

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

УДК 631.8

М. В. Башаримов¹,
А. Н. Жигалов², доктор технических наук, доцент,
А. Н. Жариков³

Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси», ул. Бялыницкого-Бирули, 11, 212030 Могилев, Республика Беларусь,
¹basharimovfilm@gmail.com , ²jigalov6@mail.ru , ³artyomzhanzhora@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МЕТОДА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗВУКОВОЙ
ОБРАБОТКИ НА СЕМЕНА КУКУРУЗЫ СОРТА АМЕРИКАНСКАЯ ЛИГА 98
(КИТАЙСКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА) В УСЛОВИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»**

В статье приведены результаты исследований влияния метода аэродинамического звукового воздействия, основанного на воздействии перед посевной на семена энергией от резонансных волн звуковой частоты посредством промышленной установки, принцип работы которой основан на возбуждении волн звуковой частоты при прохождении воздушного потока через сопла установки, на повышение урожайности семян кукурузы сорта Американская лига 98 (Китайская Народная Республика). Установлено, что применение метода аэродинамического звукового воздействия при предпосевной обработке семян позволило повысить урожайность кукурузы сорта Американская лига 98 при уборке на зерно на 137,7 %, при уборке на силос — на 124,3 %. Для кукурузы сорта Американская лига 98 рекомендован режим № 3 работы установки аэродинамического звукового воздействия. Метод аэродинамического звукового воздействия не только способствует увеличению урожайности кукурузы, но и помогает минимизировать негативное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения доли использования химических удобрений. В условиях, когда экология и устойчивое развитие становятся важнейшими приоритетами в сельском хозяйстве, использование современных технологий, таких как метод аэродинамического звукового воздействия, может открыть новые возможности для агросектора.

Ключевые слова: кукуруза; метод аэродинамического звукового воздействия; урожайность; биологизация; удобрения.

Рис. 7. Табл. 5. Библиогр.: 4 назв.

M. V. Basharimov¹,
A. N. Zhigalov², DSc in Technical Sciences, Associate Professor,
A. N. Zharikov³

State Scientific Institution “Institute of Technology of Metals of National Academy of Sciences of Belarus”,
11 Byalynitskogo-Biruli Str., 212030 Mogilev, the Republic of Belarus,
¹basharimovfilm@gmail.com , ²jigalov6@mail.ru , ³artyomzhanzhora@gmail.com

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF AERODYNAMIC SOUND TREATMENT
METHOD ON CORN SEEDS OF THE AMERICAN LEAGUE 98 VARIETY (CHINA)
IN THE CONDITIONS OF STATE SCIENTIFIC INSTITUTION “INSTITUTE OF
TECHNOLOGY OF METALS OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS”**

The article presents the findings of studies conducted on the impact of the aerodynamic sound impact method. This method involves the utilisation of resonant sound waves of a specific frequency to impact seeds prior to sowing. The study utilised an industrial installation that functions by generating sound frequency waves when airflow passes through nozzles. The primary objective of this study was to enhance the yield of corn seeds of the American League 98 variety (China). The findings of the study demonstrated that the implementation of the aerodynamic sound impact method in the pre-sowing

seed treatment process resulted in a substantial enhancement in the yield of corn seeds of the American League 98 variety. This augmentation was observed to be particularly pronounced in the context of grain harvesting, with an increase of 137.7 %, as well as in the context of silage harvesting, where an increase of 124.3 % was recorded. It is recommended that mode No. 3 of the aerodynamic sound impact method unit operation be employed for the corn variety American League 98. The aerodynamic sound impact method has been demonstrated to enhance corn yields while concurrently reducing the environmental impact by diminishing the reliance on chemical fertilisers. In an era where environmental sustainability and ecological integrity are paramount priorities within the agricultural sector, the adoption of contemporary technologies such as the aerodynamic sound impact method has the potential to generate novel opportunities for the agricultural industry.

Key words: corn; aerodynamic sound impact method (ADH); yield; biologization; fertilizers.

Fig. 7. Table 5. Ref.: 4 titles.

Введение. Кукуруза является одной из ключевых сельскохозяйственных культур в Беларуси, играя важную роль в продовольственной безопасности, кормопроизводстве и секторе переработки. Однако, несмотря на высокий потенциал этой культуры, её урожайность нередко ограничивается факторами, такими как болезни растений и низкоэффективные химические удобрения. В результате возникает необходимость поиска инновационных методов и технологий, способствующих увеличению эффективности использования выделенных под посев этой культуре пахотных земель, а также замещение химических удобрений на биологизированные методы повышения урожайности.

