

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 681.518

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-59-65>

## Применение ультрафиолета для предпосевной обработкой семян

*Н.П. Кондратьева*<sup>1✉</sup>, *В.Ф. Сторчевой*<sup>2</sup>, *Р.Г. Большин*<sup>3</sup><sup>1</sup> Удмуртский государственный аграрный университет; г. Ижевск, Россия<sup>2</sup> Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет); г. Москва, Россия<sup>3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия<sup>1</sup> [aep\\_isha@mail.ru](mailto:aep_isha@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1784-3560><sup>2</sup> [v.storchevoy@rgau-msha.ru](mailto:v.storchevoy@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6929-3919><sup>3</sup> [bolshin@rgau-msha.ru](mailto:bolshin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>

**Аннотация.** Современные методы предпосевной обработки семян позволяют обеззараживать семена, повышать урожайность и устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды, стимулировать иммунитет растений. Среди методов электромагнитного воздействия на биообъекты облучение семян ультрафиолетом отличается простотой, энергетическим и экономическим преимуществом и экологической безопасностью. Целью исследований является изучение воздействия ультрафиолетового излучения для предпосевной обработки семян туи и эмпирическое определение эффективной дозы УФ-облучения. Для поддержания необходимой дозы УФ-облучения нами разработана цифровая система управления на микроконтроллере ATMEGA128A (ATMEL). Рабочая площадь УФ-матрицы 12 × 12, состоящей из 200 УФ-светодиодов, составила 144 см<sup>2</sup>. Расстояние от УФ-светодиодов до облучаемых семян составляет около 2 см. Контроль дозы УФ-излучения матрицы осуществляется путем контроля падения напряжения на фоторезисторах NSL-19M51. Излучение светодиодов в зоне УФ-А (UV-A) соответствовало 98%. В каждой серии облучалось 100 семян туи западной, повторность опытов – четырехкратная. Исследовались дозы УФ-облучения 2, 3 и 4 кДж/м<sup>2</sup>. В качестве контроля использовались семена туи западной без УФ-облучения. Эмпирически определена эффективная доза УФ-облучения семян. Установленная доза УФ-облучения 2 кДж/м<sup>2</sup> способна повысить энергию прорастания семян на 12,8% по сравнению с контролем. Статистическая обработка эмпирических данных показала удовлетворительную точность проведенных экспериментов. Показатель точности опыта составил  $P = 1,76\% \pm 0,65\%$ , для контроля (без УФ-облучения) –  $P = 1,33 \pm 0,47\%$ .

**Ключевые слова:** обработка семян, ультрафиолет, облучение семян ультрафиолетом, семена туи западной, система управления, эффективная доза УФ-облучения

**Для цитирования:** Кондратьева Н.П., Сторчевой В.Ф., Большин Р.Г. Применение ультрафиолета для предпосевной обработкой семян // *Агроинженерия*. 2024. Т. 26, № 5. С. 59-65. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-59-65>

## ORIGINAL ARTICLE

## Use of ultraviolet for pre-sowing seed treatment

*N.P. Kondrateva*<sup>1✉</sup>, *V.F. Storchevoy*<sup>2</sup>, *R.G. Bolshin*<sup>3</sup><sup>1</sup> Udmurt State Agrarian University; Izhevsk, Russia<sup>2</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University); Moscow, Russia<sup>3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia<sup>1</sup> [aep\\_isha@mail.ru](mailto:aep_isha@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1784-3560><sup>2</sup> [v.storchevoy@rgau-msha.ru](mailto:v.storchevoy@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6929-3919><sup>3</sup> [bolshin@rgau-msha.ru](mailto:bolshin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>

**Abstract.** Modern methods of pre-sowing seed treatment disinfect seeds, increase yield and plant resistance to adverse environmental factors, and stimulate plant immunity. Among the methods of electromagnetic impact on bioobjects, irradiation of seeds with ultraviolet light is simple, energy-efficient, economically beneficial and environmentally safe. The research aimed to study the effect of UV irradiation for pre-sowing treatment of thuja seeds and empirically determine the effective dose of UV irradiation. To maintain the required UV irradiation dose, the authors developed a digital control system on ATMEGA128A microcontroller (ATMEL). The working area of a 12 × 12 UV matrix consisting of 200 UV LEDs was 144 cm<sup>2</sup>. The distance from the UV LEDs to the irradiated seeds was about 2 cm. The UV dose of the matrix was controlled by monitoring the voltage drop on the NSL-19M51 photoresistors.

