Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 5, Issue 1, 2026 Chemistry of Goods

CHIGIT URUG‘LARINI LAZER BILAN ISHLOV BERISH: OPTIK FAOLLASHTIRISH BO‘YICHA ADABIY SHARH

Ibrohimjon Rahmonovich Asqarov
Andijon davlat universiteti, Kimyo kafedrasi professori, kimyo fanlari doktori, O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan ixtirochi, O‘zbekiston TABOBAT Akademiyasi raisi
https://orcid.org/0000-0003-1625-0330

Shuhrat Qo'shaqboyevich Abdurahmonov
Andijon davlat universiteti, mustaqil tadqiqotchisi
https://orcid.org/0009-0005-6183-4265

Obidjon Shaxabidinovich Abdulloyev
Andijon davlat universiteti, Tabiiy birikmalar va oziq-ovqat kimyosi kafedrasi mudiri, dotsent, kimyo fanlari doktori (DSc), O'zbekiston Tabobat akademiyasi a'zosi
https://orcid.org/0000-0003-2289-1273

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol5.iss1.2026.608

Kalit so'zlar:
chigit, lazer nurlantirish, optik oldindan faollashtirish, fotobiomodulyatsiya, energiya zichligi

Annotatsiya

Ushbu adabiy sharhda chigit urug‘larini lazer nurlari yordamida oldindan ishlov berish (optik oldindan faollashtirish) bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar izchil tahlil qilinadi. Paxtachilikda dalaga bir tekis va tez ko‘chat chiqishi (maydonning bir xil to‘lishi), erta rivojlanish va yakuniy hosildorlik ko‘p jihatdan urug‘ning fiziologik holati, saqlash sharoiti hamda ekish paytidagi stress omillariga bog‘liq. Lazer nurlantirish esa kimyoviy urug‘ dorilashiga nisbatan kam chiqindi hosil qiladigan, tez avtomatlashtiriladigan fizik usul sifatida ko‘rilmoqda. Sharhda chigitga oid asosiy optik ishlov ishlari (ko‘k spektrli diod lazer, turli yorug‘lik diodlari, ultrabinafsha diapazonidagi ishlovlar) hamda ularga yondosh mexanistik izohlar (fotoretseptorlar faollashuvi, reaktiv kislorod turlari muvozanati, membrana o‘tkazuvchanligi va zaxira moddalarning mobilizatsiyasi) jamlanadi. Spektroskopik dalillarga tayangan holda lazer dozasining “hormezis”ga xos chiziqsiz javobi: past dozalarda rag‘batlantirish, ortiqcha dozalarda esa tormozlanish tendensiyasi muqim muammo sifatida ko‘rsatib beriladi. Shuningdek, mavjud dalillarning kuchli va zaif jihatlari — eksperimental dizayn, takroriylik, urug‘ partiyalari (lot) farqi, dala sharoitida tashqi validlik, parametrlarni standartlashtirish va texnologiyani sanoat miqyosiga ko‘chirishdagi injenerlik cheklovlari — tanqidiy baholanadi. Yakunda mavzu bo‘yicha aniq tadqiqot bo‘shliqlari va kelgusi izlanishlar uchun minimal hisobot standarti, doza–javobni optimallashtirish va ko‘p hududli dala sinovlarini o‘z ichiga olgan amaliy kun tartibi taklif etiladi.

Havola uchun

Asqarov, I. R., Abdurahmonov, S. Q., & Abdulloyev, O. S. CHIGIT URUG‘LARINI LAZER BILAN ISHLOV BERISH: OPTIK FAOLLASHTIRISH BO‘YICHA ADABIY SHARH. Tovarlar Kimyosi Va Xalq Tabobati Jurnali, 5(1). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol5.iss1.2026.608

1. Kirish

Paxta (Gossypium hirsutum L.) ishlab chiqarish tizimida urug‘ sifati va ko‘chatlarning dastlabki rivojlanishi hosil shakllanishi uchun bazaviy omillardan biridir. Amaliyotda chigitning mexanik shikastlanishi (jinlash va delintlash jarayonlarida), saqlash paytida yog‘larning peroksidlanishi, shuningdek namlik–harorat rejimining buzilishi urug‘ vigorligini pasaytirib, dala sharoitida kechikkan va notekis unishga olib keladi. Natijada maydonning bir xil to‘lishi buziladi, qator ichida o‘simliklar raqobati

kuchayadi, begona o‘tlar bosimi ortadi va hosilning barqarorligi kamayadi. Chigitning sifat muammolari ayniqsa issiq va nam mavsumlar, sho‘rlanish hamda sovuqdan zararlanish xavfi yuqori bo‘lgan erta ekish muddatlarida keskinlashadi (Mylsamy et al., 2025).

