



Влияние аэрозольной обработки гуминовыми препаратами на посевные качества семян зерновых культур

О. А. Тетерина¹, В. С. Тетерин^{2*}, С. В. Митрофанов²,
М. Ю. Костенко¹, Г. К. Рембалович¹, Н. Н. Новиков²

¹ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (г. Рязань, Россия)

²ИТОСХ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Рязань, Россия)

*labio-giant@mail.ru

Введение. По прогнозам экспертов в ближайшие годы рост мирового рынка органической продукции будет продолжаться со скоростью 15–16 % в год и составит к 2025 году порядка 20 % от мирового рынка всей сельскохозяйственной продукции. В связи с этим интерес вызывает разработка элементов агротехнологий по использованию почвоулучшающих веществ и регуляторов роста естественного происхождения, в том числе гуминовых препаратов, позволяющих получать достаточно высокие урожаи сельскохозяйственной продукции.

Материалы и методы. Были исследованы способы применения гуминовых препаратов. Объектами лабораторных исследований являлись семена ячменя ярового. Препараты применялись как с использованием традиционного полусухого метода, так и с помощью разработанного оборудования для обработки семян горячим туманом. Проращивание семян в лабораторных условиях осуществлялось согласно ГОСТу 12038-84. Данные лабораторных исследований подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа.

Результаты исследования. Полученные результаты свидетельствуют о том, что обработка семян гуматами способствовала повышению посевных качеств независимо от способа обработки семян. Однако сравнительный анализ эффективности применения при предпосевной обработке семян тест-культуры аэрозоля и традиционного полусухого метода показал, что использование разработанного оборудования позволило повысить биологическую активность гуминовых препаратов, что привело к увеличению силы роста и биометрических показателей проростков.

Обсуждение и заключение. Обработка семян ячменя ярового гуминовыми препаратами оказывает положительный эффект на посевные и урожайные качества семян. Наиболее сильный положительный результат получен при обработке семенного материала с низкими посевными качествами, который получают при уборке семенных участков в годы с неблагоприятными условиями: дефицит тепла, обильные осадки, а также нарушение технологий уборки и подготовки семян. Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что применение разработанного устройства для обработки семян горячим туманом позволяет снизить энергетические затраты и увеличить эффективность обработки.

Ключевые слова: аэрозольная обработка, горячий туман, гуминовые препараты, гуматы, посевные качества семян, предпосевная обработка, устройство для обработки семян



Для цитирования: Тетерина, О. А. Влияние аэрозольной обработки гуминовыми препаратами на посевные качества семян зерновых культур / О. А. Тетерина, В. С. Тетерин, С. В. Митрофанов [и др.]. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202002.254-267 // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 2. – С. 254–267.

The Effect of Humic Aerosol Treatment on Grain Seeds Quality

**O. A. Teterina^a, V. S. Teterin^{b*}, S. V. Mitrofanov^b,
M. Yu. Kostenko^a, G. K. Rembalovich^a, N. N. Novikov^b**

^a*Ryazan State Agrotechnological University Named after
P. A. Kostychev (Ryazan, Russia)*

^b*Institute of Agricultural Technical Support – Branch of Federal
Scientific Agroengineering Center VIM (Ryazan, Russia)*

**labio-giant@mail.ru*

Introduction. According to experts, in the coming years, the world market of organic products will continue to grow at a rate of 15-16% per year. The growth will equal about 20% of the world market of all agricultural products by 2025. In this connection, of a particular interest is the development of elements of agricultural technologies for the use of soil-improving substances and growth regulators of natural origin, including humic preparations, which provide for sufficiently high yields of agricultural products.

Materials and Methods. The methods of using humic preparations were investigated on the example of spring barley seeds, treated with the traditional semi-dry method and using hot mist. Germination of seeds in the laboratory was carried out according to the Russian State Standard GOST 12038-84. The laboratory data were subjected to mathematical processing by the method of variance analysis.

Results. The treatment of seeds with humic preparations led to an increase in sowing qualities, regardless of the method of seed treatment. However, the comparative efficiency analysis of the pre-sowing treatment of the test crop seeds with the aerosol and using the semi-dry method showed that the use of the developed equipment made it possible to increase the biological activity of humic preparations, which brought about an increase in the growth and biometric parameters of seedlings.

Discussion and Conclusion. The treatment of spring barley seeds with humic preparations has some positive effect on their sowing and yield qualities. The strongest positive effect was obtained when treating seeds with reduced sowing qualities, which was quite often observed when harvesting seed crops in years with unfavorable conditions: heavy rainfall, lack of heat, as well as in violation of the technology of harvesting and preparing seeds. Our experimental studies showed that the use of the developed device for treating seeds with hot mist reduces energy costs and increases processing efficiency.

