

**SALVIA TURKUMIGA MANSUB DORIVOR O'SIMLIKLARNI IN VITRO
KO'PAYTIRISH VA BIOLOGIK FAOL BIRIKMALAR BIOSINTEZINI
OPTIMALLASHTIRISH ISTIQBOLLARI**

Tursunova Saida Solexovna

saidatursunova25.06@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23348445>

Annotatsiya. Ushbu maqolada *Salvia L. turkumiga mansub dorivor o'simliklarni in vitro* sharoitida ko'paytirish, biologik faol birikmalar biosintezini optimallashtirish va genetik resurslarini uzoq muddat saqlash istiqbollari yoritilgan. Dorivor mavrak turlarining biologik xususiyatlari, fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylarining ahamiyati tahlil qilingan. Shuningdek, o'simlik to'qimalari kulturasini, oziqa muhiti tarkibi, fitogormonlar hamda elicitorlardan foydalanishning metabolitlar to'planishiga ta'siri ko'rib chiqilgan. Genetik resurslarni saqlashda sekin o'sish sharoitida saqlash va kriosaqlash usullarining imkoniyatlari muhokama qilingan. Tadqiqot natijalari *Salvia turkumiga mansub dorivor o'simliklarni ko'paytirish, biologik faol moddalar olish va qimmatli genetik resurslarini muhofaza qilish bo'yicha istiqbolli biotexnologik yondashuvlarni umumlashtirishga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *Salvia L., dorivor o'simliklar, in vitro, mikroko'paytirish, to'qima kulturasini, biologik faol birikmalar, ikkilamchi metabolitlar, fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar, fitogormonlar, elicitorlar, kriosaqlash, genetik resurslar.*

Kirish

Dorivor o'simliklar inson salomatligini saqlash, farmatsevtika sanoatini rivojlantirish va biologik faol moddalar ishlab chiqarishda muhim tabiiy manbalardan biri hisoblanadi. Hozirgi vaqtda o'simlik xomashyosiga bo'lgan talabning ortishi, tabiiy populyatsiyalarning qisqarishi hamda ekologik omillarning o'zgarishi dorivor o'simliklarni ko'paytirish va ularning genetik resurslarini saqlashning samarali usullarini ishlab chiqishni talab etmoqda. Shu nuqtayi nazardan, zamonaviy biotexnologik yondashuvlar, xususan, o'simlik to'qimalari kulturasini va in vitro ko'paytirish texnologiyalari alohida ahamiyat kasb etadi. *Salvia L.* turkumi Lamiaceae oilasiga mansub bo'lib, ko'plab turlari dorivor, aromatik va farmakologik xususiyatlari bilan ajralib turadi.

Ushbu turkum vakillari tarkibida fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari kabi biologik faol moddalar uchraydi. Mazkur birikmalar antioksidant va boshqa biologik faolliklari bilan ilmiy tadqiqotlarda katta qiziqish uyg'otadi. Biroq biologik faol moddalar miqdori o'simlik turi, genotipi, rivojlanish bosqichi, o'sish sharoiti va tashqi muhit omillariga qarab o'zgarishi mumkin. In vitro ko'paytirish usuli qisqa vaqt ichida ko'p miqdorda, nisbatan bir xil va sog'lom o'simlik materialini olish imkonini beradi. Oziqa muhitining tarkibi, fitogormonlar konsentratsiyasi, yorug'lik rejimi va kultivatsiya sharoitlarini boshqarish orqali o'simliklarning regeneratsiyasi hamda biomassasi hosil bo'lishiga ta'sir ko'rsatish mumkin. Shuningdek, hujayra va to'qima kulturasini sharoitida elicitorlar, prekursorlar va boshqa biotexnologik omillardan foydalanish ayrim ikkilamchi metabolitlar biosintezini kuchaytirish imkoniyatini yaratadi.

Bunday yondashuvlarning samaradorligi esa har bir *Salvia* turi va qo'llaniladigan tajriba sharoitiga qarab alohida baholanishi lozim.