Одним из перспективных подходов, не требующих больших затрат, технически сложного оборудования и внесения химических удобрений, является применение метода аэродинамического звукового воздействия (далее — АДУ). Эффект при АДУ достигается за счет воздействия энергии от резонансных волн звуковой частоты на семена перед посевной. В основу работы установки, реализующей метод АДУ, положен принцип возбуждения волн звуковой частоты при прохождении воздушного потока через сопла установки. Установка проста в изготовлении и в эксплуатации, работает от любой промышленной системы приготовления воздуха. Установление необходимых частот, зависящих от структуры и свойств обрабатываемого материала, происходит варьированием объема потребляемого воздуха и размерами выпускного отверстия [1].

Воздействие резонансных волн акустического звукового спектра частот на семена способствует разрушению поверхностных веществ, препятствующих всхожести семян, уничтожает возбудителей болезней и вредителей, повышает активность ферментов, изменяет структуру молекул и аминокислот, ускоряет процессы окисления. В тканях активируются обменные процессы, увеличивается содержание нуклеиновых кислот, стимулируются процессы тканевого дыхания, усиливаются окислительно-восстановительные реакции. Обработка семян методом АДУ позволяет активизировать энергию их прорастания, увеличить полевою всхожесть и сократить время полевой всхожести, что особенно важно в засушливый период [2—4].

Исследованиями было установлено, что обработка методом АДУ семян яровой пшеницы сорта Ладыя, озимого тритикале сорта Динамо способствовала улучшению посевных качеств, что проявлялось в повышении лабораторной всхожести, устойчивости к основным возбудителям заболеваний и сохранности растений на уровне 90...93 %. Кроме того, наблюдалась активизация ростовых процессов на начальных этапах развития, что привело к увеличению сырой биомассы на 24,9 % у проростков пшеницы и 17,9 % — тритикале по сравнению с необработанными образцами. При этом отмечалось большее стимулирующее действие после воздействия метода АДУ на развитие корней по сравнению с надземной частью у 21-дневных проростков. Этот факт важен с точки зрения усиления роли тритикале в почвообразующих процессах, так как более мощная корневая система оказывает большее связывающее действие с почвой [5].

По мнению авторов, применение метода АДУ особенно актуально для Беларуси, где присутствуют резко меняющиеся климатические условия. В таких условиях возрастает потребность в эффективных методах повышения урожайности с минимальными затратами на химические удобрения.

Разработанная установка АДУ для предпосевной обработки семян кукурузы представлена на рисунке 1.

