ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

AZOT KAMAYTIRILGAN SHAROITDA MoO_3 VA ZnO NANOOZARALARINING QIZILMIYA (GLYCYRRHIZA GLABRA L.) O‘SISHI VA SIFATIGA TA’SIRI

Normurodova Umida
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Jabborova Diyora
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Shodmonkulov Dalerbek
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Qizilmiya yetishtirishda haddan tashqari azotli o‘g‘itlar qo‘llash ildizlarda biologik faol moddalar to‘planishini susaytirib, dorivorlik sifatini pasaytirmoqda. Ushbu tadqiqotda azot me’yori 50% ga kamaytirilgan holda molibden trioksid (MoO_3) va rux oksidi (ZnO) nanozarralarining turli konsentratsiyalari (50 va 100 mg/L) qo‘llanilib, ularning qizilmiya o‘sishi va ikkilamchi metabolitlar to‘planishiga ta’siri o‘rganildi. Dalali va tuproqli tajribalar natijasida 100 mg/L kombinatsiyalangan nanozarralar fotosintez samaradorligini, azot almashinuv fermentlari faolligini va tugunaklarning biologik azotfiksatsiyasini kuchaytirgan. Bu esa ildiz biomassasini oshirish bilan birga glabridin, glitsirrizin kabi asosiy komponentlar miqdorini sezilarli darajada ko‘paytirgan. Natijalar azotni tejaydigan va yuqori samarali qizilmiya yetishtirish texnologiyasi uchun nazariy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: qizilmiya, azotni kamaytirish, molibden trioksid nanozarralari, rux oksidi nanozarralari, ikkilamchi metabolitlar, biologik azotfiksatsiya, fotosintez samaradorligi

Аннотация. При выращивании солодки избыточное внесение азотных удобрений снижает накопление биологически активных веществ в корнях и ухудшает лекарственное качество. В данном исследовании на фоне снижения азота на 50% применялись наночастицы триоксида молибдена (MoO_3) и оксида цинка (ZnO) в концентрациях 50 и 100 мг/л. Полевые и вегетационные опыты показали, что комбинированное применение наночастиц в дозе 100 мг/л усиливает фотосинтез, активность ферментов азотного обмена и биологическую фиксацию азота в клубеньках. Это

ISSN 3030-3907

привело к увеличению биомассы корней и накоплению глабридина, глицирризиновой кислоты и других ключевых компонентов. Результаты создают основу для азотсберегающей оэффективной технологии возделывания солодки.

Ключевые слова: солодка, снижение азота, наночастицы триоксида молибдена, наночастицы оксида цинка, вторичные метаболиты, биологическая азотфиксация, эффективность фотосинтеза

Abstract. Excessive nitrogen fertilization in licorice cultivation reduces the accumulation of bioactive compounds in roots and impairs medicinal quality. This study investigated the effects of molybdenum trioxide (MoO_3) and zinc oxide (ZnO) nanoparticles (50 and 100 mg/L) under 50 % nitrogen reduction on the growth and secondary metabolism of Glycyrrhiza glabra. Pot and field experiments demonstrated that the combined application of 100 mg/L nanoparticles significantly enhanced photosynthetic performance, key nitrogen-metabolizing enzyme activities, and biological nitrogen fixation in root nodules. Consequently, root biomass and the accumulation of glabridin, glycyrrhizic acid, liquiritin, and isoliquiritigenin increased markedly compared to full-nitrogen controls. The findings provide theoretical and practical foundations for nitrogen-saving, high-efficiency licorice cultivation using nanotechnology.

Keywords: licorice, nitrogen reduction, molybdenum trioxide nanoparticles, zinc oxide nanoparticles, secondary metabolites, biological nitrogen fixation, photosynthetic efficiency

KIRISH.