Dolzarbligi

Hozirgi vaqtda dorivor o'simliklardan farmatsevtika, tibbiyot va fitopreparatlar ishlab chiqarishda foydalanishga bo'lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Shu sababli dorivor o'simliklarning biologik resurslarini saqlash, ularni samarali ko'paytirish va biologik faol birikmalar olish texnologiyalarini takomillashtirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. *Salvia* L. turkumi vakillari tarkibida fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari kabi biologik faol moddalar mavjudligi bilan ajralib turadi. Ushbu birikmalarning miqdori va tarkibi o'simlik turi, genotipi, rivojlanish bosqichi hamda o'sish sharoitlariga bog'liq ravishda o'zgarishi mumkin.

Maqsadi

Tadqiqotning maqsadi *Salvia* L. turkumiga mansub istiqbolli dorivor o'simliklarni in vitro sharoitida samarali ko'paytirish usullarini takomillashtirish, biologik faol birikmalar biosinteziga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash hamda qimmatli genetik resurslarini uzoq muddat saqlashning biotexnologik yondashuvlarini ilmiy asoslashdan iborat.

Materiallar va Metodlar

Ushbu tadqiqotda *Salvia* L. turkumiga mansub dorivor o'simliklarni in vitro sharoitida ko'paytirish va biologik faol birikmalar biosintezini optimallashtirish bo'yicha ilmiy adabiyotlar tahlili hamda zamonaviy biotexnologik yondashuvlar o'rganildi. Tadqiqot materiallari sifatida *Salvia* turlarining morfologik va biologik xususiyatlari, to'qima kulturasi asosida ko'paytirish usullari hamda ikkilamchi metabolitlar biosinteziga oid ilmiy manbalardan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, umumlashtirish va tizimlashtirish metodlari qo'llanildi. In vitro ko'paytirish samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillar, jumladan, Murashige va Skoog (MS) oziqa muhiti tarkibi, auksin va sitokinin fitogormonlarining nisbati, kultivatsiya sharoitlari hamda eksplantlarning regeneratsiya qobiliyati tahlil qilindi. Shuningdek, fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari kabi biologik faol moddalarning biosinteziga ta'sir ko'rsatuvchi omillar o'rganildi.

Biologik faol birikmalar miqdorini baholashda ilmiy manbalarda keltirilgan spektrofotometrik tahlil, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) va gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriya (GC–MS) usullarining imkoniyatlari ko'rib chiqildi.

Bundan tashqari, fitogormonlar, elicitorlar va oziqa muhiti tarkibini o'zgartirish orqali ikkilamchi metabolitlar to'planishini boshqarish yondashuvlari qiyosiy tahlil qilindi. Olingan ma'lumotlar tizimlashtirilib, *Salvia* turkumiga mansub dorivor o'simliklarni samarali mikroko'paytirish, biologik faol birikmalar biosintezini optimallashtirish va qimmatli genetik resurslarini uzoq muddat saqlash istiqbollari yuzasidan ilmiy xulosalar shakllantirildi.

Salvia L. turkumi labguldoshlar (Lamiaceae) oilasiga mansub bo'lib, dorivor xususiyatlarga ega bo'lgan ko'plab o'simlik turlarini o'z ichiga oladi. Ushbu turkum vakillari xalq tabobati va zamonaviy farmatsevtika sohasida muhim ahamiyat kasb etadi.

Ayrim Salvia turlari yalligʻlanishga qarshi, antioksidant, mikroblarga qarshi va boshqa biologik faolliklari bilan ajralib turadi. Ularning tarkibida fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari kabi biologik faol moddalar mavjud.

1-jadval. Salvia turkumiga mansub dorivor oʻsimliklarda biologik faol birikmalar va ularning ahamiyati

№	Biologik faol birikmalar	Asosiy xususiyatlari	Tadqiqotdagi ahamiyati
1	Fenolik birikmalar	Antioksidant faollik bilan bogʻliq	Biologik faollikni baholash
2	Flavonoidlar	Erkin radikallarni zararsizlantirishda ishtirok etishi mumkin	Antioksidant salohiyatni oʻrganish
3	Terpenoidlar	Oʻsimlikning himoya mexanizmlarida qatnashadi	Ikkilamchi metabolitlar biosintezini tahlil qilish
4	Efir moylari	Uchuvchan organik birikmalar aralashmasi	Kimyoviy tarkibni aniqlash
5	Rozmarin kislotasi	Fenolik kislota, antioksidant xususiyatga ega	Kimyoviy tarkibni baholash
6	Diterpenoidlar	Ayrim Salvia turlariga xos biologik faol moddalar	Istiqbolli metabolitlarni aniqlash