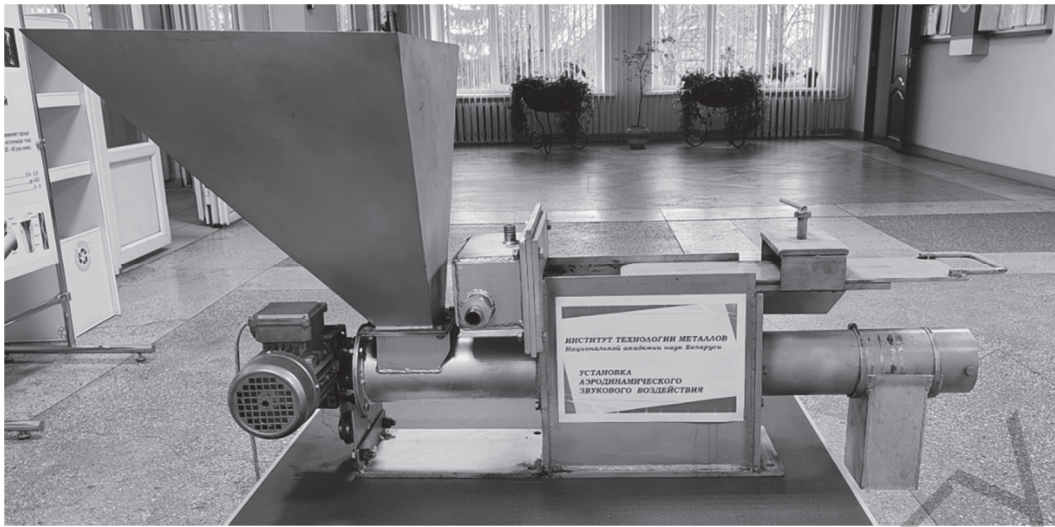


Рисунок 1. — Установка АДУ для предпосевной обработки семян кукурузы

Материалы и методы исследования. Исследованиям на предмет повышения урожайности методом АДУ подвергались семена кукурузы сорта 美联98 (Американская лига 98), страна происхождения — Китай (рисунок 2). Для проведения исследования на территории ИТМ НАН Беларуси был разработан участок неосвоенной земли (рисунок 3), разделенный на четыре равных сектора площадью 3,24 м² каждый.

Для создания идентичных условий в каждый сектор засеяно по 26 зерен кукурузы, схема расположения точек посева указана на схеме (рисунок 4).

Каждому сектору присвоено обозначение согласно режиму обработки: *K* — контрольный сектор (семена не подвергались обработке методом АДУ); *1* — семена обрабатывались на режиме № 1 (резонансная частота — 148 Гц) установки АДУ; *2* — семена обрабатывались на режиме № 2 (резонансная частота — 156 Гц) установки АДУ; *3* — семена обрабатывались на режиме № 1, а затем на № 2 работы установки АДУ. Время воздействия на каждом из режимов — 0,5 мин.



Рисунок 2. — Упаковка зерна кукурузы



Рисунок 3. — Разработка участка неосвоенной земли на территории ИТМ НАН Беларуси

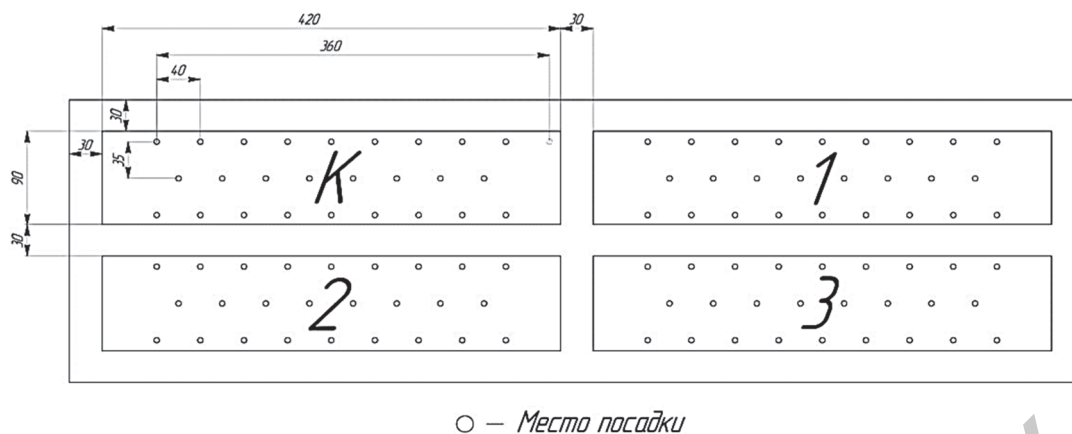


Рисунок 4. — Схема расположения секторов засева исследуемыми зернами кукурузы

Используемая установка АДУ, предназначенная для предпосевной обработки семян кукурузы, характеризуется рядом конструктивных особенностей, среди которых особое значение имеет наличие шнекового механизма. Шнек обеспечивает транспортировку обрабатываемого зерна через центр резонансной камеры. Перемещение семян осуществляется с заданной скоростью, что достигается благодаря подбору редуцирующего устройства, соединяющего асинхронный электрический двигатель со шнеком. Установка АДУ имеет возможность регулировки оборотов шнека для изменения времени нахождения семян в зоне действия резонансной камеры. Такое техническое решение обеспечивает равномерность обработки всего объема зерна.

Для удобства эксплуатации и повышения производительности установки АДУ предусмотрены дополнительные элементы конструкции. Для непрерывной подачи обрабатываемых семян в рабочую зону шнека применяется загрузочный раструб объемом не менее 0,5 м³. После обработки семян в резонансной камере они транспортируются к разгрузочному отводу, через который происходит их выгрузка непосредственно в мешки или тару. Такая схема исключает временные затраты на загрузку и выгрузку обрабатываемого зерна кукурузы, а также поддерживает непрерывный цикл работы установки АДУ.