Keywords: aerosol treatment, hot mist, humic preparations, humates, seed quality, seedbed preparation, seed treatment device

For citation: Teterina O.A., Teterin V.S., Mitrofanov S.V., et al. The Effect of Humic Aerosol Treatment on Grain Seeds Quality. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2020; 30(2):254-267. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.030.202002.254-267>

Введение

В настоящее время развитию сельского хозяйства в России уделяется большое внимание, в частности повы-

шению эффективности производства и улучшению качества производимой сельскохозяйственной продукции, основываясь на принципах всесторонней

интенсификации технологических процессов, с созданием и использованием нового высокотехнологичного оборудования с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Стоит отметить, что в последнее время резко возрос спрос на экологически чистую продукцию. В результате этого в мире активное развитие получили предприятия, специализирующиеся на получение так называемой «органической продукции». По прогнозам экспертов в ближайшие годы рост мирового рынка органической продукции будет продолжаться со скоростью 15–16 % в год и составит к 2025 году порядка 20 % от мирового рынка всей сельскохозяйственной продукции¹.

Россия, с точки зрения развития данного вида земледелия, имеет высокий потенциал, так как на сегодняшний день наша страна имеет более 30 млн залежных земель, которые длительное время не использовались, а значит, в них не вносились химические удобрения и средства защиты растений.

Однако переход на органическое сельское хозяйство требует решения проблемы обеспечения питания растений при производстве сельскохозяйственной продукции, так как согласно Федеральному закону № 280-ФЗ², а также ГОСТу Р 56508-2015³ запрещено использовать агрохимикаты и пестициды, в том числе минеральные удобрения, синтетические гербициды, фунгициды, инсектициды и т. д., что в свою очередь неизбежно приведет к снижению урожайности возделываемых культур и деградации почв.

Ввиду этого особый интерес вызывает разработка элементов агротехнологий по использованию почвоулучшающих веществ и регуляторов роста естественного (природного) происхождения, в том числе гуминовых кислот и препаратов на их основе, позволяющих получать более высокие урожаи сельскохозяйственной продукции [1; 2].

Обзор литературы

Гуминовые препараты представляют собой естественные высокомолекулярные стимуляторы роста растений на основе солей гуминовых кислот. Гуминовые кислоты в естественных условиях образуются в почве в результате разложения клетчатки растений и других органических остатков. В настоящее время разработаны промышленные технологии производства гуматов из различных видов органического сырья (торф, бурый уголь, сапропель, биогумус и др.). Включение данных препаратов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур позволяет ускорить процессы формирования, развития и роста различных растений [3; 4].

Гуминовые вещества могут вступать в широкий спектр реакций, они образуют водорастворимые и водонерастворимые комплексы с гидроксидами и ионами металлов, взаимодействуют с различными органическими и минеральными соединениями, в том числе с алканами, жирными кислотами, диалкилфталатами, а также пестицидами и т. д. Ввиду этого гуминовые вещества принято использовать в целях рекультивации водных и почвенных сред в качестве детоксикантов природного про-

¹ Органическое земледелие: перспективы и реальность // Ресурсосберегающее земледелие. 14.08.2018. URL: <http://rosorganic.ru/about/press/organic-farming-prospects-and-reali.html> (дата обращения: 08.04.2020).

² Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 3 августа 2018 г. № 280-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 25 июля 2018 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 28 июля 2018 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/989cf3df49885e3a23aeb0264619ff37b9c8b959/ (дата обращения: 08.04.2020).

³ ГОСТ Р 56508-2015. Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования.



исхождения без риска их вторичного загрязнения [5; 6].

Известно, что гуминовые кислоты занимают важную роль в структурообразовании почвы, способствуют регулированию геохимических потоков металлов в водных и почвенных экосистемах, накоплению питательных веществ и микроэлементов в доступной для растений форме [4; 7].

Гуминовые вещества обладают ярко выраженной биологической активностью, что дает возможность использовать их в качестве стимуляторов роста растений. По данным исследований, они легко усваиваются растениями, мобилизуют работу их иммунных систем, способствуют поступлению питательных веществ, усиливают обменные процессы, происходящие в растительных клетках, а также стимулируют развитие всех почвенных микроорганизмов, тем самым способствуя восстановлению (образованию) гумуса в почвах⁴ [8–10].

Применение гуминовых препаратов способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, особенно при неблагоприятных климатических условиях. Они оказывают поддержку растениям, помогая им справиться с последствиями засухи, заморозков, а также позволяя снизить химический стресс от обработки пестицидами. Гуматы повышают устойчивость растений к различным заболеваниям, тем самым являясь неспецифическими активаторами иммунной системы [9–12].

Спектр применения гуминовых препаратов весьма широк и включает практически все сельскохозяйственные культуры, возделываемые как в малых крестьянско-фермерских хозяйствах, так и в крупных аграрных предприятиях [13; 14]. В связи с этим гуминовые препараты используют различными

способами: в качестве некорневой подкормки, во время обработки посевного материала и путем внесения в почву в виде растворов, в том числе во время послеуборочной заделки пожнивных остатков [15].

При производстве сельскохозяйственной продукции важным агротехнологическим приемом является предпосевная обработка семян, которая способствует повышению качества посевного материала и увеличению урожайности зерновых культур. На основании исследований ученых установлено, что физические методы обработки семян способствуют повышению всхожести и энергии прорастания. В качестве физического воздействия изучалось влияние электромагнитных волн в микроволновом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, а также нагрев семян путем низкоинтенсивного локального лазерного излучения. Однако воздействие электромагнитных волн зачастую оценивалось в нагреве семян. Кроме этого, с целью активизации физиологических процессов семян применяют методы естественного воздушно-теплого обогрева⁵ [16].

