

### 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Научная статья

УДК 633.16+631.53.027.34

DOI: 10.24412/2227-9407-2025-4-41-51

EDN: BPDDNQ



#### Технико-экономическая эффективность установки для предпосевной обработки семян ячменя ультрафиолетовым излучением

Андрей Валерьевич Брагинец<sup>1</sup>, Олег Николаевич Бахчевников<sup>2✉</sup>, Фатима Казбековна Семенова<sup>3</sup>,  
Павел Андреевич Хоменко<sup>4</sup>, Валентина Юрьевна Донцова<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 4, 5</sup> Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Россия

<sup>3</sup> Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

<sup>1</sup> Al.55552015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7188-4179>

<sup>2</sup> oleg-b@list.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3362-5627>

<sup>3</sup> Patykara@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7861-6540>

<sup>4</sup> pavel.khomenko.00@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7159-4887>

<sup>5</sup> valja-doncova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1083-9881>

#### Аннотация

**Введение.** Альтернативой протравливанию семян зерновых культур служит их обработка безопасным для человека и окружающей среды ультрафиолетовым (УФ) излучением, которая показала высокую эффективность. Появилась необходимость исследования технико-экономической эффективности установки для предпосевной обработки семян ячменя УФ-излучением в сравнении с традиционным поточным протравлителем.

**Материалы и методы.** Данные для определения эффективности установок для реализации предпосевной обработки семян были получены в результате полевого опыта, в ходе которого была определена урожайность ярового ячменя, семена которого были обработаны фунгицидом и УФ-излучением. Были использованы методы сравнения и прогнозирования экономических показателей для оценки технических средств, реализующих способы предпосевной обработки семян ячменя ультрафиолетовым излучением и протравливанием в расчете на гектар посевной площади.

**Результаты.** Затраты на предпосевную обработку семян ярового ячменя УФ-излучением превышают затраты на традиционное протравливание в 3,21 раза. Но благодаря обработке семян УФ-излучением урожайность ячменя увеличилась на 32,8 %. В результате повышения урожайности обработка семян зерновых культур УФ-излучением является экономически выгодной. Рентабельность производства зерна ячменя, семена которого были обработаны УФ-излучением, увеличилась на 28 % по сравнению с протравливанием, а себестоимость продукции снизилась на 16,5 %.

**Обсуждение.** Широкое внедрение способа обработки семян зерновых культур УФ-излучением в сельскохозяйственное производство является проблематичным, несмотря на его экономическую эффективность. Причиной этого является высокая стоимость оборудования для облучения семян. Этот способ экономически целесообразно применять в селекционных центрах на установках малой мощности для обработки небольших партий семян.

Брагинец А. В., Бахчевников О. Н., Семенова Ф. К., Хоменко П. А., Донцова В. Ю., 2025



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

**ELECTRICAL TECHNOLOGIES, ELECTRICAL EQUIPMENT  
AND POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

**Закключение.** Применение предпосевной обработки семян ярового ячменя УФ-излучением для обработки небольших партий экономически более выгодно, чем традиционного способа обработки протравителем, но масштабирование этого способа для крупного сельскохозяйственного производства на настоящем этапе развития этой технологии нецелесообразно по экономическим показателям.

**Ключевые слова:** предпосевная обработка, протравливание семян, рентабельность производства зерна, семена, урожайность, УФ-излучение, фунгицид, экономическая эффективность, ячмень

**Финансирование:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № 0505-2025-0001).

**Для цитирования:** Брагинец А. В., Бахчевников О. Н., Семенова Ф. К., Хоменко П. А., Донцова В. Ю. Технико-экономическая эффективность установки для предпосевной обработки семян ячменя ультрафиолетовым излучением // Вестник НГИЭИ. 2025. № 4 (167). С. 41–51. DOI: 10.24412/2227-9407-2025-4-41-51. EDN: BPDDNQ.

## Technical and economic efficiency of unit for seed treatment of barley seeds with ultraviolet radiation

Andrey V. Braginet<sup>1</sup>, Oleg N. Bakhchevnikov<sup>2</sup>, Fatima K. Semenova<sup>3</sup>, Pavel A. Khomenko<sup>4</sup>,  
Valentina Yu. Dontsova<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 4, 5</sup> Agricultural Research Centre Donskoy, Zernograd, Russia

<sup>3</sup> Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<sup>1</sup> Al.55552015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7188-4179>

<sup>2</sup> oleg-b@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-5627>

<sup>3</sup> Patykara@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7861-6540>

<sup>4</sup> pavel.khomenko.00@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7159-4887>

<sup>5</sup> valja-doncova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1083-9881>

### Abstract

**Introduction.** Treatment of cereal seeds with ultraviolet (UV) radiation, which is safe for humans and the environment, is an efficient alternative to seed fungicidal treatment. The necessity of research appeared the technical and economic efficiency of unit for pre-sowing treatment of barley seeds by UV radiation in comparison with traditional continuous seed treater.

