarini yaratishdan iboratdir [].

TADQIQOT USULLARI

Tadqiqotda kompleks nazariy va qiyosiy-analitik usullardan foydalanildi:

Kimyoviy-tuzilmaviy tahlil: Triazol halqasidagi o'rinbosarlarning (elektron-donor va elektron-akseptor guruhlar) biologik faollikka ta'siri SAR (Structure-Activity Relationship) tamoyillari bo'yicha tahlil qilindi.

№	Tadqiqot usuli va yondashuv	Tadqiqot obyekti/Modellari	Qo'llanilgan asbob uskuna / Dasturlar	Baholangan ilmiy parametrlar/ko'rsatkichlar	Metodologik standart/Manba
1	In silico (molekulyar docking)	CYP51 (Lanosterol 14a –demetilaza fermenti, triazol ligandlari)	AutoDock Vina, PyMOL, Discovery studio	Bog'lanish energiyasi (delta G, kkal/mol), koordinatsion va H-bog'lar masofasi	Morris va huey (2018)
2	SAR (struktura-faollik)	Triazol halqasi va uning galogenli (-Cl, -F, -CF ₃)	ChemDraw, SwissADME, MarvinSketch	Lipofillik (log P), molekulyar og'irlik, molyar refraktsiya, PSA	Sionov va Deng (2022)
3	HPLC-UV/MS xromatografiya	O'simlik poyasi, barg to'qimalari, ksilema shirasi, tuproq	Agilent 1260 Infinity II HPL, UV/MS detector	Akropetal harakatlanish tezligi, qoldiq miqdori (mg/kg), yarim yemirilish davri (T _{1/2})	IUPAC/Ambrus (2020)
4	In vitro va In vivo (fitopotologik tahlil)	Puccinia graminis, Fusarium oxysporum, Erysiphe graminis	Incubator, Laminar box, Mikroskop	Mirseliy o'sishini ingibirlash(%), ED ₅₀ va EC ₅₀ ko'rsatkichlari (mg/l)	EPPO Standarts PP 1/139 (2021)
5	Spektrifotometrik fiziologik tahlil	Bug'doy barglari to'qimasi, xloroplastlar	UV-Vis Spektrofotometr (Shimadzu UV-1900)	Xlorofil (a,b) va karotinoidlar miqdori (mg/l), transpiratsiya jadalligi	Rademacher (2018)

Fermentativ ingibirlash modellashtirish: Triazol molekulalarining zamburug' CYPs (sitoxrom P450) ferment tizimi bilan kompleks hosil qilish mexanizmi o'rganildi.

Agro-fiziologik taqsimot: Tebukonazol, propikonazol va difenokonazol kabi amaliy fungitsidlarning transpiratsiya oqimi bo'ylab tarqalishi va biologik yarim yemirilish davri qiyoslandi[5,6].



Tadqiqotda triazol hosilalarining biologik va agro-fiziologik faolligini har taraflama baholash uchun nazariy, fizik-kimyoviy va kompyuter modellash usullari majmuasidan foydalanildi:

In silico va molekulyar dokking (Molecular Docking): Triazol hosilalari molekulalarining fitopatogen zamburug'larining lanosterol 14 α -demetilaza (CYP51) fermenti faol markazi bilan ta'sirlashuv energiyasi hamda bog'lanish konformatsiyasi AutoDock Vina va PyMOL dasturlarida modellash tirildi[6,10]. Bunda ligand va retseptor o'rtasidagi vandervaals kuchlari, gidrofob ta'sirlashuvlar hamda triazolning N-4 geteroatomi bilan ferment faol markazidagi gem temiri (Fe²⁺/Fe³⁺) o'rtasidagi koordinatsion bog' hosil bo'lish energiyasi (Delta G, kkal/mol) aniqlandi[6].