По данным ряда ученых, обработка гуминовыми препаратами ослабляет отрицательное значение травматических повреждений семян растений, улучшает посевные качества семян: лабораторную и полевую всхожесть семян, энергию прорастания, стимулирует рост и развитие проростков первичной корневой системы, снижая при этом поражение семян грибными заболеваниями, возникающими в результате внутренней семенной инфекции [17].

Эффективность воздействия гуминовых препаратов в процессе предпосевной обработки в определенной степени зависит от технологии и тех-

⁴ Биодобавки для роста растений и рекультивации почв. Экспертный подход к выбору и применению / А. Ю. Винаров [и др.]. М.: ДеЛи принт, 2006. 150 с.

⁵ Жалнин Э. В., Шибряева Л. С., Садыкова С. Ж. Влияние воздействия разных видов излучений на зерновой материал: научная монография. Алматы-Москва: Агроуниверситет, 2015. 119 с.

нических средств, применяемых при ее проведении. В настоящее время в основном используются протравливатели семян с вращающимися форсунками с дисперсностью каплей от 30 до 120 мкм. Уменьшение дисперсности капель, активное перемешивание семян, а также тепловое воздействие способно усилить эффект от применения гуминовых препаратов в процессе обработки семян. С этой целью было разработано устройство для обработки семян горячим туманом (рис. 1) [18].

Материалы и методы

С целью определения эффективного способа предпосевной обработки семян гуминовыми препаратами по влиянию на их посевные качества были проведены экспериментальные исследования.

Объектами лабораторных исследований являлись семена ячменя ярового сортов: «Владимир», «Маргрет», гибридная линия «Аннабель × Эльф», «Зазерский 85».

На фоне контрольного варианта применялось два гуминовых препарата: «Экорост» и «АгроВерм» (табл. 1). Препараты применялись как с использованием традиционного полусухого метода (протравливатель ПС-10), так и с помощью разработанного оборудования для обработки семян горячим туманом. Гуминовые препараты имели разные показатели по содержанию гуминовых веществ и кислотности, дозы брались с учетом рекомендаций производителей. Также использовалась обработка семян горячим туманом.

Проращивание семян осуществлялось между фильтровальной бумагой в лабораторных условиях в соответствии с пунктом 3.8.2. ГОСТа 12038-84⁶. Семена раскладывались в растильнях в четырехкратной повторности по 100 шт между слоями увлажненной фильтровальной бумаги: три слоя на дне растильни, одним слоем прикрывались семена. Данные лабораторных

Т а б л и ц а 1

T a b l e 1

Схема лабораторного опыта

Laboratory experiment char

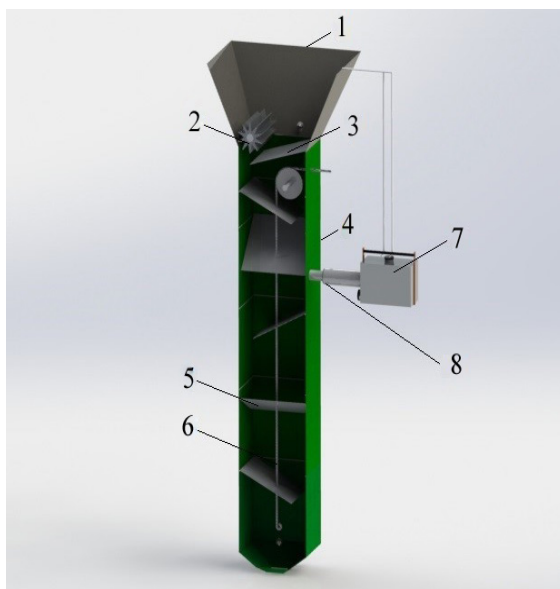
Показатель / Parameter	Контроль / Control	«Экорост» / “Ecorost”	«АгроВерм» / “AgroVerm”	Пар (вода) / Steam (water)	«Экорост» (пар) / “Ecorost” (steam)	«АгроВерм» (пар) / “AgroVerm” (steam)
Кислотность рН сол., ед. рН / Acidity pH sol., unit pH	—	8,1	8,5	—	8,1	8,5
Содержание гуминовых кислот, г/л / Content of humic acids, g/l	—	30	12	—	30	12
Дозы гуминовых препаратов в расчете на 1 т семян, мл / Doses of humic preparations per 1 ton of seeds, ml	—	200	200	—	200	200

⁶ ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями № 1, 2).

исследований подвергались математической обработке с использованием надстройки к Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов AgCSTAT, разработанной ФГБНУ «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

Устройство для обработки семян горячим туманом представлено на рисунке 1 и состоит из бункера для семян 1, дозирующего аппарата с приводным ребристым валиком 2 и с подвижным днищем 3, смесительной камеры 4 с наклонными лотками 5 и механизмом регулировки угла лотков 6, генератора горячего тумана 7 марки BF-150. Разработанное устройство имеет следующие технические характеристики: производительность по зерну до 10 т/ч, расход рабочего раствора до 5 л/ч, расход топлива до 2 л/ч, удельный расход рабочего раствора до 0,5 л/т.