Urug‘larni ekishdan oldin ishlov berish amaliyotda keng tarqalgan bo‘lib, kimyoviy dorilash, urug‘ni qoplash, gidrooldindan ishlov (namlab faollashtirish), osmotik oldindan ishlov va biologik oldindan ishlov kabi yondashuvlar mavjud. Biroq kimyoviy vositalar bilan ishlov berishda ekologik iz, operator xavfsizligi, rezistentlik va qoldiq moddalar (rezidyu) muammosi dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu kontekstda “urug‘ni fizik faollashtirish” turkumiga kiruvchi usullar, xususan elektromagnit maydonlar, ultratovush, plazma va yorug‘lik ta’siridan foydalanish istiqbolli yo‘nalish sifatida qaralmoqda (Araújo et al., 2016). Fizik usullar odatda tez, reagent talab qilmaydi va ishlab chiqarish liniyalariga integratsiyalashga mos bo‘lishi mumkin.

Lazer nurlantirish (past quvvatli lazer orqali urug‘ni ishlov berish) optik oldindan faollashtirishning eng muhokamali va amaliyotga yaqin shakllaridan biridir. Lazerning asosiy afzalligi — doza va spektrni aniq boshqarish, ya’ni to‘lqin uzunligi, quvvat zichligi (irradians), energiya zichligi (flyuens) va ekspozitsiya vaqtini takrorlanuvchan tarzda berish imkonidir. Shu bilan birga, lazer bilan ishlov berishning “universal” protokoli yo‘q: chigitning delint holati, urug‘ po‘sti qalinligi, pigmentlar, namlik va saqlash yoshi, hatto urug‘ning mikroflora yuklamasi ham optik javobni o‘zgartiradi. Shuning uchun lazer ishlovi ko‘pincha “hormezis”ga xos chiziqsiz javob beradi: past dozalarda rag‘batlantiruvchi, ortiqcha dozalarda esa tormozlovchi effekt kuzatiladi (Araújo et al., 2016).

Ushbu adabiy sharhning maqsadi chigit urug‘larini lazer bilan (va kengroq ma’noda optik usullar bilan) oldindan ishlov berish bo‘yicha mavjud ilmiy tadqiqotlarni izchil va tanqidiy tahlil qilishdan iborat. Sharhda (i) chigit bo‘yicha asosiy empirik natijalar; (ii) lazer dozasini belgilovchi texnik parametrlar va ularning hisobot standartlari; (iii) ehtimoliy mexanizmlar (fotoretseptorlar, reaktiv kislorod turlari muvozanati, membrana va metabolizm); (iv) metodologik cheklovlar va qayta ishlab chiqarish muammolari; (v) sanoatlashtirish va joriy etish talablari; hamda (vi) kelgusi tadqiqotlar uchun aniq bo‘shliqlar va amaliy kun tartibi bayon qilinadi.

Chigitga oid lazer nurlantirish bo‘yicha ishlar soni cheklangani sababli, ushbu sharh manbalarni ikki qatlamda tanladi. Birinchi qatlam — chigit urug‘lari uchun optik ishlovning laboratoriya va dala natijalarini bergan bevosita tadqiqotlar (masalan, optik faollashtirish bo‘yicha keng qamrovli tajribalar, hamda lazerning spektroskopik tahliliga asoslangan ishlar). Ikkinchi qatlam — fizik oldindan ishlov texnologiyalarini umumiy nuqtai nazardan muhokama qiladigan sharh va metodologik maqolalar hamda lazer stimulyatsiyasining umumiy mexanizmlarini yoritadigan boshqa ekinlardagi dalillar. Bunday yondashuv chigit bo‘yicha “kam ma’lumot” muammosini yumshatadi, biroq xulosalarni chiqarishda ehtiyotkorlikni talab qiladi, chunki turli ekinlarda urug‘ struktura va biokimyosi farqli.

