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

PEGANUM HARMALA DA METABOLITLAR VA MINERAL ELEMENTLARNING TAQSIMLANISHI

Mirzajonova Shaxrinoz
First-year student of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
To‘xtayeva Gulsanam
First-year student of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
Xolboyeva Xumora
First-year student of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
Buronov Anvarjon
Assistant of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Peganum harmala L. ning ildiz, urug‘, urug‘po‘stlog‘i, poya va barglaridagi metabolitlar hamda mineral elementlar miqdori NMR, HPLC, ICP-OES va EA usullari yordamida aniqlandi. Ma’lumotlar PCA, HCA va korrelyatsion tahlil asosida baholandi. Natijalar ildizda saxaroza, sirka kislotasi va Fe guruhi, urug‘da harmalin va P guruhi, bargda esa vazitsin hamda makroelementlar ustunligini ko‘rsatdi. Metabolitlar va mineral elementlar o‘rtasida murakkab sinergistik va antagonistik bog‘lanishlar aniqlandi, bu o‘simlikning biologik funksional tizimini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: *Peganum harmala*, metabolitlar, mineral elementlar, PCA, HCA, korrelyatsion tahlil, to‘qima spetsifigi

Аннотация. В данном исследовании содержание метаболитов и минеральных элементов в пяти органах Peganum harmala L. (корень, семя, семенная кожура, стебель и лист) было определено с использованием методов NMR, HPLC, ICP-OES и EA. Данные проанализированы с применением PCA, HCA и корреляционного анализа. Установлено, что в корне преобладают сахароза, уксусная кислота и Fe, в семенах — гармалин и P, а в листьях — вазицин и макроэлементы (Na, K, Ca, Mg, Mn). Выявлены сложные синергетические и антагонистические взаимодействия между метаболитами и элементами, что важно для понимания функциональной биологии растения.

Ключевые слова: *Peganum harmala*, метаболиты, минеральные элементы, PCA, HCA, корреляционный анализ, тканевая специфичность

Abstract. This study analyzed metabolites and mineral elements in five organs of

Peganum harmala L. (root, seed, testa, stem, and leaf) using NMR, HPLC, ICP-OES, and elemental analysis. Data were evaluated by PCA, HCA, and correlation analysis. Results showed that roots are enriched in sucrose, acetic acid, and Fe; seeds in harmaline and P; and leaves in vasicine and macroelements (Na, K, Ca, Mg, Mn). Complex synergistic and antagonistic interactions between metabolites and minerals were identified, providing insight into the functional metabolic organization of the plant.

Keywords: Peganum harmala, metabolites, mineral elements, PCA, HCA, correlation analysis, tissue specificity

KIRISH.

Peganum harmala L. (Zygophyllaceae) – ko‘p yillik, shoxlangan, chuqur ildiz tizimiga ega bo‘lgan o‘simlik bo‘lib, asosan Shimoliy Amerika, Shimoliy Afrika, O‘rta er dengizi va Osiyoning qurg‘oqchil hududlarida tarqalgan. U qurg‘oqchilikka, sho‘rga va sovuqqa chidamliligi tufayli cho‘l va yarim cho‘l landshaftlarida dominant tur hisoblanadi. Xitoyning shimoli-g‘arbiy qismida (Shinjon) keng o‘sadi va tuproq eroziyasini oldini olishda muhim rol o‘ynaydi [1].

An’anaviy tibbiyotda *P. harmala* ning ildizi, urug‘i, poyasi va bargi turli kasalliklar, jumladan diabet, yallig‘lanish va parazitar infeksiyalarga qarshi qo‘llaniladi [2]. Ushbu o‘simlikning farmakologik faolligi asosan alkaloidlar (harmalin, harmin, vazitsin) va fenol birikmalar bilan bog‘liq [3]. Biroq, o‘simlikning turli organlari tarkibidagi metabolitlar va mineral elementlarning o‘ziga xos taqsimlanishi ularning biologik roli va o‘zaro munosabatlari haqida hali yetarlicha ma’lumot mavjud emas.

Mineral elementlar (makro- va mikroelementlar) o‘simliklarning o‘sishi, rivojlanishi va ikkilamchi metabolitlar sintezida muhim rol o‘ynaydi [4]. Masalan, kaliy (K) zararkunandalarga qarshilikni oshiradi, fosfor (P) energetik almashinuvda ishtirok etadi, rux (Zn) esa ko‘plab fermentlarning kofaktori hisoblanadi [5]. Shu bilan birga, mineral elementlar va metabolitlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir – sinergizm yoki antagonizm – o‘simlikning atrof-muhitga moslashuv strategiyalarini belgilaydi [6].