В процессе работы устройства для обработки семян горячим туманом семена из бункера 1 попадают в пространство между ребристым валиком 2 и подвижным днищем 3. Дозированные семена поступают в камеру обработки 4, где движутся по наклонным лоткам 5, образуя нисходящий поток, увлекая за собой теплый поток аэрозоля гуминовых препаратов температурой 50–60 °С, подаваемый генератором горячего тумана 7 через сопло 8. При движении зерна в камере 4 для обработки семян горячим туманом зерно под действием силы тяжести многократно пересыпается с одного наклонного лотка 5 на другой, проводя некоторое время в свободном полете. Благодаря такой схеме подачи семян, многократному их перемешиванию и контакту с аэрозолем гуминовых препаратов при пересыпании с лотка на лоток эффективность обработки возрастает. В ре-



Р и с. 1. Модель устройства для обработки семян горячим туманом: 1 – бункер; 2 – приводной ребристый валик; 3 – подвижное днище бункера; 4 – смесительная камера; 5 – наклонные лотки; 6 – механизм регулировки угла лотков; 7 – генератор горячего тумана; 8 – сопло генератора

F i g. 1. Model of the device for treating seeds with hot mist: 1 – bin; 2 – driving ribbed roll; 3 – moving bin bottom; 4 – mixing chamber; 5 – inclined trays; 6 – tray angle adjustment mechanism; 7 – hot mist generator; 8 – generator nozzle

зультате разницы температур холодных семян ($\approx 12^{\circ}\text{C}$) и аэрозоля (более 50°C) происходит фазовый переход аэрозоля в жидкость, что способствует образованию на поверхности семян тонкой пленки гуминовых препаратов. Высокая температура аэрозоля обеспечивает тепловую обработку семян и способствует активации физиологических процессов зерна.

В связи с тем, что эффективность аэрозольной обработки семян рабочим раствором гуминовых препаратов зависит от интенсивности теплообменных процессов, проходящих в смесительной камере протравливания установки в процессе обработки семян, оценивались скорость и температура аэрозоля рабочего раствора гуминовых препаратов при помощи термоанемометра марки ИСП–МГ4 (рис. 2).

Качество обработки семян аэрозолем рабочего раствора гуминовых пре-

паратов определялось путем исследования температуры и влажности зерна на выходе из смесительной камеры. Для контроля температуры зерна и аэрозоля гуминовых препаратов применялся тепловизор марки RGK TL-80, определение влажности проводилось при помощи влагомера зерна WILE 55.

Результаты исследования

Экспериментальные исследования проводились при температуре окружающего воздуха около $+12^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха составляла около 62 %, зерно имело начальную температуру $+12^{\circ}\text{C}$, влажность составляла 13,5 %. Установка для обработки семян горячим туманом работала с производительностью около 10 т/ч, расход топлива генератора горячего тумана составлял 40 г/мин, дозирование водного раствора гуминовых препаратов осуществлялось изменением подачи раствора в форсунку.



Р и с. 2. Исследование параметров горячего тумана на различных участках камеры обработки устройства

F i g. 2. Investigation of the parameters of hot mist at different areas of the device processing chamber

Таблица 2
Table 2

Влияние способов обработки гуминовыми препаратами на посевные качества семян различных сортов ячменя ярового

Influence of methods of treatment with humic preparations on sowing qualities of seeds of different varieties of spring barley

Показатель / Parameter	Контроль (вода) / Control (water)	«Экорост» (вода) / «Ecorost» (water)	«АгроВерм» (вода) / «Agro Verm» (water)	Аэрозоль Без гуматов / Aerosol with- out humates	«Экорост» (аэрозоль) / «Ecorost» (aerosol)	«АгроВерм» (аэрозоль) / «Agro Verm» (aerosol)	HCP ₀₅ / LSD ₀₅
«Зазерский 85» / «Zazersky 85»							
Энергия прорастания, % / Germinating energy, %	79	84	82	80	91	88	2,14
Всхожесть, % / Viability, %	88	95	93	90	96	95	2,05
Сырая масса ста проростков, г / Wet weight of one hundred seedlings, g	9,59	9,89	9,77	9,63	10,10	9,97	0,18
«Владимир» / «Vladimir»							
Энергия прорастания, % / Germinating energy, %	83	89	88	85	93	90	1,98
Всхожесть, % / Viability, %	92	95	95	93	98	97	1,87
Сырая масса ста проростков, г / Wet weight of one hundred seedlings, g	10,12	10,59	10,56	10,15	10,68	10,66	0,24
«Маргер» / «Margaret»							
Энергия прорастания, % / Germinating energy, %	89	93	91	90	94	94	0,73
Всхожесть, % / Viability, %	92	95	95	94	98	97	2,11
Сырая масса ста проростков, г / Wet weight of one hundred seedlings, g	10,32	10,63	10,46	10,41	10,89	10,71	0,16
11/1 – 05 h 37 (линия «Аннабель × Эльф») / 11/1 – 05 h 37 (line «Anabell × Elf»)							
Энергия прорастания, % / Germinating energy, %	91	94	94	89	95	95	0,92
Всхожесть, % / Viability, %	96	98	97	95	100	99	1,93
Сырая масса ста проростков, г / Wet weight of one hundred seedlings, g	11,02	11,10	11,07	10,89	11,24	11,31	0,18

В ходе проведения контрольных измерений температуры зерна тепловизором RGK TL-80 установлено, что температура зерна после обработки составила 14 °С, влажность зерна составляла 13,8 %.