Har bir empirik ish quyidagi bloklar bo‘yicha baholandi: (1) urug‘ materiali tavsifi — nav, delint turi, namlik foizi, saqlash yoshi va boshlang‘ich unish ko‘rsatkichlari; (2) optik qurilma parametrlari — to‘lqin uzunligi, quvvat, nur dog‘i maydoni, irradians (Vt/sm²), flyuens (J/sm²), ekspozitsiya vaqti, impuls/uzluksiz rejim, yoritish geometriyasi; (3) eksperimental dizayn — nazorat guruhlari, randomizatsiya, takrorlar soni, laboratoriya va dala bog‘lanishi; (4) natija ko‘rsatkichlari — unish foizi va tezligi, vigor indeksi, ko‘chat biometrik parametrlari, stress testlari, dala hosildorligi; (5) statistik ishlov va xulosalarning asoslanganligi. Tanqidiy tahlilda ayniqsa parametrlar ta’rifining to‘liqligi va qayta ishlab chiqarish imkoniyati (replikatsiya) markaziy mezon sifatida olindi.

2. Lazer va optik ishlov texnologiyasining ilmiy asoslari

Urug‘ va lazer nuri o‘zaro ta’sirining fizik asosida yutilish, sochilish va energiyaning (asosan kimyoviy bog‘lar yoki pigmentlar tomonidan) qabul qilinishi yotadi. Chigit urug‘ida urug‘ po‘sti qalin, yuzasi notekis va delint qoldiqlari bo‘lishi mumkin; bu esa nur qaytishi va sochilishini kuchaytirib, embrionga yetib boradigan foton oqimini kamaytiradi. Shu bois to‘lqin uzunligi tanlashda urug‘ po‘sti va ichki to‘qimalarning yutilish spektri, shuningdek fotoretseptorlarning sezgir diapazonlari hisobga olinishi

kerak. Ko‘k diapazon (taxminan 400–470 nm) kriptoxrom va fototropinlar tizimini, qizil diapazon (taxminan 630–660 nm) esa fitoxrom tizimini ko‘proq faollashtirishi kutiladi.

Past quvvatli lazer ishlovining maqsadi urug‘ni sezilarli qizdirmasdan fotobiologik signal yaratishdir. Biroq “past quvvat” nisbiy: juda kichik nur dog‘i yoki urug‘ga yaqin masofa sabab irradians yuqori bo‘lib ketishi mumkin. Shuning uchun issiqlik effekti nazorat qilinmasa, mexanizm fotobiomodulyatsiyadan ko‘ra termik stressga yaqinlashadi. Bundan tashqari, optik ishlovning natijasi ko‘pincha chiziqsiz bo‘lib, “optimal doza oynasi” mavjud: optimumdan past doza sezilarli o‘zgarish bermasligi, optimumdan yuqori doza esa oksidlovchi stress va membrana shikastlanishi orqali unishni pasaytirishi mumkin. Bu holat “hormezis” konsepsiyasi bilan izohlanadi va fizik ishlovlar adabiyotida keng muhokama qilingan (Araújo et al., 2016).

Texnologik nuqtai nazardan birinchi muammo — dozaning bir tekisligi (uniformligi). Urug‘lar oqimda harakatlanganda bir-birini soyab qiladi, ayrim urug‘lar nurga to‘g‘ridan-to‘g‘ri, ayrimlari esa diffuz sochilgan nurga duch keladi. Laboratoriya tajribalarida urug‘lar odatda yupqa qatlamda yoyiladi va bir xil masofada ushlanadi; zavod sharoitida esa doza taqsimotini ta’minlash uchun urug‘larni aylantirish, vibratsion oziqlantirgichlar, ko‘p manbali yoritish yoki optik diffuzorlar talab etiladi. Aks holda, bir partiyada “past doza” va “ortiqcha doza” olgan urug‘lar aralashib ketib, natijalar dispersiyasi oshadi va statistik aniqlik pasayadi.

Ikkinchi muammo — urug‘ning boshlang‘ich holati. Chigit namligi (masalan, 7% yoki 12%), saqlash yoshi, delint turi (mexanik, kislotali yoki gazli), urug‘ po‘stining shikastlanganlik darajasi va mikroflora yuklamasi optik ishlovga javobni keskin o‘zgartirishi mumkin (Mylsamy et al., 2025). Masalan, kislotali delint urug‘ yuzasini tozalab, nurning kirishini osonlashtirishi mumkin, ammo noto‘g‘ri bajarilsa, po‘stni zaiflashtirib, optik stressga sezgirlikni oshiradi. Shuning uchun lazer ishlovi “universal retsept” emas, balki urug‘ partiyasiga moslanadigan, aniq parametrlar va sifat nazorati bilan qo‘llanadigan texnologiya sifatida ko‘rilishi lozim.