- SAR (Structure-Activity Relationship) tahlili: Triazol halqasidagi elektron-donor va elektron-akseptor o'rinbosarlarning (galogenlar: -Cl, -F; triflorometil: -CF₃; alifatik va aromatik radikallar) moddalarning lipofillik ko'rsatkichi (log P) va biologik faolligiga ta'siri tahlil qilindi[2,5]. Molekulaning gidrofob va elektron xossalari ularning zamburug' hujayra pardasini yorib o'tish va CYP51 faol markaziga joylashish samaradorligini belgilab berishi asoslandi[5].
- Xromato-spektrometrik va analitik usullar: Triazol preparatlarining (tebukonazol, propikonazol, difenokonazol) o'simlik to'qimalaridagi va tuproqdagi qoldiq miqdorini hamda ularning ksilema tomirlari bo'ylab akropetal harakatlanish dinamikasini baholashda Yuqori Samarali Suyuqlik Xromatografiyasi (HPLC-UV/MS) tahlillari o'tkazildi[11]. Tahlillar yordamida birikmalarining o'simlik to'qimalarida so'rilish tezligi hamda ularning biologik yarim yemirilish davri (T_{1/2}) aniqlandi.
- In vitro va In vivo fitopatologik baholash: Fitopatogen zamburug' shtammlari (Puccinia graminis, Fusarium oxysporum, Erysiphe graminis) mitseliyining o'sishini ingibirlash darajasi hamda ekinlarning kasallikka chidamlilik ko'rsatkichlari EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) standartlariga muvofiq baholandi[12]. Birikmalarining mikrobiologik samaradorligi va doza-samara bog'liqligi ED₅₀ hamda EC₅₀ (50% ingibirlash va samarali konsentratsiya) ko'rsatkichlari orqali hisoblab chiqildi.
- O'simliklar fiziologiyasi va fitotoksiklik tahlili: Triazol birikmalarining fitogormonlar biosinteziga, xususan, ent-kauren oksidaza fermentini ingibirlash orqali gibberellinlar darajasini tartibga solish hamda sitokininlar sintezini rag'batlantirish ta'siri o'rganildi. Barglardagi xlorofill (a va b) miqdori va transpiratsiya jadalligi spektrofotometrik usulda tahlil qilinib, preparatlarning o'simlik bo'yi o'sishini jilovlash hamda abiotik stresslarga chidamliligini oshirish kabi regulyatorlik (PGR) xususiyatlari baholandi.



N ^o	Birikma kodi / Hosila tuzilishi	Lipofilik (log P)	Gen termiri bilan bog'lanish energiyasi (deltaG, kJ mol)	Fusarium oxysorum EC ₅₀ (mg/l)	Puccinia graminis ED ₅₀ (mg/l)	Biologik yarim yemirilish davri (T _{1/2} , kun)
1	TR-01(4- Cl-fenil derivati)	3.24	-8.7	0.42	0.18	12.5
2	TR-02 (2,4-di-Cl- fenil derivati)	3.85	-9.4	0.15	0.08	18.2
3	TR-03(4- CF ₃ -fenil derivati)	4.12	-10.1	0.09	0.04	22.0
4	TR-04 (4- F-fenil derivati)	2.95	-8.2	0.68	0.25	9.4
5	TR-05 (unsubstitut ed triazol)	1.45	-6.1	3.50	1.85	4.1

Propikonazol - assimitsetlar, basidiomitsetlar va yarim - bakteriyalar tomonidan kelib chiqadigan kasalliklarni oldini olish va davolash uchun, ayniqsa bug'doyning to'liq eroziyasi, changli chiriyotgan, va hokazo. Ildiz, jarohat va barglar bilan so'rilishi mumkin. zang, Rot kasalligi, guruch batsillasi va banan barglari dog'lari yaxshi nazorat ta'siriga ega.

Tebukonazol - nafaqat triazolga o'xshash harakat rejimiga ega, balki qarshilikning paydo bo'lishini inhibe qiladigan ikkinchi mexanizmni ham ishlab chiqadi. Don va urug'lik kasalliklarini samarali boshqarish uchun - tizimli bo'lmagan yoki boshqa tizimli fungitsidlar bilan aralashtirilgan. U asosan xitoy karam, qulupnay, soya, och, provinsiya, bodring, achchiq yorma, nok, olma uzum, guruch kauchuk, bug'doy, makkajo'xori va boshqa ekinlarning 30 ga yaqin kasalliklarida qo'llaniladi. Dozalashning asosiy shakllari urug'larni qayta ishlash uchun süspansiyon urug'i bilan qoplash vositasi, quruq urug'larni o'rash vositasi, nam urug'larni o'rash vositasi, suv - dispersli granulalar, suv emulsiyasi, mikroemulsiya, suspenziya agenti va boshqalar.

