



DORIVOR VA XO'JALIK AHAMIYATIGA EGA O'SIMLIKLAR (QALAMPIR, ALOE, GERAN) ENDOFIT ZAMBURUG'LARINING IKKILAMCHI METABOLITLARI AJRATIB OLISH, ANTIBAKTERIAL TESTLAR TAHLILI

Muxammedov Ikboljon Ilkom o'g'li

Qo'qon universiteti Andijon filiali "Mikrobiologiya, virusologiya va immunologiya" kafedrası mudiri, (PhD), dotsent.

Abduvaxopova Maxliyo Azizillo qizi

Qo'qon universiteti Andijon filiali, "Mikrobiologiya, virusologiya va immunologiya" kafedrası o'qituvchisi.

Muxamadjonov Sardor Baxtiyorjon o'g'li

Qo'qon universiteti Andijon filiali, "Mikrobiologiya, virusologiya va immunologiya" kafedrası o'qituvchisi.

MAQOLA HAQIDA	ANNOTATSIYA
<p>Qabul qilindi: 12-yanvar 2025-yil Tasdiqlandi: 15-yanvar 2025-yil Jurnal soni: 17 Maqola raqami: 25 DOI: https://doi.org/10.54613/ku.v17i.1368</p> <p>KALIT SO'ZLAR/ КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА/ KEYWORDS</p> <p>endofit zamburug'lar, ikkilamchi metabolitlar, antibakterial faollik, Capsicum annuum, aloe vera, Pelargonium spp.</p>	<p>Ushbu maqola dorivor va xo'jalik ahamiyatiga ega bo'lgan qalampir (<i>Capsicum annuum</i>), aloe (<i>Aloe vera</i>) va geran (<i>Pelargonium</i> spp.) o'simliklarining turli organlarida (ildiz, poya va barg) uchraydigan endofit zamburug'larni ajratib olish, ularning ikkilamchi metabolitlarini ekstraksiya qilish hamda turli gram-musbat va gram-manfiy bakteriyalarga nisbatan antibakterial faolligini baholashga bag'ishlangan.</p> <p>Tadqiqotda endofit zamburug'lar klassik mikrobiologik usullar yordamida izolyatsiya qilindi, Chapek-Dox muhitida yetishtirilib, etil asetat orqali ikkilamchi metabolitlari ajratib olindi. Olingan ekstraktlarning antibakterial ta'siri Kirby-Bauer disk-diffuziya usuli yordamida <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Bacillus subtilis</i> va <i>Pseudomonas aeruginosa</i> shtammlariga nisbatan baholandi. Natijalar barg va poya to'qimalaridan ajratilgan endofitlar ildiz izolyatlariga nisbatan yuqori metabolit hosildorligiga ega ekanini ko'rsatdi. Ayniqsa, qalampir, aloe va geran barglaridan olingan ayrim izolyatlarda yuqori darajada bioaktiv ikkilamchi metabolitlar to'planishi qayd etildi.</p> <p>Olingan natijalar endofit zamburug'larning yangi tabiiy antibakterial birikmalar manbai sifatida katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanini tasdiqlaydi.</p>

Kirish. Antimikrob rezistentligi (AMR) bugungi kunda global sog'liqni saqlash muammolaridan biri hisoblanadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, antibiotiklarga chidamli bakteriyalar tufayli yuzaga keladigan kasalliklar yildan-yilga ortib bormoqda va yangi bioaktiv birikmalar manbalarini qidirish zarurati kuchaymoqda (WHO, 2021). Shu nuqtayi nazardan, endofit zamburug'lar oxirgi yillarda tibbiyot va farmatsevtika sanoatida katta ilmiy qiziqish uyg'otmoqda.