К преимуществу данной установки АДУ, предназначенной для предпосевной обработки семян кукурузы, помимо ее непрерывной работы, также относится отсутствие необходимости в глубоких специальных знаниях или сложных навыках у оператора.

Результаты исследования и их обсуждение. 24 мая 2024 года на базе ИТМ НАН Беларуси осуществлена предпосевная обработка трех партий семян кукурузы сорта Американская лига 98 методом АДУ на трех режимах.

Посев обработанных и необработанных семян производился 26 мая 2024 года согласно схеме, отображенной на рисунке 4. Удобрения не применялись.

Контроль в течение лета 2024 года показал, что растения, выращенные из семян кукурузы, обработанных методом АДУ на режимах № 2 и № 3, растут быстрее своих аналогов из секторов *K* и *1* на 6...12 % (рисунок 5).

Замеры высоты растений производились еженедельно (рисунок 6) и приведены в таблице 1.

Интенсивный рост растений в высоту на всех четырех секторах прекратился на 11-й неделе после посева.

На 12-й неделе после посева зафиксировано наличие початков кукурузы на всех засеянных секторах, на растениях в секторе 3 количество початков превосходило остальные: *K* — 15 шт.; *1* — 16 шт.; *2* — 13 шт.; *3* — 24 шт.

1 октября 2024 года, спустя 18 недель после посева, произведена уборка с поля, взвешивание силосной массы и початков.

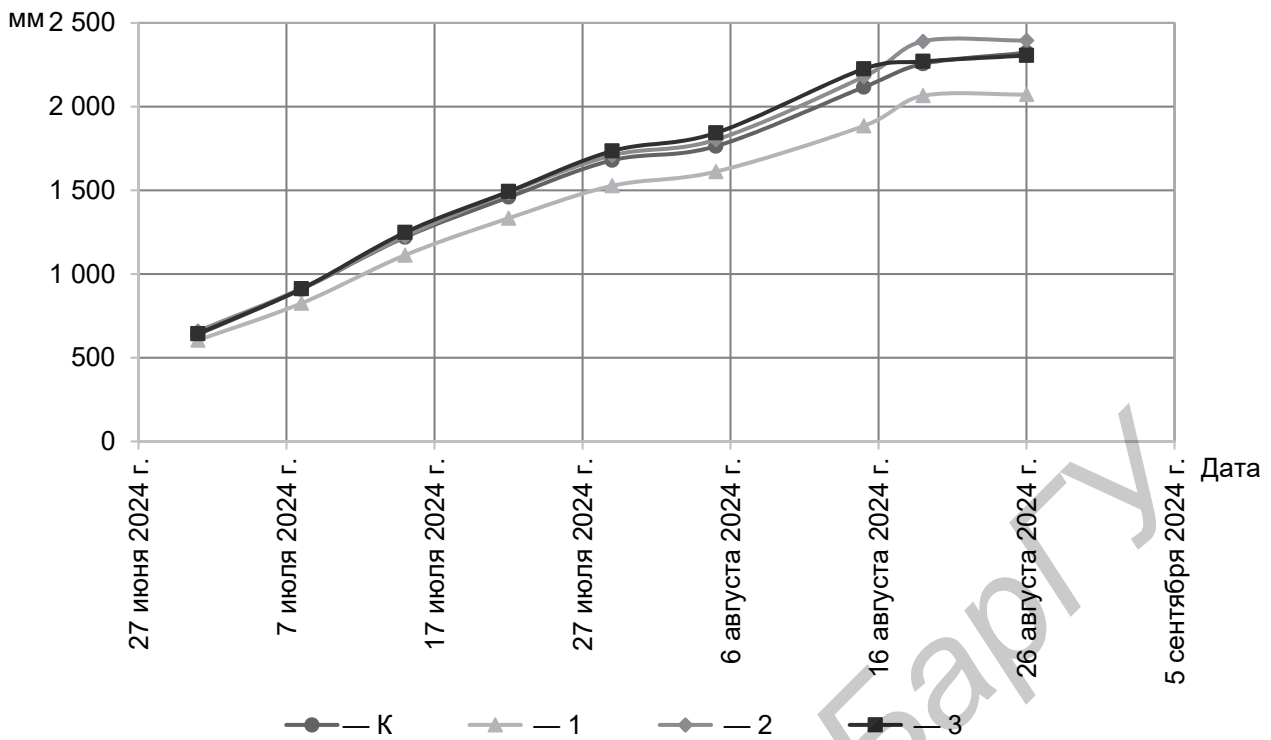


Рисунок 5. — Динамика роста исследуемых ростков кукурузы сорта Американская лига 98