The irradiance of the LEDs in the UV-A (UV-A) zone corresponded to 98%. In each series, 100 seeds of *Thuja occidentalis* were irradiated; the experiments were repeated four times. The authors studied UV irradiation doses of 2 kJ/m<sup>2</sup>, 3 kJ/m<sup>2</sup>, and 4 kJ/m<sup>2</sup>. Seeds of *Thuja occidentalis* without UV irradiation treatment were used as a control. The effective dose of UV-irradiation of seeds was determined empirically. The determined UV irradiation dose of 2 kJ/m<sup>2</sup> is able to increase seed germination energy by 12.8% as compared to the control. Statistical processing of empirical data showed satisfactory accuracy of the conducted experiments. The accuracy index of the experiment amounted to  $P=1.76\pm 0.65\%$ , for the control (without UV irradiation) –  $P=1.33\pm 0.47\%$ .

**Keywords:** seed treatment, ultraviolet, UV irradiation of seeds, seeds of *Thuja occidentalis*, control system, effective dose of UV irradiation

**For citation:** Kondrateva N.P., Storchevoy V.F., Bolshin R.G. Use of ultraviolet for pre-sowing seed treatment. *Agricultural Engineering (Moscow)*. (In Russ.). 2024;26(5): 59-65. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-59-65>.

## Введение

Реализация высокопродуктивного и устойчивого к изменениям природной среды сельского хозяйства является приоритетным направлением научно-технологического развития страны [1-4]. Поэтому значительное внимание уделяется современным методам предпосевной обработки семян, которые обеззараживают их, повышают урожайность, иммунитет и устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды [5, 6]. Метод предпосевной обработки семян должен быть простым, экологически безопасным и экономически обоснованным [7, 8]. На прорастание семян влияет вид предпосевной обработки. Условно операции предпосевной стимуляции семян подразделяются на физические [9], биологические [10-12] и химические [13].

Физические операции включают в себя ряд методов: физико-механические (барботирование, ультразвуковая обработка семян в воде, скарификация); термические (стратификация, обработка семян паром и воздействие переменными температурами); радиационные (ионизирующее излучение); электрофизические (обработка семян постоянным электрическим током, полем коронного разряда, электромагнитными полями низких, средних и высоких частот, электромагнитной энергией инфракрасного и ультрафиолетового спектров, электромагнитными полями сверхвысокой частоты<sup>1,2</sup> [14]); фотоэнергетические (обработка семян концентрированным светом, импульсным концентрированным солнечным светом, импульсным высокочастотным электрическим светом и лазером [15-17]); магнитные (обработка постоянным магнитным полем [18, 19]).

Академик Л.Г. Прищеп, проанализировав существующие методы электромагнитного воздействия на биологические объекты, предложил из всех перечисленных

методов использовать облучение семян ультрафиолетом ввиду простоты, энергоэкономичности, экономической выгоды и экологической безопасности способа<sup>3</sup>.

Аналогичные результаты получены другими учеными, которые отмечают, что обработка семян сельскохозяйственных растений ультрафиолетовым излучением (УФИ) увеличивает энергию прорастания и всхожесть, повышает урожайность, сокращает расход семян и поэтому является перспективным методом обработки семян перед посевом [21].

Излучение в диапазоне 315...380 нм (УФ-А) стимулирует фотохимические процессы в семенах, не вызывая мутационных изменений [22-24], а также синтезирует активные формы кислорода<sup>4</sup> [20, 25].

Излучение зоны УФ-А повышает всхожесть только у семян пониженного класса качества, дающих в основном проростки с морфологическими дефектами. Под влиянием эффективных доз ультрафиолета возрастает количество стимулированных семян<sup>5</sup>.

Проведенные исследования показали, что операция предпосевной стимуляции семян ультрафиолетом – это экологически чистый и энергоэффективный метод перевода семян из низкого третьего класса качества в более высокий – второй [23, 24, 26].

Предпосевная стимуляция семян хвойных культур ультрафиолетом является актуальной в связи с высокой потребностью в этих растениях. Хвойные культуры задерживают пыль в 30 раз больше, чем осина, в 12 раз больше, чем береза, и выделяют фитонциды в 2 раза больше, чем лиственные породы [8]. Вечнозеленая туя является одним из самых зимостойких и неприхотливых деревьев и обладает высокой дымо- и газоустойчивостью [15, 20, 23]. Она размножается мелкими семенами (рис. 1).

