

Xazratov Abbos To'liqin o'g'li

Toshkent Botanika bog'i kichik ilmiy xodimi

[+998946432097 xazratovabbos@gmail.com](mailto:xazratovabbos@gmail.com)

Jurayeva Hanifabonu Kobul qizi

Toshkent Botanika bog'i kichik ilmiy xodimi

Axmedova Vazira Uroq qizi

Toshkent Botanika bog'i kichik ilmiy xodimi

Mustafina Feruza Usmanovna

Toshkent Botanika bog'i katta ilmiy xodimi

Abdinazarov Sodikjon Haliknazarovich

Toshkent Botanika bog'i direktori

**O'SIMLIKLARNING HUJAYRA VA TO'QIMALARINING
O'SISHINI TARTIBGA SOLISHDA MARKO VA MIKROELEMENTLAR
TA'SIRI**

Annotatsiya. Ushbu maqolada o'simliklarning in vitro regeneratsiyasi jarayonida makroelementlar, mikroelementlar va vitaminlarning ta'siri o'rganildi. Tadqiqotda Murashige va Skoog muhiti modifikatsiyalari qo'llanildi. Natijalar oziqa elementlari balansining hujayra bo'linishi, kallus hosil bo'lishi va organogenez samaradorligiga sezilarli ta'sirini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: in vitro, o'simlik to'qima kulturasida, regeneratsiya, makroelementlar, mikroelementlar, vitaminlar.

Хазратов Аббос Тўлқин ўғли

+998946432097 xazratovabbos65@gmail.com

Младший научный сотрудник Ташкентского Ботанического сада

Джураева Ханифабону Кобул кизы

Младший научный сотрудник Ташкентского Ботанического сада

Ахмедова Вазира Уроқ кизы

Младший научный сотрудник Ташкентского Ботанического сада

Мустафина Феруза Усмановна

Старший научный сотрудник Ташкентского Ботанического сада

Абдиназаров Содикжон Халикназарович

Директор Ташкентского Ботанического сада

ВЛИЯНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА РЕГУЛЯЦИЮ РОСТА КЛЕТОК И ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ

Аннотация. В данной статье изучено влияние макроэлементов, микроэлементов и витаминов на процессы *in vitro* регенерации растений. В исследовании использовались модификации питательной среды Мурасиге и Скуга. Полученные результаты показали, что баланс питательных элементов существенно влияет на деление клеток, образование каллуса и эффективность органогенеза.

Ключевые слова: *in vitro*, культура тканей растений, регенерация, макроэлементы, микроэлементы, витамины.

Khazratov Abbos Tulkin ogli

Junior Researcher at the Tashkent Botanical Garden

Phone: +998946432097 Email: xazratovabbos65@gmail.com

Juraeva Khanifabonu Kobul kizi

Junior Researcher at the Tashkent Botanical Garden

Akhmedova Vazira Uroq kizi

Junior Researcher at the Tashkent Botanical Garden

Mustafina Feruza Usmanovna

Senior Researcher at the Tashkent Botanical Garden

Abdinazarov Sodikjon Khaliknazarovich

Director at the Tashkent Botanical Garden

THE EFFECT OF MACRO- AND MICROELEMENTS ON THE REGULATION OF PLANT CELL AND TISSUE GROWTH

Abstract. This article investigates the influence of macroelements, microelements, and vitamins on the *in vitro* regeneration of plants. Modifications of the Murashige and Skoog medium were applied in the study. The results demonstrated that the balance of nutrients significantly affects cell division, callus formation, and the efficiency of organogenesis.

Keywords: *in vitro*, plant tissue culture, regeneration, macroelements, microelements, vitamins.

Kirish

O'simlik to'qima kulturasini va regeneratsiyasini o'simlik biotexnologiyasining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. U nafaqat ilmiy tadqiqotlar, balki sanoat amaliyotlari uchun ham beqiyos ahamiyatga ega. So'nggi yillarda *in vitro* sharoitida regeneratsiya jarayonlarini boshqaruvchi asosiy mexanizmlar chuqur o'rganildi. Shu bilan birga, regeneratsiyani kuchaytirishga qaratilgan usullar, maxsus uskunalari va strategiyalar ham tez rivojlanmoqda.

