Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 5, Issue 2, 2026 Chemistry of Goods

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Шухрат Қўшақбоевич Абдурахманов
Андижанский государственный университет, Независимый исследователь кафедры химии
https://orcid.org/0009-0005-6183-4265

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol5.iss2.2026.663

Ключевые слова: лазерная технология, лазерная биостимуляция, лазерная обработка семян, фотобиомодуляция, урожайность, сельское хозяйство.

Аннотация. Стремительный рост населения мира, изменение климата, деградация почв и сокращение водных ресурсов требуют внедрения новых инновационных технологий в сельское хозяйство. Одной из таких перспективных технологий является лазерная технология. В последние годы лазерное излучение широко применяется для предпосевной обработки семян, активизации физиологических процессов растений, контроля сорной растительности, повышения урожайности, улучшения качества продукции, а также для мониторинга сельскохозяйственных угодий. В данной статье проведён глубокий анализ применения лазерных технологий в сельском хозяйстве, результатов научных исследований, механизмов воздействия лазерного излучения на растительный организм и перспектив их дальнейшего развития.

Как цитировать

Абдурахманов, Ш. Қ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ. Журнал химии товаров и народной медицины, 5(2). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol5.iss2.2026.663

Введение. Одной из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством в XXI веке, является достижение высокой урожайности в условиях ограниченных ресурсов. Наряду с традиционными агротехническими методами активно развиваются инновационные технологии, основанные на использовании физических факторов. Одной из таких технологий является применение лазерного излучения.

Лазер (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — усиление света посредством вынужденного излучения) представляет собой источник высокомонохроматического, когерентного и направленного электромагнитного излучения, который позволяет оказывать точное и контролируемое воздействие на биологические объекты. Первоначально лазеры использовались в медицине, военной сфере и промышленности, однако в настоящее время они занимают важное место и в сельском хозяйстве [1].

Исследования, проведённые в последние десятилетия, показали, что лазерное излучение способно повышать всхожесть семян, активизировать процессы фотосинтеза, усиливать устойчивость растений к стрессовым факторам и значительно увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур [2].

Исследования и методология. Биологическое воздействие лазеров объясняется явлением фотобиомодуляции [3]. Низкоинтенсивное лазерное излучение изменяет активность внутриклеточных ферментных систем и фоторецепторов, тем самым ускоряя метаболические процессы.

По мнению учёных, особенно важную роль играет красное излучение с длиной волны 632,8 нм, испускаемое гелий-неоновыми (He-Ne) лазерами. Это излучение воспринимается фитохромной системой растений, в результате чего ускоряется клеточное дыхание, увеличивается синтез АТФ, активизируется биосинтез белков и нуклеиновых кислот, усиливается активность антиоксидантных

ферментов, повышается эффективность фотосинтеза и возрастает устойчивость растений к стрессовым воздействиям [4].

Под воздействием лазерного излучения улучшается водо- и газопроницаемость оболочки семян, вследствие чего ускоряются процессы прорастания. В ряде исследований было показано, что создание микроскопических отверстий в твёрдой оболочке семян с помощью лазера позволяет существенно повысить их всхожесть [4].

Результаты и анализ. Наиболее широко изученным направлением применения лазеров в сельском хозяйстве является предпосевная лазерная обработка семян. Многолетние исследования в этой области были проведены профессором Рышардом Копером и его коллегами в Люблинском сельскохозяйственном университете Польши. Р. Копер работал в Люблинской сельскохозяйственной академии и более 30 лет изучал воздействие лазерного излучения на семена и растения. В своих исследованиях он в основном использовал гелий-неоновые (He-Ne) лазеры. Учёный стремился определить эффективность предпосевной обработки лазерным излучением семян пшеницы, ячменя, кукурузы, сахарной свёклы, рапса и других сельскохозяйственных культур. Согласно полученным результатам, обработка лазером обеспечила повышение урожайности кукурузы на 10–20 %, яровой пшеницы на 20–30 %, ячменя на 20–25 %, а сахарной свёклы на 10–35 %. Кроме того, у сахарной свёклы увеличивались масса корнеплодов и содержание сахара, повышалась устойчивость растений к холоду и засухе, а также значительно улучшалась энергия прорастания семян [5].

Научные исследования Копера были также направлены на изучение биологических механизмов воздействия лазерного излучения. Он подчёркивал, что лазерный свет способен активизировать клеточный метаболизм, усиливать деятельность митохондрий и ускорять процессы энергетического обмена. По мнению учёного, лазерная биостимуляция способствует усилению синтеза АТФ в клетках, что приводит к ускорению роста и развития растений. Результаты, полученные научной школой Копера, впоследствии были подтверждены в других европейских странах и сыграли важную роль в формировании научных основ лазерной биостимуляции [5].

Мексиканский учёный Карлос Эрнандес-Агилар является одним из исследователей, внёсших значительный вклад в изучение влияния лазерных технологий на физиологию растений. Вместе со своими коллегами он исследовал воздействие лазерного излучения на семена кукурузы, фасоли, перца и томата. В ходе исследований применялись красные и зелёные лазеры различной мощности. Учёные установили, что под воздействием лазерного излучения увеличивается скорость поглощения воды семенами, улучшается проницаемость семенной оболочки, возрастает активность фермента α-амилазы, ускоряется процесс расщепления крахмала и значительно усиливается развитие корневой системы [6].