При анализе таблицы 2 установлено, что на всех вариантах опыта, кроме обработки семян водяным паром, полученные данные статистически значительно превосходили контроль.

Наблюдения показали, что по вариантам опыта наблюдается разная динамика темпов прорастания семян. Полученные результаты свидетельствуют, что в целом обработка семян гуматами способствовала повышению посевных качеств независимо от способа обработки семян. Отмечена тенденция сортовой отзывчивости на обработку семян гуминовыми препаратами. Однако наиболее высокие показатели были отмечены при использовании аэрозоля гумата «Экорост». Применение обработки семян ячменя аэрозолем «Экорост» позволило повысить энергию прорастания и всхожесть сорта «Зазерский 85» относительно контроля на 15,2 % и 9,1 %, сорта «Владимир» – на 12,0 % и 6,5 %, сорта «Маргрет» – на 5,6 % и 6,5 %, гибридной линии «Аннабель × Эльф» – на 4,4 % и 4,2 % соответственно. Несколько уступала ему обработка семян аэрозолем гумата «АгроВерм», что можно объяснить более низким содержанием гуминовых кислот в препарате («Экорост» – 30 г/л, «АгроВерм» – 12 г/л).

Сравнительный анализ эффективности применения гуминовых препаратов при предпосевной обработке семян тест-культуры аэрозолем и традиционным полусухим методом показал, что использование разработанного оборудования позволило повысить эффективность предпосевной обработки семян. Применение гумата «Экорост» в форме аэрозоля в среднем по сортам ячменя ярового позволило повысить энергию прорастания семян относительно тра-

диционного способа на 2,9 %, всхожесть – на 2,4 %, применение аэрозоля гумата «Агроверм» – на 2,7 % и 2,2 % соответственно.

Результаты исследований показывают, что использование гуминовых препаратов в форме аэрозольных паров усиливает их биологическую активность, что проявляется в увеличении силы роста и биометрических показателей проростков. Сырая масса ста проростков на вариантах с применением пара гуминовых препаратов существенно превосходила как контроль, так и варианты с использованием гуматов в традиционном способе обработки семян. На сорте «Зазерский 85» применение аэрозоля гумата «Экорост» повысило данный показатель относительно контроля на 5,32 %, на сорте «Владимир» – на 5,53 %, на сорте «Маргрет» – на 5,52 %, на гибридной линии «Аннабель × Эльф» – на 2,00 %.

Данный эффект очень важен при возделывании сельскохозяйственных культур, особенно при экстремальных условиях в весенний период, так как он обеспечивает интенсивное развитие всходов растений после посева.

Проведение предпосевной обработки семян горячим туманом гуминовых препаратов способствует интенсивному накоплению массы ростков и улучшает интенсивность и направленность обмена веществ. Усиление процессов развития на ранних этапах вегетации оказывает решающее влияние на дальнейшие стадии развития растений.

Таким образом, анализ результатов экспериментальных исследований показал, что прорастание семян тест-культуры свидетельствует об эффективности использования аэрозольного способа предпосевной обработки семян и разрабатываемого оборудования.

Обсуждение и заключение

В ходе проведения лабораторных исследований установлено, что обработка семян ячменя ярового гуминовыми препаратами оказывает положитель-

ный эффект как на посевные, так и на урожайные качества семенного материала. Наилучший результат был получен при обработке семенного материала с низкими посевными качествами, которые получают при уборке семенных участков в годы с неблагоприятными условиями: при дефиците тепла, обильных осадках, а также при нарушении технологий уборки и подготовки семян.

Применение разработанного устройства для обработки семян горячим туманом позволяет снизить энергетические затраты (в стоимостном выражении на 18,6 % в сравнении с протравливателем

ПС-10) на обработку семян и увеличить ее эффективность за счет использования высокодисперсного горячего тумана гуминовых препаратов. Кроме того, устройство имеет высокую надежность из-за небольшого количества движущихся деталей.