Uchinchi muhim masala — natijani baholash ko‘rsatkichlari. Lazer ishlovi ko‘pincha unish foizidan ko‘ra unish tezligi, vigor indeksi, ko‘chat ildizining uzunligi yoki stress testlaridagi ustunlik orqali namoyon bo‘ladi. Shuning uchun faqat yakuniy unish foiziga tayanish lazer effektini “ko‘rmaslik”ka olib kelishi mumkin. Ilmiy dizaynda unish kinetikasini (masalan, 24–72 soat oralig‘ida unib chiqish tezligi), ko‘chat biometrik ko‘rsatkichlarini va dala sharoitida “maydonning to‘lishi” kabi ko‘rsatkichlarni birlashtirish muhim.

3. Chigit urug‘larida lazer va optik faollashtirish bo‘yicha empirik dalillar

Chigit bo‘yicha optik faollashtirish tadqiqotlari hozircha sanoqli bo‘lsa-da, ayrim ishlar laboratoriya ko‘rsatkichlari bilan birga dala natijalarini ham beradi. Atta et al. (2023) optik oldindan faollashtirishning bir nechta variantini (ko‘k va qizil spektrli yorug‘lik diodlari, diod lazer, ultrabinafsha-B va ultrabinafsha-C ishlovlari) taqqoslab, laboratoriyada unish va vigor ko‘rsatkichlarini, so‘ngra turli sharoitli dala sinovlarini hisobot qilgan. Mualliflar ayrim protokollar unish ko‘rsatkichlarini sezilarli oshirishi va dala hosildorligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini ko‘rsatadi. Ushbu ishning kuchli tomoni — laboratoriya natijalarini dala sharoitida tekshirishga urinishidir, chunki optik ishlovning iqtisodiy va agronomik qiymati aynan dalada namoyon bo‘ladi.

Shu bilan birga, Atta et al. (2023) ishida parametrlar ko‘pligi sabab sabab–natija zanjirini ajratish qiyinlashadi. Bir nechta spektrlar, bir nechta vaqt diapazonlari va turli muhitlar bir dizayn ichida berilganida, qaysi omil asosiy rol o‘ynaganini aniq aytish qiyin. Bundan tashqari, optik ishlov protokollarida flyuens va irradiansni to‘liq standartlash va berish masalasi har doim ham bir xil aniqlikda ko‘rinmaydi. Bu esa boshqa laboratoriyalar uchun protokolni qayta ishlab chiqarish (replikatsiya) imkonini cheklaydi. Qayta ishlab chiqarish muammosi ayniqsa lazer ishlovida muhim, chunki kichik geometrik farqlar (masofa, nur dog‘i, urug‘ qatlam qalinligi) doza taqsimotini tubdan o‘zgartiradi.

Chigitda lazerning molekulyar ta’siriga yaqinroq yondashgan ish sifatida Ahmed va Marouf (2025) ko‘k diod lazer (405 nm) bilan ishlov berib, ultrabinafsha-ko‘rinadigan spektroskopiya va Furye o‘zgartirishli infraqizil spektroskopiya yordamida urug‘ tarkibidagi yutilish va vibratsion chiziqlardagi

o‘zgarishlarni tahlil qiladi. Mualliflar past flyuens diapazonida (taxminan 0.167–0.667 J/sm²) “optimal doza” mavjudligini va doza oshganda unish tormozlanishi mumkinligini ko‘rsatadi. Ushbu ishning ilmiy qiymati shundaki, u biologik natijani (unish) bevosita fizik-kimyoviy signallar (spektral o‘zgarishlar) bilan bog‘lashga urinadi. Biroq metodologik nuqtai nazardan, spektroskopik signallarni biologik mexanizmga “ko‘prik” qilish uchun qo‘shimcha biomarkerlar (masalan, oksidlovchi stress markerlari, ferment faolligi, suv shimilishi) zarur; aks holda, spektrdagi farqning biologik sababini qat’iy isbotlash qiyin.

