



UDK: 632.651:633.1:001.891

Navro'z D. HIMMATOV,

Tayanch doktorant, Termiz davlat universiteti, Termiz, O'zbekiston

E-mail: navruzhimmatovuz@gmail.com, ORCID: 0000-0001-3086-1245

Alisher Sh. XURRAMOV,

Biologiya fanlari doktori, professor, Termiz davlat universiteti, Termiz, O'zbekiston

B.f.n.dots Z.Nurova taqrizi asosida

G'ALLA EKINLARI NEMATODALARINI TADQIQ ETISH TARIXI VA ZAMONAVIY YO'NALISHLARI

Аннотация

Mazkur maqolada xorijiy mamlakatlar, Markaziy Osiyo hamda O'zbekistonda g'alla ekinlari (bug'doy, arpa, sholi va makkajo'xori) bilan bog'liq fitonematodalarni o'rganishning shakllanish bosqichlari va zamonaviy ilmiy yo'nalishlari tahlil qilindi. Ilmiy adabiyotlar asosida nematodologik tadqiqotlarning an'anaviy morfologik identifikatsiyadan molekulyar-taksonomik yondashuvlarga, jumladan DNK metabarkoding, real vaqt rejimidagi PZR va transkriptomik usullarga o'tish tendensiyasi yoritildi. Shuningdek, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* va *Hirschmanniella* avlodlariga mansub iqtisodiy jihatdan muhim parazit turlarga qarshi chidamli navlarni yaratish, populyatsiyalarni molekulyar monitoring qilish hamda tuproq bioindikatsiyasida nematodalardan foydalanishning hozirgi holati baholandi. Tadqiqot natijalari Surxondaryo vohasida g'alla ekinlari fitonematodalarini zamonaviy usullar asosida o'rganish uchun nazariy va metodologik manba sifatida xizmat qilishi mumkin.

Kalit so'zlar: fitonematodalar, g'alla ekinlari, bug'doy, sholi, makkajo'xori, molekulyar taksonomiya, DNK metabarkoding, *Heterodera*, *Pratylenchus*, nematodologiya.

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕМАТОД ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация

В статье проанализированы этапы формирования и современные направления исследований фитонематод зерновых культур (пшеница, ячмень, рис и кукуруза) в зарубежных странах, Центральной Азии и Узбекистане. На основе современных научных публикаций показан переход нематодологических исследований от традиционной морфологической идентификации к молекулярно-таксономическим подходам, включая ДНК-метабаркодирование, ПЦР в реальном времени и транскриптомные методы. Кроме того, рассмотрено современное состояние исследований по созданию устойчивых сортов против экономически значимых паразитических видов родов *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* и *Hirschmanniella*, а также вопросы молекулярного мониторинга их популяций и использования нематод в качестве биоиндикаторов состояния почвы. Полученные результаты могут служить теоретической и методологической основой для дальнейшего изучения фитонематод зерновых культур Сурхандарьинского региона.

Ключевые слова: фитонематоды, зерновые культуры, пшеница, рис, кукуруза, молекулярная таксономия, ДНК-метабаркодирование, *Heterodera*, *Pratylenchus*, нематология.

HISTORY AND MODERN TRENDS IN THE STUDY OF CEREAL CROP NEMATODES

Annotation

This article analyzes the historical development and current research trends related to phytonematodes of cereal crops, including wheat, barley, rice, and maize, in foreign countries, Central Asia, and Uzbekistan. Based on recent scientific literature, the transition from traditional morphological identification to modern molecular-taxonomic approaches such as DNA metabarcoding, real-time PCR, and transcriptomic analysis is highlighted. The study also evaluates current research on developing resistant crop varieties against economically important parasitic species belonging to the genera *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, and *Hirschmanniella*, as well as molecular monitoring of their populations and the application of nematodes as bioindicators of soil health. The presented materials may serve as a theoretical and methodological basis for future studies of cereal crop phytonematodes in the Surkhandarya region.

Keywords: phytonematodes, cereal crops, wheat, rice, maize, molecular taxonomy, DNA metabarcoding, *Heterodera*, *Pratylenchus*, nematology.