В ходе проведения лабораторных исследований было установлено, что применение разработанного устройства позволило активизировать продукционные процессы тест-культуры на ранних фазах онтогенеза: повысились посевные и урожайные качества семян, сохранность растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Aguiar, N. O.** Metabolic Profile and Antioxidant Responses during Drought Stress Recovery in Sugarcane Treated with Humic Acids and Endophytic Diazotrophic Bacteria / N. O. Aguiar, L. O. Medici, F. L. Olivares [et al.]. – DOI 10.1111/aab.12256 // *Annals of Applied Biology*. – 2016. – Vol. 168, Issue 2. – Pp. 203–213. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aab.12256> (дата обращения: 08.04.2020).
2. **Canellas, L. P.** Humic and Fulvic Acids as Biostimulants in Horticulture / L. P. Canellas, F. L. Olivares, N. O. Aguiar [et al.]. – DOI 10.1016/j.scienta.2015.09.013 // *Scientia Horticulturae*. – 2015. – Vol. 196. – Pp. 15–27. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301771?via%3Dihub> (дата обращения: 08.04.2020).
3. **Костенко, М. Ю.** Анализ применения различных видов гуматов и способов их использования при возделывании картофеля / М. Ю. Костенко, И. Н. Горячкина, В. С. Тетерин [и др.] // *Вестник РГАТУ*. – 2018. – № 3 (39). – С. 88–93. – URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2018_3.pdf (дата обращения: 08.04.2020). – Рез. англ.
4. **Sun, Q.** Different Chemical Activation of Humic Acid from Weathered Coal Affect the Growth and Development of Tomatoes and Cabbages / Q. Sun, L. Xia, G. Yu [et al.]. – DOI 10.1088/1755-1315/170/2/022137 // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2018. – Vol. 70, Issue 2. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/170/2/022137> (дата обращения: 08.04.2020).
5. **Nikitina, I. M.** Humic Acids of Solid Fossil Fuels – Perspectives for Application in Technology and Environment Protection / I. M. Nikitina, S. A. Epshtein, N. A. Fomenko [et al.] // *Eurasian Mining*. – 2016. – № 2. – Pp. 33–36. – URL: <http://www.rudmet.ru/journal/1592/article/27334/?language=en> (дата обращения: 08.04.2020).
6. **Перминова, И. В.** Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века / И. В. Перминова // *Химия и жизнь*. – 2008. – № 1. – С. 50–55. – URL: <https://www.hij.ru/read/issues/2008/january/> (дата обращения: 08.04.2020).
7. **Chen, X.** The Use of Humic Acid Urea Fertilizer for Increasing Yield and Utilization of Nitrogen in Sweet Potato / X. Chen, M. Kou, Z. Tang [et al.]. – DOI 10.17221/24/2017-PSE // *Plant, Soil and Environment*. – 2017. – Vol. 63, Issue 5. – Pp. 201–206. – URL: <https://www.agriculturejournals.cz/web/pse.htm?volume=63&firstPage=201&type=publishedArticle> (дата обращения: 08.04.2020).

8. **Olk, D. C.** Humic Products in Agriculture: Potential Benefits and Research Challenges – A Review / D. C. Olk, D. L. Dinnes, J. R. Scoresby [et al.]. – DOI 10.1007/s11368-018-1916-4 // Journal of Soils and Sediments. – 2018. – Vol. 18, Issue 8. – Pp. 2881–2891. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-018-1916-4#citeas> (дата обращения: 08.04.2020).
9. **Da Piedade, M. A.** Mixed Rhizobia and Herbaspirillum Seropedicae Inoculations with Humic Acid-Like Substances Improve Water-Stress Recovery in Common Beans / M. A. Da Piedade, F. L. Olivares, L. O. Medici [et al.]. – DOI 10.1186/s40538-017-0090-z // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. – 2017. – Vol. 4. – URL: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0090-z#citeas> (дата обращения: 08.04.2020).
10. **Pei, R.** Effects of Application of Humic Acid on Yield, Nitrogen Use Efficiency of Summer Maize / R. Pei, J. Wang, T. Yuan [et al.]. – DOI 10.3864/j.issn.0578-1752.2017.11.023 // Scientia Agricultura Sinica. – 2017. – Vol. 50, Issue 11. – Pp. 2189–2198. – URL: <http://www.chinaagrisci.com/CN/10.3864/j.issn.0578-1752.2017.11.023> (дата обращения: 08.04.2020).
11. **Idrees, M.** Potassium Humate and NPK Application Rates Influence Yield and Economic Performance of Potato Crops Grown in Clayey Loam Soils / M. Idrees, M. A. Anjum, J. I. Mirza. – DOI 10.25252/SE/18/51384 // Soil and Environment. – 2018. – Vol. 37, Issue 1. – Pp. 53–61.
12. **Shehata, S. A.** Quality and Shelf-Life of Onion Bulbs Influenced by Biostimulants / S. A. Shehata, K. F. Abdelgawad, M. M. El-Mogy. – DOI 10.1080/19315260.2017.1298170 // International Journal of Vegetable Science. – 2017. – Vol. 23, Issue 4. – Pp. 362–371. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19315260.2017.1298170> (дата обращения: 08.04.2020).
13. **Dos Santos, L. H.** Carbon of Humic Substances in Soil Aggregates Cultivated with Onion under No-Tilland Conventional Tillage Systems / L. H. dos Santos, A. Loss, L. Canton [et al.] // Idesia. – 2018. – Vol. 36, Issue 1. – Pp. 15–25.
14. **Гармаш, Н. Ю.** Методические подходы к оценке качества гуминовых препаратов / Н. Ю. Гармаш, Г. А. Гармаш // Агрохимический вестник. – 2012. – № 4. – С. 17–19. – URL: <https://www.agrochemv.ru/ru/nomer/2012/4> (дата обращения: 08.04.2020). – Рез. англ.
15. **Бышов, Н. В.** Результаты полевого эксперимента применения незерновой части урожая в качестве удобрения под озимые культуры / Н. В. Бышов, А. Н. Бачурин, И. Ю. Богданчиков [и др.] // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 1 (21). – С. 80–84. – URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/1_2014.pdf (дата обращения: 08.04.2020).
16. **Шогенов, Ю. Х.** Влияние низкоинтенсивного локального лазерного излучения на посевные качества семян / Ю. Х. Шогенов, А. Ю. Измаилов, Ю. М. Романовский [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 5. – С. 33–35. – URL: <http://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/284> (дата обращения: 08.04.2020).
17. **Вербицкая, Н. В.** Использование препарата гуминовой природы для предпосевной обработки семян пшеницы / Н. В. Вербицкая, Е. П. Кондратенко, О. М. Соболева // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 3 (103). – С. 128–132. – URL: <https://vestnik.kuzstu.ru/index.php?page=article&id=2669> (дата обращения: 08.04.2020).
18. **Патент № 2682885 Российская Федерация, МПК A01C 1/06 (2006.01).** Устройство для протравливания семян : № 2018106747 : заявл. 22.02.2018 : опубл. 22.03.2019 / Бышов Н. В. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – 6 с. : ил. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2682885C1_20190322.pdf (дата обращения: 08.04.2020). – Рез. англ.