Dorivor oʻsimliklarning kimyoviy tarkibi tur, genotip, oʻsimlikning rivojlanish bosqichi, oʻsish muhiti va ekologik sharoitlarga bogʻliq ravishda oʻzgarishi mumkin. Shu sababli bir xil oʻsimlik turidan olingan xomashyoning biologik faol moddalar miqdori ham turlicha boʻlishi ehtimoli mavjud. Bu holat dorivor xomashyo sifatini standartlashtirish va barqaror mahsulot olish masalalarini dolzarb qiladi. Salvia officinalis (dorivor mavrak) tarkibida efir moylari, rozmarin kislotasi va boshqa fenolik birikmalar uchraydi. Ushbu moddalar antioksidant xususiyatlari va farmakologik salohiyati bilan ilmiy tadqiqotlarda katta qiziqish uygʻotadi. Salvia miltiorrhiza esa, ayniqsa, diterpenoidlar va fenolik birikmalarga boyligi bilan ajralib turadi. Mazkur tur Xitoy anʼanaviy tibbiyotida uzoq vaqtdan beri qoʻllanib keladi.

Salvia turkumidagi oʻsimliklarning biologik faol moddalarini oʻrganish yangi fitopreparatlar yaratish, tabiiy antioksidantlar manbalarini aniqlash va oʻsimlik xomashyosidan oqilona foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi. Biroq dorivor oʻsimliklarni tabiiy muhitdan koʻp miqdorda yigʻish ularning tabiiy populyatsiyalariga salbiy taʼsir koʻrsatishi mumkin. Shuning uchun istiqbolli turlarni sunʼiy sharoitda koʻpaytirish va ularning qimmatli biologik xususiyatlarini saqlab qolish muhim vazifalardan hisoblanadi. In vitro koʻpaytirish oʻsimlik hujayralari, toʻqimalari yoki organlarini steril sharoitda, sunʼiy oziqa muhitida oʻstirishga asoslangan biotexnologik usul hisoblanadi. Ushbu texnologiya oʻsimliklarni qisqa muddatda koʻpaytirish, sogʻlom ekish materialini olish va qimmatli genetik xususiyatlarni saqlash imkonini beradi. Salvia turkumiga mansub oʻsimliklarni in vitro koʻpaytirishda eksplant tanlash, sterilizatsiya, oziqa muhitini tayyorlash, regeneratsiya va ildizlantirish bosqichlari muhim oʻrin tutadi.

Eksplant sifatida o‘simlikning bargi, poyasi, tuguni, kurtagi yoki urug‘idan foydalanish mumkin. Eksplant tanlashda uning fiziologik holati, yoshi, to‘qimalarining regeneratsiya qobiliyati va mikroorganizmlar bilan zararlanish darajasi hisobga olinadi. Yosh va faol o‘sayotgan to‘qimalar ayrim sharoitlarda yuqori regeneratsiya qobiliyatini namoyon qilishi mumkin. Biroq eng maqbul eksplant turi har bir *Salvia* turiga qarab alohida aniqlanishi lozim. In vitro ko‘paytirishda keng qo‘llaniladigan oziqa muhitlaridan biri Murashige va Skoog (MS) muhitidir.

Ushbu muhit o‘simliklarning o‘sishi uchun zarur mineral tuzlar, vitaminlar va boshqa komponentlarni o‘z ichiga oladi. Oziqa muhitiga saxaroza uglerod manbai sifatida, agar esa qattiq muhit hosil qilish uchun qo‘shilishi mumkin. Muhit tarkibi o‘simlik turi va tajriba maqsadiga qarab o‘zgartiriladi.