а)



б)

Рисунок 6. — Замер высоты на 2-й (а) и 10-й (б) неделях после посадки ростков кукурузы сорта Американская лига 98

Т а б л и ц а 1. — Высота ростков кукурузы в течение всего периода роста (средние значения)

Дата	Высота ростков в секторах, мм			
	К	1	2	3
03.06.2024	56	61	68	65
10.06.2024	160	153	176	167
17.06.2024	248	245	278	262
24.06.2024	398	394	422	417
01.07.2024	639	604	659	643

Окончание таблицы 1

Дата	Высота ростков в секторах, мм			
	К	1	2	3
08.07.2024	909	825	914	912
15.07.2024	1 220	1 113	1 225	1 248
22.07.2024	1 459	1 333	1 487	1 493
29.07.2024	1 680	1 527	1 709	1 735
05.08.2024	1 764	1 612	1 802	1 843
15.08.2024	2 117	1 885	2 179	2 225
19.08.2024	2 256	2 065	2 390	2 270
26.08.2024	2 323	2 069	2 313	2 306
02.09.2024	2 324	2 071	2 396	2 309
09.09.2024	2 327	2 071	2 397	2 309
16.09.2024	2 329	2 072	2 398	2 310

Результаты взвешивания силосной массы и початков представлены в таблице 2.

2 октября 2024 года произведено лушение (отделение зерна от початков), подсчет и взвешивание сырого зерна кукурузы.

2—11 октября 2024 года производилась сушка зерна (рисунок 7) с последующим взвешиванием сухого зерна, результаты приведены в таблицах 3, 4.

Результаты определения урожайности масштабирования замеров, приведенных в таблицах 2, 3, до размерности «центнер на гектар» приведены в таблице 5.

Т а б л и ц а 2. — Результаты взвешивания силосной массы и початков

Сектор	Вес силосной массы, кг	Процентное соотношение, %	Вес початков, кг	Процентное соотношение, %
К	13,60	100,0	3,845	100,0
1	13,75	101,1	4,020	104,6
2	16,80	123,5	4,865	126,5
3	16,90	124,3	5,165	134,3