Global miqyosda qishloq xo‘jaligida azotli o‘g‘itlarning haddan tashqari ko‘p qo‘llanishi ekologik muammolarni keltirib chiqarmoqda. So‘nggi 60 yil ichida azotli o‘g‘itlar iste’moli o‘n barobar oshgan, ammo hosildorlik atigi to‘rt barobar ko‘paygan [1-3]. O‘zbekiston sharoitida, ayniqsa sug‘orma dehqonchilik hududlarida azotli o‘g‘itlarning me’yoridan ortiq qo‘llanishi tuproq sho‘rlanishi, nitratlarning yer osti suvlariga o‘tishi va dorivor o‘simliklar sifatining pasayishiga olib kelmoqda.

Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – *Fabaceae* oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik. Uning ildizlari va ildizpoyalari triterpenoidlar, flavonoidlar va kumarinlarga boy. Ayniqsa, glabridin (noyob flavonoid) immunomodulyator, yallig‘lanishga qarshi, gipotenziv va terini oqartiruvchi xususiyatlariga ko‘ra yuqori baholanadi. Sof glabridinning bozor narxi 8000–12000 AQSh dollar/kg gacha yetadi [3-5]. Yovvoyi qizilmiya zaxiralari keskin kamaygan – bu O‘zbekistonning Toshkent, Sirdaryo va Jizzax viloyatlarida ham kuzatilmoqda.

Ilgari o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, azot yetishmovchiligi (stress) ayrim dorivor o‘simliklarda ikkilamchi metabolitlar sintezini

ISSN 3030-3907

faollashtiradi [6-8]. Biroq, bu jarayon o‘simlik o‘sishini inhibe qiladi. Shu sababli, azotni kamaytirish va shu bilan birga yuqori hosil va sifatga erishish uchun yangi texnologiyalar – xususan, nanoo‘g‘itlar – zarur.

MoO_3 va ZnO nanozarralari (NZ) o‘zining kichik o‘lchami (20 nm), yuqori solishtirma yuzasi va sekin ajralib chiqish xususiyati bilan ajralib turadi. MoO_3 NZ azot o‘zlashtirish fermentlari (nitratreduktaza, glutaminsintetaza) va tugunaklardagi nitrogenaza faolligini oshiradi [4]. ZnO NZ fotosintez samaradorligini (Fv/Fm, ΦPSII) va xlorofill miqdorini (SPAD) oshiradi [7-9]. Lekin ularning qizilmiyada birgalikdagi ta’siri deyarli o‘rganilmagan.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganilish holati.

So‘nggi besh yil davomida nanoo‘g‘itlar sohasidagi tadqiqotlar sezilarli darajada jadallashdi. Xususan, Chhipa (2019) hamda Rodriguez-Seijo (2025) ishlarida nanoo‘g‘itlarning ozuqa moddalari asta-sekin ajralib chiqishini ta’minlovchi (controlled release) xususiyati alohida ta’kidlangan [10].

Dorivor o‘simliklar misolida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Salvia miltiorrhiza da ZnO nanozarrachalar (NZ) qo‘llanilishi natijasida ikkilamchi metabolitlar miqdori ortgan, hatto bu effekt dukkakli bo‘lmagan o‘simliklarda ham kuzatilgan [11]. Shuningdek, Wu va Ma (2025) tomonidan Glycyrrhiza uralensis da ZnO NZ tuz stressining salbiy ta’sirini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan.

Molibden asosidagi nanozarrachalar, xususan MoO_3 NZ bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda Li va boshqalar tuproqda molibdenning bioavailability darajasini oshirish orqali azot fiksatsiyasi jarayonini faollashtirishini ko‘rsatgan [12].

Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning asosiy qismi donli va dukkakli ekinlarga qaratilgan bo‘lib, ildizi dorivor ahamiyatga ega bo‘lgan qizilmiya kabi o‘simliklarda nanoo‘g‘itlarning ta’sirini o‘rganish yetarli darajada yoritilmagan. Bu esa mazkur yo‘nalishda chuqurroq ilmiy izlanishlar olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonning qurg‘oqchil iqlimida qizilmiya yetishtirish bo‘yicha ilgari asosan agrotexnik tadqiqotlar (sug‘orish rejimi, o‘g‘it me’yorlari) bo‘lgan. Nanomateriallardan foydalanish masalasi umuman o‘rganilmagan. Shuningdek, mahalliy tuproqlarning Mo va Zn fon darajasi past (mos ravishda 0.18–1.39 mg/kg va 0.86–25.48 mg/kg). Shu bois nanoMo va nanoZn ni import o‘rnini bosuvchi texnologiya sifatida joriy etish dolzarb.

