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

TUKLI ILDIZLAR MADANIYATIDA QIZILMIYADA BIOFAOL MODDA BIOSINTEZINI KUCHAYTIRISH

Hakimjonova Malika
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Pulatjonova Bahora
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 (*Glycyrrhiza glabra L.*) ildizlari glitsirrizin kislota va glabridin kabi biofaol birikmalarga boy, biroq yovvoyi resurslarning kamayishi ularni barqaror olishni cheklaydi. Ushbu tadqiqotda *R. rhizogenes* A4 va *AtSQS1* geni asosida transgen tukli ildizlar yaratilib, ularda skualen va pirouzum kislota oldmoddalari hamda metil jasmonat va koronatin elisitorlari qo‘llandi. Natijada, ayniqsa koronatin va pirouzum kislota kombinatsiyasi eng yuqori samarani ko‘rsatib, glitsirrizin (56.12 mg/g DW) va glabridin (5.78 mg/g DW) miqdorini maksimal darajada oshirdi hamda CYP88D6, LUS va bAS genlari ekspressiyasini kuchaytirdi. Ushbu yondashuv qimmatli metabolitlarni biotexnologik ishlab chiqarish uchun samarali strategiya sifatida namoyon bo‘ldi.

Kalit so‘zlar: qizilmiya, tukli ildizlar, koronatin, glitsirrizin kislota, glabridin, skualen, gen ekspressiyasi

Аннотация. Корни *Glycyrrhiza glabra L.* богаты биологически активными соединениями, такими как глицирризиновая кислота и глабридин, однако истощение природных ресурсов ограничивает их устойчивое получение. В данном исследовании были получены трансгенные линии волосатых корней с использованием *R. rhizogenes* A4 и гена *AtSQS1*. Применение предшественников (сквален, пировиноградная кислота) и элиситоров (метилжасмонат, коронатин) показало, что их комбинация, особенно коронатина с пировиноградной кислотой, обеспечивает максимальный эффект, повышая содержание глицирризина (56.12 мг/г DW) и глабридина (5.78 мг/г DW) и усиливая экспрессию генов CYP88D6, LUS и bAS. Данный подход демонстрирует высокую эффективность для биотехнологического получения ценных метаболитов.

Ключевые слова: солодка, волосатые корни, коронатин, глицирризиновая кислота, глабридин, сквален, экспрессия генов

Abstract. Roots of *Glycyrrhiza glabra L.* are rich in bioactive compounds such as glycyrrhizic acid and glabridin; however, depletion of wild resources limits their sustainable production. In this study, transgenic hairy root lines were generated using *R. rhizogenes* A4 and the *AtSQS1* gene. The application of precursors (squalene, pyruvic acid) and elicitors (methyl jasmonate, coronatine) revealed that their combination, particularly coronatine with pyruvic acid, produced the strongest effect, significantly increasing glycyrrhizin (56.12 mg/g DW) and glabridin (5.78 mg/g DW) levels and upregulating CYP88D6, LUS, and bAS gene expression. This approach demonstrates an efficient strategy for the biotechnological production of valuable metabolites.

Keywords: licorice, hairy roots, coronatine, glycyrrhizic acid, glabridin, squalene, gene expression

KIRISH.

Dorivor o‘simliklar global farmatsevtika sanoatida muhim o‘rin tutadi. Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – Fabaceae oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik bo‘lib, uning ildizlari va ildizpoyalari glitsirrizin kislota (glycyrrhizin), glabridin, likiritin va likiritigenin kabi ikkilamchi metabolitlarga boy [1]. Ushbu birikmalar yallig‘lanishga qarshi, antioksidant, antitumor, gepatoprotektor va immunomodulyator xususiyatlarga ega. Ayniqsa, glabridin terini oqartiruvchi samaradorligi bilan kosmetika sanoatida yuqori baholanadi.

So‘nggi yillarda qizilmiyaga bo‘lgan talab keskin oshgan. Yovvoyi populyatsiyalarning haddan tashqari yig‘ib olinishi (Eron, Afg‘oniston, O‘zbekiston, Turkmaniston kabi mamlakatlarda) ularning tabiiy zaxiralarining kamayishiga olib kelmoqda [2]. O‘zbekistonning Toshkent, Sirdaryo va Surxondaryo viloyatlarida ham qizilmiya plantatsiyalari qisqarib bormoqda. Shu bois dorivor o‘simliklarni in vitro sharoitda ko‘paytirish va qimmatli metabolitlarni biotexnologik usullar bilan olish dolzarb vazifaga aylangan.