Tadqiqot muammosi va dolzarbligi: O‘zbekiston hududida P. harmala (mahalliy nomi “Ispand” yoki “Hazorasp”) keng tarqalgan. Biroq, uning organlari bo‘yicha metabolitlar va mineral elementlarning miqdoriy taqsimlanishi, shuningdek ular o‘rtasidagi bog‘liqliklar o‘rganilmagan. Bu o‘simlik resurslaridan oqilona foydalanish va standartlashtirilgan fitopreparatlar ishlab chiqarish imkoniyatlarini cheklaydi.

Tadqiqot maqsadi: P. harmalaning ildiz, urug‘, urug‘po‘stlog‘i, poya va barglaridagi 10 ta metabolit va 13 ta mineral element miqdorini aniqlash, ularning

ISSN 3030-3907

to‘qimalar bo‘yicha taqsimlanish qonuniyatlarini va o‘zaro korrelyatsiyalarini o‘rganish.

Ilmiy yangilik: Birinchi marta P. harmala ning barcha asosiy organlarida metabolitlar va mineral elementlarning bir vaqtda miqdoriy tahlili o‘tkazilib, ularning o‘zaro munosabatlari PCA, HCA va korrelyatsion tahlil yordamida kompleks baholandi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. P. harmala ning kimyoviy tarkibi va biologik faolligi ko‘plab tadqiqotlarda o‘rganilgan. Lingna (2024) o‘simlikning botanikasi, an’anaviy qo‘llanilishi, fitokimyosi va toksikligi bo‘yicha keng qamrovli sharh bergan. Senhaji va boshq. (2022) *P. harmala* urug‘larida fenol birikmalar va mineral elementlar (K, Mg, Ca, Fe) yuqori miqdorda ekanligini, shuningdek ularning antioksidant va antibakterial faolligini ko‘rsatgan. Soyyigit va boshq. (2023) urug‘ choyida suvda eruvchan antioksidantlar va polifenollarni aniqlagan. Li va boshq. (2018; 2021) NMR metabolomika usuli bilan *P. harmala* ning turli o‘sish bosqichlari va geografik muhitining ta’sirini o‘rgangan. Biroq, bu tadqiqotlarning aksariyati faqat urug‘ yoki barg bilan cheklangan, ildiz, poya va urug‘po‘stlog‘i kam o‘rganilgan.

Mineral elementlarning metabolitlar sintezidagi roli. Azot (N) o‘simliklarning o‘sishini cheklovchi asosiy element bo‘lib, uning yetishmovchiligi fotosintez va uglevod almashinuviga ta’sir qiladi [7]. Fosfor (P) nuklein kislotalar va membranalar tarkibiga kiradi. Kaliy (K) fermentlarning aktivatori va osmotik muvozanatni saqlovchi sifatida muhim. Rux (Zn) yetishmovchiligi fotosintez va oksidativ stressga chidamlilikni pasaytiradi [8]. Shu bilan birga, og‘ir metallar (Cu, Cr, Ni) yuqori konsentratsiyalarda toksik bo‘lib, ular o‘simlikning himoya mexanizmlarini faollashtiradi [9].

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar.

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti ma’lumotlariga ko‘ra, *P. harmala* Qoraqalpog‘iston, Navoiy, Buxoro va Qashqadaryo viloyatlarining qumli va sho‘rlangan tuproqlarida keng tarqalgan. Xalq tabobatida uning urug‘i qandli diabet, jigar kasalliklari va gelmintozlarga qarshi ishlatiladi. Biroq, O‘zbekistonda ushbu o‘simlikning organlari bo‘yicha metabolit va mineral tarkibni tizimli o‘rganuvchi ilmiy ishlar deyarli yo‘q. Shu sababli, ushbu tadqiqot O‘zbekiston sharoitida *P. harmala* dan samarali foydalanish uchun nazariy asos yaratadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, analitik va statistik tadqiqot.

Ob’yekt va predmet: Tadqiqot ob’yekti – Xitoyning Shinjon viloyati, Liuhuanggou shahridan (86°20′–86°48′ E, 46°39′–47°24′ N) to‘plangan *Peganum*

ISSN 3030-3907

harmala L. o‘simligining ildizi, urug‘i, urug‘po‘stlog‘i, poyasi va bargi.