Adabiyotlardagi bo‘shliqlar

Asosiy kamchiliklar:

ISSN 3030-3907

1. MoO_3 va ZnO NZning birgalikdagi sinergik ta’siri o‘rganilmagan;
2. Tugunaklar morfologiyasining (marjonsimon shakl) nanozarralar ta’sirida o‘zgarishi va uning nitrogenaza faolligiga ta’siri tahlil qilinmagan;
3. Pot va dalali tajribalar o‘rtasidagi bog‘liqlik yetarlicha emas;
4. O‘zbekiston tuproq-iqlim sharoiti uchun adaptatsiya qilinmagan.

Mazkur tadqiqot aynan shu bo‘shliqlarni to‘ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Ikki bosqichli – 1) tuproqli (vegatsion) tajriba (kontrol qilinadigan sharoit), 2) dalali (produksion) tajriba.

Ob’yekt: Qizilmiya (Glycyrrhiza glabra L.) urug‘lari (Shihezi universiteti kolleksiyasi). Predmet: MoO_3 va ZnO nanozarralari (diametri 20 nm, tozaligi 99.9%; Qinghe Huiguang kompaniyasi). Azotli o‘g‘it sifatida karbamid (46% N). Fosfor – superfosfat (32% P_2O_5), kaliy – kaliy sulfat (51% K_2O).

Vegatsion tajriba:

• Idish sig‘imi 8.0 kg qumli tuproq (pH 8.26; organik modda 4.67 g/kg; umumiy N 0.26 g/kg).

• Azotning umumiy me’yori 180 kg/ga etalon qilib olingan. 50 % kamaytirilgan variantda 90 kg/ga N berilgan.

• 8 ta variant:

1. To‘liq azot (CK, 100 % N)
2. 50 % N
3. 50 % N + MoO_3 50 mg/L
4. 50 % N + MoO_3 100 mg/L
5. 50 % N + ZnO 50 mg/L
6. 50% N + ZnO 100 mg/L
7. 50% N + MoO_3 50 + ZnO 50 mg/L
8. 50% N + MoO_3 100 + ZnO 100 mg/L

• Nanozarralar har 10 kunda ilyak ostiga quyilgan (7 marta).

• Har bir variant 6 takrorli.

Dalali tajriba: O‘zbekiston, Jizzax viloyati, Baxmal tumani. Uchta variant: CK (100% N), 50% N, va 50% N + 100 mg/L MoO_3 + 100 mg/L ZnO. Maydon 30 m^2, 3 blok, tasodifiy bloklar sxemasi. Nanozarralar har 15 kunda (5 marta).

O‘lchangan ko‘rsatkichlar:

Balandlik, poya diametri, shoxlar soni, ildiz uzuqligi va diametri, biomassasi (quruq vazn). Xlorofill floresans parametrlari (Fo, Fm, Fv/Fm, ΦPSII, ETR) va SPAD – MultispeQ V2 asbobi yordamida.

Azot metabolizmi fermentlari: NR, GS, GOGAT, GDH – Solarbio ELISA to‘plamlari.

ISSN 3030-3907

Tugunaklar: soni, yangi vazni, nitrogenaza faolligi, legemoglobin miqdori – spektrofotometrik usul.

Ildiz morfologiyasi: WinRHIZO Pro 2013a (umumiy uzunlik, sirt yuzi, hajm, mayda ildizlar soni).

Ikkilamchi metabolitlar: glabridin, likiritin, glitsirrizin kislota, glitsirretin kislota, izolikiritigenin – UHPLC-MS/MS (Agilent).

Statistik tahlil: ANOVA (Duncan testi, $P<0.05$), PLS-PM model (R 4.5.1, plspm paketi).