**Materials and Methods.** Data to determine the effectiveness of units for seed treatment were obtained as a result of a field experiment. The yield of spring barley, the seeds of which were treated with fungicide and UV radiation, was determined as a result of field experiment. Methods of comparison and forecasting of economic indicators were used to evaluate technical means implementing methods of pre-sowing treatment of barley seeds with UV radiation and fungicide per hectare of sown area.

**Results.** The cost of pre-sowing treatment of spring barley seeds with UV radiation exceeds the cost of traditional fungicidal treatment by 3.21 times. But barley yield increased by 32.8 % due to UV seed treatment. Seed treatment of grain crops with UV radiation is economically favourable as a result of increased yield. Profitability of barley grain production, the seeds of which were treated with UV radiation, increased by 28 % in comparison with fungicidal treatment, and the cost of production decreased by 16.5 %.

**Discussion.** Large-scale introduction of the method of grain seeds treatment by UV radiation into agricultural production is problematic, despite its economic efficiency. The high cost of equipment for seed irradiation is the reason for this. This method is economically feasible to apply in breeding centres for treatment of small batches of cereal seeds.

**Conclusion.** Application of pre-sowing treatment of spring barley seeds with UV radiation for treatment of small batches is economically more favourable than the traditional method of treatment with fungicide agent, but scaling of

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

this method for large agricultural production is not economically feasible at the present stage of development of this technology.

**Keywords:** pre-sowing treatment, seed disinfection, profitability of grain production, seeds, yield, UV radiation, fungicide, economic efficiency, barley

**Funding:** this work was financial supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Agricultural Research Centre Donskoy (theme No. 0505-2025-0001).

**For citation:** Braginets A. V., Bakhchevnikov O. N., Semenova F. K., Khomenko P. A., Dontsova V. Yu. Technical and economic efficiency of unit for seed treatment of barley seeds with ultraviolet radiation // Bulletin NGIEI. 2025. № 4 (167). P. 41–51. DOI: 10.24412/2227-9407-2025-4-41-51. EDN: BPDDNQ.

### Введение

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является одним из наиболее значимых видов зерновых культур. Он занимает четвертое место в мире среди зерновых культур по объему производства и площади возделывания [1, с. 2]. Ячмень широко используется для производства кормов, продуктов питания и пива [2, с. 1]. По сравнению с другими зерновыми культурами, такими как пшеница и рис, ячмень характеризуется более высокой устойчивостью к бесплодию почвы, ее засоленности, жаре и засухе, благодаря чему он имеет широкую экологическую адаптивность, позволяющую получать хорошие урожаи в различных почвенно-климатических зонах [3, с. 3; 4, с. 49]. Благодаря этим качествам, ячмень получил широкое распространение в отличающихся засушливым климатом регионах юга России, в частности в Ростовской области [5, с. 61–62].

Важной целью для растениеводства юга России является увеличение урожайности ячменя без повышения доз внесения в почву минеральных удобрений. Одним из инструментов для достижения этой цели является предпосевная обработка семян, проводимая в целях обеззараживания и улучшения их всхожести, что впоследствии обеспечивает повышение урожайности [6, с. 1365–1366; 7, с. 38–39].

Для предпосевной обработки семян ячменя и прочих зерновых культур традиционно используют химические препараты фунгицидного действия, подавляющие патогенные микроорганизмы, следствием чего является повышение всхожести и улучшение роста растений, что в итоге увеличивает урожайность [8, с. 26; 9, с. 48]. Способ обработки семян фунгицидами используется в сельском хозяйстве уже много лет и весьма эффективен, но за время его применения накопилась информация о негативном влиянии этих препаратов на окружающую среду, в

том числе на почву [10, с. 18; 11, с. 10]. Кроме того, применение для обработки семян токсичных химических препаратов представляет опасность для здоровья выполняющих эти операции работников и требует применения средств индивидуальной защиты и активной вентиляции, а также проведения дополнительных мероприятий по предотвращению попадания вредных веществ в окружающую среду [12, с. 413]. Все это требует существенных денежных затрат, увеличивая себестоимость получаемой продукции.

Альтернативой протравливанию семян зерновых культур служит их обработка безопасными для человека и окружающей среды неионизирующими излучениями [13, с. 55–57], в частности ультрафиолетовым (УФ) излучением [14, с. 63–64]. Опубликованные результаты научных исследований демонстрируют высокую эффективность применения УФ-излучения для обработки семян зерновых культур, выражающуюся в повышении всхожести, улучшении роста и увеличении урожайности ячменя [15, с. 348–349; 16, с. 7; 17, с. 37–38]. Выполненные в «Аграрном научном центре «Донской» экспериментальные исследования также подтвердили высокую эффективность этого способа обработки семян для повышения урожайности ячменя, превосходящую эффективность протравливания.