<sup>1</sup>Бывальцев А.В., Кондратьева Н.П., Украинцев В.С. Влияние УФ-облучения на повышение посевных качеств семян. Методика и технология: Монография. Сабрюкен, 2012, 60 с.; Дубров А.П. Действие ультрафиолетовой радиации на растения: Учебник. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 124 с.

<sup>2</sup>Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта. М.: Колос, 1980. 208 с.

<sup>3</sup>Там же.

<sup>4</sup>Бывальцев А.В., Кондратьева Н.П., Украинцев В.С. Влияние УФ-облучения на повышение посевных качеств семян. Методика и технология: Монография. Сабрюкен, 2012. 60 с.

<sup>5</sup>Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта. М.: Колос, 1980. 208 с.



Рис. 1. Зеленые кусты туи западной ранней весной (а), молодые шишки (б) и семена туи западной (в)  
 Fig. 1. Green bushes of thuja occidentalis in early spring (a), young cones (b) and seeds of thuja occidentalis (c)

Для получения дружных всходов семян хвойных культур необходимо определить эффективную дозу их УФ-облучения и обеспечить ее автоматическую поддержку посредством цифровой системы управления.

**Цель исследований:** изучить воздействие ультрафиолетового излучения для предпосевной обработки семян туи и эмпирически определить эффективную дозу УФ-облучения.

**Материалы и методы**

Ультрафиолетовая светодиодная (УФ LED) облучательная установка имеет рабочую площадь

$12 \times 12 = 144 \text{ см}^2$ . Расстояние от УФ-светодиодов до облучаемых семян составляет 2 см. Количество УФ-светодиодов – 200 (рис. 2а). Мощность УФ-излучения по зонам УФ-А, УФ-В, УФ-С измерялась прибором ТКА «Радиометр» (рис. 2б). Излучение светодиодов в зоне УФ-А (UV-A) составляет примерно 98% (табл.).

Исследовалось влияние ультрафиолета на семена туи западной дозой 2, 3 и 4 кДж/м<sup>2</sup>. В качестве контроля использовались семена без УФ-облучения.

Статистическая обработка полученного эмпирического материала произведена по методике биометрических расчетов профессора Г.Н. Зайцева<sup>6</sup>.

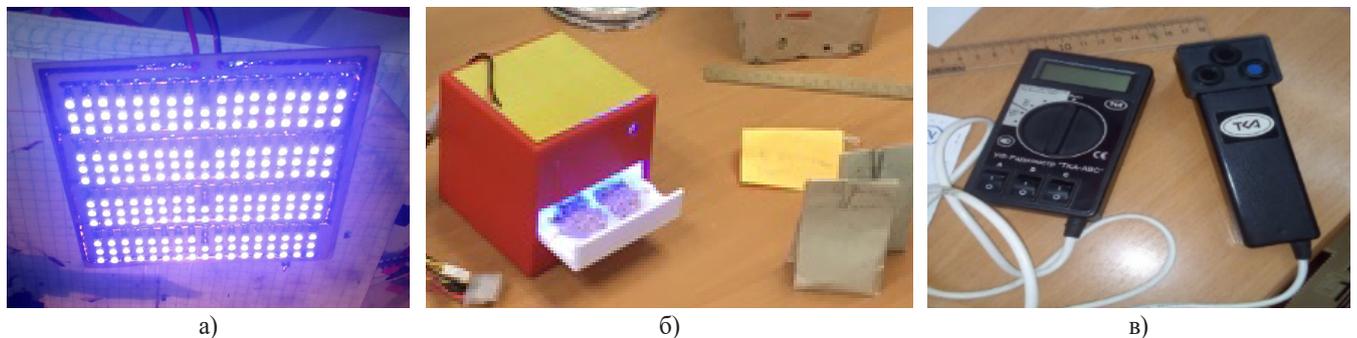


Рис. 2. УФ-светодиодная матрица (а), стационарная компактная УФ-облучательная установка (б) и прибор ТКА «Радиометр» для измерения УФ-излучения в зонах UV-A, UV-B, UV-C (в)  
 Fig. 2. Photo of a UV LED matrix (a) of a stationary compact UV irradiation installation (b) and a TKA “Radiometer” device for measuring UV irradiation in the UV-A, UV-B, UV-C zones (c)

**Мощность излучения по зонам**

Таблица

**Irradiation power by zone**

Table

УФ-излучение <i>UV irradiation</i>	Спектральный диапазон, нм <i>Spectral range, nm</i>	Мощность излучения / <i>Irradiation power</i>	
		Вт/м <sup>2</sup>	%
УФ-А / <i>UV-A</i>	315...400	3,5	97,57
УФ-В / <i>UV-B</i>	280...315	0,0875	2,43
УФ-С / <i>UV-C</i>	200...280	0,013	0,0036

<sup>6</sup>Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. М., 1993. 255 с.