2-jadval. *Salvia* turkumiga mansub o‘simliklarni in vitro ko‘paytirish va genetik resurslarini saqlash usullari

№	Biotexnologik usul	Asosiy omillar	Kutiladigan natija
1	Eksplantlarni sterilizatsiya qilish	Dezinfeksiyalovchi vosita, ishlov davomiyligi	Kontaminatsiya xavfini kamaytirish
2	In vitro mikroko‘paytirish	MS oziqa muhiti, fitogormonlar	Ko‘p miqdorda regenerant olish
3	Novdalarni ildizlantirish	Auksin turi va konsentratsiyasi	Ildiz tizimini shakllantirish
4	Akklimatizatsiya	Namlik, harorat, substrat	O‘simliklarni tashqi muhitga moslashtirish
5	Biosintezni optimallashtirish	Oziqa muhiti, yorug‘lik, elicitorlar	Biologik faol moddalar to‘planishini boshqarish
6	Sekin o‘shish sharoitida saqlash	Harorat, yorug‘lik, oziqa muhiti	Subkultura oralig‘ini uzaytirish
7	Kriosaqlash	Krioprotektor, muzlatish va eritish rejimi	Genetik materialni uzoq muddat saqlash

Fitogormonlar, ayniqsa, auksinlar va sitokininlar, regeneratsiya jarayonini boshqarishda muhim ahamiyatga ega. Sitokininlar novda hosil bo‘lishini rag‘batlantirishi, auksinlar esa ildiz hosil bo‘lishi va kallus rivojlanishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Ularning turi, konsentratsiyasi va o‘zaro nisbati regeneratsiya samaradorligini belgilovchi omillardan biridir. Shu sababli turli fitogormon kombinatsiyalarini taqqoslash orqali muayyan *Salvia* turi uchun mos protokol ishlab chiqish mumkin. O‘simliklarda biologik faol birikmalar biosintezi murakkab biokimyoviy jarayon bo‘lib, u birlamchi va ikkilamchi metabolism bilan chambarchas bog‘liq. Ikkilamchi metabolitlar o‘simlikning himoyalaniishi, tashqi muhitga moslashishi va boshqa organizmlar bilan o‘zaro munosabatlarida ishtirok etadi. *Salvia* turkumiga mansub o‘simliklarda fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari muhim ikkilamchi metabolitlar guruhini tashkil etadi.

Fenolik birikmalar va flavonoidlar antioksidant faollik bilan bog‘liq bo‘lib, ularning miqdori o‘simlik turi, genotipi, rivojlanish bosqichi va o‘stirish sharoitlariga qarab o‘zgaradi.

Terpenoidlar esa turli biologik funksiyalarni bajaradi va ayrim *Salvia* turlarining efir moylari tarkibida muhim oʻrin egallaydi. Ushbu moddalarni hosil qiluvchi metabolik yoʻllarni oʻrganish dorivor oʻsimliklarning kimyoviy tarkibini boshqarish uchun ilmiy asos yaratadi. In vitro sharoitida biologik faol moddalar biosinteziga oziqa muhiti tarkibi, fitogormonlar konsentratsiyasi, yorugʻlik intensivligi, fotoperiod, harorat va kultivatsiya davomiyligi taʼsir koʻrsatishi mumkin. Masalan, mineral oziqlanishning oʻzgarishi hujayralarning oʻsish tezligi va metabolik faolligiga taʼsir qiladi. Fitogormonlar esa nafaqat morfogenezni, balki ayrim ikkilamchi metabolitlarning hosil boʻlish jarayonlarini ham oʻzgartirishi mumkin.

Biologik faol birikmalar toʻplanishini oshirish uchun elicitorlardan foydalanish istiqbolli yondashuvlardan biri hisoblanadi. Elicitorlar oʻsimlik hujayralarida himoya reaksiyalarini faollashtiruvchi omillar boʻlib, biotik yoki abiotik tabiatga ega boʻlishi mumkin. Ularning taʼsirida ayrim ikkilamchi metabolitlar biosintezida ishtirok etadigan fermentlar faolligi va genlar ekspressiyasi oʻzgarishi ehtimoli mavjud. Biroq elicitorning turi, konsentratsiyasi va taʼsir davomiyligi muayyan oʻsimlik turiga mos ravishda tanlanishi kerak. Dorivor oʻsimliklarning genetik resurslarini saqlash biologik xilma-xillikni muhofaza qilish va kelajakdagi ilmiy-amaliy tadqiqotlar uchun qimmatli materiallarni asrab qolishning muhim yoʻnalishidir. *Salvia* turkumiga mansub ayrim turlar dorivor xususiyatlari va biologik faol moddalar tarkibi bilan ajralib turadi. Shu sababli ularning tabiiy populyatsiyalarini muhofaza qilish, genetik xilma-xilligini oʻrganish va qimmatli genotiplarini saqlash alohida ahamiyatga ega.