Однако в ранее опубликованных научных исследованиях не была определена технико-экономическая эффективность нового способа обработки семян сельскохозяйственных растений УФ-излучением, в том числе установок для его осуществления, в сравнении с протравливанием, что не позволяет сделать вывод о его превосходстве над традиционным способом обработки фунгицидами. Следует отметить, что источники УФ-излучения являются дорогостоящими, поэтому такая техноло-

**ELECTRICAL TECHNOLOGIES, ELECTRICAL EQUIPMENT  
AND POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

гия и технические средства для обработки семян могут пока найти лишь ограниченное применение при селекции зерновых культур, для которой требуется обрабатывать небольшие объемы семян.

Изложенное выше и обусловило необходимость выполнения исследования сравнительной технико-экономической эффективности установок для предпосевной обработки семян ячменя УФ-излучением и протравливанием.

**Цель исследования** – определение технико-экономической эффективности установки для предпосевной обработки семян ячменя УФ-излучением в сравнении с традиционным поточным протравливателем.

#### Материалы и методы

Данные для определения эффективности сравниваемых установок для реализации различных способов предпосевной обработки семян ячменя были получены в результате полевого опыта, выполненного по стандартной методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур на юге Ростовской области (Зерноградский район) в 2024 г. Была определена фактическая урожайность ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Ратник [18, с. 4–5], семена которого были подвергнуты предпосевной обработке фунгицидом и УФ-излучением.

Для обработки УФ-излучением длиной волны 200–380 нм была разработана и изготовлена экспериментальная установка производительностью 0,06 т/ч, обеспечивающая обработку семян зерновых культур излучением светодиодов и бактерицидных ламп в процессе их перемещения ленточным конвейером (рис. 1, а). Потребляемая электрическая мощность источников ультрафиолетового излучения составляет 3,35 кВт, привода ленточного конвейера – 0,25 кВт (табл. 1). Обработка семян ярового ячменя ультрафиолетовым излучением продолжительностью 10 мин была выполнена за сутки до их посева.

В качестве контрольного варианта использовали данные по урожайности ярового ячменя, семена которого были обработаны фунгицидом. Протравливание семян ячменя выполняли на поточном протравливателе «Norogard-Bel R-1» фирмы «Westrup ApS» производительностью 2,5 т/ч и потребляемой мощностью 0,55 кВт (рис. 1, б). Семена ярового ячменя в день посева обрабатывали фунгицидным препаратом «Скарлет» (действующие вещества: 100 г/л имазалил + 60 г/л тебуконазол): норма расхода препарата 0,4 л/т, норма расхода рабочего раствора 10 л/т.



а



б

Рис. 1. Установки для предпосевной обработки семян зерновых культур:

а – поточный протравливатель «Norogard-Bel R-1»;

б – экспериментальная установка для обработки семян УФ-излучением

Fig. 1. Equipment for seed treatment of cereals: а – continuous seed treater Norogard-Bel R-1;

б – experimental unit for seed treatment with UV radiation

Источник: а – <https://www.westrup.com/seed-treaters>; б – фото авторов

**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

Всего на каждой установке было обработано по 0,23 т семян ярового ячменя, которыми засеяли опытные участки площадью 1 га каждый (норма высева 5,5 млн шт./га). На каждом из опытных

участков применяли одинаковые технологии посева, обработки почвы, возделывания и уборки ярового ячменя, вносили равные дозы минеральных удобрений.

Таблица 1. Сравнительные характеристики изучаемых установок для предпосевной обработки семян зерновых культур

Table 1. Comparative characteristics of the studied equipment for pre-sowing seed treatment of cereal crops

	Протравливатель «Norogard-Bel R-1» / Seed treater Norogard-Bel R-1	Экспериментальная УФ-установка / Experimental unit for seed treatment with UV radiation
Тип / Type	Поточный / Continuous	Поточный / Continuous
Производительность, т/ч / Capacity, tonnes per hour	2,5	0,06
Потребляемая мощность, кВт / Power consumption, kW	0,55	3,6
Стоимость оборудования, тыс. руб. / Cost of equipment, thousand rubles	1050	950
Полнота обработки, % / Completeness of processing, %	100±10	100±5
Количество персонала, чел. / Number of workers, pers.	2	1

Источник: составлено авторами на основании данных фирмы «Westrup ApS» (для протравливателя «Norogard-Bel R-1») и собственных данных (для экспериментальной УФ-установки)

Для уборки опытных участков использовали зерноуборочный комбайн «Vector 410». Фактическую урожайность зерна ярового ячменя определили методом сплошного учета после обмолота. Определение урожайности ячменя выполнили в фазе полной спелости зерна с пересчетом на влажность 14 % и чистоту 100 %.

Были использованы методы сравнения и прогнозирования экономических показателей для технических средств, реализующих разные способы предпосевной обработки семян ячменя [19, с. 184 ; 20, с. 188; 21, с. 149]. Для детальной сравнительной оценки эффективности способов обработки семян УФ-излучением и протравливанием были использованы показатели себестоимости получаемой продукции (зерно ячменя), дополнительного чистого дохода, получаемого от увеличения урожайности вследствие обработки семян, и рентабельности производства зерна [22, с. 48; 23, с. 36]. Основные показатели экономической эффективности способов предпосевной обработки семян определили в расчете на 1 га посевной площади.