**Результаты и их обсуждение**

Для применения и изучения воздействия ультрафиолета при обработке семян перед посевом нами была разработана установка. Доза УФ-облучения поддерживалась цифровой системой управления на микроконтроллере ATMEGA128A фирмы ATMEL, который имеет в своем составе аналого-цифровой преобразователь (АЦП), что позволяет преобразовывать сигналы непосредственно в микросхеме, тем самым упрощая электрическую схему и сокращая энергопотребление устройства в целом. В микроконтроллере присутствуют оперативная память, энергонезависимая память, центральный процессор и порты для ввода и вывода логической информации. Для синхронизации и стабильной работы применяется SMD-кварц фирмы JAUCH на 8.192 МГц. Для ликвидации рисков сбоя программы при кратковременном отсутствии напряжения питания используется супервизор, в котором применяется микросхема MAX6916 фирмы MAXIM. Эта микросхема контролирует уровень напряжения. При напряжении меньше 2,7 В подается команда на сброс цифрового микроконтроллера. Для отсчета интервалов времени в микросхеме реализованы часы реального времени, которые синхронизированы с часовым кварцем с частотой 32,768 кГц. При помощи микросхемы – высокоскоростного приемопередатчика RS-232 ADM202 фирмы ANALOG DEVICES – происходит обмен информацией. Цифровая часть устройства запитывается от постоянного напряжения +5 В, которое подается от конвертера P6AU-1205 фирмы PEAK

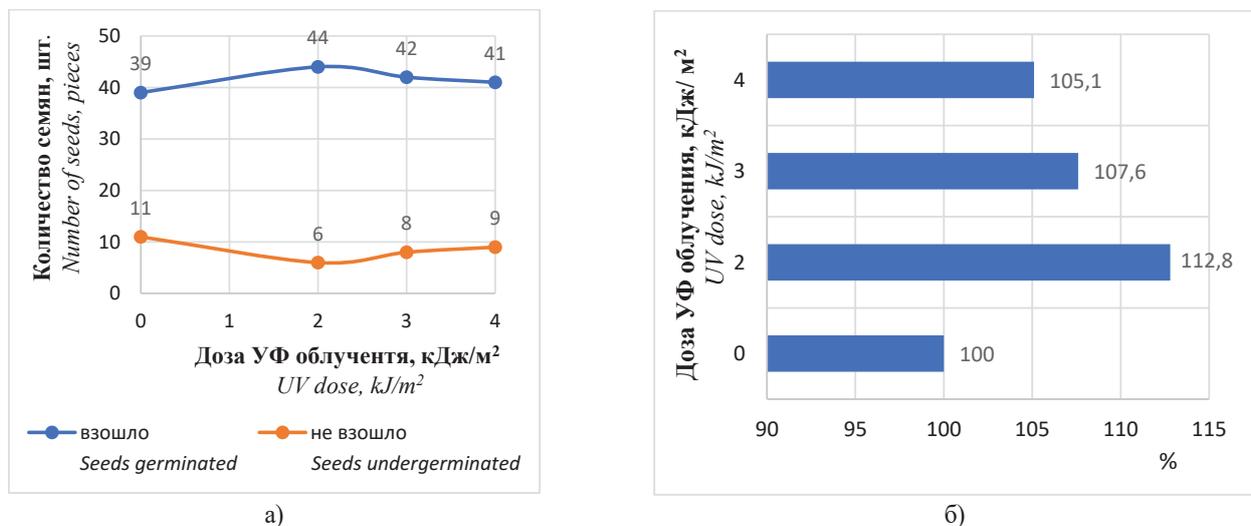
ELECTRONICS. Контроль дозы УФ-излучения осуществляется косвенным способом – путем контроля падения напряжения на фоторезисторах NSL-19M51 фирмы ADVANCED PHOTONIX, включенных в резистивный делитель.

Разработанная установка для предпосевной обработки семян ультрафиолетом позволяет реализовать простую, энергоэкономичную, экологически чистую, электробезопасную и перспективную операцию предпосевной стимуляции семян ультрафиолетовым излучением [21].

Эксперименты проводились на семенах туи западной. В каждом опыте облучалось по 100 семян. Облучение семян ультрафиолетом осуществлялось при дозах 2, 3 и 4 кДж/м<sup>2</sup>. Повторность опытов – четырехкратная. Получение первичной информации о всхожести и энергии роста осуществлялось в соответствии с ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести». Эмпирические данные по всхожести семян туи западной после УФ-облучения разными дозами приведены на рисунке 3.