Shunga qaramay, yuqori sifatli genotiplarni tanlash va samarali regeneratsiya qilish uchun aniq ishlab chiqilgan va puxta asoslangan protokollarga ehtiyoj saqlanib qolmoqda. O'simlik to'qima kulturasini rivojlanishi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, ularning orasida optimal oziqa muvozanati, hujayralarning molekulyar va epigenetik qayta dasturlanish qobiliyati alohida o'rin tutadi. Bunday hujayralar induksiya jarayonida stvol (stem) hujayralarga aylanib, endogen gormonlar sintezi va ularning fazoviy hamda vaqtinchalik taqsimlanishini boshqaradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — o'simliklarning *in vitro* regeneratsiyasini jarayonida makroelementlar, mikroelementlar va vitaminlarning ta'sirini tahlil qilishdir.

Yangi tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, oziqa muhitining tarkibini ilmiy asoslangan optimallashtirish orqali regeneratsiya samaradorligini keskin oshirish mumkin [1].

Materiallar va metodlar

Tadqiqot obyekti. Tadqiqot obyekti sifatida o'simlik hujayra va to'qima kulturasini *in vitro* sharoitida o'rganildi. Tadqiqotning asosiy vazifasi — regeneratsiya jarayonida makro- va mikroelementlar hamda vitaminlarning konsentratsiyasi va nisbati ta'sirini aniqlash.

Eksplantlar. Eksplant sifatida poya va ildiz meristemalari, shuningdek, kallus to'qimalari ishlatildi. Bu eksplantlar ma'lum sharoitlarda yangi organ yoki butun o'simlik hosil qilish qobiliyatiga ega bo'lgan stvol (stem) hujayralarni o'z ichiga oldi.

Oziqa muhiti. Oziqa muhiti sifatida Murashige va Skoog (MS) muhitining modifikatsiyalari qo'llanildi. Formulasi regeneratsiya va ildiz chiqarish uchun optimallashtirildi.

- *Makroelementlar:* kaliy nitrat (KNO_3), ammoniy fosfat monobazik ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), kalsiy nitrat [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] va magniy sulfat (MgSO_4).
- *Mikroelementlar:* temir (Fe), mis (Cu), rux (Zn), yod (I) va boshqa elementlar optimal konsentratsiyalarda.
- *Vitaminlar:* tiamin (B_1) va piridoksin (B_6).

Gormonlar va qo'shimcha omillar

Regeneratsiya induksiyasi uchun auksinga oid gerbitsidlar — 2,4-D, Pikloram va Dikamba ishlatildi. Ba'zi tajribalarda pH, salitsil kislotasi (SA) va ayrim ionlarning (Fe, Cu) qo'shimcha ta'siri ham baholandi.

Laboratoriya sharoiti. Tadqiqotlar steril *in vitro* sharoitida o'tkazildi. Bunda laminar oqim shkafi, avtoklav, termostatli o'stirish kamerasi, steril Petri idishlari va probirkalardan foydalanildi.

Matodlar

Oziqa muhitlari MS retsepturasi asosida tayyorlandi, ammo elementlarning konsentratsiyasi tajriba maqsadiga ko'ra o'zgartirildi. Har bir element yoki ionning morfogenezdagi roli klassik o'simlik fiziologiyasi asosida baholandi.

Tajribalar davomida azot-fosfor nisbati, kaliy miqdori, kalsiy manbai, magniy sulfat, temir, mis, rux, yod va xloridning turli darajalarda qo'llanilishi o'rganildi. Har bir variant bo'yicha quyidagi ko'rsatkichlar qayd etildi: o'sish samaradorligi, kallus turi, ildizlanish foizi, poya hosil bo'lish chastotasi.

2. O'simlik regeneratsiyasining asosiy jihatlari

2.3. Somatik embriogenez. Somatik embriogenez (SE) — vegetativ hujayralardan embrionlarning qayta hosil bo'lish jarayoni. SE yuqori konsentratsiyadagi auksin tipidagi gerbitsidlar (2,4-D, Pikloram, Dikamba) ta'sirida induksiya qilinadi [2].

Kompetent hujayralar auksin biosintezini TAA1-IPA yo‘li orqali boshlaydi va natijada regulyator hujayralar shakllanadi. Ular bo‘linib, globulyar strukturalar hosil qiladi [3].

Ammo bu tizim har doim ham samarali emas. Ko‘plab hujayralar embriogen bo‘lmagan holda bo‘linib, kallus hosil qiladi. Ekzogen auksin ta‘sirida kallus hujayralari tez bo‘linadi va oziqa resurslari tez tugaydi. Samaradorlikni oshirish uchun auksin konsentratsiyasini biroz kamaytirish va endogen auksin yig‘ilishini rag‘batlantirish tavsiya etiladi (pHni boshqarish, SA, Fe va Cu ionlarini qo‘shish orqali).