Kirish. Bugungi kunda oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash va aholini sifatli don mahsulotlari bilan uzluksiz ta'minlash global miqyosdagi dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi va iqlim o'zgarishlari sharoitida bug'doy, arpa, sholi hamda makkajo'xori kabi strategik ahamiyatga ega g'alla ekinlari hosildorligini oshirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M. Mirziyoyev agrar sohani modernizatsiya qilish, oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash va qishloq xo'jaligiga innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish zarurligini alohida ta'kidlagan [1]. Shu nuqtai nazardan, qishloq xo'jaligi ekinlariga zarar yetkazuvchi fitopatogen organizmlar, jumladan fitonematodalarni zamonaviy usullar asosida o'rganish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Fitonematodalar o'simlik ildiz tizimida parazitlik qilib, suv va oziq moddalar almashinuvini buzadi hamda hosildorlikning pasayishiga sabab bo'ladi. So'nggi yillarda nematodologiya sohasida klassik morfologik tadqiqotlardan

molekulyar-taksonomik yondashuvlarga o'tish kuzatilmoqda. Xususan, DNK metabarkoding, real vaqt rejimidagi PZR va transkriptomika usullari fitonematodalarni aniqlash hamda ularning populyatsion tarkibini baholashda keng qo'llanilmoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi g'alla ekinlari fitonematodalarini o'rganish tarixi va zamonaviy tadqiqot yo'nalishlarini tahlil qilish hamda O'zbekiston, xususan Surxondaryo vohasida istiqbolli nematodologik tadqiqotlar uchun ilmiy-uslubiy asoslarni yoritishdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. G'alla ekinlari fitonematodalarini o'rganishga oid tadqiqotlar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab faol rivojlana boshlagan. Dastlabki ilmiy ishlarda asosiy e'tibor nematodalarning morfologik tuzilishi, ekologik xususiyatlari hamda agrotsenozlardagi tarqalishini aniqlashga qaratilgan. O'zbekistonda fitonematodologiya yo'nalishining shakllanishida A.T. To'laganov, S.M. Karimova va O.M. Mavlonov kabi olimlarning ilmiy tadqiqotlari muhim ahamiyat kasb etadi. Ularning ishlarida respublikaning turli hududlarida uchraydigan fitonematodalar faunasi, ekologiyasi va xo'jayin o'simliklar bilan bog'liqligi yoritilgan.

So'nggi yillarda esa nematodologiya sohasida klassik morfologik yondashuvlardan molekulyar-taksonomik usullarga o'tish jarayoni kuzatilmog'na. Xalqaro ilmiy manbalarda, ayniqsa Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan maqolalarda fitoparazit nematodalarni aniqlash, monitoring qilish hamda ularga qarshi chidamli navlar yaratishga oid tadqiqotlar keng rivojlangan. Bug'doy va arpa agrotsenozlarida *Heterodera avenae*, *H. filipjevi*, *Pratylenchus thornei* va *P. neglectus* turlarining biologiyasi, patogenligi hamda hosildorlikka ta'siri chuqur o'rganilgan [2]. Ayrim tadqiqotlarda TaqMan real-time PCR va genetik markerlardan foydalanish orqali chidamli genotiplarni aniqlash imkoniyatlari ko'rsatib berilgan [3, 4].

Sholi ekinlarida *Meloidogyne graminicola* asosiy xavfli parazit sifatida baholanadi. Tadqiqotlarda ushbu turning Osiyo mamlakatlari qishloq xo'jaligiga katta iqtisodiy zarar yetkazayotgani qayd etilgan [8]. Zamonaviy ishlarda LAMP diagnostikasi, RNA-seq va transkriptomika texnologiyalari yordamida nematoda-o'simlik o'zaro munosabatlarini molekulyar darajada o'rganishga alohida e'tibor qaratilmoqda [9–11].

Makkajo'xori agrotsenozlariga oid ilmiy ishlarda esa asosan agroekologik monitoring, almashlab ekish tizimi va tuproq sog'lomligini baholash masalalari yoritilgan [13–15]. Xususan, DNK metabarkoding texnologiyasining qo'llanilishi tuproqdagi nematoda jamoalarini kompleks tahlil qilish imkoniyatini kengaytirdi [19].