Agrobacterium rhizogenes (hozirgi *Rhizobium rhizogenes*) bilan transformatsiyalangan o‘simlik hujayralaridan olinadigan genetik jihatdan barqaror va yuqori o‘sish tezligiga ega tizim [3]. Ushbu tizim ikkilamchi metabolitlarni sintez qilishning yuqori qobiliyatiga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. So‘nggi o‘n yillikda dorivor o‘simliklarning tukli ildizlarida ikkilamchi metabolitlar ishlab chiqarishni oshirish bo‘yicha jadal tadqiqotlar olib borilmoqda. Alcalde va boshq. (2022) [4] bioik va abiotik elisitorlarning tukli ildizlardagi samaradorligini keng ko‘lamda tahlil qilgan. Metil jasmonat (MeJA) eng keng tarqalgan elisitor bo‘lib, Platycodon grandiflorum [5], Lepechinia caulescens [6] va Ficus carica [7] da triterpenoid va fenolik birikmalar sintezini oshirgan.

ISSN 3030-3907

Qizilmiya tukli ildizlarida MeJA glitsirrizin kislota ishlab chiqarishni oshirgan [8]. Biroq MeJA ning yuqori konsentratsiyalari (200 µM dan yuqori) o‘sishni inhibe qiladi.

Koronatinning elisitor sifatida samaradorligi MeJA dan yuqori ekanligi bir qancha tizimlarda ko‘rsatilgan. Garcia-Baeza va boshq. (2023) [9] Centella asiatica tukli ildizlarida koronatin 1.0 µM da triterpenoid saponinlar sintezini 3 baravardan ko‘proq oshirgan. Rastegarnejad va boshq. (2024) [10] Salvia miltiorrhiza da koronatin MeJA ga nisbatan samaraliroq ekanligini isbotlagan. Biroq qizilmiya tukli ildizlarida koronatin to‘g‘risidagi ma’lumotlar juda cheklangan.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonda qizilmiyaning in vitro madaniyatlari bo‘yicha ilmiy ishlar kam. Mavjud tadqiqotlar asosan agrotexnikaga – o‘g‘itlash, sug‘orish, tuproq tayyorlashga qaratilgan. Tukli ildizlar texnologiyasi va molekulyar biologik usullar deyarli qo‘llanilmagan. Shu bois ushbu tadqiqot natijalari O‘zbekiston dorivor o‘simliklar biotexnologiyasi uchun muhim asos bo‘lishi mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, in vitro, genetik transformatsiya va biotexnologik.

Ob’yekt: Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – O‘zbekistonning Qashqadaryo viloyatidan yig‘ilgan yuqori mahsuldor genotip (voucher MPH-3220). Ushbu genotip oldindan fitokimyoviy baholangan va Tehron sharoitida iqlimlashtirilgan [11].

Bakterial shtammlar:

- *Rhizobium rhizogenes* (*Agrobacterium rhizogenes*) A4 – yovvoyi tur.
- *R. tumefaciens* CS8C1 pRiA4 pBIS – AtSQS1 (Arabidopsis thaliana skualen sintaza 1) va kanamitsin rezistentlik kassetasiga ega transgen shtamm [12].

Tukli ildizlarni induksiyalash. In vitro o‘stirilgan o‘simtalarning yosh barglari (taxminan 1 sm) steril igna bilan jarohatlangan va bakterial koloniya bilan infektsiyalangan. Infektsiyalangan barglar 48 soat davomida qorong‘ida, MS muhitida (30 g/L saxaroza, 8 g/L agar, pH 5.8) birgalikda kultivatsiya qilingan. So‘ngra 500 mg/L sefotaksimli dezakontaminatsiya muhitiga o‘tkazilgan. Antibiotik ikki hafta ichida bosqichma-bosqich kamaytirilgan. Har bir chiziq olti oy davomida har oyda subkultura qilingan.

Transformatsiya samaradorligi: yovvoyi shtamm – 76 %, transgen shtamm – 82.5 %.