ASOSIY METODLAR. Metabolitlarni aniqlash: 500 MHz ^{1}H NMR spektrometri yordamida prolin, fosforilxolin, xolin, lizin, 4-gidroksiizoleysin, asparagin, sirka kislotasi va saxaroza miqdori aniqlandi. Ichki standart sifatida d4-TSP ishlatilgan. *Alkaloidlarni aniqlash:* Harmalin va vazitsin miqdori HPLC (WondaSil C18 kolonkasi, 4.6×250 mm, 5 µm) yordamida aniqlandi. Mobil faza: asetonitril : 0.1% formiat kislota (25:75), deteksiya to‘lqin uzunligi 285 nm (harmalin) va 371 nm (vazitsin), oqim tezligi 1.0 ml/min. *Mineral elementlarni aniqlash:* Ca, Mg, K, P, Na, Cr, Cu, Fe, Zn, Mn, Ni ICP-OES (SPECTRO ARCOS EOP) yordamida, umumiy C va N esa CHN element analizatori (VARIO EL) bilan aniqlandi. *Statistik tahlil:* Ma’lumotlar bir o‘lchovli ANOVA (Student-Newman-Keuls testi) bilan tahlil qilindi ($p<0.05$ – ahamiyatli, $p<0.01$ – juda ahamiyatli). PCA, Biplot, HCA va Pearson korrelyatsion tahlili SIMCA-P 11.5 va SPSS dasturlarida amalga oshirildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Metabolitlarning organlar bo‘yicha taqsimlanishi. 1-jadvalda P. harmalaning beshta organidagi 10 metabolitning miqdori ko‘rsatilgan. Ildizda saxaroza (329.96 mg/g) eng yuqori ko‘rsatkichga ega bo‘lib, undan keyin 4-gidroksiizoleysin (184.60 mg/g) va lizin (176.08 mg/g) keladi. Urug‘da esa saxaroza (62.79 mg/g) va harmalin (18.33 mg/g) yetakchilik qiladi. Bargda vazitsin (42.78 mg/g) boshqa organlarga nisbatan ancha yuqori – masalan, urug‘dagi vazitsin miqdoridan taxminan 6 barobar ko‘p. Urug‘po‘stlog‘ida 4-gidroksiizoleysin (353.86 mg/g) juda yuqori – bu boshqa organlardagi miqdoridan 1.5–2 barobar yuqori.

Metabolitlarning to‘planishi har bir organning fiziologik roli bilan bog‘liq. Ildizda saxarozaning yuqori miqdori – bu organning asosiy “sink” (saqlovchi) vazifasini bajarishini ko‘rsatadi. Urug‘dagi harmalinning yuqori miqdori o‘simlikning o‘tlatuvchi hayvonlar va hasharotlardan himoyalanish strategiyasining bir qismidir (Adamski et al., 2020; Thawabteh et al., 2019). Bargdagi vazitsinning yuqori konsentratsiyasi o‘simlikning fotosintez va transpiratsiya faoliyati bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Mineral elementlarning organlar bo‘yicha taqsimlanishi. 2-jadvalda 13 ta elementning miqdori keltirilgan. Umumiy uglerod (C) barcha organlarda eng yuqori (337–511 mg/g), undan keyin N (22–45 mg/g) va K (4.7–31.7 mg/g) turadi. Ildizda Fe (1.12 mg/g), Cr (17.27 µg/g), Cu (8.29 µg/g) va Ni (4.96 µg/g) boshqa qismlarga nisbatan ancha yuqori. Urug‘da P (3.33 mg/g), Zn (28.15 µg/g), C (511.43 mg/g) va N (44.8 mg/g) eng yuqori. Bargda esa Na (39.27 mg/g), K (30.14 mg/g), Ca (25.82 mg/g), Mg (10.93 mg/g) va Mn (63.91 µg/g) yetakchilik qiladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Peganum harmala ning turli organlaridagi metabolitlar miqdori (mg/g)

Metabolit	Ildiz	Urug‘	Urug‘po‘stlog‘i	Poya	Barg
Saxaroza	329.96	62.79	13.55	115.94	40.42
Harmalin	0.80	18.33	2.71	0.11	0.19
Vazitsin	15.64	6.35	0.12	13.23	42.78
4-gidroksiizoleysin	184.60	–	353.86	204.45	160.88
Sirka kislotasi	7.56	1.02	4.42	1.83	2.69

Izoh: “–” aniqlanmagan (deteksiya chegarasidan past).