O'zbekiston janubida A.Sh. Xurramov tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda bug'doy va yovvoyi boshqoqli o'simliklarda fitonematodalarning yuqori tur xilma-xilligi aniqlangan hamda ayrim turlar ilk bor respublika faunasi uchun qayd etilgan [18]. Biroq mavjud tadqiqotlarning aksariyati klassik morfologik yondashuvlarga asoslangan bo'lib, molekulyar-taksonomik yo'nalishdagi ishlar yetarli darajada rivojlanmagan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, xalqaro miqyosda fitonematodalarni molekulyar usullar asosida o'rganish jadal rivojlanayotgan bo'lsa-da, O'zbekistonning janubiy hududlarida, jumladan Surxondaryo vohasida ushbu yo'nalishdagi kompleks tadqiqotlar yetarli emas. Shu sababli hududiy nematodofaunani zamonaviy molekulyar diagnostika va metabarkoding usullari asosida o'rganish dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqot tizimli tahlil (Systematic Review) metodologiyasiga asoslangan bo'lib, g'alla ekinlari fitonematodalarini o'rganish bo'yicha mavjud ilmiy manbalarni tahliliy va qiyosiy baholashga yo'naltirildi. Tadqiqotda induktiv yondashuv qo'llanilib, xalqaro ilmiy adabiyotlarda keltirilgan nazariy va amaliy ma'lumotlar umumlashtirildi hamda zamonaviy nematodologik yo'nalishlarning rivojlanish tendensiyalari aniqlashtirildi.

Tadqiqotning axborot bazasini Scopus, Web of Science, PubMed va Google Scholar xalqaro ilmiy platformalarida indekslangan maqolalar tashkil etdi. Ma'lumotlarni izlash jarayonida "plant-parasitic nematodes", "cereal cyst nematodes", "wheat nematode resistance", "DNA metabarcoding in agriculture", "Meloidogyne graminicola" kabi tayanch kalit so'zlardan foydalanildi. Tadqiqot uchun asosan 2016–2025-yillarda chop etilgan ilmiy maqolalar, sharhlar va dissertatsiya materiallari saralab olindi. Adabiyotlarni tanlashda ularning ilmiy yangiligi, xalqaro ilmiy bazalarda indekslangani, mavzuga bevosita aloqadorligi hamda metodologik ishonchligiga alohida e'tibor qaratildi. Tahlil jarayonida klassik morfologik yondashuvlar bilan zamonaviy molekulyar-taksonomik usullar qiyosiy baholandi. Jumladan, fitonematodalarni identifikatsiya qilishda qo'llaniladigan PZR, real-time PCR, DNK metabarkoding va sekvenslash texnologiyalarining afzalliklari hamda amaliy qo'llanilish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Tadqiqot strategiyasi sifatida ilmiy manbalarni qiyosiy-tahliliy o'rganish usuli tanlandi. Olingan ma'lumotlarning ishonchligini ta'minlash maqsadida asosan Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan nufuzli xalqaro jurnallardagi maqolalardan foydalanildi. Tadqiqot natijalarining validligi turli manbalardagi ma'lumotlarni o'zaro solishtirish va ilmiy jihatdan umumlashtirish orqali asoslandi.

Mazkur metodologik yondashuv g'alla ekinlari fitonematodalarini o'rganishdagi zamonaviy ilmiy yo'nalishlarni tizimli ravishda baholash hamda O'zbekistonning janubiy hududlarida istiqbolli nematodologik tadqiqotlar uchun ilmiy-uslubiy asos yaratish imkonini berdi.

Tahlil va natijalar. Tarixiy va zamonaviy ilmiy manbalar tahlili natijasida g'alla ekinlari fitonematodalarini o'rganish yo'nalishida ilmiy yondashuvlarning sezilarli darajada o'zgargani aniqlandi. Dastlabki tadqiqotlar asosan morfologik identifikatsiya va faunistik kuzatuvlarga asoslangan bo'lsa, zamonaviy tadqiqotlarda molekulyar-taksonomik usullar ustuvor ahamiyat kasb etmoqda.

Adabiyotlar tahlili asosida g'alla ekinlarida uchraydigan dominant fitoparazit nematodalar hamda ularni aniqlashda qo'llanilayotgan zamonaviy diagnostik usullar tizimlashtirildi (1-jadval).