Из данных рисунка 3 следует, что энергия прорастания у семян туи западной после обработки УФ-излучением дозой 2 кДж/м<sup>2</sup> выше по сравнению с контролем на 12,8%. Это способствует более быстрому прорастанию семян, получению из них более ранних и полноценных всходов.

Показатель точности опыта при дозе УФ-облучения 2 кДж/м<sup>2</sup> составил  $P = 1,76\%$  при ошибке  $m_p = 0,65\%$ , для контроля, то есть режима без УФ-облучения семян,  $P = 1,33 \pm 0,47\%$  соответственно, что говорит об удовлетворительной точности опытов.



**Рис. 3. Эмпирические данные всхожести семян туи западной от дозы УФ-облучения (а) и превышение всхожести относительно контроля (б)**

**Fig. 3. Empirical data on the germination of thuja occidentalis seeds depending on the dose of UV irradiation (a) and excess germination relative to control (b)**

## Выводы

1. Для применения и изучения воздействия ультрафиолета при обработке семян перед посевом нами была разработана установка. Для поддержания необходимой дозы УФ-облучения разработана цифровая система управления на микроконтроллере ATMEGA128A фирмы ATMEL. Контроль дозы, осуществляемый фоторезисторами NSL-19M51 фирмы ADVANCED PHOTONIX, включенными в резистивный делитель, позволяет косвенным способом по контролю падения напряжения на фоторезисторе определять поток излучения УФ-матрицы.

## Список источников

1. Старцева А.В., Акманаев Э.Д. Урожайность озимой тритикале сорта Цекад 90 при использовании биопрепаратов в Среднем Предуралье // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной десятилетию науки и технологий в Российской Федерации. Пермь, 2023. С. 29-33. EDN: SCDDXX
2. Русских Ю.В. Урожайность зерна яровой пшеницы Йолдыз при предпосевной обработке семян хелатными микроудобрениями // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: Сборник статей. Ижевск, 2023. Т. 1. С. 99-103. EDN: ROCAKI
3. Серебrenникова Ю.О. Влияние совместного применения гербицидов и биопрепаратов на продуктивность среднеспелых сортов сои // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Благовещенск, 2023. Т. 1. С. 127-132. EDN: LMGWGE
4. Singh B.N., Kapoor C.P., Choudhari R.S. Growth studies in relation to ultraviolet radiation. *Botanical Gazette*. 1936;97(3):649-665. <http://www.jstor.org/stable/2471714>.
5. Колесникова В.Г., Меньшикова Л.Н. Предпосевная обработка семян овса Яков биопрепаратами // Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. Т. 1. С. 71-75. EDN: OEPDSC
6. Верховцева Н.В., Кубарев Е.Н., Балашов Г.Р., Роберт А.Э. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) органическими кислотами природного происхождения в разреженной среде на рост и развитие растений // Агрехимия. 2023. № 4. С. 51-61. <https://doi.org/10.31857/S0002188123040142>
7. Игнатенко А.А., Батова Ю.В., Холопцева Е.С., Казнина Н.М. Влияние предпосевной обработки семян салициловой кислотой на рост и фотосинтетический аппарат ячменя при разном содержании цинка в субстрате // Физиология растений. 2023. Т. 70, № 3. С. 251-258. <https://doi.org/10.31857/S001533032370001X>
8. Кондратьева Н.П., Шогенов Ю.Х., Зиганшин Б.Г., Ахатов Р.З. Использование цифровых технологий для эффективного управления электро-технологическими облучательными установками // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 40-43. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-4-40-43>
9. Björn L.O., Janet F. Proceeding of the International Workshop on the «Effects ultraviolet radiation on Plant», organized

2. Эмпирические данные показали, что энергия прорастания семян туи западной после обработки УФ излучением дозой 2 кДж/м<sup>2</sup> выше на 12,8%, чем в контроле. Это способствует более быстрому прорастанию семян и получению из них ранних и полноценных всходов.

3. Статистическая обработка эмпирических данных показала удовлетворительную точность проведенных экспериментов. Показатель точности опыта полученных экспериментальных данных при дозе УФ-облучения 2 кДж/м<sup>2</sup> составил  $P = 1,76\%$  при ошибке  $m_p = 0,65\%$ , для контроля (УФ-облучения семян)  $P = 1,33 \pm 0,47\%$ .