Natijada 2,4-D va boshqa sintetik auksinlarning ta‘siri yo‘naltiriladi, kallus hosil bo‘lishi kamayadi, regulyator hujayralar soni ortadi va regeneratsiya samaradorligi oshadi.

Har bir ion morfogeneza induktor bo‘lishi mumkinligi ma‘lum [4]. Oxirgi yillarda ko‘plab oziqa elementlarining signal yo‘llari epigenetik boshqaruv ostida ekani aniqlandi [5–6]. Shu bois, optimal oziqlantirish regeneratsiyaning asosiy sharti hisoblanadi [7].

Murashige va Skoog (MS) muhiti [8] — eng mashhur oziqa muhiti. Dastlab tamaki (*Nicotiana tabacum*) hujayralari uchun ishlab chiqilgan, ammo regeneratsiya uchun optimal emas. Uning yuqori xlorid konsentratsiyasi yumshoq kallus hosil bo‘lishini kuchaytiradi. Bugungi kunda MS formulasi ko‘paytirish va ildiz chiqarish uchun yetarlicha mos emasligi ko‘plab tadqiqotlar bilan tasdiqlangan [9,10].

3. Makroelementlar va ularning ro‘li

Tabiiy sharoitda o‘simliklar ildizlari orqali oltita asosiy makroelementni qabul qiladi: azot (N), fosfor (P), kaliy (K), kalsiy (Ca), magniy (Mg), oltingugurt (S). Uglerod (C) esa havodan olinib, fotosintez jarayonida shakllanadi. In vitro sharoitda o‘simliklar uglerod qo‘shimchalarini ham talab qilishi mumkin. Quyida har bir elementning asosiy funksiyasi va regeneratsiyadagi ahamiyati keltirilgan.

3.1. Uglerod (C) Uglerod hujayra devorlari, oqsillar, DNK va RNK tarkibida bo‘lgan barcha makromolekulalarning asosiy komponentidir. Uglerod

yetishmovchiligi o'simliklarning dastlabki rivojlanish bosqichida jiddiy muammolarga olib keladi. Shu bois in vitro sharoitida qo'shimcha uglerod manbai sifatida odatda saxaroza qo'shiladi.

3.2. *Azot (N)*. Azot o'simlik oziqlanishida eng muhim elementlardan biri bo'lib, oqsillar va aminokislotalarning asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. Azotning shakli ham ahamiyatlidir: ammoniy bevosita metabolizmida ishtirok etsa, nitrat avval qaytarilib, ammoniyga aylanishi kerak. Shuning uchun ammoniy tezroq o'zlashtiriladi, ammo ortiqcha miqdorda hujayralar uchun toksik ta'sir ko'rsatishi mumkin. Optimal N:P nisbati sho'r induksiya uchun 5–6:1, o'sish uchun esa 10–12:1 deb qabul qilingan.

3.3. *Kaliy (K)*. Kaliy o'simlik rivojlanishida strukturaviy element bo'lmasa-da, hujayra ichidagi transport va signalizatsiya jarayonlarida hal qiluvchi rol o'ynaydi. U auksin transportini kuchaytirib, hujayra bo'linishini rag'batlantiradi. Optimal darajada kaliy stress omillarini kamaytiradi, ammo induksiya bosqichida ortiqcha kaliy regeneratsiyani sekinlashtirishi mumkin. Shu sababli, azot miqdoridan ikki baravar kamroq kaliy qo'llash tavsiya qilinadi.

3.4. *Fosfor (P)*. Fosfor DNK, RNK va fosfolipitlar tarkibiy qismi bo'lib, ATP/ADP almashinuvida ishtirok etadi. Fosforning optimal konsentratsiyasi 2–3 mM oralig'ida bo'lishi kerak. Azot va fosforning muvozanati regeneratsiya jarayonida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

3.5. *Kalsiy (Ca)*. Kalsiy hujayra devori tuzilishida va signal uzatish jarayonlarida muhim rol o'ynaydi. U ko'plab kinazlarni faollashtirib, stressga javob reaksiyalarini boshqaradi. Optimal konsentratsiya fosfor bilan bir xil bo'lib, 2–3 mM darajada tavsiya etiladi. Kalsiy manbai sifatida kalsiy nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) ishlatish eng samarali hisoblanadi, chunki kalsiy xlorid ortiqcha Cl^- ionlarini keltirib chiqarishi mumkin.