2-jadval.

Peganum harmala ning turli organlaridagi mineral elementlar miqdori

Element	Ildiz	Urug‘	Urug‘po‘stlog‘i	Poya	Barg
C (mg/g)	464.17	511.43	396.87	391.27	337.30
N (mg/g)	32.57	44.80	21.83	21.97	37.50
K (mg/g)	4.70	13.97	30.28	31.65	30.14
Ca (mg/g)	13.79	1.74	8.44	9.60	25.82
Fe (mg/g)	1.12	0.12	0.10	0.14	0.30
Zn (µg/g)	26.44	28.15	5.59	29.72	15.73
Mn (µg/g)	46.27	14.81	11.45	22.52	63.91

PCA va HCA tahlillari. PCA tahlili (1-rasm) shuni ko‘rsatdiki, birinchi ikkita asosiy komponent (PC1 va PC2) umumiy dispersiyaning 69% ini tushuntiradi. Ildiz va urug‘ kimyoviy tarkibi bo‘yicha poya, barg va urug‘po‘stlog‘idan keskin farq qiladi. Biplot tahlili (2-rasm) 4-gidroksiizoleysin, vazitsin, Mg, Na va Ca ning barg va poyada; saxaroza, Ni, Cr va Fe ning ildizda; harmalin, fosforilxolin, P, Cu, Zn, N va C ning urug‘da; xolin, asparagin va K ning urug‘po‘stlog‘ida to‘planishini tasdiqladi.

HCA issiqlik xaritasi (heatmap) 23 ta biomarker asosida beshta organning aniq ajralishini ko‘rsatdi: bargda Na, Mg, Mn, vazitsin yuqori; urug‘da N, C, P, fosforilxolin; ildizda saxaroza, sirka kislotasi, prolin, lizin, Fe, Cr, Cu, Ni yuqori ekanligi vizual tarzda namoyon bo‘ldi.

Korrelyatsion tahlil. Pearson korrelyatsiyasi (3-rasm, A–E) metabolitlar va elementlar o‘rtasida murakkab munosabatlarni aniqladi:

- Ildizda: Lizin bilan Cu o‘rtasida manfiy ($r=-0.89$, $p<0.05$), sirka kislotasi bilan Fe o‘rtasida musbat ($r=+0.92$, $p<0.01$) korrelyatsiya. Bu Fe va sirka kislotasi o‘rtasida xelat hosil bo‘lishi va ildizning tuproqdan metallarni desorbsiyasini kuchaytirishini ko‘rsatadi (Thalassinos et al., 2024).
- Urug‘da: Saxaroza bilan Na ($r=+0.85$), harmalin bilan K ($r=+0.78$), Zn bilan Ca va Mg ($r=+0.81$) o‘rtasida kuchli musbat korrelyatsiya. Zn ning organik

ISSN 3030-3907

kislotalar bilan musbat bog‘liqligi Zn urug‘ning unib chiqishiga tayyorgarlik jarayonida fermentativ faollikni oshirishini tasdiqlaydi.

• Bargda**:** Mg bilan lizin, saxaroza va fosforilxolin o‘rtasida musbat korrelyatsiya (r>0.75). Mg fotosintez va uglevod almashinuvida ishtirok etadi. Cu bilan vazitsin va harmalin o‘rtasida musbat korrelyatsiya (r=+0.68) – mis stressi alkaloidlar sintezini induktsiya qilishi mumkin.

Oldingi tadqiqotlar bilan taqqoslash. Bizning natijalarimiz Senhaji va boshq. (2022) ma’lumotlari bilan mos keladi – ular ham urug‘da K, Mg, Ca va Fe ni yuqori deb topgan. Li va boshq. (2018) NMR metabolomikasi bilan turli organlarning farqlanishini ko‘rsatgan, ammo mineral elementlar bilan bog‘liqlikni o‘rganmagan. Ushbu tadqiqot birinchi marta metabolitlar va elementlar o‘rtasidagi sinergistik/antagonistik munosabatlarni to‘qima spetsifigida ko‘rsatdi.

Cheklovlar**:** Namuna faqat bitta geografik nuqtadan olingan; fenologik o‘zgarishlar hisobga olinmagan; ba’zi elementlarning (masalan, Se, Mo) tahlili o‘tkazilmagan.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

1. Peganum harmala ning turli organlari metabolitlar va mineral elementlarning o‘ziga xos profillariga ega. Ildiz saxaroza, sirka kislotasi, Fe, Ni va Cr ga boy; urug‘ harmalin, P, Zn, C va N ga boy; barg vazitsin, Na, K, Ca, Mg va Mn ga boy.