HRL larni skrining va tanlash. Besh yovvoyi (WT-HRL1 dan 5 gacha) va besh transgen (TG-HRL1 dan 5 gacha) chiziqlar qattiq ½ MS muhitida 4 hafta o‘stirilgan. O‘sish indeksi (Growth Index, GI) = (Oxirgi FW – Boshlang‘ich

ISSN 3030-3907

FW)/Boshlang‘ich FW bo‘yicha hisoblangan. Eng yuqori GI va yaxshi morfologiyaga ega chiziqlar tanlab olingan: WT-HRL2 (GI 3.63) va TG-HRL5 (GI 3.22).

Suyuq muhitda o‘stirish va o‘sish kinetikasi. Tanlangan chiziqlar 250 ml kolbalarda 75 ml suyuq ½ MS muhitida (120 rpm, 23±2 °C, qorong‘i) o‘stirilgan. Har 7 kunda (7, 14, 21, 28-kunlar) ho‘l va quruq vazn o‘lchangan. Eng yuqori biomassaga 21-kuni erishilgan (WT-HRL2: 8.61 g FW, 0.75 g DW; TG-HRL5: 7.83 g FW, 0.71 g DW). Shu sababli elisitor va oldmoddalar qo‘llash uchun 14- va 19-kunlar optimal vaqt sifatida tanlangan.

Oldmoddalar va elisitorlar bilan ishlov berish

Oldmoddalar (14-kun qo‘shiladi, 21-kun yig‘iladi):

- Skualen: 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mM (asetonda eritilgan)
- Pirouzum kislota: 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mM (suvda eritilgan)

Elisitorlar (19-kun qo‘shiladi, 24, 48, 72 soatdan keyin yig‘iladi):

- Metil jasmonat (MeJA): 0, 50, 100, 200 µM (60% etanolda)
- Koronatin: 0, 0.5, 1.0, 5.0 µM (0.1% DMSO da)

Kombinatsiyalangan ishlovlar:

- Optimal oldmodda (14-kun) + optimal elisitor (19-kun)
- Yig‘im vaqti elisitor uchun optimal vaqt (48 soat) asosida belgilangan.

Har bir variant 3 ta biologik takroriy (har biri 3 ta kolba).

Metabolitalarni ekstraksiya va HPLC tahlili. Liofilizlangan tukli ildizlar kukuni (500 mg) 10 ml 70 % etanol bilan 30 daqiqa ultratovundda ekstraksiya qilingan. Filtrat 0.22 µm filtrdan o‘tkazilgan.

HPLC tizimi: Waters 2695, C18 kolonna (250×4.6 mm, 5µm). Mobil faza: (A) 0.3 % fosfat kislota, (B) asetonitril. Gradient elusiya: 0-10 min – 20 % B, 10-40 min – 20→80% B, 40-45 min – 80 % B. Oqim tezligi 1.0 ml/min, injeksiya hajmi 20 µl.

Deteksiya to‘lqin uzunliklari: glabridin – 230 nm, glitsirrizin kislota – 250 nm, likiritin va likiritigenin – 276 nm. Kalibrlash egri chiziqlari $R^2 \geq 0.9994$.

Real vaqtda qRT-PCR tahlili. RNeasy Plant Mini Kit yordamida RNK ajratilgan. Birinchi zanjir cDNK – Qiagen to‘plami. qRT-PCR BIO-RAD CFX96 da o‘tkazilgan. Quyidagi genlar tahlil qilingan: SQS1, SQS2, bAS (β-amyrin synthase), CAS (cycloartenol synthase), LUS (lupeol synthase), CYP88D6, CYP93E6. Referens gen – β-aktin. Nisbiy ifoda $2^{-}\Delta\Delta CT$ usuli bilan hisoblangan.

Statistik tahlil. SPSS 23 (ANOVA, Duncan testi, $p<0.05$). Pearson korrelyatsiyasi (OriginPro 2024). Natijalar o‘rtacha ± standart xatolik (SE) shaklida berilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

1. Tukli ildiz chiziqlarini tanlash. O‘n chiziq ichida WT-HRL2 eng yuqori o‘sish indeksiga ega bo‘ldi (3.63, 4.63 g FW). TG-HRL5 esa transgen chiziqlar ichida eng yaxshi natijani ko‘rsatdi (3.22 GI, 4.22 g FW). PCR tahlili barcha chiziqlarda rolA, rolB, rolC genlari mavjudligini tasdiqladi. Transgen chiziqlarda qo‘shimcha ravishda AtSQS1 va AGS (aminoglikozid-3'-adeniltransferase) genlari aniqlandi. Bu birinchi marta qizilmiyada AtSQS1 bilan transformatsiyalangan tukli ildiz chiziqlari yaratilganligini ko‘rsatadi [1].