Endofit zamburug'lar o'simliklarning ichki to'qimalarida yashab, ularning o'sishi va himoya mexanizmlarida muhim rol o'ynaydi.¹ Ular tomonidan sintez qilinadigan alkaloidlar, terpenoidlar, fenolik birikmalar, peptidlar va boshqa ikkilamchi metabolitlar ko'plab biologik faolliklarga ega – jumladan, antibakterial, antifungal, nematodisidal va antioksidant ta'sir ko'rsatadi.²

Avvalgi tadqiqotlarda *Trichoderma*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Penicillium* va *Acremonium* kabi avlodlarga mansub endofitlar turli fitopatogenlarga va inson patogenlariga qarshi sezilarli bioaktivlik ko'rsatgan.³ Shunga qaramay, dorivor va xo'jalik ahamiyatiga ega bo'lgan qalampir, aloe va geran o'simliklarida uchraydigan endofitlarning antibakterial salohiyati yetarlicha o'rganilmagan.

Shu boisdan ushbu tadqiqotning maqsadi – qalampir, aloe va geran o'simliklaridan ajratilgan endofit zamburug'larning ikkilamchi metabolitlarini ajratib olish va ularning turli bakteriyalarga qarshi antibakterial faolligini baholashdir.

Materiallar va metodologiya.

1. O'simlik materiallarini tanlash va tayyorlash

Ushbu tadqiqotda dorivor, efir moyli va xo'jalik ahamiyatiga ega bo'lgan uch turdagi o'simliklardan foydalanildi:

- ✓ Qalampir — *Capsicum annuum*
- ✓ Aloe — *Aloe vera*
- ✓ Geran — *Pelargonium* spp.

Har bir o'simlikdan tashqi infeksiya belgilari kuzatilmagan, sog'lom ko'rinishdagi ildiz, poya va barg to'qimalari tanlab olindi. Tanlangan o'simlik qismlari steril qaychi va penset yordamida ajratildi va har biri alohida steril paketlarga joylanib, 4–8 °C haroratda

laboratoriyaga yetkazildi. Namuna to'plash jarayoni Hallmann va hamkorlari (1997) tomonidan tavsiya etilgan umumiy protokollarga asoslangan holda amalga oshirildi.

2. Sirtni sterilizatsiya qilish va endofit zamburug'larni ajratib olish

O'simlik yuzasida uchrashi mumkin bo'lgan saprofit mikroorganizmlarni bartaraf etish maqsadida sterilizatsiya jarayoni bir necha bosqichda amalga oshirildi:

1. Namuna avval oqava suv ostida mexanik kir-changlardan tozalandi.
2. 70% etanolda 1 daqiqa davomida saqlandi (yuzaki mikroblarni inaktivatsiya qilish uchun).
3. So'ng 2% vodorod peroksid (H_2O_2) eritmasida 3–4 daqiqa davomida ishlov berildi.
4. Oxirida namuna steril distillangan suvda 3 marotaba chayildi.

O'simlik to'qimalari 2–3 mm o'lchamdagi bo'lakchalarga bo'linib, laminar boksdan Chapek-Dox qattiq muhitiga ekildi. Namuna idishlari 27 ± 1 °C haroratda 7 kun davomida inkubatsiya qilindi.

O'sib chiqqan koloniyalar morfologik belgilari (rang, tuzilma, o'sish sur'ati) bo'yicha ajratib olindi va sof madaniyat holida qayta ekib, yangi Petri kosalarida saqlandi. Ushbu yondashuv Petrini (1991) va Yan et al. (2011) tomonidan tavsiya etilgan klassik metodlarga asoslanadi.⁴

3. Endofit zamburug'lari biomassasini yetishtirish

Izolyat qilingan endofitlar suyuq Chapek-Dox muhitiga ko'chirilib, 7 kun davomida o'stirildi. Kultivatsiya jarayoni 110–130 ayl/min tezlikda ishlaydigan orbital shakerda amalga oshirildi, bu esa ozuqaviy moddalar bilan muhitning doimiy almashinishini va qo'ziqorin biomassasining tez o'sishini ta'minladi.