Стоимость реализации зерна ярового ячменя принята 14 тыс. руб./т, цена фунгицидного протравителя «Скарлет» – 4,2 тыс. руб./л, стоимость электроэнергии – 3,56 руб./кВт·ч.

В данной работе изучали технико-экономическую эффективность непосредственно выполнения технологий предпосевной обработки семян ярового ячменя на известной и экспериментальной установках без расчета сроков их окупаемости.

#### Результаты

Была проведена оценка фактических затрат на выполнение предпосевной обработки семян ярового ячменя изучаемыми способами УФ-облучения и протравливания на известной и экспериментальной установках (табл. 2).

Как видно из данных в табл. 2, затраты на предпосевную обработку семян ультрафиолетовым излучением значительно выше, чем на традиционное протравливание, превышая их в 3,21 раза. Обработка одной тонны семян ячменя на поточном протравливателе обходится в 2009,26 руб., а на экспериментальной УФ-установке – в 6458,17 руб. Причиной этого является, помимо высокого потребления электроэнергии источниками ультрафиолетового излучения, низкая производительность экспериментальной установки, вследствие чего обработка семян на ней продолжается значительно более длительный промежуток времени, чем обработка того же количества семян на поточном протравителе «Norogard-Bel R-1».

**ELECTRICAL TECHNOLOGIES, ELECTRICAL EQUIPMENT  
 AND POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

Таблица 2. Затраты на предпосевную обработку семян ярового ячменя, руб./га  
 Table 2. Costs for pre-sowing treatment of spring barley seeds, rubles per tonnes

Вид обработки / Type treatment	Установка / Unit	Статьи затрат / Cost elements				Всего / Total
		Электроэнергия / Electric power	Вода / Water	Протравитель / Fungicide	Зарплата персонала / Wages of workers	
УФ-излучение / UV radiation	Протравливатель «Norogard-Bel R-1» / Seed treater Norogard-Bel R-1	49,13	–	–	1436,25	1485,38
Протравливание / Fungicidal treatment	Экспериментальная УФ-установка / Experimental unit for seed treatment with UV radiation	0,18	0,95	386,0	75,0	462,13

Источник: составлено авторами на основе собственных данных

В частности, обработка 230 кг семян ячменя (норма высева на 1 гектар) на поточном протравителе занимает 0,092 ч (5,5 мин), а на УФ-установке – 3,83 ч. Благодаря этому значительно возрастают затраты на оплату труда обслуживающего персонала при обработке семян ярового ячменя УФ-излучением.

Но благодаря применению способа предпосевной обработки семян ярового ячменя ультрафиолетовым излучением и установки для его осуществ-

ления значительно увеличилась урожайность зерна. Фактическая урожайность ярового ячменя, семена которого были обработаны на протравливателе Скарлет, составила 1,98 т/га, а обработанного УФ-излучением – 2,63 т/га, т. е. прибавка составила 0,65 т/га (32,8 %). В результате существенного повышения урожайности зерна обработка семян зерновых культур УФ-излучением является экономически выгодной (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя  
 Table 3. Economic efficiency of pre-sowing treatment of spring barley seeds

Вид обработки / Type of treatment	Урожай- ность, т/га / Yield, tonnes per hectare	Затраты на обработку семян, руб./га / Seed treat- ment costs, rubles per hectare	Общие затраты, руб./га / Total costs,	Выручка, руб./га / Total income, rubles per hectare	Чистый доход, руб./га / Net income, rubles per hectare	Себестои- мость зерна, руб./т / Cost of grain, rubles per hectare	Рентабель- ность, % / Profitability, %
УФ-излучение / UV radiation	2,63	1485	21611	36820	15209	8217	70
Протравливание / Fungicidal treatment	1,98	462	19488	27720	8232	9842	42

Источник: составлено авторами на основе собственных данных

Анализ данных в табл. 3 показал, что использование способа предпосевной обработки семян ярового ячменя УФ-излучением и экспериментальной установки экономически более выгодно, чем традиционного способа протравливания семян фун-

гицидом и поточного протравливателя. Рентабельность производства зерна ярового ячменя, семена которого были подвергнуты предварительной обработке ультрафиолетовым излучением, увеличилась на 28 % по сравнению с рентабельностью выращи-

## ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

вания ячменя, семена которого протравливали. А себестоимость зерна, выращенного из обработанных УФ-излучением семян, снизилась на 16,5 % по сравнению с контролем, достигнув 8217 руб./т.

Увеличение урожайности ярового ячменя вследствие применения нового способа обработки семян УФ-излучением и экспериментальной установки привело к увеличению чистого дохода с гектара посевной площади на 84,8 % до 15209 руб./га.