Chigitga bevosita lazer emas, balki ultrabinafsha nurlari bilan optik faollashtirish bo‘yicha Jawdat et al. (2020) uzoq muddat saqlangan chigitda ultrabinafsha-A, -B va -C kombinatsiyasi bilan ishlov berganda unish foizi oshishi, sho‘rlanish (natriy xlorid) va osmotik stress (polietilenglikol) sharoitida ko‘chat o‘sishi yaxshilanishini bildiradi. Ular stressga javob beruvchi ayrim genlarning ekspressiyasi vaqtinchalik faollashishini ham ko‘rsatadi. Ushbu natija optik ishlovning faqat “energiya berish” emas, balki signal transduksiyasi orqali stressga moslanish mexanizmlarini qo‘zg‘atishi mumkinligiga ishora qiladi. Biroq ultrabinafsha ishlov lazerga nisbatan fotokimyoviy shikastlanish xavfi yuqoriroq bo‘lgani uchun, uni lazer nurlantirish bilan bir xil toifada umumlashtirish ehtiyotkorlik bilan bajarilishi kerak.

Chigit bo‘yicha ishlar soni kamligi sababli, lazer nurlantirishning umumiy biologik naqshini tushunishda boshqa ekinlardagi dalillar muhim kontekst beradi. Masalan, Perveen et al. (2021) safflor urug‘larida geliy–neon lazer (632.8 nm) dozasini bosqichma-bosqich oshirib, unish va metabolitlar o‘zgarishida optimum doza mavjudligini ko‘rsatadi; mualliflar buni zaxira moddalarning parchalanishiga xizmat qiluvchi fermentlar faolligi bilan bog‘laydi. Klimek-Kopyra et al. (2022) soya urug‘larida ekishdan oldingi lazer stimulyatsiyasi hosil va urug‘ tarkibidagi oqsil hamda yog‘ fraksiyasiga ta’sir qilishi mumkinligini dala sharoitida ko‘rsatadi. Bu ishlar chigitga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘chirilmasa-da, lazerning “optimal doza oynasi” va agronomik natijaga chiqish ehtimoli borligini tasdiqlovchi umumiy dalil sifatida foydali.

4. Mexanizmlar: fotobiologik va biokimyoviy izohlar

Lazer nurlantirishning urug‘ unishiga ta’sirini tushuntirishda ikki asosiy, bir-birini to‘ldiruvchi konsepsiya mavjud: (i) fotoretseptorlar orqali signal uzatish; (ii) past darajadagi stress orqali moslanish (hormezis). Birinchi konsepsiyada ko‘k spektr kriptoxrom va fototropinlar, qizil spektr esa fitoxromlar tizimini faollashtirishi mumkin. Fotoretseptorlar orqali signal uzatilganda gormonlar balansi (gibberellin va abssiz kislota nisbatlari), hujayra devori yumshashi, endosperm/embrion o‘zaro aloqasi va gen ekspressiyasi kabi jarayonlar modulyatsiyalanadi. Urug‘ fiziologiyasida bu “oldindan signal berish” sifatida ko‘rilib, unish boshlanishi uchun kerakli metabolik yo‘llarni tezroq ishga tushirishi mumkin.

Ikkinchi konsepsiya — hormezis — lazerning past dozalari reaktiv kislorod turlarini mo‘‘tadil oshirib, antioksidant tizimni “tayyor holat”ga keltirishi mumkinligini ta’kidlaydi. Reaktiv kislorod turlari odatda zararlovchi omil sifatida qaralsa-da, past konsentratsiyalarda ular signal molekulalari vazifasini bajaradi. Optik ishlovdan keyin antioksidant fermentlar faollashsa, urug‘ ko‘chat bosqichida sovuq, sho‘rlanish yoki suv tanqisligi kabi stresslarga bardoshlilikni yaxshiroq namoyon qilishi mumkin. Jawdat et al. (2020) chigitda stressga javob genlarining vaqtinchalik faollashishini ko‘rsatgani ushbu konsepsiyaga mos keladi, biroq lazer bo‘yicha chigitda to‘liq antioksidant profili va oksidlovchi stress markerlari hali yetarli darajada o‘lchanmagan.