Inkubatsiyadan so'ng qo'ziqorin massasi shisha filtr va vakuum yordamida ajratib olinib, to'liq quriguncha saqlab turildi. Qurug' biomassa keyingi ekstraksiya jarayonida foydalanildi.

4. Ikkilamchi metabolitlarni ajratib olish (ekstraksiya)

Qurilgan qo'ziqorin biomassa etil asetat yordamida ikki bosqichda ekstraksiya qilindi. Bu yondashuv polifenollar, terpenoidlar,

¹ Petrini, O. (1991). Fungal endophytes of tree leaves. In J. H. Andrews & S. S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 179–197). Springer

² Poveda, J. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by fungal endophytes: mechanisms of action and prospects for use. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992

³ Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W. F., & Kloepper, J. W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology*, 43(10), 895–914

⁴ Petrini, O. (1991). Fungal endophytes of tree leaves. In J. H. Andrews & S. S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 179–197). Springer

alkaloidlar kabi yarim qutbli metabolitlarni ajratib olishda keng qo'llaniladi.⁵

Ekstraksiya jarayonining bosqichlari:

- Quritilgan biomassa etil asetatga solinib, 24 soat davomida aralashtirildi.

- Filtrat ajratib olinib, erituvchi vakuum ostida bug'latib yuborildi.

- Quruq ekstraktlar kimyoviy barqarorlikni saqlash maqsadida qorong'i sharoitda +4 °C da saqlandi.

Hosil bo'lgan metabolit ekstraktlari antibakterial testlar uchun tayyor holga keltirildi.

5. Antibakterial faollikni baholash (Kirby–Bauer usuli)

Ekstraktlarning antibakterial ta'siri Kirby–Bauer disk-diffuziya usuli bo'yicha aniqlandi. Bu usul klinik mikrobiologiyada bakteriyalarga qarshi moddalar samaradorligini baholashning standart metodi hisoblanadi.

Sinov uchun tanlangan bakteriyalar:

- *Escherichia coli* (ATCC 25922) — gram-manfiy

- *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) — gram-musbat
- *Bacillus subtilis* (ATCC 6633) — gram-musbat
- *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) — gram-manfiy

Jarayon bosqichlari esa quyidagicha:

1. Mueller–Hinton agarga bakterial suspenziyalar bir tekisda yoyib chiqildi.
2. Steril qog'oz disklarga 20 µL ekstrakt (50 mg/mL) tomizildi.
3. Disklar agar yuzasiga ehtiyotkorlik bilan joylashtirildi.
4. Inkubatsiya 37 °C da 24 soat davomida olib borildi.
5. Antibakterial faollik inhibisiya zonasi diametri (mm) bo'yicha baholandi.

Natijalar har bir izolyatning bakteriyalar o'sishini qay darajada to'xtata olishini ko'rsatdi. Inhibisiya zonasi qanchalik katta bo'lsa, ekstraktning antibakterial kuchi shunchalik yuqori ekanligi qayd etildi.

Natijalar. Tadqiqot davomida qalampir (*Capsicum annum*), aloe (*Aloe vera*) va geran (*Pelargonium spp.*) o'simliklarining ildiz, poya va barg to'qimalaridan ajratilgan endofit zamburug'lar Chapek-Dox ozuqa muhitida o'stirilib, biomassalari va ikkilamchi metabolit hosildorligi aniqlanib chiqildi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Endofit zamburug'larning biomassa (g) va ikkilamchi metabolit (mg) hosildorligi