Поступила 08.10.2019; принята к публикации 18.11.2019; опубликована онлайн 30.06.2020

Об авторах:

Тетерина Ольга Анатольевна, соискатель кафедры технологий металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0329-8573>, olia.teterina@mail.ru

Тетерин Владимир Сергеевич, старший научный сотрудник отдела технического обеспечения сельскохозяйственного производства ИТОСХ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (390025, Россия, г. Рязань, ул. Щорса, д. 38/11), кандидат технических наук, Researcher ID: G-7742-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8116-723X>, labio-giant@mail.ru

Митрофанов Сергей Владимирович, ведущий научный сотрудник отдела информационных технологий в сельскохозяйственном производстве ИТОСХ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (390025, Россия, г. Рязань, ул. Щорса, д. 38/11), кандидат сельскохозяйственных наук, Researcher ID: G-7781-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>, f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Костенко Михаил Юрьевич, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, Researcher ID: G-9926-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3733-3717>, km340010@rambler.ru

Рембалович Георгий Константинович, заведующий кафедрой технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3356-2168>, rgk.rgatu@yandex.ru

Новиков Николай Николаевич, врио директора ИТОСХ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (390025, Россия, г. Рязань, ул. Щорса, д. 38/11), кандидат сельскохозяйственных наук, Researcher ID: G-7758-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3117-3759>, novikov-nn.vnims@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

О. А. Тетерина – проведение лабораторных исследований, подготовка начального варианта текста; В. С. Тетерин – подготовка начального варианта текста и формулирование выводов; С. В. Митрофанов – проведение лабораторных исследований и проведение критического анализа экспериментальных исследований; М. Ю. Костенко – научное руководство, формулирование основной концепции исследования; Г. К. Рембалович – проведение критического анализа экспериментальных исследований; Н. Н. Новиков – литературный и патентный анализ, редактирование текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Aguiar N.O., Medici L.O., Olivares F.L., et al. Metabolic Profile and Antioxidant Responses during Drought Stress Recovery in Sugarcane Treated with Humic Acids and Endophytic Diazotrophic Bacteria. *Annals of Applied Biology*. 2016; 168(2):203-213. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12256>
2. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., et al. Humic and Fulvic Acids as Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015; 196:15-27. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
3. Kostenko M.Y., Goryachkina I.N., Teterin V.S., et al. Analysis of the Application of Different Types of Humates in the Pre-Plant Processing of Potatoes. *Vestnik RGATU = RSATU Bulletin*. 2018; (3):88-93. Available at: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2018_3.pdf (accessed 08.04.2020). (In Russ.)
4. Sun Q., Xia L., Yu G., et al. Different Chemical Activation of Humic Acid from Weathered Coal Affect the Growth and Development of Tomatoes and Cabbages. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018; 70(2). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/2/022137>
5. Nikitina I.M., Epshtein S.A., Fomenko N. A., et al. Humic Acids of Solid Fossil Fuels – Perspectives for Application in Technology and Environment Protection. *Eurasian Mining*. 2016; (2):33-36. Available at: <http://www.rudmet.ru/journal/1592/article/27334/?language=en> (accessed 08.04.2020). (In Eng.)