## References

1. Startseva A.V., Akmanaev E.D. Productivity of winter triticale variety Tsekad 90 using biological products in the Middle Urals. *Agricultural technologies of the 21<sup>st</sup> century: development strategy, technologies and innovations. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation*. Perm, 2023. pp. 29-33. (In Russ.)
2. Russkikh Yu.V. Grain yield of spring wheat during pre-sowing treatment of seeds with chelated microfertilizers. *Nauchnye trudy studentov Izhevskoy GSKHA = Scientific works of students of the Izhevsk State Agricultural Academy. Digest of articles*. Izhevsk. 2023;1:99-103. (In Russ.)
3. Serebrennikova Yu.O. The effect of the combined use of herbicides and biological products on the productivity of medium-ripened soybean varieties. *Agropromyshlenniy Kompleks: Problemy i Perspektivy Razvitiya. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference*. Blagoveshchensk. 2023;1:127-132. (In Russ.)
4. Singh B.N., Kapoor C.P., Choudhari R.S. Growth studies in relation to ultraviolet radiation. *Botanical Gazette*. 1936;97(3):649-665. <http://www.jstor.org/stable/2471714>
5. Kolesnikova V.G., Menshikova L.N. Pre-sowing treatment of Yakov oat seeds with biological preparations. *Innovatsionnyye resheniya strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the Udmurt State Agrarian University. In 3 volumes*. Izhevsk, 2023;1:71-75. (In Russ.)
6. Verkhovtseva N.V., Kubarev E.N., Balashov G.R., Robert A.E. Effect of pre-sowing treatment of spring wheat seeds (*triticum aestivum* l.) with organic acids of natural origin in a rarefied environment on plant growth and development. *Agrochemistry*. 2023;4:51-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188123040142>
7. Ignatenko A.A., Batova Yu.V., Kholoptseva E.S., Kaznina N.M. Effect of pre-sowing seed treatment with salicylic acid on the growth and photosynthetic apparatus of barley at different zinc content in the substrate. *Plant Physiology*. 2023;70(3):251-258 (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S001533032370001X>
8. Kondrateva N.P., Shogenov Yu.Kh., Ziganshin B.G., Akhatov R.Z. The use of digital technologies for the effective management of electrotechnological irradiators. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022;4:40-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-4-40-43>
9. Björn L.O., Janet F. Proceeding of the International Workshop on “Effects ultraviolet radiation on Plant”, organized by Association Internationale de Photobiologie and Indian Photobiology

by Association Internationale de Photobiologie and Indian Photobiology Society 1-5 November, 1982 Delhi, India. *Physiology Plantarum*. 1983;58:349-450.

10. Разживин В.В., Потапова Г.Н. Влияние системных фунгицидов на полевую всхожесть и перезимовку растений озимой ржи сорта Янтарная // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 12 (230). С. 15-20. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-230-12-15-20>

11. Sisson W.B. Photosynthesis, Growth and ultraviolet Irradiance Absorbance of Cucurbita pepo L. Leaves Exposed to Ultraviolet-B Radiation (280-315 nm). *Plant Physiol*. 1981;67(1):120-124. <https://doi.org/10.1104/pp.67.1.120>

12. Teramura A.H. Effects of ultraviolet-B irradiances on soybean. I. Importance of photosynthetically active radiation in evaluating ultraviolet-B irradiance effect on soybean and wheat growth. *Physiol. Plant*. 1980;48:333-339. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03264.x>

13. Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 4 (394). С. 93-104. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-93-104>

14. Рябова Т.Н., Ястребова А.В., Коконев С.И., Мильчакова А.В. Кормовая продуктивность люпина узколистного в зависимости от предпосевной обработки семян и нормы высева // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (75). С. 4-9. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_4-9](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_4-9)

15. Украинцев В.С., Корепанов Д.А., Кондратьева Н.П., Бывальцев А.В. Влияние ультрафиолетового облучения на повышение посевных качеств семян хвойных пород // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2011. № 1. С. 132-137. EDN: NDXRUD

16. Исупов А.Н., Киселев М.М., Крылов О.Н. Влияние предпосевной лазерной обработки семян на урожайность озимой ржи // Актуальные вопросы агрономии: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора сельскохозяйственных наук, почетного работника высшего профессионального образования, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики профессора Ильдуса Шамилевича Фатыхова. Ижевск, 2023. С. 152-155. EDN: NKHTGH