Spektroskopik dalillar mexanizmni tushuntirishda yordamchi bo‘lishi mumkin. Ahmed va Marouf (2025) lazer ishlovidan keyin UV-Vis va FTIR spektrlarda ayrim chiziqlarning siljishi va intensivligi o‘zgarishini ko‘rsatadi; mualliflar buni molekulyar qo‘zg‘alishlar va kimyoviy bog‘lar atrofida energiya qayta taqsimlanishi bilan izohlaydi. Biroq spektroskopik o‘zgarishning biologik “xulosaga” aylanishi uchun, masalan, membrana lipidlari oksidlanishi, oqsil konformatsiyasi, suv bilan bog‘lanish holati yoki ferment faolligi kabi ko‘rsatkichlar bilan bog‘lanish zanjiri qurilishi kerak. Aks holda, spektral signallar qiziqarli bo‘lsa-da, “qanday qilib” savoliga javob to‘liq bo‘lmay qoladi.

Adabiyotlar tahlili chigitda lazer nurlantirish bo‘yicha bir qator aniq bo‘shliqlarni ko‘rsatadi. Quyida ushbu bo‘shliqlar va ularni yopishga qaratilgan amaliy takliflar keltiriladi.

1) Parametrlar uchun minimal hisobot standarti yo‘q. Har bir tadqiqot kamida: to‘lqin uzunligi; quvvat; nur dog‘i maydoni; urug‘–manba masofasi; irradians; flyuens; ekspozitsiya vaqti; impuls/uzluksiz rejim; yoritish geometriyasi; urug‘ qatlam qalinligi; urug‘ning delint turi, namligi va saqlash yoshi; hamda boshlang‘ich unish ko‘rsatkichlarini standart formatda berishi zarur. Bu talab bajarilmasa, replikatsiya va meta-tahlil amalda mumkin bo‘lmaydi.

2) Doza–javob xaritalari yetarli emas. Ko‘pchilik ishlar 2–4 doza bilan cheklanadi; bu hormezis optimumini aniqlash uchun yetarli emas. Kelgusida javob sirt metodologiyasi asosida (masalan, irradians × vaqt × to‘lqin uzunligi) dizayn qurib, optimumni statistik modellashtirish va ishonch oralig‘i bilan berish kerak.

3) Urug‘ partiyasi va navlar bo‘yicha generalizatsiya cheklangan. Bir nav va bir partiyada topilgan optimum boshqasiga ko‘chmasligi mumkin. Shuning uchun kamida 3–5 xil partiya (turli saqlash yoshi va vigor darajasi) hamda kamida 2–3 navda tasdiqlovchi tajribalar talab etiladi. Shuningdek, delint usuli va qoplama mavjudligi omil sifatida dizaynga kiritilishi lozim.

4) Dala sinovlari ko‘p hududli va ko‘p yillik emas. Optik ishlovning amaliy qadri dala sharoitida, turli iqlim va agrofonlarda baholanadi. Atta et al. (2023) yo‘nalish bergan bo‘lsa-da, ko‘p yillik, ko‘p hududli sinovlar va standart agrotexnika protokollari bilan tasdiqlash hali kam.

5) Mexanistik biomarkerlar va sababiy zanjir yetishmaydi. Antioksidant fermentlar, lipid peroksidlanishi, suv shimilishi, gaz almashinuvi, gormonlar nisbatlari, zaxira moddalarning parchalanish kinetikasi kabi ko‘rsatkichlar lazer dozalari bilan birga tizimli o‘lchanishi zarur. Bu holda lazerning “signal” ta’siri va “stress” ta’sirini ajratish, optimumni biologik asoslash mumkin bo‘ladi.

6) Uzoq muddatli ta’sir va saqlash barqarorligi deyarli o‘rganilmagan. Lazer ishlovi ekishdan necha hafta yoki oy oldin berilganda ham samarali bo‘ladimi? Sovuq plazma bo‘yicha chigitda bunday uzoq muddatli effekt ko‘rsatilgan (de Groot et al., 2018); lazer uchun esa bu savol ochiq va sanoat joriy etish uchun juda muhim.

Kelgusi kun tartibi sifatida bosqichli yondashuv taklif etiladi: avval laboratoriyada to‘lqin uzunligi × flyuens × urug‘ namligi bo‘yicha optimum diapazon aniqlanadi; so‘ng asosiy biomarkerlar (oksidlovchi stress, antioksidantlar, suv shimilishi, fermentlar) o‘lchanadi; keyin ko‘p hududli dala sinovlari bilan barqarorlik tasdiqlanadi; va yakunda pilot oqim liniyasi uchun kalibrlash hamda iqtisodiy baholash bajariladi.