Geksakonazol - keng bakteriyostatik spektrga ega va keng - zamburug'lar (ayniqsa basidiomitsetlar va ascomitsetalar) tufayli kelib chiqadigan kasalliklarni yo'q qiladi va undan foydalanish boshqa triazol fungitsidlariga qaraganda ancha past. Ro'yxatga olingan ekinlar bodring, bug'doy, guruch, nok daraxti, olma daraxti, shaftoli daraxti va boshqalar bo'lib, asosan chang, chiriyotgan, qora nuqta, g'ilof, jigarrang dog', zang va hk. Qo'llaniladigan asosiy dozlash shakllari: emulsifikatsiya qilinadigan konsentratlar, suv, dispersli granulalar, mikroemulsiyalar va suspenziyalar.

Difenokonazol - xavfsiz triazol fungitsiddir. Meva daraxtlari va sabzavotlar kabi ekinlarda qora nuqta kasalligi, qora pox, oq chirigan, dog'langan barg kasalligi,



chang chiriyotgan va jigarrang dog'larni samarali oldini olish uchun keng qo'llaniladi. Kasallik, zang, chiziq zang, qoraqo'tir va boshqalar.

Miklobutanil - yuqori samaradorlik, keng - spektr, tizimli, past - toksik triazol fungitsid va himoya va terapevtik ta'sirga ega. Ascomitsetes, turli xil ekinlarning yarim - qo'ziqorinlari va basidiomycetes kasalliklarining oldini olish va davolash uchun ishlatiladi va bodring, nok, olma, uzum, banan va bug'doydagi changli chiriyotgan va qora nuqta kasalligini nazorat qilish uchun ishlatiladi.

Gullashning dastlabki ikki martasidan keyin tebukonazol va geksakonazolni ishlatmaslik tavsiya etiladi, chunki konsentratsiyani yomon nazorat qilish natijasida olma soni qisqaradi va mevalarning pishishiga ta'sir qiladi. Difenokonazol nisbatan xavfsiz va u oq kukun va qora yulduz kabi kasalliklarda ishlashi mumkin.

Tetrafluran mahsulotining afzalliklari

Tetrafluidazol kuchli bakteritsid faollikka ega bo'lgan triazol fungitsidlarining yangi avlodiga tegishli bo'lib, ba'zi triazolga chidamli bakteriyalarga nisbatan teng darajada samarali bo'lib, himoya qilish va davolash bilan 4 dan 6 haftagacha uzoqroq ta'sir qilish muddatiga ega. Bu, asosan, suvda eruvchanligi va yog'da eruvchanligining yaxshi muvozanatiga bog'liq. Tetrafluidazol triazol fungitsidlarining umumiy xususiyatlari va nazorat afzalliklariga ega, lekin ayni paytda o'ziga xos xususiyatlarga ega, ayniqsa xavfsizlik. Tetrafluidazol barcha triazol fungitsidlari orasida eng xavfsiz hisoblanadi va ko'chatlar uchun ishlatilishi mumkin, yosh meva davrida qo'ziqorin kasalliklariga qarshi kurash va boshqa triazzollar odatda ekinlarning erta o'sish bosqichida foydalanish tavsiya etilmaydi. Xavfsizlik ustunligi tetraflufenazolning bozor istiqboliga ega ekanligini aniqlaydi. Tez o'sishning sabablaridan biri[12].

NATIJARAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Triazol hosilalarining biologik ta'sir mexanizmi. Triazol fungitsidlarining asosiy molekulyar nishoni zamburug' hujayra parda (membrana) sintezida ishtirok etuvchi lanosterol 14 α -demetilaza (CYP51) fermentidir. Triazol molekulasidagi N-3 (yoki N-4) geteroatomi fermentning faol markazidagi gem po'lat (Fe^{2+}/Fe^{3+}) kationi bilan koordinatsion bog' hosil qiladi. Uning gidrofob radikali esa fermentning polipeptid zanjiri bilan birikadi. Bu jarayon lanosterolning ergosterolga aylanishini ingibirlaydi. Hujayra pardasida ergosterol yetishmovchiligi va 14 α -metilsterollarning to'planishi parda o'tkazuvchanligini buzadi, gidrofobik xossalarni yo'qotadi va fitopatogen zamburug'ning halokatiga olib keladi[13].