17. Ренёв Е.А., Громов О.В. Влияние магнитного поля при предпосевной обработке семян на урожайность ярового ячменя в Среднем Предуралье // Вековое растениеводство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства. Пермь, 2023. С. 138-144. EDN: MBBKON

18. Бахчевников О.Н., Брагинец А.В. Применение микроволнового излучения для предпосевной обработки семян (обзор) // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 509-526. EDN: XGJUCG

19. Башарина О.В., Артюхов В.Г., Савостина И.Е. Влияние УФ-света на синтез некоторых белков лимфоцитами // Иммунология. 2009. Т. 30, № 3. С. 152-153. EDN: KUYSMF

20. Кондратьева Н.П., Корепанов Д.А., Бывальцев А.В., Перевозчиков Е.А. Ультрафиолетовое облучение семян туи западной и ели колочей // Известия Международной академии аграрного образования. 2011. № 12. С. 13-15. EDN: OBTJMT

21. Рыбкина С.В., Беляков М.В. Применение оптического излучения для стимулирования прорастания семян ели европейской // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2007. № 4. С. 14-19. EDN: IISSWZ

Society 1-5 November, 1982 Delhi, India. *Physiology Plantarum*. 1983;58:349-450.

10. Razzhivin V.V., Potapova G.N. Effect of systemic fungicides on field germination and overwintering of winter rye variety Yantarnaya. *Vestnik Altayskogo sluzhashchego agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agrucultural University*. 2023;12:15-20 (In Russ.) <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-230-12-15-20>

11. Sisson W.B. Photosynthesis, Growth and ultraviolet Irradiance Absorbance of Cucurbita pepo L. Leaves Exposed to Ultraviolet-B Radiation (280-315 nm). *Plant Physiol*. 1981;67(1):120-124. <https://doi.org/10.1104/pp.67.1.120>

12. Teramura A.H. Effects of ultraviolet-B irradiances on soybean. I. Importance of photosynthetically active radiation in evaluating ultraviolet-B irradiance effect on soybean and wheat growth. *Physiol. Plant*. 1980;48:333-339. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03264.x>

13. Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. Influence of growth stimulants on seed germination and seedlings growth of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Russian Forestry Journal*. 2023;4:93-104 (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-93-104>

14. Ryabova T.N., Yastrebova A.V., Kokonov S.I., Milchakova A.V. Feeding productivity of narrow-leaved lupine depending on pre-sowing seed treatment and seeding rate. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023;3(75):4-9. (In Russ.) [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_4-9](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_4-9)

15. Ukraintsev V.S., Korepanov D.A., Kondratyeva N.P., Byvaltsev A.V. Influence of ultraviolet irradiation on increase sowing qualities of coniferous breeds. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle = Bulletin of the Udmurt University. Series 6: Biology. Geosciences*. 2011;1:132-137 (In Russ.)

16. Isupov A.N., Kiselev M.M., Krylov O.N. Influence of pre-sowing laser seed treatment on the yield of winter rye. *Aktualnye Voprosy Agronomii: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of Doctor of Agricultural Sciences, Honorary Worker of Higher Professional Education, Honored Scientist of the Udmurt Republic, Professor Ildus Sh. Fatykhov*. Izhevsk, 2023. pp. 152-155 (In Russ.)

17. RENEV E.A., GROMOV O.V. The influence of the magnetic field during pre-sowing seed treatment on the yield of spring barley in the Middle Urals. *Vekovoe Rastenievodstvo. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Plant Science*. Perm, 2023. pp. 138-144. (In Russ.)

18. Bakhchevnikov O.N., Braginets A.V. Application of microwave radiation for seed pre-sowing treatment (review). *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023;3:509-526. (In Russ.)

19. Basharina O.V., Artyukhov V.G., Savostina I.E. The influence of UV light on the synthesis of certain proteins by lymphocytes. *Immunologiya*. 2009;30(3):152-153. (In Russ.)

20. Kondratyeva N.P., Korepanov D.A., Byvaltsev A.V., Perevozchikov E.A. Ultraviolet irradiation of seeds of thuja occidentalis and blue spruce (*Picea pungens*). *Izvestiya Mezhdunarodnoy Akademii Agrarnogo Obrazovaniya*. 2011;12:13-15. (In Russ.)

21. Rybkina S.V., Belyakov M.V. Application of optical radiation to stimulate germination of Norway spruce seeds. *Russian Forestry Journal*. 2007;4:14-19. (In Russ.)

22. Kentbaeva B.A., Besshchetnova N.N., Besshchetnov V.P., Kentbaev E.Zh. Soil germination of seeds of some representatives of the genus *Crataegus* L. *Vestnik of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University*. 2023;4:45-51. (In Russ.)