Anʼanaviy saqlash usullari urugʻlarni saqlash, tirik oʻsimliklarni botanika bogʻlarida yetishtirish va tabiiy populyatsiyalarni muhofaza qilishni oʻz ichiga oladi. Biroq ayrim turlarda urugʻlarning unuvchanligi vaqt oʻtishi bilan pasayishi yoki oʻsimliklarning tashqi muhit omillariga sezgirliги tufayli ularni saqlash qiyinlashishi mumkin. Shu sharoitda in vitro kolleksiyalar genetik resurslarni laboratoriya sharoitida saqlashning qoʻshimcha usuli sifatida qoʻllaniladi. In vitro sharoitida genetik materialni saqlashning istiqbolli yoʻnalishlaridan biri sekin oʻsish sharoitida saqlashdir. Bunda oʻsimlik toʻqimalarining oʻsish tezligi maxsus kultivatsiya sharoitlari orqali pasaytiriladi va subkultura oraligʻi uzaytiriladi. Harorat, yorugʻlik, oziqa muhiti tarkibi va osmotik omillarni boshqarish orqali kulturani maʼlum muddat davomida yashovchan holda saqlash mumkin. Biroq bunday sharoitlar har bir tur uchun alohida optimallashtirilishi lozim. Yana bir muhim yoʻnalish kriosaqdash boʻlib, unda oʻsimlik hujayralari, meristemalari yoki boshqa mos biologik materiallar juda past haroratda, odatda suyuq azot haroratiga yaqin sharoitda saqlanadi. Kriosaqdash metabolik jarayonlarni keskin sekinlashtirish va genetik materialni uzoq muddat saqlash imkonini beradi. Ushbu usulni qoʻllashda muz kristallari hosil boʻlishi, hujayralarning shikastlanishi va saqlashdan keyingi regeneratsiya samaradorligi kabi omillar hisobga olinadi.

Natijalar va Muhokama

Tadqiqot doirasida *Salvia L.* turkumiga mansub dorivor oʻsimliklarning biologik xususiyatlari, biologik faol birikmalari, in vitro sharoitida koʻpaytirish usullari hamda genetik resurslarini uzoq muddat saqlash imkoniyatlari tahlil qilindi. Ilmiy adabiyotlarni oʻrganish natijasida ushbu turkum vakillarining farmatsevtika va oʻsimlik biotexnologiyasidagi istiqbollari, shuningdek, ularni koʻpaytirish va kimyoviy tarkibini boshqarishda muhim boʻlgan omillar

umumlashtirildi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, *Salvia* turkumiga mansub o'simliklarning biologik faolligi ularning kimyoviy tarkibi bilan chambarchas bog'liq. Fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari ushbu o'simliklarning muhim ikkilamchi metabolitlari hisoblanadi.

Ularning miqdori va tarkibi o'simlik turi, genotipi, rivojlanish bosqichi hamda o'sish sharoitlariga qarab o'zgarishi mumkin. Shu sababli dorivor xomashyoning sifatini barqarorlashtirish uchun o'simliklarni yetishtirish va ko'paytirish sharoitlarini ilmiy asosda tanlash muhimdir. In vitro mikroko'paytirish texnologiyasi *Salvia* turlaridan qisqa muddatda ko'p miqdorda ekish materialini olish imkonini beruvchi istiqbolli usul sifatida baholandi. Bunda eksplant turi, sterilizatsiya sharoiti, oziqa muhitining tarkibi va fitogormonlar nisbati regeneratsiya jarayoniga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omillar hisoblanadi. Xususan, Murashige va Skoog (MS) oziqa muhiti o'simlik to'qimalari kulturasida keng qo'llaniladigan muhitlardan biri bo'lib, uning tarkibini o'simlik turiga moslashtirish orqali ko'paytirish samaradorligini oshirish imkoniyati mavjud. Biroq har bir *Salvia* turi uchun optimal sharoitlarni alohida aniqlash talab etiladi.