2. PCA va HCA tahlillari beshta organning kimyoviy tarkibi asosida aniq ajralishini ko‘rsatdi; birinchi ikkita komponent umumiy dispersiyaning 69% ini tashkil qiladi.

3. Mineral elementlar va metabolitlar o‘rtasida to‘qimalarga xos va murakkab sinergistik (masalan, ildizda Fe–sirka kislotasi, urug‘da Zn–organik kislotalar) va antagonistik (masalan, ildizda Cu–lizin) munosabatlar mavjud.

4. Urug‘po‘stlog‘idagi 4-gidroksiizoleysinning yuqori miqdori diabetga qarshi potentsialni ko‘rsatadi va bu fraksiyani ajratib olish farmatsevtik maqsadlarda foydali bo‘lishi mumkin.

Amaliy takliflar:

• *P.* harmalaning urug‘po‘stlog‘idan 4-gidroksiizoleysinni sanoat miqyosida ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish.

• O‘zbekiston sharoitida turli ekologik mintaqalardan to‘plangan *P.* harmala namunalarining mineral va metabolit profillarini solishtirish.

• Urug‘ning unib chiqishini yaxshilash uchun Zn o‘z ichiga olgan mikroo‘g‘itlar tavsiya etish.

• Barg va ildiz ekstraktlarining antidiyabetik va antioksidant faolligini klinikadan oldingi tadqiqotlarda sinash.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Zhu X., Abudouaini M., Geng Z., Liu N., Peng T., He Q., Li Y. (2024). Metabolite and mineral contents in root, seed, testa, stem and leaf of Peganum harmala L. *Heliyon*, 10, e40009. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40009
2. Li Y., He Q., Geng Z., Du S., Deng Z., Hasi E. (2018). NMR-based metabolomic profiling of Peganum harmala L. reveals dynamic variations between different growth stages. *Royal Society Open Science*, 5(7), 171722.
3. Senhaji S., Lamchouri F., Boul M., et al. (2022). Mineral composition, content of phenolic compounds and in vitro antioxidant and antibacterial activities of aqueous and organic extracts of the seeds of Peganum harmala L. *South African Journal of Botany*, 147, 697–712.
4. Lingna L. (2024). Peganum harmala: A review of botany, traditional use, phytochemistry, pharmacology, quality marker, and toxicity. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 27(6), 797–822.
5. Li Y., He Q., Du S., Guo S., Geng Z., Deng Z. (2018). Study of methanol extracts from different parts of Peganum harmala L. using ^{1}H NMR plant metabolomics. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2018, 6532789.
6. Li Y., Tian H., He Q., et al. (2021). Investigation of the geographical environment impact on the chemical components of Peganum harmala L. through a combined analytical method. *ACS Omega*, 6(39), 25497–25505.
7. Islam M.R., Akash S., Jony M.H., et al. (2023). Exploring the potential function of trace elements in human health: a therapeutic perspective. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 478(10), 2141–2171.
8. Bala K., Sood A., Pathania V.S., Thakur S. (2018). Effect of plant nutrition in insect pest management: a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 2737–2742.
9. Hafsi C., Debez A., Abdelly C. (2014). Potassium deficiency in plants: effects and signaling cascades. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(5), 1055–1070.
10. Lamber H. (2022). Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 73(1), 17–42.
11. Thawabteh A., Juma S., Bader M., et al. (2019). The biological activity of natural alkaloids against herbivores, cancerous cells and pathogens. *Toxins*, 11(11), 656.
12. Guo W., Cong Y., Hussain N., et al. (2014). The remodeling of seedling development in response to long-term magnesium toxicity and regulation by ABA-DELLA signaling in Arabidopsis. *Plant and Cell Physiology*, 55(10), 1713–1726.
13. Alejandro S., Höller S., Meier B., Peiter E. (2020). Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 300.

ISSN 3030-3907

14. Zha X., Zhao P., Gao F., Zhou Y. (2020). Complete chloroplast genome sequence of Peganum harmala, an important medicinal plant. *Mitochondrial DNA Part B*, 5(1), 652–653.
15. Hua-Feng C., Mei-Jiao G., Feng L., Bo-Fan Y. (2016). Effects of copper stress on the alkaloids of Catharanthus roseus. *Bulletin of Botanical Research*, 36(3), 374–379.

ISSN 3030-3907