23. Kondratyeva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutskaya M.G., Selunskiy V.V. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings. *Light & Engineering*. 2023;31(6):57-64. <https://doi.org/10.33383/2023-019>

22. Кентбаева Б.А., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кентбаев Е.Ж. Грунтовая всхожесть семян некоторых представителей рода CRATAEGUS L // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. 2023. № 4 (40). С. 45-51. EDN: XBMQYF

23. Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutska-ya M.G., Selunskiy V.V. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings // Light & Engineering. 2023. Т. 31, № 6. С. 57-64. <https://doi.org/10.33383/2023-019>

24. Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Духтанова Н.В., Селунский В.В., Нетёсов С.В. Эффект синергизма для управления посевными качествами семян люцерны изменчивой с элементами нейросети для контроля дозы УФО // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59). EDN: OUUCDZ

25. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З., Краснолуцкая М.Г. Компактная энергоэффективная УФ-облучательная установка для семян с настраиваемым светодиодным цифровым драйвером // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робото-технических комплексов: Сборник статей Московской Международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. С. 323-329. EDN: JDBOVP

26. Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Kovalenko O.Y. Energy saving in lighting technologies of agricultural production. Light & Engineering. 2021;29(2):21-25. <https://doi.org/10.33383/2020-039>

#### Информация об авторах

**Надежда Петровна Кондратьева**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор; [aep\\_isha@mail.ru](mailto:aep_isha@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1784-3560>

**Владимир Федорович Сторчевой**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, профессор; [v.storchevoy@rgau-msha.ru](mailto:v.storchevoy@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6929-3919>

**Роман Геннадьевич Большин**<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доцент; [bolshin@rgau-msha.ru](mailto:bolshin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>

<sup>1</sup> Удмуртский государственный аграрный университет; 426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11

<sup>2,3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

#### Вклад авторов

Н.П. Кондратьева – научное руководство, формулирование направлений исследования, формирование общих выводов  
В.Ф. Сторчевой – научное руководство, формулирование направлений исследования, формирование общих выводов  
Р.Г. Большин – анализ литературы, обработка результатов исследований, подготовка рукописи

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 21.06.2024; поступила после рецензирования и доработки 23.08.2024; принята к публикации 02.09.2024

24. Kondrateva N.P., Bolshin R.G., Akhatov R.Z., Krasnolutska-ya M.G., Dukhtanova N.V., Selunsky V.V., Netosov S.V. The synergistic effect for managing the sowing qualities of alfalfa seeds with elements of a neural network to control the dose of UFOs. *AgroEcoInfo*. 2023;5(59). (In Russ.)

25. Kondrateva N.P., Bolshin R.G., Akhatov R.Z., Krasnolutska-ya M.G. Compact energy-efficient UV irradiation unit for seeds with a customizable LED digital driver. *Reinzhiniring i tsifrovaya transformatsiya. Retsept ekspluatatsii transportno-tekhnicheskikh mashin i roboto-tekhnicheskikh kompleksov. Proceedings of the Moscow International Interuniversity Scientific and Technical Conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists*. Moscow, 2023. pp. 323-329. (In Russ.)

26. Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Kovalenko O.Y. Energy saving in lighting technologies of agricultural production. *Light & Engineering*. 2021;29(2):21-25. <https://doi.org/10.33383/2020-039>

#### Author Information

**Nadezhda P. Kondrateva**<sup>1</sup>, DSc (Eng), Professor; [aep\\_isha@mail.ru](mailto:aep_isha@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1784-3560>

**Vladimir F. Storchevoy**<sup>2</sup>, DSc (Eng), Professor; [v.storchevoy@rgau-msha.ru](mailto:v.storchevoy@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6929-3919>

**Roman G. Bolshin**<sup>3</sup>, CSc (Eng), Associate Professor; [bolshin@rgau-msha.ru](mailto:bolshin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>

<sup>1</sup> Udmurt State Agrarian University; 426069, Russian Federation, Izhevsk, Studencheskaya Str., 11

<sup>2,3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow 127434, Russian Federation

#### Author Contribution

N.P. Kondrateva – research supervision, conceptualization, formulation of general conclusions

V.F. Storchevoy – research supervision, conceptualization, formulation of general conclusions

R.G. Bolshin – literature review, processing of research results, writing – original draft preparation

#### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests and are responsible for plagiarism

Received 21.06.2024; Revised 23.08.2024; Accepted 02.09.2024.