Biologik faol birikmalar biosintezini optimallashtirish masalasi ham muhim natijalardan biri sifatida ajratib ko'rsatildi. Oziqa muhiti, fitogormonlar, yorug'lik, harorat va kultivatsiya davomiyligi o'simliklarning o'sishi hamda ikkilamchi metabolitlar to'planishiga ta'sir qilishi mumkin. Elicitorlardan foydalanish esa ayrim metabolitlar biosintezini rag'batlantirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Bunda o'simlik biomassasining ko'payishi va biologik faol moddalar miqdori har doim ham bir xil yo'nalishda o'zgarmasligi mumkin. Shu bois biomassa hosildorligi va metabolitlar miqdorini alohida baholash maqsadga muvofiq.

Xulosa

Salvia L. turkumiga mansub dorivor o'simliklarni in vitro sharoitida ko'paytirish va biologik faol birikmalar biosintezini optimallashtirish zamonaviy o'simlik biotexnologiyasining istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. In vitro mikroko'paytirish texnologiyasi qimmatli dorivor o'simliklarni qisqa muddatda ko'paytirish, sifatli ekish materialini olish va genetik resurslarini saqlash imkoniyatlarini kengaytiradi. Oziqa muhiti tarkibi, fitogormonlar nisbati va kultivatsiya sharoitlarini to'g'ri tanlash regeneratsiya samaradorligiga ta'sir ko'rsatuvchi muhim omillardir. *Salvia* turlarida fenolik birikmalar, flavonoidlar, terpenoidlar va efir moylari kabi biologik faol moddalar mavjudligi ularning farmatsevtika va fitopreparatlar ishlab chiqarishdagi ahamiyatini oshiradi. Ushbu birikmalar biosintezini boshqarishda oziqa muhiti, yorug'lik, harorat, fitogormonlar va elicitorlarning ta'sirini o'rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Spektrofotometriya, HPLC va GC-MS kabi zamonaviy tahlil usullari biologik faol birikmalar tarkibi va miqdorini baholash imkonini beradi. Shuningdek, sekin o'sish sharoitida saqlash va kriosaqdash usullari qimmatli genetik materiallarni uzoq muddat muhofaza qilishda istiqbolli hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Shahraki Z., Taghizadeh M. S., Niazi A., Rowshan V., Moghadam A. Enhancing bioactive compound production in *Salvia mirzayanii* through elicitor application: Insights from in vitro and in silico studies // Food Bioscience. - 2024. - Vol. 60.

2. Salvia Species: Biotechnological Strategies Applied to In Vitro Cultures for the Controlled Production of Bioactive Diterpenoids // Agronomy. - 2024. - Vol. 14, No. 4.
3. Mosa K. A., Ahmed A. E., Hazem Y., Kanawati I. S., Abdullah A., Hernandez-Sori L., Ali M. A., Vendrame W. Insights into cryopreservation, recovery and genetic stability of medicinal plant tissues // Fitoterapia. - 2023. - Vol. 169.
4. Nagel M., Pence V., Ballesteros D., Lambardi M., Popova E., Panis B. Plant Cryopreservation: Principles, Applications, and Challenges of Banking Plant Diversity at Ultralow Temperatures // Annual Review of Plant Biology. - 2024. - Vol. 75. - P. 797–824.
5. Saeedabadi B., Mirjalili M. H., Eghlima G., et al. Salvia hydrangea DC. ex Benth. (Lamiaceae) cell suspension culture: a novel and promising bioengineering platform for rosmarinic acid production // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. - 2025. - Vol. 161.
6. Tanaka D., Ebana K. Cryopreservation of Genetic Resources // Research Advances in Organic Agriculture. - 2023. - No. 13. - P. 35–45.
7. Epigenetic and Genetic Integrity, Metabolic Stability, and Field Performance of Cryopreserved Plants // Plants. - 2021. - Vol. 10, No. 9.