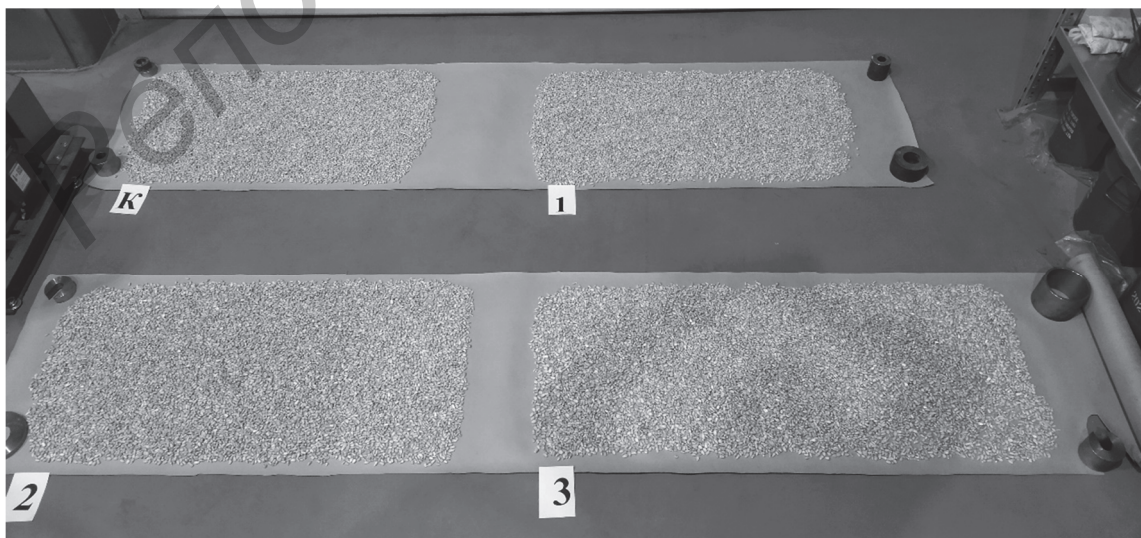


Рисунок 7. — Сушка зерна кукурузы сорта Американская лига 98

Т а б л и ц а 3. — Результаты взвешивания зерна кукурузы до и после сушки

Сектор	Вес сырого зерна, кг	Процентное соотношение, %	Вес сухого зерна, кг	Процентное соотношение, %	Степень усушки, %
К	2,825	100,0	1,845	100,0	34,7
1	2,880	101,9	1,850	100,3	35,8
2	3,550	125,7	2,265	122,8	36,2
3	3,885	137,5	2,540	137,7	34,6

Т а б л и ц а 4. — Результаты подсчета зерен кукурузы

Сектор	Количество зерен, шт.	Процентное соотношение, %	Средний вес одного зерна после сушки, г	Процентное соотношение, %
К	8 764	100,0	0,21	100,0
1	8 994	102,6	0,21	100,0
2	10 526	120,1	0,21	100,0
3	10 669	121,7	0,24	114,3

Т а б л и ц а 5. — Расчет урожайности кукурузы в масштабе на гектар

Сектор	Урожайность силоса		Урожайность сырого зерна		Урожайность сухого зерна	
	т / га	повышение, %	ц / га	повышение, %	ц / га	повышение, %
К	419,69	100,0	87,19	100,0	56,94	100,0
1	424,32	101,1	88,89	101,9	57,10	100,3
2	518,45	123,5	109,57	125,7	69,91	122,8
3	521,53	124,3	119,91	137,5	78,40	137,7

Урожайность определялась по зависимости

$$y = \frac{W10^6}{LH},$$

где W — вес, кг;

L — длина участка, см;

H — ширина участка, см.

Заключение. Предложен высокоэффективный метод повышения урожайности зерновых культур — метод АДУ, основанный на воздействии перед посевной на семена энергией от резонансных волн звуковой частоты. Разработана специальная промышленная установка, реализующая метод АДУ, принцип работы которой основан на возбуждении волн звуковой частоты при прохождении воздушного потока через сопла установки.

По результатам сравнительных исследований, проведенных в условиях ИТМ НАН Беларуси, установлено, что применение метода АДУ при предпосевной обработке семян позволило повысить урожайность кукурузы сорта Американская лига 98 при уборке на зерно на 137,7 %, при уборке на силос — на 124,3 %. Для кукурузы сорта Американская лига 98 рекомендован режим № 3 работы установки АДУ.

Учитывая экологические условия Республики Беларусь, применение метода АДУ может стать важным инструментом для повышения устойчивости агроэкосистем. Метод не

только способствует увеличению урожайности кукурузы, но и помогает минимизировать негативное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения доли использования химических удобрений. В условиях, когда экология и устойчивое развитие становятся важнейшими приоритетами в сельском хозяйстве, использование современных технологий, таких как метод АДУ, может открыть новые возможности для агросектора.

Список цитируемых источников

1. Жигалов, А. Н. Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания : монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. — Могилев : МГУП, 2019. — 213 с.

2. Жигалов, А. Н. Биологизированное повышение урожайности яровой пшеницы «Сабина» посредством аэродинамического воздействия / А. Н. Жигалов, А. В. Кучумов, Г. Ф. Шатуров // Актуальные вопросы развития органического сельского хозяйства : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Смоленск, 16 окт. 2018 г. / М-во сельского хоз-ва Рос. Федерации, Смол. гос. с.-х. акад. ; отв. ред. С. Е. Терентьев. — Смоленск : СГСХА, 2018. — С. 33—39.

3. Жигалов, А. Н. Влияние аэродинамического звукового резонансного воздействия на повышение урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Жигалов // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Уссурийск, 29—30 апр. 2021 г. / Примор. гос. с.-х. акад. — Уссурийск : Примор. ГСХА, 2021. — С. 43—49.

4. Влияние аэродинамического упрочнения на начальный рост пшеницы и тритикале / С. В. Абраскова, Н. П. Шишлова, Е. С. Бурдь, Д. А. Плавский // Векторы инновационного развития : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 11 дек. 2020 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2020. — Ч. 1. — С. 111—112.

Поступила в редакцию 08.04.2025.