Эрнандес-Агилар показал, что основной причиной воздействия лазерного излучения является активация фитохромной системы растений. Он научно обосновал положительное влияние лазерного света на синтез фотосинтетических пигментов. Эти исследования способствовали более глубокому пониманию влияния лазеров на физиологические и биохимические процессы, протекающие в растительных организмах [6].

Группа исследователей под руководством Хасана подробно изучила влияние лазерной фотобиомодуляции на семена кукурузы. Используя зелёные лазеры, они проанализировали такие показатели, как процент всхожести, энергия прорастания семян, длина корней и стеблей, интенсивность фотосинтеза и накопление биомассы. Результаты исследований показали, что скорость прорастания семян, обработанных лазером, была значительно выше по сравнению с контрольным вариантом. Благодаря более мощному развитию корневой системы растения эффективнее усваивали воду и минеральные элементы из почвы. Хасан подчёркивает, что лазеры могут использоваться в сельском хозяйстве в качестве экологически безопасных биостимуляторов [7].

Исследования С. Афтаба и его коллег по пшенице. Пакистанский учёный С. Афтаб провёл ряд экспериментов по биостимуляции семян пшеницы с использованием лазерного излучения. В его исследованиях изучались всхожесть семян, длина корней и стеблей, содержание хлорофилла, синтез белка и активность антиоксидантных ферментов. Результаты показали, что у растений, выращенных из семян, обработанных лазером, повышалась активность ферментов каталазы, пероксидазы и супероксиддисмутазы. Эти ферменты защищают растения от воздействия свободных радикалов. По этой причине растения, полученные из лазерно обработанных семян, оказались более устойчивыми к неблагоприятным условиям окружающей среды. Работы Афтаба показали, что лазерное излучение активирует механизмы защиты растений от физиологических стрессов [8].

Научная группа под руководством М. Надими изучила возможности использования лазерных технологий для восстановления всхожести семян, длительное время находившихся на хранении. В ходе исследований физиологически состарившиеся вследствие хранения семена подвергались лазерной обработке. Результаты показали улучшение показателей всхожести, восстановление метаболической активности семян, усиление деятельности ферментных систем и ускорение энергетического обмена. Авторы пришли к выводу, что лазерное излучение способно частично компенсировать процессы старения семян. Данные исследования имеют большое практическое значение для семеноводческих хозяйств [9].

В последние годы группа исследователей под руководством Эмана Юсефа изучала роль лазерных технологий в выращивании чеснока. Используя гелий-неоновые (He-Ne) лазеры для обработки посадочного материала, они оценивали такие параметры, как урожайность, эффективность использования питательных веществ, показатели фотосинтеза, масса луковиц и содержание хлорофилла. В исследовании, опубликованном в 2026 году, было изучено влияние He-Ne-лазеров на посевы чеснока. Результаты показали, что в вариантах с лазерной обработкой высота растений увеличилась на 20,5 %, зелёная масса — на 48,1 %, масса луковиц — на 29,1 %, а общий урожай — до 29 %. Кроме того, эффективность использования азота возросла на 146 %, а усвоение фосфора и калия значительно улучшилось. Исследователи продемонстрировали, что лазерное излучение оптимизирует систему питания растений и ускоряет усвоение минеральных элементов [10].

Во многих экспериментах, проведённых учёными Египта, Индии, Польши и Мексики, также было установлено, что лазерная обработка способствует увеличению содержания хлорофилла, активизации фотосинтеза, повышению содержания белков и углеводов, а также улучшению усвоения минеральных элементов. Особенно отмечалось увеличение содержания сахара в сахарной свёкле с 15 % до 17 %, а также повышение содержания белка в зерне пшеницы примерно на 2 % [11].

В настоящее время лазеры используются не только в качестве биостимуляторов, но и как важный элемент современного земледелия. В частности, с помощью технологии лазерного дистанционного зондирования (LiDAR) создаются трёхмерные карты посевных площадей, оценивается биомасса растений, выявляются заболевания и стрессовые состояния, а также прогнозируется урожайность [12]. Технология лазерного выравнивания земель повышает эффективность орошения и снижает расход воды. Исследования показывают, что подобные технологии позволяют уменьшить затраты на производство сельскохозяйственной продукции и повысить эффективность использования водных ресурсов.

Ещё одним перспективным направлением применения лазеров в сельском хозяйстве является контроль сорной растительности. Датские учёные Иван Рахматулин и Кристиан Андреасен внесли значительный вклад в разработку автоматизированных роботизированных систем на основе лазерных технологий. Согласно предложенной ими концепции, система камер обнаруживает сорные растения, искусственный интеллект выполняет их классификацию, после чего лазерный луч направляется на точку роста сорняка, вызывая термическое повреждение его клеток. Данный метод позволяет существенно сократить использование гербицидов и обеспечивает высокий уровень

экологической безопасности. Эти исследования служат важной научной основой для развития роботизированного сельского хозяйства будущего [13].