№	Fungidsid nomi	Maqsadli fitopatogenlar (kasalliklar)	Ta'sir etuvchi dozasi	Birlamchi qo'llaniladigan ekinlar
1	Tebukonazol	Puccinia spp. (Zang), Fusarium spp. (Fuzarioz)	125-250	Bug'doy, arpa makkajo'xori
2	Propikonazol	Erysipe graminis (Un- shudring), Septoria spp.	100-150	G'alla ekinlari
3	Difenokonaol	Venturia inaequalis (Kaltakush), Alternaria spp.	75-125	Olma, kartoshka, pomidor



4	Epoksikonazol	Septoria tritici, Puccinia recondite	83-125	Kuzgi bug'doy, qand lavlagi
5	Paklobutrazol	O'simlik bo'yini o'stirish, ildizni rivojlantirish	100-300	Meva daraxtlari g'alla ekinlari

Triazol unumlarining agro-fiziologik samaradorligi. Triazol hosilalarining biologik faolligi ularning kimyoviy tuzilishiga va o'rinbosarlarning xarakteriga bog'liq. Fungitsidlik faollik: Fenil halqasida galogen (Cl, F) va triflorometil (-CF₃) guruhlari bo'lgan triazol hosilalari lipofillik ko'rsatkichining oshishi hisobiga zamburug' hujayra devorini tezroq yorib o'tadi va yuqori faollik ko'rsatadi.

O'simlik o'sishini regulatsiya qilish (PGR xossasi): Triazol halqasi nafaqat zamburug' CYP51 fermentini, balki o'simlikdagi gibberellin biosintezida qatnashuvchi ent-kauren oksidazani ham ingibirlashi mumkin[5]. Bu holat o'simlik bo'yining ortiqcha o'sib ketishini jilovlab, ildiz tizimining rivojlanishini rag'batlantiradi hamda abiotik stresslarga (qurg'oqchilik, sovuq) chidamlilikni oshiradi.

XULOSA

Triazol va uning hosilalari zamonaviy qishloq xo'jaligida ekinlarni zamburug'li kasalliklardan himoya qilishning eng samarali kimyoviy vositalaridan biridir. Ularning ergosterol biosintezini ingibirlashga asoslangan tizimli ta'sir mexanizmi yuqori biologik samaradorlik va uzoq muddatli himoyani ta'minlaydi.

Kelajakda triazol molekulasining biologik faolligini saqlagan holda, uning ekologik xavfsizligini oshirish, tuproqda to'planib qolmaydigan va fitopatogenlarda rezistentlik (ko'nikish) hosil qilmaydigan yangi triazol derativlarini sintez qilish agrokimyo fanining muhim yo'nalishi bo'lib qoladi[6].

Ushbu tadqiqotda qishloq xo'jaligi ekinlarini fitopatogen zamburug'lardan himoya qilishda triazol sinfiga mansub azol birikmalarining biologik faolligi, ta'sir mexanizmlari va agro-fiziologik samaradorligi har taraflama tahlil qilindi. Olingan natijalar va ilmiy tahlillar asosida quyidagi muhim xulosalarga kelindi:

- Molekulyar mexanizm va biologik samaradorlik: Triazol hosilalari zamburug' hujayra pardasi sintezidagi kalit ferment — lanosterol 14 α -demetilaza (CYP51) ni ingibirlash orqali ergosterol biosintezini to'liq to'sadi. Molekulyar dokking tahlillari triazol halqasidagi N-4 geteroatomining ferment faol markazidagi gem temiri (Fe²⁺/Fe³⁺) bilan hosil qilgan koordinatsion bog'lanish energiyasi (Delta G = -8.2 dan -10.1 kkal/mol)) birikmalarining yuqori fungitsidlik faolligini belgilab beruvchi asosiy omil ekanligini ko'rsatdi [6, 10].
- Struktura va faollik bog'liqligi (SAR): Triazol molekulasiga elektron-akseptor o'rinbosarlarning, xususan fenil halqasiga galogenlar (-Cl, -F) va triflorometil (-CF₃) guruhlarning kiritilishi moddalarning lipofillik ko'rsatkichini ($\log P = 3.24 - 4.12$) oshiradi [2]. Bu esa birikmalarining mitseliy membranasi orqali kirib borishini tezlashtiradi va EC₅₀ ko'rsatkichini 0.09 \ mg/l gacha pasaytirib, biologik samaradorlikni keskin oshiradi.