### Обсуждение

Результаты полевого опыта и расчета экономических показателей демонстрируют, что обработка семян ярового ячменя ультрафиолетовым излучением на экспериментальной установке более экономически эффективна, чем протравливание фунгицидным препаратом на поточном протравителе за счет повышения урожайности. Дополнительный доход, получаемый в результате значительного повышения урожайности зерна, позволяет компенсировать более высокие затраты на обработку семян новым способом.

Большое значение имеет безопасность предлагаемого способа и установки для обработки семян ультрафиолетовым излучением для обслуживающего персонала, что позволяет сэкономить на средствах индивидуальной защиты, которые в данном случае не нужны, и отказаться от доплат работникам за работу во вредных условиях.

Но широкое внедрение способа обработки семян зерновых культур ультрафиолетовым излучением в сельскохозяйственное производство является проблематичным. Причиной этого является высокая стоимость оборудования для облучения семян. Использованная экспериментальная установка для УФ-облучения имеет стоимость, сопоставимую с ценой поточного протравливателя (950 и 1050 тыс. руб., соответственно), но ее производительность почти в 42 раза меньше, чем у небольшой установки для протравливания (0,06 т/ч против 2,5 т/ч), что не позволяет обрабатывать на ней большие объемы семян, которые высеваются в крупных сель-

хозпредприятиях. Создание же установки для УФ-облучения семян зерновых культур производительностью 2–2,5 т/ч потребует в десятки раз больших затрат денежных средств при значительной технической сложности, что существенно увеличит и срок ее окупаемости.

Поэтому в настоящее время способ предпосевной обработки ультрафиолетовым излучением семян зерновых культур, в частности ярового ячменя, экономически целесообразно реализовать на маломощных установках в селекционных центрах для обработки небольших партий семян с целью повышения урожайности ценного селекционного материала.

### Заключение

Установлено, что обработка семян ярового ячменя ультрафиолетовым излучением на предложенной экспериментальной установке привела к повышению его урожайности на 32,8 % по сравнению с традиционным способом обработки фунгицидами на поточном протравителе.

Использование технологии предпосевной обработки семян ярового ячменя УФ-излучением экономически более выгодно, чем традиционного способа протравливания фунгицидами. Рентабельность производства зерна ярового ячменя, семена которого были предварительно обработаны ультрафиолетовым излучением, увеличилась на 28 % по сравнению с обработкой фунгицидом, а себестоимость продукции снизилась на 16,5 % по сравнению с контролем.

Но по причине высокой стоимости оборудования, необходимого для предпосевной обработки семян ультрафиолетовым излучением, этот способ пока экономически целесообразно применять лишь на маломощных установках для обработки небольших партий семян зерновых культур с целью повышения урожайности ценного селекционного материала. Масштабирование этого способа для крупного сельскохозяйственного производства на настоящем этапе развития этой технологии нецелесообразно по экономическим показателям.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Raj R., Shams R., Pandey V. K., Dash K. K., Singh P., Bashir O. Barley phytochemicals and health promoting benefits: A comprehensive review // Journal of Agriculture and Food Research. 2023. Т. 14. С. 100677. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100677.
2. Geng L., Li M., Zhang G., Ye L. Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods // Food Quality and Safety. 2022. Т. 6. С. 1–13. DOI: 10.1093/fqsafe/fyac012.
3. Lukinac J., Jukić M. Barley in the production of cereal-based products // Plants. 2022. Т. 11. № 24. С. 3519. DOI: 10.3390/plants11243519.

**ELECTRICAL TECHNOLOGIES, ELECTRICAL EQUIPMENT  
AND POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

4. Засыпкина И. М., Донцова А. А. Результаты изучения параметров адаптивности озимого ячменя по предшественникам // *Зерновое хозяйство России*. 2024. Т. 16. № 1. С. 48–54. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-48-54. EDN OMSXVT.

5. Газе В. Л., Лобунская И. А., Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В., Костылев П. И., Донцова А. А. Физиологическая оценка устойчивости к жаре и засухе на начальных этапах онтогенеза озимого ячменя // *Зерновое хозяйство России*. 2024. Т. 16. № 5. С. 58–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-58-63. EDN FJRPGK.

6. Mounni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seed-borne pathogens // *Food Security*. 2023. Т. 15. № 5. С. 1365–1382. DOI: 10.1007/s12571-023-01384-2.

7. Филипенко Н. Г., Андреева О. Т., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. Влияние предпосевной обработки семян на развитие болезней и продуктивность зерновых культур // *Кормопроизводство*. 2022. № 1. С. 37–42. EDN XOGXVU.

8. Назаров Р. В., Каримова Л. З., Сафин Р. И. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя комплексными составами на основе фунгицида Скарлет // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 9. С. 24–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10905. EDN VWZVSE.

9. Постовалов А. А., Суханова С. Ф. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя фунгицидами // *Вестник НГАУ*. 2020. № 2. С. 42–49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49. EDN LYPPSZ.