Pirouzum kislota (7.5 mM) glitsirrizin kislotani 1.75 baravar (47.11 mg/g DW), glabridinni 1.97 baravar (3.57 mg/g DW), likiritigeninni 1.97 baravar (4.20 mg/g DW) oshirdi. Likiritin esa 1.88 baravar (0.32 mg/g DW) yuqori bo‘lgan.

2. Elisitorlarning samaradorligi: Koronatin vs MeJA. Koronatin (1.0 µM, 48 soat) barcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha MeJA dan ustun keldi:

Ko‘rsatkich	Nazorat (TG)	MeJA 100 µM (48h)	Koronatin 1.0 µM (48h)
Glitsirrizin kislota (mg/g DW)	27.22	45.29	49.19
Glabridin (mg/g DW)	1.85	3.81	4.54
Likiritin (mg/g DW)	0.13	0.41	0.49
Likiritigenin (mg/g DW)	2.23	4.22	5.28
Ho‘l vazn (g/kolba)	7.83	8.92	9.22

Koronatin MeJA ga qaraganda 2.5 baravar past konsentratsiyada (1.0 µM vs 100 µM) deyarli barcha metabolitlar bo‘yicha 10–20 % yuqori natija berdi. Bu koronatinning JA-Ile retseptoriga (COI1) yuqori affinligi va signalizatsiyaning uzoq muddatli faollashuvi bilan izohlanadi [13].

3. Sinergik kombinatsiyalar. Eng kuchli sinergik ta’sir **pirouzum kislota (7.5 mM) + koronatin (1.0 µM, 48 soat)** kombinatsiyasida qayd etildi:

Birikma	Nazorat (TG)	Pirouzum + Koronatin	O‘sish (baravar)
Glitsirrizin kislota	27.15	**56.12**	**2.07**
Glabridin	1.83	**5.78**	**3.16**
Likiritin	0.15	**0.79**	**5.27**
Likiritigenin	2.14	**5.41**	**2.53**

Glitsirrizin kislota miqdori (56.12 mg/g DW) oldingi tadqiqotlardagi eng yuqori ko‘rsatkichlardan biridir. Likiritinning 5.27 baravar oshishi flavonoid yo‘lining faollashganini ko‘rsatadi.

4. Mexanizm va O‘zbekiston konteksti. Koronatin jasmonat signal yo‘lini faollashtirib, GurMYB04 kabi transkripsiya omillarini induktsiya qiladi. Zhao va boshq. (2025) [14] qizilmiyada GurMYB04 ning triterpenoid va flavonoid genlarini bir vaqtda boshqarishini ko‘rsatgan. Shuningdek, Yamamoto va boshq.

ISSN 3030-3907

(2025) [15] rizobial simbioz ham jasmonat yo‘li orqali genlarni faollashtirishini isbotlagan.