5. Xulosa

Chigit urug‘larini lazer nurlantirish orqali optik faollashtirish bo‘yicha hozirgi ilmiy dalillar texnologiyaning ijobiy potensialini ko‘rsatadi, biroq ilmiy bazaning parchalanishi va metodologik tafovutlar sabab umumiy “retsept” chiqarish erta. Dala natijalari mavjud bo‘lgan ishlar (masalan, Atta et al., 2023) texnologiyaning agronomik ahamiyatini ko‘rsatishga yaqinlashadi, spektral va molekulyar yondashuvlar (Ahmed & Marouf, 2025) esa doza–javob va mexanizmni tushunishga hissa qo‘shadi. Shunga qaramay, parametrlarni hisobot qilishdagi nomuvofiqlik, urug‘ partiyasi heterogenligi va replikatsiya yetishmasligi dalillarni umumlashtirishni cheklaydi.

Amaliy nuqtai nazardan lazer ishlovi ekologik jihatdan nisbatan toza va tez avtomatlashtiriladigan usul bo‘lishi mumkin, ammo sanoatlashtirishda uniform doza taqsimoti, xavfsizlik, integratsiya va iqtisodiy model masalalari hal qilinishi zarur. Ilmiy nuqtai nazardan esa asosiy vazifa — chigitning fotobiologik sezgirligi va hormezis optimumini aniqlash, ta’sirning sababiy mexanizmlarini biomarkerlar orqali ko‘rsatish hamda natijalarni ko‘p joyli, ko‘p yillik dala sinovlarida barqaror tasdiqlashdir. Shu shartlar bajarilgandagina lazer nurlantirish chigit urug‘larini ishlov berishning amaliy portfelida mustaqil va ishonchli texnologiya sifatida o‘rin egallashi mumkin.

Adabiyotlar

1. Ahmed, A., & Marouf, A. (2025). Photophysical mechanisms of low-level laser irradiation on cotton seeds: Spectroscopic insights into molecular excitations. Advanced Physical Research, 7(3), 189–202. https://doi.org/10.62476/apr.73189

2. Araújo, S. de S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2016). Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. Frontiers in Plant Science, 7, 646. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00646

3. Atta, B. M., Saleem, M., Abro, S., Rizwan, M., Sarwar, G., & Farooq, A. (2023). Enhancement of germination and yield of cotton through optical seed priming: Lab. and diverse environment studies. PLOS ONE, 18(7), e0288255. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288255

4. de Groot, G. J. J. B., Hundt, A., Murphy, A. B., Bange, M. P., & Mai-Prochnow, A. (2018). Cold plasma treatment for cotton seed germination improvement. Scientific Reports, 8(1), 14372. https://doi.org/10.1038/s41598-018-32692-9

5. Jawdat, D., Abu Kassem, I., Saleh, A., Aljapawe, A., Ikhtiar, A., & Al-Safadi, B. (2020). Priming of long-term stored cotton seeds using combined UV-A, B and C radiation and its influence on germination. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 16(4), 82–94.

6. Klimek-Kopyra, A., Neugschwandtner, R. V., Ślizowska, A., Kot, D., Dobrowolski, J. W., Pilch, Z., & Dacewicz, E. (2022). Pre-sowing laser light stimulation increases yield and protein and crude fat contents in soybean. Agriculture, 12(10), 1510. https://doi.org/10.3390/agriculture12101510

7. Mylsamy, P., Tamilmani, E., Venugopal, R., Murugaiyan, S., & Ranganathan, U. (2025). Cotton seed management: Traditional and emerging treatment approaches for enhanced productivity. Journal of Cotton Research, 8, 7. https://doi.org/10.1186/s42397-024-00209-7

8. Perveen, R., Ali, Q., Ashraf, M., Al-Qurainy, F., Jamil, Y., & Raza, A. (2021). Quantitative determination of the effects of He–Ne laser irradiation on seed thermodynamics, germination attributes and metabolites of safflower (Carthamus tinctorius L.) in relation with the activities of potential germinating enzymes. Agronomy, 11(7), 1411. https://doi.org/10.3390/agronomy11071411