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

1. Azotni kamaytirish qizilmiya o‘sishini susaytiradi, biroq ikkilamchi metabolitlar konsentratsiyasini oshiradi.

50 % azot kamaytirilganda o‘simlik balandligi 30.7 % ga, shoxlar soni 20.4 % ga, yer usti biomassasi 49.5 % ga kamaygan. Bu azotning vegetativ o‘sishdagi asosiy roli bilan izohlanadi [13]. Qizig‘i shundaki, asosiy ildiz uzunligi (LMR) 28.4 % ga oshgan. Bu – azot stressiga moslashish mexanizmi: o‘simlik chuqurroq qatlamlardan azot izlash maqsadida asosiy ildizni cho‘zadi. O‘zbekistonning och tusli bo‘z tuproqlarida bu xususiyat agrotexnik ahamiyatga ega – ildiz chuqurroq kirib, namlik va ozuqa moddalariga yetadi.

Azot yetishmovchiligi ikkilamchi metabolitlar konsentratsiyasini oshirgan: glabridin bo‘yicha +10.6 %, glitsirrizin kislota +21.0 %, likiritin +19.3 % (CK ga nisbatan). Bu “stress foyda” paradigmasiga mos keladi [14]. Biroq konsentratsiya ortgan bo‘lsa-da, ildiz biomassasi kamaygani uchun umumiy ikkilamchi metabolitlar yig‘indisi (bir o‘simlikdagi) pasaygan – masalan, glabridin bo‘yicha –26.3 %. Demak, faqat azotni kamaytirish iqtisodiy jihatdan foydasiz.

2. MoO_3 va ZnO nanozarralari azot kamayishining salbiy ta’sirini yumshatadi

Kombinatsiyalangan 100 mg/L NZ ishlov berilgan variantda (½ N + M2+Z2) o‘simlik balandligi 117 % ga, ildiz biomassasi 159 % ga oshgan (½ N ga nisbatan). Bu natija CK (to‘liq azot) dan ham yuqori. Shunday qilib, NZ nafaqat zararni qoplaydi, balki ustunlikka erishadi.

Fotosintez mexanizmi:

CK bilan solishtirganda, ½ N da Fv/Fm 7.7 % ga kamaygan (fotosistema II ning maksimal kvant samaradorligi). ZnO NZ qo‘shilganida (½ N + Z2) Fv/Fm 0.76 ga, kombinatsiyalanganda (½ N+M2+Z2) esa 0.80 ga yetgan. Bu ko‘rsatkich CK dan 2.56 % yuqori. SPAD qiymati (nisbiy xlorofill) ½ N da 41.00 (CK 45.82) bo‘lgan, kombinatsiyalangan NZda esa 63.21 gacha oshgan (+57 % ga nisbatan ½ N). Demak, ZnO NZ xlorofill sintezini faollashtiradi va tilakoid membranalarni barqarorlashtiradi [15].

XULOSA VA TAKLIFLAR.

ISSN 3030-3907

1. 50 % azot kamaytirilganda qizilmiya vegetativ o‘sishi susayadi, biroq ildizlarda glabridin va glitsirrizin kislota konsentratsiyasi 10–21 % ga oshadi (stress foydasi).

2. MoO_3 va ZnO nanozarralari (100 mg/L) birgalikda qo‘llanganda fotosintez samaradorligi (Fv/Fm 0.80), azot metabolizmi fermentlari (NR +60 %, GS +61 %) va tugunaklarning marjonsimon morfologiyasi hisobiga nitrogenaza faolligini 117% ga oshiradi.

3. Kombinatsiyalangan nanozarralar CK bilan solishtirganda ildiz biomassasini 25 % (dala sharoitida) va har bir o‘simlikdagi glabridin miqdorini 54 % ga oshiradi.