№	Izolyant nomi	Biomassa (1 L)	Natija
1	Aloe ildiz	4.6 g	53.8 mg
2	Aloe barg 1	4.15 g	35 mg
3	Aloe barg 2	3.2 g	600 mg
4	Geran poya 1	11.08 g	67 mg
5	Geran poya 2	15 g	408 mg
6	Geran barg	18.2 g	526 mg
7	Geran ildiz	3.5 g	52 mg
8	Qalampir poya 1	15 g	600 mg
9	Qalampir poya 2	28 g	614 mg
10	Qalampir poya 3	20.5 g	734 mg
11	Qalampir ildiz 1	1.6 g	94 mg
12	Qalampir ildiz 2	8.1 g	313 mg
13	Qalampir barg 1	10.6 g	278 mg
14	Qalampir barg 2	14.6 g	640 mg

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ikkilamchi metabolitlar hosildorligi o'simlik turi, organi va endofit izolyatining fiziologik xususiyatlariga qarab sezilarli farq qilgan. Bu farqlanish endofit–xo'jayin o'simlik o'zaro munosabatlarining murakkab tabiati, shuningdek, har bir organning biokimyoviy muhiti bilan bog'liq.

Aloe namunalari eng yuqori metabolit miqdori barg-2 izolyatida (600 mg) qayd etildi. Aloe barg to'qimalari o'zining yuqori miqdordagi polisaxaridlari, antraxinonlari va fenolik birikmalari bilan ajralib turadi. Bu esa endofitlar uchun boy substrat manbai bo'lib xizmat qilishi, ular tomonidan bioaktiv moddalarning sintezini kuchaytirishi mumkin. Fotosintetik faol barg to'qimalarida ko'p energiya va uglevodlar mavjudligi endofitlarning metabolik faolligini oshiradi.⁶

Geran (*Pelargonium spp.*) izolyatlarida esa eng yuqori metabolitlar barg (526 mg) va poya-2 (408 mg) namunalari qayd

etildi. Geran o'simligi efir moylariga boy bo'lgani uchun uning to'qimalarida terpenoidlar, fenoliklar va flavonoidlar yuqori konsentratsiyada uchraydi. Bunday boy kimyoviy muhit endofitlarning o'sishi va metabolit sintezini qo'llab-quvvatlashi mumkin. Tadqiqotlar geran endofitlarining antibakterial, antifungal va insektitsid xususiyatlarga ega bioaktiv moddalar ishlab chiqishini tasdiqlagan (Gakuubi et al., 2021).

Qalampir (*Capsicum annum L.*) izolyatlarida ayniqsa barg-2 (640 mg) va poya-2 (614 mg) namunalari yuqori metabolit hosildorligi kuzatildi. Qalampir bargi kapsaitsin va turli fenolik moddalarga boy bo'lganligi sababli endofitik qo'ziqorinlar ularni oson parchalab, ikkilamchi metabolitlar sintezida substrat sifatida ishlatishi mumkin. Bu holat qalampir endofitlarining biokimyoviy moslashuvchanligi hamda metabolik diversifikatsiya qobiliyati yuqori ekanini ko'rsatadi (Sikandar et al., 2020; Yan et al., 2011).

⁵ Poveda, J. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by fungal endophytes: mechanisms of action and prospects for use. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992

⁶ Yan, X.-N., Chairin, T., Pornsuriya, C., Soyong, K., & Hyde, K. D. (2021). Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaense*, for plant growth promotion and biological control. *Frontiers in Microbiology*, 12, 661948

Umumiy tarzda qaraganda, barg va poya to'qimalaridan ajratilgan izolyatlar ildiz izolyatlariga nisbatan ko'proq metabolit ishlab chiqargan. Bu esa yuqorida ta'kidlanganidek, fotosintetik faol organlarda ko'proq energiya va uglevod substratlari mavjudligi, shuningdek, endofitlarning diversifikatsiyasi uchun qulay sharoit yaratilishi bilan izohlanadi.