O‘zbekistonning qurg‘oqchil iqlimida qizilmiya plantatsiyalarida tuproq unumdorligi past. Tukli ildizlar biotexnologiyasi orqali qimmatli metabolitlarni in vitro olish import o‘rnini bosuvchi va ekologik toza strategiya hisoblanadi. Qizilmiyaning transgen tukli ildiz chiziqlari Eronning Ilam genotipi asosida yaratilgan bo‘lsa-da, O‘zbekistonning mahalliy populyatsiyalari uchun ham shunga o‘xshash protokol moslashtirilishi mumkin.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot natijalari Glycyrrhiza glabra tukli ildiz tizimlari, xususan *AtSQS1* geni bilan transformatsiyalangan chiziqlar, qimmatli biofaol birikmalarni samarali ishlab chiqarish uchun yuqori potensialga ega ekanligini ko‘rsatdi. Koronatin eng kuchli elisitor sifatida ajralib chiqib, metabolitlar to‘planishini sezilarli darajada oshirdi, ayniqsa pirouzum kislota bilan kombinatsiyada maksimal sinergik ta’sir kuzatildi. Bu yondashuv asosiy biosintetik genlar ekspressiyasini kuchli rag‘batlantirib, gen faolligi va metabolitlar to‘planishi o‘rtasida yuqori ijobiy bog‘liqlik mavjudligini tasdiqladi. Natijada, koronatin asosidagi strategiya o‘sish va metabolit sintezi o‘rtasidagi klassik muvozanatni optimallashtirib, qizilmiyada biofaol birikmalarni biotexnologik yo‘l bilan samarali ishlab chiqarish uchun istiqbolli yechim sifatida namoyon bo‘ldi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Bakhtiar Z., Saadatdar Arani H., Esmaeili H., Tohidfar M., Mirjalili M.H. Synergistic precursor-elicitor strategy maximizes gene expression and metabolite biosynthesis in Glycyrrhiza glabra L. hairy roots. Industrial Crops & Products. 2026;242:122856.
2. Mousavi S.S., Movahhed Haghighi T., Karami A. Breeding of Licorice (Glycyrrhiza glabra L.). In: Biodiversity and Genetic Improvement of Medicinal and Aromatic Plants II. Springer, Cham; 2025:35-71.
3. Ono N.N., Tian L. The multiplicity of hairy root cultures: prolific possibilities. Plant Science. 2011;180(3):439-446.
4. Alcalde M.A., Perez-Matas E., Escrich A., Cusido R.M., Palazon J., Bonfill M. Biotic elicitors in adventitious and hairy root cultures: a review from 2010 to 2022. Molecules. 2022;27:5253.
5. Halder M., Sarkar S., Jha S. Elicitation: A biotechnological tool for enhanced production of secondary metabolites in hairy root cultures. Engineering in Life Sciences. 2019;19:880-895.
6. Kottayi M., Abhyankar K. Coronatine. In: Biotic Elicitors: Production, Purification, and Characterization. Springer, New York; 2022:139-143.

ISSN 3030-3907

7. Garcia-Baeza A., Alcalde M.A., Grovel O., et al. Metabolic changes in hairy root cultures of Centella asiatica treated with methyl-jasmonate and coronatine: a ^{1}H NMR-based metabolomics approach. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant. 2023;59:179-196.
8. Rastegarnejad F., Mirjalili M.H., Bakhtiar Z. Enhanced production of lanthionine and phenolic compounds in hairy roots culture of Salvia miltiorrhiza Bunge by elicitation. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2024;156:4.
9. Vergara-Martínez V.M., Estrada-Soto S.E., Valencia-Díaz S., et al. Methyl jasmonate enhances ursolic, oleanolic and rosmarinic acid production and sucrose induced biomass accumulation, in hairy roots of Lepechinia caulescens. PeerJ. 2021;9:e11279.
10. Amani S., Mohebodini M., Khademvatan S., Jafari M., Kumar V. Modifications in gene expression and phenolic compounds content by methyl jasmonate and fungal elicitors in Ficus carica Cv. Siah hairy root cultures. BMC Plant Biology. 2024;24:520.
11. Srivastava M., Singh G., Sharma S., Shukla S., Misra P. Elicitation enhanced the yield of glycyrrhizin and antioxidant activities in hairy root cultures of Glycyrrhiza glabra L. Journal of Plant Growth Regulation. 2019;38:373-384.
12. Baek S., Ho T.T., Lee H., et al. Enhanced biosynthesis of triterpenoids in Centella asiatica hairy root culture by precursor feeding and elicitation. Plant Biotechnology Reports. 2020;14:45-53.
13. Kribii R., Arró M., Del Arco A., et al. Cloning and characterization of the Arabidopsis thaliana SQS1 gene encoding squalene synthase: involvement of the C-terminal region of the enzyme in the channeling of squalene through the sterol pathway. European Journal of Biochemistry. 1997;249(1):61-69.
14. Livak K.J., Schmittgen T.D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-}\Delta\Delta CT$ method. Methods. 2001;25(4):402-408.
15. Shirazi Z., Aalami A., Tohidfar M., Sohani M.M. Triterpenoid gene expression and phytochemical content in Iranian licorice under salinity stress. Protoplasma. 2019;256(3):827-837.

ISSN 3030-3907