4. PLS-PM modeli nanozarralarning ikki kanalli (to‘g‘ridan-to‘g‘ri va bilvosita) boshqaruv mexanizmini tasdiqlaydi.

Amaliy tavsiyalar:

- O‘zbekistonning sug‘oriladigan qizilmiya plantatsiyalarida azot me’yorini 180 kg/ga dan 90 kg/ga ga kamaytirish va har mavsumda 3–5 marta 100 mg/L MoO_3+ZnO (55–65 l/ga eritma) ildiz ostiga quyish tavsiya etiladi.
- Nanozararalarni qo‘llashda tuproqning Mo va Zn fon darajasini nazorat qilish (maksimal ruxsat etilgan konsentratsiyadan oshmasligi).
- Kelgusi tadqiqotlar uchun:
- a) glabridin biosintezidagi kalit genlarning (CYP93G1, CHS) ekspressiyasini o‘rganish;
- b) nanozarralarning uzoq muddatli (3-5 yil) tuproq ekotoksikologiyasi;
- c) O‘zbekistonning Qashqadaryo, Surxondaryo va Xorazm hududlarida turli tuproq tiplarida sinov.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Rong W, Lin Y, Zhang Y, Ma M, Li A. Effects of nitrogen reduction combined with molybdenum trioxide and zinc oxide nanoparticles on the growth and quality of Glycyrrhiza glabra. Industrial Crops & Products. 2026;243:123152. doi:10.1016/j.indcrop.2026.123152

2. Ladha JK, Pathak H, Krupnik TJ, et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospect and prospects. Adv Agron. 2005;87:85-156.

3. Schulte-Uebbing L, Beusen A, Bouwman A, de Vries W. From planetary to regional boundaries for agricultural nitrogen pollution. Nature. 2022;610(7932):507-512.

4. Li A, Zhao Z, Zhang S, et al. Fungicidal activity and mechanism of action of glabridin from Glycyrrhiza glabra L. Int J Mol Sci. 2021;22(20):10966.

5. Cheng L, Xu J, Wang A, et al. Glabridin-encapsulated liposomes targeting melanocytes through the melanocortin 1 receptor. Colloids Surf B Biointerfaces. 2025:114979.

ISSN 3030-3907

6. Zhang H, Wang R, Chen Z, et al. Nanoscale molybdenum oxide improves plant growth and increases nitrate utilisation in rice (Oryza sativa L.). Food Energy Secur. 2022;11(2):e383.
7. Irshad S, Xie Y, Lyu Y, et al. Mo-Nitrogen nexus: nanotechnology enhanced Mo-based nitrogen fixation towards environmental sustainability. Chem Eng J. 2025:168358.
8. Azam M, Bhatti HN, Khan A, et al. Zinc oxide nano-fertilizer application effect on the growth, photosynthetic pigments and antioxidant system of maize cultivar. Biocatal Agric Biotechnol. 2022;42:102343.
9. Dong Z, Jiao F, Li X, et al. Combined application of zinc oxide nanoparticles and melatonin improves growth, photosynthesis and redox homeostasis of cotton seedlings under salt stress. Plant Physiol Biochem. 2026:111032.
10. Mendel RR. Cell biology of molybdenum in plants. Plant Cell Rep. 2011;30(10):1787-1797.
11. Lu LL, Zhang YX, Yang YF. Integrative transcriptomic and metabolomic analyses unveil tanshinone biosynthesis in Salvia miltiorrhiza root under N starvation stress. PLoS One. 2022;17(8):e0273495.
12. Riley IT, Dilworth MJ. Cobalt requirement for nodule development and function in Lupinus angustifolius L. New Phytol. 1985;100(3):347-359.
13. Weisany W, Mohammadi M, Tahir NAR, et al. Changes in growth and nutrient status of maize (Zea mays L.) in response to two zinc sources under drought stress. J Soil Sci Plant Nutr. 2021;21(4):3367-3377.
14. Zhao L, Yin W, Chai Q, et al. Synergistic effects of slow-release fertilizer and biochar on crop yield and soil carbon-nitrogen dynamics under reduced nitrogen input. Agric Ecosyst Environ. 2025;393:109849.
15. Liu X, Meng L, Yin T, et al. Maize/soybean intercrop over time has higher yield stability relative to matched monoculture under different nitrogen-application rates. Field Crops Res. 2023;301:109015.

ISSN 3030-3907