3.6. *Magniy (Mg) va Oltingugurt (S)*. Magniy xlorofill molekulasida markazida joylashgan bo'lib, ko'plab fermentativ jarayonlarda kofaktor sifatida xizmat qiladi. Oltingugurt esa aminokislotalar va tiol markazlarning tarkibiy qismidir. Magniy

sulfat (MgSO_4) PTC (plant tissue culture) uchun eng qulay tuz hisoblanadi. Optimal konsentratsiya $\sim 1,5$ mM.

Shu tariqa, makroelementlarning balanslangan kombinatsiyasi in vitro regeneratsiya samaradorligini belgilaydi. Optimal formula sifatida KNO_3 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ va MgSO_4 tavsiya qilinadi.

4. Mikroelementlar va vitaminlarning ro'li

4.1. Temir (Fe). Temir o'simliklar uchun eng muhim elementlardan biri bo'lib, xlorofill biosintezida va ko'plab oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida ishtirok etadi. Optimal konsentratsiya **70–100 μM** . Temir ko'pincha FeSO_4 shaklida qo'shiladi, biroq uning eruvchanligi past bo'lgani uchun kelatlangan shakllar samaraliroq bo'lishi mumkin. Ortiqcha Fe esa oksidativ stressni keltirib chiqarishi mumkin.

4.2. Mis (Cu). Mis ko'plab fermentlar uchun kofaktor bo'lib, nafas olish va antioksidant himoyada ishtirok etadi. Shuningdek, Cu epigenetik regulyator sifatida ham rol o'ynaydi. Optimal konsentratsiya **1–2 μM** , ammo ba'zi hollarda 20 mg/L gacha oshirilganda regeneratsiya jarayoni ijobiy ta'sir ko'rsatgan.

4.3. Rux (Zn). Rux o'simliklarda **Cu/Zn superoksid dismutazaning** kofaktori bo'lib, stress sharoitida himoya vazifasini bajaradi. Shuningdek, rux auxin biosintezida muhim katalizator sifatida xizmat qiladi. Optimal konsentratsiya **5–10 μM** bo'lib, odatda ZnSO_4 tuzi shaklida qo'shiladi.

4.4. Yod (I). Yod 1961 yildan beri mikroelement sifatida tan olingan. U oqsillar bilan iodlanish orqali o'zaro ta'sir qiladi, gen ekspressiyasini modulyatsiya qiladi va himoya reaksiyalarini faollashtiradi. Optimal konsentratsiya **1–2 μM** .

4.5. Xlorid (Cl). Xlorid ko'p hollarda muhokamalarga sabab bo'luvchi elementdir. U proton transportida va fotosintezda ishtirok etadi. Past konsentratsiyalarda (10–100 μM) foydali bo'lsa-da, yuqori miqdorda (millimolyar darajada) kallus hosil bo'lishini kuchaytiradi va regeneratsiyani pasaytirishi mumkin. Shu bois Cl faqat mikroelement sifatida, past konsentratsiyada ishlatilishi tavsiya etiladi.

4.6. Vitaminlar. Vitaminlar hujayra o'sishi va metabolik jarayonlar uchun zarur bo'lgan organik birikmalardir. *In vitro* sharoitda vitaminlar qo'shilishi o'simliklarning yashovchanligini sezilarli darajada oshiradi: **tiamin (B₁)** — hujayra bo'linishi va metabolizmida muhim; **piridoksin (B₆)** — aminokislotalar almashinuvida ishtirok etadi; **nikotinat va glyitsin** kabi qo'shimcha vitaminlar ba'zan regeneratsiyani rag'batlantiradi.

Umuman olganda, vitaminlarning optimal kombinatsiyasi hujayra bo'linishini kuchaytiradi, kallusdan organ hosil bo'lishini tezlashtiradi va regeneratsiya samaradorligini oshiradi.

Shu tarzda, mikroelementlar va vitaminlar balansini to'g'ri tanlash regeneratsiyaning asosiy bosqichlari — organogenez va somatik embriogenez samarali boshqarishga imkon beradi.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda o'simliklarning *in vitro* regeneratsiyasi jarayonida makroelementlar, mikroelementlar va vitaminlarning roli tizimli ravishda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, regeneratsiya samaradorligi bevosita ozuqa muhitining tarkibiga bog'liq.