В условиях изменения климата особое значение приобретает создание сортов растений, устойчивых к засухе, засолению почв, низким температурам и воздействию тяжёлых металлов. Многочисленные исследования показали, что лазерная обработка способствует повышению засухоустойчивости растений, улучшению их адаптации к засолению, повышению морозоустойчивости и усилению антиоксидантной защитной системы. В частности, было установлено, что гелий-неоновые (He-Ne) лазеры способны улучшать развитие растений в среде, загрязнённой свинцом, а также активировать их стрессовые ответные реакции [14].

Несмотря на многочисленные преимущества лазерных технологий, существуют и определённые проблемы. К ним относятся необходимость индивидуального подбора оптимальной дозы и времени экспозиции для каждой сельскохозяйственной культуры, возможность повреждения растительных тканей при использовании высокомощных лазеров, относительно высокая стоимость оборудования для применения на больших площадях, а также недостаточная изученность механизмов биологического воздействия лазерного излучения. По этой причине углублённое исследование влияния лазеров на физиологию растений на молекулярном и геномном уровнях остаётся актуальной научной задачей [15].

Заключение. Анализ научной литературы показывает, что лазерные технологии обладают значительным потенциалом для применения в сельском хозяйстве. Использование лазерного излучения позволяет повышать всхожесть семян, ускорять рост и развитие растений, увеличивать урожайность и улучшать качество сельскохозяйственной продукции. Кроме того, лазеры занимают важное место в технологиях точного земледелия, экологически безопасного контроля сорняков, дистанционного мониторинга и ресурсосбережения. Ожидается, что в будущем интеграция искусственного интеллекта, робототехники, систем LiDAR и лазерных технологий позволит вывести сельское хозяйство на качественно новый уровень развития. Поэтому углублённое изучение лазерных технологий и их широкое внедрение в практику являются одними из важнейших факторов обеспечения продовольственной безопасности.

Литературы

1. Hernández-Aguilar C., Domínguez-Pacheco A., Cruz-Orea A. et al. Laser in Agriculture // International Agrophysics. 2010. Vol. 24. P. 407–422.
2. Koper R. Pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and its results in agrotechnics // International Agrophysics. 1994. Vol. 8. P. 593–596.
3. Hernández-Aguilar C., Domínguez-Pacheco A., Cruz-Orea A. et al. Laser Biostimulation in Seeds and Plants // Gayana Botánica. 2016. Vol. 73(1). P. 132–149.
4. Możdżeń K. et al. Effect of Long-Term He-Ne Laser Irradiation on Seed Germination and Seedling Growth // Plants. 2020. Vol. 9.
5. Koper R., Dygdała Z., Kornarzyński K. Application of laser stimulation in agriculture // International Agrophysics. 2002. Vol. 16. P. 211–215.
6. Hernández-Aguilar C.C., Carballo C.A., Artola A., Michtchenko A. Laser Irradiation Effects on Maize Seed Field Performance // Seed Science and Technology. 2006. Vol. 34(1). P. 193–197.
7. Hasan M., Baiton A., Khosruzzaman M. et al. Comparison of the Effects of Two Laser Photobiomodulation Treatments on Maize Seeds and Seedlings // Scientific Reports. 2021. Vol. 11.
8. Aftab S., Khan M.R., Ahmad R. Effects of Laser Irradiation on Wheat Seed Germination and Antioxidant Enzyme Activity // Pakistan Journal of Botany. 2018. Vol. 50(4). P. 1451–1458.
9. Nadimi M., Asghari H.R., Hosseini S.M. Laser Pretreatment Improves Germination Characteristics of Aged Seeds // Seed Science Research. 2019. Vol. 29(3). P. 205–214.
10. Yousef E.M., El-Gizawy N.K.B., Ragab M.E. Influence of He-Ne Laser Treatment on Growth and Productivity of Garlic Plants // Egyptian Journal of Horticulture. 2024. Vol. 51(2). P. 177–190.

11. Klimek-Kopyra A., Dłużniewska J., Ślizowska A., Dobrowolski J.W. Impact of Coherent Laser Irradiation on Germination and Mycoflora of Soybean Seeds // Agriculture. 2020. Vol. 10(8). Article 314.
12. Gebbers R., Adamchuk V.I. Precision Agriculture and Food Security // Science. 2010. Vol. 327. P. 828–831.
13. Rakhmatulin I., Andreasen C. A Concept of a Compact and Inexpensive Device for Controlling Weeds with Laser Beams // Agronomy. 2020. Vol. 10(10). Article 1616.
14. Romero-Galindo R., Zepeda-Bautista R., Hernández-Aguilar C. Biophysical Methods Used to Generate Tolerance to Drought Stress in Seeds and Plants // International Agrophysics. 2022. Vol. 36. P. 1–18.
15. Muthusamy A., Kudwa P.P. Influence of Helium-Neon Laser Irradiation on Seed Germination and Seedling Growth: A Review // Journal of Plant Growth Regulation. 2019. Vol. 38. P. 1021–1034.