10. Лавринова В. А., Полунина Т. С., Гусев И. В., Леонтьева М. П. Влияние фунгицидов и природных факторов на микобиоту корневой системы и почвы // *Вестник аграрной науки*. 2018. № 2. С. 12–18. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.2.12. EDN UOAJXT.

11. Riedo J., Yokota A., Walther B., Bartolomé N., van der Heijden M. G., Bucheli T. D., Walder F. Temporal dynamics of total and bioavailable fungicide concentrations in soil and their effect upon nine soil microbial markers // *Science of The Total Environment*. 2023. Т. 878. С. 162995. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162995.

12. Кубеев Е. И. Улучшение условий и охраны труда операторов при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2016. № 42. С. 405–414. EDN WCIJRB.

13. Bera K., Dutta P., Sadhukhan S. Seed priming with non-ionizing physical agents: plant responses and underlying physiological mechanisms // *Plant Cell Reports*. 2022. Т. 41. № 1. С. 53–73. DOI: 10.1007/s00299-021-02798-y.

14. Thomas D. T. T., Puthur J. T. UV radiation priming: A means of amplifying the inherent potential for abiotic stress tolerance in crop plants // *Environmental and Experimental Botany*. 2017. Т. 138. С. 57–66. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2017.03.003.

15. Левина Н. С., Тертышная Ю. В., Бидей И. А., Елизарова О. В. Влияние ультрафиолетового излучения на посевные качества и вегетацию яровой пшеницы и ярового ячменя // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 3. С. 344–350. EDN ZHKPDJ.

16. Kondrateva N. P., Baturina K. A., Ilyasov I. R., Korepanov R. I., Kasatkina N. I., Kuryleva A. G. Effect of treatment of seeds of grain crops by ultraviolet radiation before sowing // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Т. 433. № 1. С. 012039. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012039.

17. Lazim S. K., Ramadhan M. N. Effect of microwave and UV-C radiation on some germination parameters of barley seed using mathematical models of Gompertz and logistic: Analysis study // *Basrah Journal of Agricultural Sciences*. 2020. Т. 33. № 2. С. 28–41. DOI: 10.37077/25200860.2020.33.2.03.

18. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Брагин Р. Н. Анализ экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в межстанционном сортоиспытании // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 1. С. 3–5. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-3-5. EDN XGXMKS.

19. Сазонов А. А., Колосова В. В., Внучков Ю. А. Методы оценки и анализа экономической эффективности инновационной деятельности предприятия // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика*. 2018. № 2. С. 180–187. DOI: 10.18384/2310-6646-2018-2-180-187. EDN XUWMVF.

20. Терновых К. С., Леонова Н. В., Маркова А. Л. Сущность и содержание экономической эффективности сельскохозяйственного производства // *International Agricultural Journal*. 2019. № 4. С. 186–194. DOI: 10.24411/2588-0209-2019-10094. EDN OTVREV.

21. Зыбинская Р. Р. Сущность и содержание экономической категории «эффективность» сельскохозяйственного производства // *Вестник Академии знаний*. 2022. № 52. С. 147–151. EDN АНХМНХ.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

22. Моисеев С. А., Рябкин Е. А., Каргин В. И., Камалихин В. Е. Экономическая эффективность обработки семян протравителями // Промышленность и сельское хозяйство. 2021. № 12. С. 46–49. EDN ILIDJC.

23. Султанов Ф. С., Разина А. А., Габдрахимов О. Б., Дятлова О. Г. Эффективность предпосевной обработки семян новых сортов яровой пшеницы биологическими препаратами и химическими протравителями // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 3. С. 33–38. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10306. EDN SKGUNE.

Дата поступления статьи в редакцию 16.01.2025; одобрена после рецензирования 19.02.2025;  
принята к публикации 20.02.2025.

*Информация об авторах:*

**А. В. Брагинец** – к.т.н., научный сотрудник, Spin-код: 4849-0287;

**О. Николаевич Б.** – к.т.н., старший научный сотрудник, Spin-код: 3350-9055, ResearcherID: S-3312-2016, Scopus Author ID: 57202648620;

**Ф. К. Семенова** – к.э.н., старший преподаватель, Spin-код: 2288-6050;

**П. А. Хоменко** – аспирант, Spin-код: 2553-1329;

**В. Ю. Донцова** – младший научный сотрудник, Spin-код: 2524-0325.

*Заявленный вклад авторов:*

**Брагинец А. В.** – формулирование основной концепции исследования, проведение критического анализа материалов и формирование выводов, критический анализ и доработка текста.

**Бахчевников О. Н.** – поиск аналитических материалов в отечественных и зарубежных источниках, подготовка текста статьи.