6. Perminova I.V. Humic Substances Are a Challenge to 21st Century Chemists. *Khimiya i zhizn* = Chemistry and Life. 2008; (1):50-55. Available at: <https://www.hij.ru/read/issues/2008/january/> (accessed 08.04.2020). (In Russ.)
7. Chen X., Kou M., Tang Z., et al. The Use of Humic Acid Urea Fertilizer for Increasing Yield and Utilization of Nitrogen in Sweet Potato. *Plant, Soil and Environment*. 2017; 63(5):201-206. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17221/24/2017-PSE>
8. Olk D.C., Dinnes D.L., Scoresby J.R., et al. Humic Products in Agriculture: Potential Benefits and Research Challenges – A Review. *Journal of Soils and Sediments*. 2018; 18(8):2881-2891. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>
9. Da Piedade M.A., Olivares F.L., Medici L.O., et al. Mixed Rhizobia and Herbaspirillum Seropedicae Inoculations with Humic Acid-Like Substances Improve Water-Stress Recovery in Common Beans. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017; 4. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0090-z>
10. Pei R., Wang J., Yuan T., et al. Effects of Application of Humic Acid on Yield, Nitrogen Use Efficiency of Summer Maize. *Scientia Agricultura Sinica*. 2017; 50(11):2189-2198. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3864/j.issn.0578-1752.2017.11.023>
11. Idrees M., Anjum M.A., Mirza J.I. Potassium Humate and NPK Application Rates Influence Yield and Economic Performance of Potato Crops Grown in Clayey Loam Soils. *Soil and Environment*. 2018; 37(1):53-61. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25252/SE/18/51384>
12. Shehata S.A., Abdelgawad K.F., El-Mogy M.M. Quality and Shelf-Life of Onion Bulbs Influenced by Biostimulants. *International Journal of Vegetable Science*. 2017; 23(4):362-371. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2017.1298170>
13. Dos Santos L.H., Loss A., Canton L., et al. Carbon of Humic Substances in Soil Aggregates Cultivated with Onion under No-Tillage Conventional Tillage Systems. *Idesia*. 2018; 36(1):15-25. (In Eng.)
14. Garmash N.Yu., Garmash G.A. Investigation of Growth Regulators, Micro-and Humic Fertilizers. *Agrokhimicheskii vestnik* = Agrochemical Bulletin. 2012; (4):17-19. Available at: <https://www.agrochemv.ru/ru/nomer/2012/4> (accessed 08.04.2020). (In Russ.)
15. Byshov N.V., Bachurin A.N., Bogdanchikov I.Yu., et al. The Results of a Field Experiment in the Application of Non-Grain Part of the Crop as Fertilizer for Winter Crops. *Vestnik RGATU* = RSATU Bulletin. 2014; (1):80-84. Available at: http://vestnik.rgatu.ru/archive/1_2014.pdf (accessed 08.04.2020). (In Russ.)
16. Shogenov Yu.H., Izmaylov A.Yu., Romanovskiy Yu.M., et al. Low-Intensity Local Laser Radiation Effect on Crop Quality of Seed. *Vestnik rossiyской selskokhozyaystvennoy nauki* = Bulletin of the Russian Agricultural Sciences. 2016; (5):33-35. Available at: <http://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/284> (accessed 08.04.2020). (In Russ.)
17. Verbitskaya N.V., Kondratenko E.P., Soboleva O.M. Using the Preparations of Humic Nature for Preseeding Treatment of Wheat Seeds. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2014; (3):128-132. Available at: <https://vestnik.kuzstu.ru/index.php?page=article&id=2669> (accessed 08.04.2020). (In Russ.)
18. Seed Dresser: Patent 2682885 Russian Federation. No. 2018106747; appl. 22.02.2018; publ. 22.03.2019. Bulletin No. 9. 6 p. Available at: https://patents.s3.yandex.net/RU2682885C1_20190322.pdf (accessed 08.04.2020). (In Russ.)

Received 08.10.2019; revised 18.11.2019; published online 30.06.2020

About the authors:

Olga A. Teterina, PhD Candidate of Metal Technology and Machine Repair Chair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (1 Kostychev St., Ryazan 390044, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0329-8573>, olia.teterina@mail.ru



Vladimir S. Teterin, Senior Researcher of Agricultural Industry Technical Support Department, Institute of Agricultural Technical Support – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (38/11 Shchors St., Ryazan 390025, Russia), Ph.D. (Engineering), Researcher ID: G-7742-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8116-723X>, labio-giant@mail.ru

Sergey V. Mitrofanov, Leading Researcher of Department of Information Technologies in Agricultural Production, Institute of Agricultural Technical Support – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (38/11 Shchors St., Ryazan 390025, Russia), Ph.D. (Agriculture), Researcher ID: G-7781-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>, f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Mikhail Yu. Kostenko, Professor of Metal Technology and Machine Repair Chair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (1 Kostychev St., Ryazan 390044, Russia), D.Sc. (Engineering), Researcher ID: G-9926-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3733-3717>, km340010@rambler.ru

Georgiy K. Rembalovich, Head of Metal Technology and Machine Repair Chair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (1 Kostychev St., Ryazan 390044, Russia), D.Sc. (Engineering), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3356-2168>, rgk.rgatu@yandex.ru

Nikolay N. Novikov, Interim Director of Institute of Agricultural Technical Support – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (38/11 Shchors St., Ryazan 390025, Russia), Ph.D. (Agriculture), Researcher ID: G-7758-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3117-3759>, novikov-nn.vnims@yandex.ru

Contribution of the authors:

O. A. Teterina – laboratory studies, writing the draft; V. S. Teterin – preparation of the initial text version and drawing conclusions; S. V. Mitrofanov – laboratory studies and critical analysis of experimental studies; M. Yu. Kostenko – scientific management, formulation of the basic research concept; G. K. Rembalovich – critical analysis of experimental studies; N. N. Novikov – literature and patent analysis, text editing.

All authors have read and approved the final manuscript.