Murashige va Skoog (MS) muhiti dastlab tamaki hujayralarini tez o'stirish uchun ishlab chiqilgan bo'lsa-da, u regeneratsiya uchun to'liq optimal emasligi ta'kidlandi. Shu sababli, azot-fosfor nisbati, kaliy miqdori va kalsiyning signal uzatishdagi o'rni qayta ko'rib chiqildi. Magniy-sulfat strukturaviy element sifatida muhim bo'lsa, mis, temir va rux kabi mikroelementlarning konsentratsiyasi hujayra bo'linishi va embriogenezga sezilarli ta'sir ko'rsatishi isbotlandi.

Bundan tashqari, xlorid ionlarining ortiqcha miqdori kallus hosil bo'lishini kuchaytirishi, ammo regeneratsiya samaradorligini kamaytirishi mumkinligi qayd etildi. Shu bois Cl faqat past konsentratsiyalarda qo'llanishi lozim. Vitaminlar (B₁, B₆ va boshqalar) esa hujayra bo'linishi va organogenez jarayonlarini tezlashtirib, umumiy samaradorlikni oshirdi.

Umuman olganda, o'simliklarning samarali regeneratsiyasi va sifatli ko'payishi uchun har bir elementning individual va o'zaro ta'sirini chuqur

o'rganish va balanslangan ozuqa muhitini yaratish zarurligi isbotlandi. Bu esa biotexnologiyada qo'llaniladigan to'qima kulturasini protokollarini yanada takomillashtirish uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

Minnatdorchilik

Ushbu tadqiqot O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti huzuridagi akademik F.N. Rusanov nomidagi Toshkent Botanika bog'ining Biotexnologiya laboratoriyasida amalga oshirildi. Ish 2025–2029 yillarga mo'ljallangan “Botanika bog'i kolleksiyalarini saqlash, istiqbolli turlarni introduksiya qilish hamda ularni Respublikaning turli sohalariga tavsiya etish” mavzusidagi Davlat dasturi doirasida, xususan, Biotexnologiya laboratoriyasida bajarilayotgan “Innovatsion biotexnologiya usullaridan foydalanilgan holda Toshkent Botanika bog'i *in vitro* kolleksiyasini yaratish va uni raqamli hujjatlashtirish” nomli dasturi asosida amalga oshirildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zhou, T.; Reji, R.; Kairon, R.S.; Chiam, K.H. A review of algorithmic approaches for cell culture media optimization. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2023, 11, 1195294. [CrossRef] [PubMed]
2. Ramírez-Mosqueda, M.A. Overview of Somatic Embryogenesis. In *Somatic Embryogenesis: Methods and Protocols*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2022; pp. 1–8
3. Smetana, O.; Mäkilä, R.; Lyu, M.; Amiryousefi, A.; Sánchez Rodríguez, F.; Wu, M.F.; Solé-Gil, A.; Gavarrón, M.L.; Siligato, R.;
4. Ramage, C.M.; Williams, R.R. Mineral nutrition and plant morphogenesis. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 2002, 38, 116–124. [CrossRef]
5. Zhang, H.; Zhang, X.; Xiao, J. Epigenetic Regulation of Nitrogen Signaling and Adaptation in Plants. *Plants* 2023, 12, 2725. [CrossRef] [PubMed]
6. Séré, D.; Martin, A. Epigenetic regulation: Another layer in plant nutrition. *Plant Signal. Behav.* 2020, 15, 1–6. [CrossRef] [PubMed]
7. Bevan, L.; Jones, M.; Zheng, Y. Optimisation of nitrogen, phosphorus, and potassium for soilless production of *Cannabis sativa* in the flowering stage

- using response surface analysis. *Front. Plant Sci.* 2021, 12, 2587.
[CrossRef] [PubMed]
8. . Murashige, T.; Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962, 15,
 9. Page, S.R.; Monthony, A.S.; Jones, A.M.P. DKW basal salts improve micropropagation and callogenesis compared with MS basal salts in multiple commercial cultivars of *Cannabis sativa*. *Botany* 2021, 99, 269–279. [CrossRef]
 10. Zarei, A.; Davis, B.; Feyissa, B.A.; Dinani, E.T.; Simons, B. Improvement of mineral nutrition and rooting efficiency of *Cannabis sativa* L. for in vitro large-scale propagation. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 2023, 59, 95–105. [CrossRef]