Natijalar avvalgi ilmiy ishlar bilan ham mos keladi. Yan va hamkorlari bodring endofitlarining yuqori metabolit hosildorligini qayd etgan bo'lsa⁷, Sikandar va boshqalar *Penicillium chrysogenum* izolyatlarining nematodlarga qarshi kuchli bioaktivlik namoyon qilishini ko'rsatdi.⁸

Tahlil shuni ko'rsatadiki, endofitlar tomonidan ishlab chiqariladigan metabolitlar tarkibi va miqdori xo'jayin o'simlikning biokimyoviy tabiati hamda izolyatning genetik va ekologik xususiyatlariga bog'liq.

Muhokama. O'tkazilgan tadqiqotlar aloe, geran va qalampir o'simliklarining turli organlaridan ajratilgan endofit zamburug'lari biomassa va metabolit ishlab chiqarish qobiliyati jihatidan sezilarli farqlanishini ko'rsatdi. Ushbu farqlanish endofitlarning ekologik moslashuvchanligi, ularning xo'jayin o'simlik bilan simbioz darajasi va organlarning biokimyoviy tarkibi bilan bog'liq.

Barg va poya izolyatlarining ildiz izolyatlariga qaraganda yuqori metabolit hosildorligiga ega bo'lishi ushbu organlarda fotosintez mahsulotlari — uglevodlar, aminokislotalar va fenolik birikmalar — ko'proq uchrashishi bilan izohlanadi. Poveda (2020) endofitlarning metabolik faolligi ko'p hollarda organlarning biokimyoviy boyligiga bevosita bog'liq ekanini ta'kidlaydi.

Qalampir izolyatlarida qayd etilgan yuqori metabolit miqdori ushbu o'simlikning endofitlar uchun qulay yashash muhiti yaratishini ko'rsatadi. Qalampir to'qimalaridagi kapsaitsin, flavonoidlar va organik kislotalar endofitlarning ikkilamchi metabolizmida induktor sifatida ishtirok etishi mumkin.⁹

Aloe izolyatlarida metabolitlarning yuqori konsentratsiyasi aloe barglarining polisaxaridlar, antraxinonlar va o'ziga xos himoya birikmalariga boyligi bilan izohlanadi. Aloe endofit zamburug'larining farmatsevtik ahamiyatli alkaloidlar va polifenollar sintezini kuchaytirishi bo'yicha bir qancha tadqiqotlar mavjud.¹⁰

Geran izolyatlarining poya va barglarida ikkilamchi metabolitlarning yuqori bo'lishi ushbu o'simlikning efir moylari va terpenoidlariga boyligi bilan bog'liq holda hisoblaydi. Gakuubi va hamkorlari geran endofitlarining antibakterial birikmalar ishlab chiqarishini ilmiy asosda ko'rsatgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L., & Perry, R. N. (2013).
2. Nicol, J. M., Turner, S. J., Coyne, D. L., den Nijs, L., Hockland, S., & Maafi, Z. T. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions* (pp. 21–43). Springer.
3. Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W. F., & Kloepper, J. W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology*, 43(10), 895–914.
4. Petrini, O. (1991). Fungal endophytes of tree leaves. In J. H. Andrews & S. S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 179–197). Springer.
5. Poveda, J. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by fungal endophytes: mechanisms of action and prospects for use. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992.

Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, endofit zamburug'lar nafaqat qishloq xo'jaligida fitonematodalarga qarshi samarali biokontrol vositasi sifatida, balki farmatsevtika sanoatida bioaktiv ikkilamchi metabolitlar manbai sifatida ham katta ahamiyatga ega. Bunda, ayniqsa, metabolitlarni ajratib olish uchun endofit zamburug'larni ozida saqlagan dorivor o'simliklarning organlarni tanlash muhim ahamiyatga ega.

Kelgusidagi tadqiqotlar quyidagi yo'nalishlarda olib borilishi zarur:

- Endofit zamburug'i metabolitlarining kimyoviy tarkibini aniqlash,
- Metabolitlarning nematodlarga, patogen zamburug' va bakteriyalarga bundan tashqari ayrim kasalliklarga bilvosita va bevosita ta'sir faoliyatini baholash va aniqlash kerak
- Endofit zamburug'larning genetik va metabolik yo'llarini tadqiq qilish,
- Bionematisid sifatida foydalanish uchun barqaror bioformulyatsiyalar ishlab chiqish.