1-jadval

G'alla ekinlarida uchraydigan dominant fitonematodalar va diagnostik usullar

Ekin turi	Dominant nematodalar	Zararlanish xususiyati	Diagnostika usullari
Bug'doy va arpa	<i>Heterodera avenae</i> , <i>H. filipjevi</i>	Ildizda sista hosil bo'lishi	TaqMan Real-Time PCR
Bug'doy va arpa	<i>Pratylenchus thornei</i> , <i>P. neglectus</i>	Ildiz yaranishi	Multiplex PCR, FAST
Sholi	<i>Meloidogyne graminicola</i>	Ildiz bo'rtmalari	LAMP, RNA-seq
Sholi	<i>Hirschmanniella oryzae</i>	Ildiz to'qimalari zararlanishi	ITS sekvenslash
Makkajo'xori	<i>Heterodera zaeae</i> , <i>Pratylenchus spp.</i>	Hosildorlik pasayishi	SCAR-PCR, metabarkoding

Tahlil natijalari klassik va molekulyar usullar o'rtasidagi metodologik farqlar mavjudligini ko'rsatdi (2-jadval).

Klassik va molekulyar usullarning qiyosiy tavsifi

Tahlil mezonlari	Klassik usullar	Molekulyar usullar
Identifikatsiya asosi	Morfologik belgilar	DNK markerlari
Kriptik turlarni aniqlash	Cheklangan	Yuqori aniqlik
Tadqiqot tezligi	Sekin	Tezkor
Monitoring imkoniyati	Past	Yuqori
Seleksiyadagi qo'llanilishi	Cheklangan	Samarali

Adabiyotlar tahlili natijasida molekulyar diagnostika usullarining, xususan real-time PCR, DNK metabarkoding va sekvenslash texnologiyalarining g'alla ekinlari fitonematodalarini aniqlashda keng qo'llanilayotgani aniqlandi. Shuningdek, transkriptomika va RNA-seq texnologiyalaridan foydalanish orqali nematodalarning populyatsion va genetik xususiyatlarini chuqur tahlil qilish imkoniyati kengaygani kuzatildi.

Xulosa va takliflar. Mazkur tadqiqotda g'alla ekinlari fitonematodalarini o'rganish tarixi, rivojlanish bosqichlari hamda zamonaviy ilmiy yo'nalishlari tizimli ravishda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, nematodologiya sohasida klassik morfologik yondashuvlardan molekulyar-taksonomik usullarga o'tish jarayoni jadal rivojlanmoqda. Ayniqsa, DNK metabarkoding, real-time PCR va sekvenslash texnologiyalarining qo'llanilishi fitonematodalarni aniqlash, monitoring qilish hamda ularning populyatsion tarkibini baholash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirmoqda.

Adabiyotlar tahlili asosida *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* va *Hirschmanniella* avlodlariga mansub turlar g'alla ekinlari uchun eng muhim fitoparazit nematodalar ekanligi aniqlandi. Zamonaviy molekulyar diagnostika usullari ushbu turlarni erta bosqichda aniqlash va ularga qarshi samarali kurash choralarini ishlab chiqishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qilmoqda.

Tadqiqot davomida O'zbekistonning janubiy hududlarida, xususan Surxondaryo vohasida fitonematodalarni molekulyar-taksonomik asosda o'rganishga oid tadqiqotlar yetarli darajada rivojlanmaganligi kuzatildi. Shu sababli hududiy fitonematodafaunani zamonaviy molekulyar usullar asosida kompleks o'rganish dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Olingan natijalar asosida quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi: fitonematodalarni aniqlash va monitoring qilish uchun zamonaviy molekulyar diagnostika usullarini amaliyotga keng joriy etish; g'alla ekinlarida nematodalarga chidamli navlarni yaratish va seleksiya jarayonida molekulyar markerlardan foydalanishni kuchaytirish; agrotsenozlarda almashlab ekish, chuqur shudgorlash va begona o'tlarni nazorat qilish kabi ekologik boshqaruv choralarini keng qo'llash; Surxondaryo vohasi sharoitida fitonematodalar faunasini DNK metabarkoding asosida o'rganishga qaratilgan kompleks tadqiqotlarni rivojlantirish.