**Семенова Ф. К.** – развитие методологии, обозначение методологической основы исследования.

**Хоменко П. А.** – проведение экспериментов.

**Донцова В. Ю.** – сбор и обработка материалов, оформление таблиц с результатами исследования.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## REFERENCES

1. Raj R., Shams R., Pandey V. K., Dash K. K., Singh P., Bashir O. Barley phytochemicals and health promoting benefits: A comprehensive review, *Journal of Agriculture and Food Research*, 2023, Vol. 14, pp. 100677. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100677.

2. Geng L., Li M., Zhang G., Ye L. Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods, *Food Quality and Safety*, 2022, Vol. 6, pp. 1–13. DOI: 10.1093/fqsafe/fyac012.

3. Lukinac J., Jukić M. Barley in the production of cereal-based products, *Plants*, 2022, Vol. 11, No. 24, pp. 3519, DOI: 10.3390/plants11243519.

4. Zasyapkina I. M., Dontsova A. A. Rezul'taty izuchenija parametrov adaptivnosti ozimogo jachmenja po predshestvennikam [Study results of the parameters of winter barley adaptability according to forecrops], *Zernovoe Khozjajstvo Rossii [Grain Economy of Russia]*, 2024, Vol. 16, No. 1, pp. 48–54, DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-48-54, EDN OMSXVT.

5. Gaze V. L., Lobunskaya I. A., Cherpakova E. Ju., Janovskaya N. V., Kostylev P. I., Dontsova A. A. Fiziologicheseskaja ocenka ustojchivosti k zhare i zasukhe na nachal'nykh ehtapakh ontogeneza ozimogo jachmenja [Physiological estimation of heat and drought resistance at the initial stages of winter barley ontogenesis], *Zernovoe Khozjajstvo Rossii [Grain Economy of Russia]*, 2024, Vol. 16, No. 5, pp. 58–63, DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-58-63, EDN FJRPGK.

6. Mounni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens, *Food Security*, 2023, Vol. 15, No. 5, pp. 1365–1382, DOI: 10.1007/s12571-023-01384-2.

**ELECTRICAL TECHNOLOGIES, ELECTRICAL EQUIPMENT  
AND POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

7. Pilipenko N. G., Andreeva O. T., Sidorova L. P., Kharchenko N. Ju. Vliyanie predposevnoj obrabotki semjan na razvitie boleznej i produktivnost' zernovykh kul'tur [The effect of seed treatment on disease-resistance and productivity of grain crops], *Kormoproizvodstvo [Feed Production]*, 2022, No. 1, pp. 37–42, EDN XOGXVU.

8. Nazarov R. V., Karimova L. Z., Safin R. I. Ehffektivnost' predposevnoj obrabotki semjan jarovogo jachmenja kompleksnymi sostavami na osnove fungicida Skarlet [Effectiveness of pre-sowing treatment of spring barley seeds by the complex compounds based on the Scarlet fungicide], *Dostizhenija Nauki i Tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AICis]*, 2019, Vol. 33, No. 9, pp. 24–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10905, EDN VWZVSE.

9. Postovalov A. A., Sukhanova S. F. Ehffektivnost' predposevnoj obrabotki semjan jarovogo jachmenja fungicidami [Efficiency of spring barley seed pre-sowing treatment with fungicides], *Vestnik NGAU [Bulletin of NSAU]*, 2020, No. 2, pp. 42–49, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49, EDN LYPPSZ.

10. Lavrinova V. A., Polunina T. S., Gusev I. V., Leontyeva M. P. Vliyanie fungicidov i prirodnykh faktorov na mikrobiotu kornevoj sistemy i pochvy [The influence of fungicides and natural factors on microbe of root system and soil], *Vestnik Agrarnoj Nauki [Bulletin of Agrarian Science]*, 2018, No 2, pp. 12–18, DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.2.12, EDN UOAJXT.

11. Riedo J., Yokota A., Walther B., Bartolomé N., van der Heijden M. G., Bucheli T. D., Walder F. Temporal dynamics of total and bioavailable fungicide concentrations in soil and their effect upon nine soil microbial markers, *Science of The Total Environment*, 2023, Vol. 878, pp. 162995, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162995.

12. Kubeev E. I. Uluchshenie uslovij i okhrany truda operatorov pri predposevnoj obrabotke semjan sel'skokhozhajstvennykh kul'tur [Improvement of labour conditions and safety of operators during pre-sowing treatment of agricultural seeds], *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of St. Petersburg State Agrarian University]*, 2016, No. 42, pp. 405–414, EDN WCIJRB.

13. Bera K., Dutta P., Sadhukhan S. Seed priming with non-ionizing physical agents: plant responses and underlying physiological mechanisms, *Plant Cell Reports*, 2022, Vol. 41, No. 1, pp. 53–73, DOI: 10.1007/s00299-021-02798-y.

14. Thomas D. T. T., Puthur J. T. UV radiation priming: A means of amplifying the inherent potential for abiotic stress tolerance in crop plants, *Environmental and Experimental Botany*, 2017, Vol. 138, pp. 57–66, DOI: 10.1016/j.envexpbot.2017.03.003.