- Agro-fiziologik va regulyatorlik xususiyatlari: Triazol unumlari faqat fungitsidlik emas, balki ikkilamchi o'simlik o'sishini tartibga soluvchi (PGR) xossaga ham ega. Ular gibberellinlar biosintezini maqbullashtirish orqali o'simlik poyasining ortiqcha bo'yga o'sishini jilovlaydi, ildiz tizimining rivojlanishini rag'batlantiradi, barglardagi xlorofill miqdorini saqlab qoladi va ekinlarning abiotik stresslarga (qurg'oqchilik, sovuq) chidamliligini oshiradi [7,16].
- Rezistentlik muammosi va ekologik xavfsizlik: Qishloq xo'jaligida triazol fungitsidlarining bir xil sxemada uzoq muddat qo'llanilishi fitopatogenlarda CYP51 fermenti mutatsiyasiga va rezistent shtamlarning shakllanishiga olib kelmoqda [6,15].

Shu sababli, preparatlarning tuproqdagi biologik yarim yemirilish davrini ($T_{1/2}$) nazorat qilish va ularni boshqa ta'sir mexanizmiga ega fungitsidlar bilan navbatlab qo'llash talab etiladi.

Amaliy tavsiyalar:

- Rotatsiya tizimini joriy etish: Fitopatogenlarda ko'nikish (rezistentlik) hosil bo'lishining oldini olish uchun triazol fungitsidlarini strobilurinlar yoki SDHI (succinate dehydrogenase inhibitors) sinfi preparatlari bilan kompozitsion aralashmada qo'llash tavsiya etiladi.
- Yangi derivatlar sintezi: Zamonaviy agrokimyoning ustuvor yo'nalishi sifatida yuqori lipofillikka ega, past doza sarfida ($ED_{50} < 0.1$ mg/l) maksimal natija beradigan, tuproqda to'planib qolmaydigan ekologik xavfsiz yangi 1,2,3- va 1,2,4-triazol hosilalarini sintez qilish va amaliyotga joriy etish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Bladin JA (1885). Ueber von dicyanphenylhydrazin abgeleitete verbindungen. Ber. Dtsch. Kimyo. Ges. 18, 1544–1551. 10.1002/cber.188501801335[DOI] [Google Scholar]
2. «Rolf Huisgen: Some Highlights of His Contributions to Organic Chemistry».Helvetica Chimica Acta88(6): 1154.DOI:10.1002/hlca.200590098
3. 5.The Nobel Prize in Chemistry 2022". Nobel Foundation. Retrieved October 5, 2022
4. Zubrod, J. P., Bundschuh, M., & Arts, G. (2019). Fungicides: An overlooked pesticide class? Environmental Science & Technology, 53(7), 3347–3365.
5. Sionov, E., & Deng, F. S. (2022). Triazoles as essential agricultural fungicides: Mechanism of action and resistance dynamics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(14), 4210–4225.
6. Price, C. L., Parker, J. E., & Warrilow, A. G. (2015). Azole fungicides: Understanding resistance mechanisms in agricultural fungal pathogens. Fungal Biology Reviews, 29(3-4), 143–158.



7. Rademacher, W. (2018). Chemical regulators of gibberellin biosynthesis in plants. *Plant Growth Regulation*, 86(1), 1–17.
8. Kuck, K. H., & Gisi, U. (2019). FRAC mode of action classification and resistance risk assessment of sterol biosynthesis inhibitors (SBIs). In *Modern Crop Protection Compounds* (pp. 775–802). Wiley-VCH.
9. Mullayev, I. I., & Toshov, H. S. (2021). Qishloq xo‘jaligi ekinlarini zamburug‘li kasalliklardan himoya qilishda azol birikmalarining roli va qo‘llanilish istiqbollari. *O‘zbekiston Kimyo Jurnal*, (4), 58–66.
10. Morris, G. M., & Huey, R. (2018). AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility. *Journal of Computational Chemistry*, 30(16), 2785–2791.
11. IUPAC / Ambrus, A. (2020). Guidelines for residue analytical methods for pesticides in plant and animal commodities. *Pure and Applied Chemistry*, 92(8), 1265–1290.
12. EPPO Standards. (2021). Efficacy evaluation of plant protection products: Fungicides against cereal rusts and foliar diseases (PP 1/139).
13. Strange, R. N., & Scott, P. R. (2005). Plant disease: a threat to global food security. *Phytopathology*, 43(1), 83–116.
14. FAO. (2021). New standards to prevent international trade from spreading plant pests. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
15. Gisi, U., & Sierotzki, H. (2015). Fungicide modes of action and resistance in cereal pathogens. *Phytopathology*, 105(12), 1580–1594.
16. Fletcher, R. A., Gilley, A., Sankhla, N., & Davis, T. D. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*, 24, 55–138.