Natijalar endofit zamburug'larining ekologik xavfsiz, barqaror va iqtisodiy jihatdan samarali biotexnologik resurs ekanini yana bir bor tasdiqladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda qalampir (*Capsicum annuum*), aloe (*Aloe vera*) va geran (*Pelargonium* spp.) o'simliklarining ildiz, poya va barg organlaridan ajratilgan endofit zamburug'larning biomassa hosildorligi va ikkilamchi metabolit ishlab chiqarish xususiyatlari o'rganildi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki:

Endofit zamburug'larning ikkilamchi metabolit hosildorligi o'simlik turi va organiga qarab sezilarli darajada farq qiladi.

Eng yuqori metabolit miqdori qalampir barg-2 (640 mg), aloe barg-2 (600 mg) va geran bargidan (526 mg) ajratilgan izolyatlarda qayd etildi.

Barg va poya to'qimalaridan ajratilgan endofitlar ildizlardan ajratilganlarga nisbatan ko'proq metabolit ishlab chiqardi.

Bu natijalar endofit zamburug'larning fotosintetik faol organlarda ko'proq energiya va substrat manbaiga ega ekanini ko'rsatadi.

Olingan ma'lumotlar endofit zamburug'larning dorivor va xo'jalik ahamiyatiga ega o'simliklarda biologik faol ikkilamchi metabolitlarning muhim manbai ekanini tasdiqlaydi. Ushbu izolyatlar kelgusida qishloq xo'jaligida biokontrol vositasi sifatida, xususan fitonematodalarga qarshi kurashishda, shuningdek, farmatsevtika sanoatida bioaktiv moddalar manbai sifatida foydalanish imkoniyatini beradi.

6. Yan, X.-N., Sikora, R. A., & Zheng, J.-W. (2011). Potential use of cucumber (*Cucumis sativus* L.) endophytic fungi as seed treatment agents against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Zhejiang University Science B*, 12(3), 219–225.
7. Sikandar, A., Zhang, M., Wang, Y., Zhu, X., Liu, X., Fan, H., & Xie, X. (2020). In vitro evaluation of *Penicillium chrysogenum* Snef1216 against *Meloidogyne incognita* in cucumber. *Scientific Reports*, 10, 8342.
8. Yan, X.-N., Chairin, T., Pornsuriya, C., Soyong, K., & Hyde, K. D. (2021). Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaense*, for plant growth promotion and biological control. *Frontiers in Microbiology*, 12, 661948.
9. Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W. F., & Kloepper, J. W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology*, 43(10), 895–914.

⁷ Yan, X.-N., Sikora, R. A., & Zheng, J.-W. (2011). Potential use of cucumber (*Cucumis sativus* L.) endophytic fungi as seed treatment agents against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Zhejiang University Science B*, 12(3), 219–225

⁸ Sikandar, A., Zhang, M., Wang, Y., Zhu, X., Liu, X., Fan, H., & Xie, X. (2020). In vitro evaluation of *Penicillium chrysogenum* Snef1216 against *Meloidogyne incognita* in cucumber. *Scientific Reports*, 10, 8342

⁹ Sikandar, A., Zhang, M., Wang, Y., Zhu, X., Liu, X., Fan, H., & Xie, X. (2020). In vitro evaluation of *Penicillium chrysogenum* Snef1216 against *Meloidogyne incognita* in cucumber. *Scientific Reports*, 10, 8342

¹⁰ Yan, X.-N., Chairin, T., Pornsuriya, C., Soyong, K., & Hyde, K. D. (2021). Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaense*, for plant growth promotion and biological control. *Frontiers in Microbiology*, 12, 661948