Kelgusidagi tadqiqotlarda g'alla ekinlari fitonematodalarining genetik xilma-xilligi, populyatsion tuzilishi hamda iqlim o'zgarishlari sharoitida ularning agrotsenozlarga ta'sirini molekulyar darajada o'rganish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR

- Mirziyoyev Sh.M. Yangi O'zbekiston strategiyasi. – Toshkent: O'zbekiston, 2021. – 464 b.
- Smiley R.W., Gourlie J.A., Easley S.A. Resistance of wheat genotypes to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) can be used to predict yield // *Phytopathology*. – 2020. – Vol. 110. – P. 134–145.
- Kumar S., Asif M., Jayasena K. Resistance to cereal cyst nematodes in wheat and barley: an update // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – DOI: 10.3390/ijms20020432.
- Yan X., Peng D., Cui J. Molecular diagnosis and direct quantification of cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) using TaqMan real-time PCR // *Journal of Integrative Agriculture*. – 2023. – DOI: 10.1016/j.jia.2022.09.016.
- Owen K.J., Thompson J.P., Sheedy J.G. Discovery of resistance to *Pratylenchus neglectus* among *Pratylenchus thornei*-resistant Iranian landrace wheats // *Plant Pathology*. – 2022. – DOI: 10.1111/ppa.13616.
- Mokrini F., Waeyenberge L., Viaene N. Spring barley resistance and tolerance to the cereal cyst nematode *Heterodera avenae* // *Plant Disease*. – 2016. – DOI: 10.1094/PDIS-05-15-0498-RE.
- Riley I.T., Reen R.A., Davies K.A. DNA-based assessment of root lesion nematode infections in cereal roots // *Scientific Reports*. – 2023. – DOI: 10.1038/s41598-023-39559-8.
- Mantelin S., Bellafiore S., Kyndt T. *Meloidogyne graminicola*: a major threat to rice agriculture and options for management // *Molecular Plant Pathology*. – 2017. – DOI: 10.1111/mpp.12394.
- EPPO. PM 7/158 (1): *Meloidogyne graminicola* // *EPPO Bulletin*. – 2025. – DOI: 10.1111/epp.13054.
- Petitot A., Dereeper A., Agbessi M. The *Meloidogyne graminicola* effector Mg16820 suppresses host defenses // *Molecular Plant Pathology*. – 2018. – DOI: 10.1111/mpp.12719.
- Mennan S., Ngoc Chau N., Chi T.T.N. Genetic structure and gene flow of rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* // *Ecology and Evolution*. – 2020. – DOI: 10.1002/ece3.6680.
- Osei K., Gowen S., Coyne D. Impact of conservation agriculture on plant-parasitic nematodes in Cambodian rice fields // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2021. – DOI: 10.1016/j.jssas.2020.12.009.
- Todd T.C., MacGuidwin A.E., Riedell W.E. Incidence, population density, and spatial heterogeneity of plant-parasitic nematodes in corn fields in Ohio // *Plant Disease*. – 2018. – DOI: 10.1094/PDIS-02-18-0311-RE.
- MacGuidwin A.E., Todd T.C., Tylka G.L. Sampling depth and crop growth stage affect estimates of plant-parasitic nematodes in corn fields // *Plant Disease*. – 2023. – DOI: 10.1094/PDIS-02-22-0403-RE.
- Treonis A.M., Grabau Z.J., Bernard E.C. Metabarcoding-based profiling reveals nematode communities in corn-soybean cropping systems // *Scientific Reports*. – 2025. – DOI: 10.1038/s41598-025-09356-6.
- Zheng J., Peng H., Liu Y. First report of the maize cyst nematode *Heterodera zea* in Sichuan Province of Southwest China // *Plant Disease*. – 2024. – DOI: 10.1094/PDIS-11-23-2469-PDN.
- Bissonnette K.M., Tylka G.L., Bond J.P. A survey of plant-parasitic nematodes in Illinois corn fields in 2018 and 2020 // *Plant Health Progress*. – 2021. – DOI: 10.1094/PHP-01-21-0012-S.
- Хуррамов А.Ш. Нематоды пшеницы и дикорастущих злаковых растений Узбекистана: дисс. ... DSc. – Термез, 2019. – С. 3–8.
- Peng H., Zhang Y., Liu X. SCAR-PCR rapid molecular detection technology of *Heterodera zea* // *Scientia Agricultura Sinica*. – 2022. – DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2022.17.006.