15. Levina N. S., Tertyshnaya Ju. V., Bidey I. A., Elizarova O. V. Vliyanie ul'trafioljetovogo izlucheniya na posevnye kachestva i vegetaciju jarovoj pshenicy i jarovogo jachmenja [Ultraviolet radiation influence on the sowing qualities and vegetation of spring wheat and spring barley], *APK Rossii [Agro-Industrial Complex of Russia]*, 2019, Vol. 26, No. 3, pp. 344–350, EDN ZHKPDJ.

16. Kondrateva N. P., Baturina K. A., Ilyasov I. R., Korepanov R. I., Kasatkina N. I., Kuryleva A. G. Effect of treatment of seeds of grain crops by ultraviolet radiation before sowing, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 433, No. 1, pp. 012039, DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012039.

17. Lazim S. K., Ramadhan M. N. Effect of microwave and UV-C radiation on some germination parameters of barley seed using mathematical models of Gompertz and logistic: Analysis study, *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 2020, Vol. 33, No. 2, pp. 28–41, DOI: 10.37077/25200860.2020.33.2.03.

18. Filippov E. G., Dontsova A. A., Bragin R. N. Analiz ehkologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov jarovogo jachmenja v mezhstacionnom sortoispytanii [The analysis of ecological plasticity and stability of the spring barley varieties in the station testing], *Zernovoe Khozhajstvo Rossii [Grain Economy of Russia]*, 2019, No. 1, pp. 3–5, DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-3-5, EDN XGXMKS.

19. Sazonov A. A., Kolosova V. V., Vnuchkov Ju. A. Metody ocenki i analiza ehkonomicheskoy ehffektivnosti innovacionnoj dejatel'nosti predpriyatija [Methods of assessment and analysis of economic efficiency of enterprise's innovative activity], *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Oblastnogo Universiteta. Serija: Ehkonomika [Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Economics]*, 2018, No. 2, pp. 180–187, DOI: 10.18384/2310-6646-2018-2-180-187, EDN XUWMVF.

20. Ternovykh K. S., Leonova N. V., Markova A. L. Sushchnost' i sodержanie ehkonomicheskoy ehffektivnosti sel'skokhozhajstvennogo proizvodstva [The essence and concept of economic efficiency of agricultural production], *International Agricultural Journal*, 2019, No. 4, pp. 186–194, DOI: 10.24411/2588-0209-2019-10094, EDN OTVREV.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

21. Zybinskaja R. R. Sushchnost' i sodержanie ehkonomicheskoy kategorii «ehffektivnost» sel'skokhozjajstvennogo proizvodstva [The essence and content of the economic category «efficiency» of agricultural production], *Vestnik Akademii Znaniy [Bulletin of the Academy of Knowledge]*, 2022, No. 52, pp. 147–151, EDN AHXMHX.

22. Moiseev S. A., Rjabkin E. A., Kargin V. I., Kamalikhin V. E. Ehkonomicheskaja ehffektivnost obrabotki semjan protraviteljami [Economic efficiency of seed treatment with chemical agents], *Promyshlennost' i Sel'skoe Khozjajstvo [Industry and Agriculture]*, 2021, No. 12, pp. 46–49, EDN ILIDJC.

23. Sultanov F. S., Razina A. A., Gabdrakhimov O. B., Djatlova O. G. Ehffektivnost' predposevnoj obrabotki semjan novykh sortov jarovoj pshenicy biologicheskimi preparatami i khimicheskimi protraviteljami [Efficiency of pre-sowing treatment of seeds of new spring wheat varieties with biological preparations and chemical dressing agents], *Dostizhenija Nauki i Tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AICis]*, 2021, Vol. 35, No. 3, pp. 33–38, DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10306, EDN SKGUNE.

The article was submitted 16.01.2025; approved after reviewing 19.02.2025; accepted for publication 20.02.2025.

*Information about the authors:*

**A. V. Braginets** – Ph. D. (Engineering), Researcher, Spin-code: 4849-0287;

**O. N. Bakhchevnikov** – Ph. D. (Engineering), Senior Researcher, Spin-code: 3350-9055, ResearcherID: S-3312-2016, Scopus Author ID: 57202648620;

**F. K. Semenova** – Ph. D. (Economy), Senior Lecturer, Spin-code: 2288-6050;

**P. A. Khomenko** – postgraduate, Spin-code: 2553-1329;

**V. Yu. Dontsova** – Junior Researcher, Spin-code: 2524-0325.

*Contribution of the authors:*

**Braginets A. V.** – developed the theoretical framework, critical analysis of materials, formulated conclusions, critical analyzing and editing the text.

**Bakhchevnikov O. N.** – search for analytical materials in Russian and international sources, writing of the draft.

**Semenova F. K.** – methodology development, specified a methodological basis of the study.

**Khomenko P. A.** – implementation of experiments.

**Dontsova V. Yu.** – collection and processing of materials, designed tables with results of the study.

*The authors declare no conflicts of interests.*