

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И СЕЛЕКТИВНОЙ СОРТИРОВКИ СЕМЯН, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

С. В. КУРЗЕНКОВ, ЧЖАН СЯНЬЛЭЙ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: sergkrz@yandex.by

(Поступила в редакцию 19.06.2025)

Семена являются «отправной точкой» для растениеводства, а их качество напрямую оказывает влияние на развитие растений и конечный урожай. Такие показатели, как всхожесть, скорость прорастания, энергия прорастания и устойчивость семян к болезням и другие, в совокупности отражают производственный потенциал семян при их посеве. Эти показатели качества семян непосредственно связаны с чистотой, влажностью, гранулометрическим составом и фитосанитарным состоянием семян. Поэтому только отбор высококачественных семян на основе анализа их характеристик, приведенных выше, может позволить максимизировать урожайность и потенциал развития сельскохозяйственных культур.

Обязательной подготовительной операцией перед посевом семян является их очистка, селективная сортировка и обеззараживание. Однако в современных условиях выполнение данных операций требует решения более сложных задач, направленных не только на удаление примесей и микроорганизмов из семян, но и на улучшение посевных качеств, таких как всхожесть, устойчивость растений к болезням, адаптация к изменению климата и равномерность всходов, что в конечном итоге должно привести к повышению урожайности выращиваемых культур. Это в свою очередь требует совершенствования технологий за счёт введения дополнительных этапов глубокой обработки семян, что обычно приводит к модернизации существующего оборудования или разработке новых технологических установок.

Процессы очистки семян от примесей, их сортировка и обеззараживание помогают улучшить качество посевного материала. Вообще говоря, – это разные по достигаемым целям процессы, которые должны сочетаться в соответствующем оборудовании для удовлетворения требований сельхозпроизводителя.

Данная работа посвящена систематизации методов очистки и селективной сортировки семян исходя из мирового опыта их производства, а также анализу их преимуществ и недостатков. Ее результаты будут использованы для определения основных направлений совершенствования оборудования для очистки и селективного сортирования семенной массы различных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: семена сельскохозяйственных культур, очистка семян, сортировка семян, методы очистки, обеззараживания и сортировки семян, преимущества и недостатки методов очистки и сортировки семенного материала.

Seeds are the "starting point" for crop production, and their quality has a direct impact on plant development and the final yield. Such indicators as germination, germination rate, germination energy and resistance of seeds to diseases and others, together reflect the production potential of seeds when they are sown. These indicators of seed quality are directly related to the purity, humidity, granulometric composition and phytosanitary condition of the seeds. Therefore, only the selection of high-quality seeds based on the analysis of their characteristics given above can maximize the yield and development potential of crops. A mandatory preparatory operation before sowing seeds is their cleaning, selective sorting and disinfection. However, in modern conditions, the performance of these operations requires solving more complex tasks aimed not only at removing impurities and microorganisms from seeds, but also at improving sowing qualities, such as germination, plant resistance to diseases, adaptation to climate change and uniformity of seedlings, which should ultimately lead to an increase in the yield of cultivated crops. This, in turn, requires the improvement of technologies through the introduction of additional stages of deep seed treatment, which usually leads to the modernization of existing equipment or the development of new technological installations. The processes of cleaning seeds from impurities, their sorting and disinfection help to improve the quality of seeds. Generally speaking, these are processes that are different in terms of their goals, which must be combined in the appropriate equipment to meet the requirements of the agricultural producer. This work is devoted to the systematization of methods of cleaning and selective sorting of seed material based on the world experience of their production, as well as the analysis of their advantages and disadvantages. Its results will be used to determine the main areas for improving equipment for cleaning and selective sorting of seed mass of various crops.

Key words: seeds of agricultural crops, seed cleaning, methods of cleaning, disinfection and sorting of seeds, advantages and disadvantages of methods of cleaning and sorting of seed material.

Введение

Семена являются «отправной точкой» для растениеводства, а их качество напрямую оказывает влияние на развитие растений и конечный урожай. Такие показатели, как всхожесть, скорость прорастания, энергия прорастания и устойчивость семян к болезням и другие, в совокупности отражают производственный потенциал семян при их посеве. Эти показатели качества семян непосредственно связаны с чистотой, влажностью, гранулометрическим составом и фитосанитарным состоянием семян. Поэтому только отбор высококачественных семян на основе анализа их характеристик, приведенных выше, может позволить максимизировать урожайность и потенциал развития сельскохозяйственных культур [1].

Обязательной подготовительной операцией перед посевом семян является их очистка, селективная сортировка и обеззараживание. Однако в современных условиях выполнение данных операций требует реше-

ния более сложных задач, направленных не только на удаление примесей и микроорганизмов из семян, но и на улучшение посевных качеств, таких как всхожесть, устойчивость растений к болезням, адаптация к изменениям климата и равномерность всходов, что в конечном итоге должно привести к повышению урожайности выращиваемых культур [2]. Это, в свою очередь, требует совершенствования технологий за счёт введения дополнительных этапов глубокой обработки семян, что обычно приводит к модернизации существующего оборудования или разработке новых технологических установок.

Целью приведенных в данной работе материалов является систематизация методов очистки и селективной сортировки семенного материала на основании мирового опыта его производства, а также анализ преимуществ и недостатков рассматриваемых методов. Результаты работы будут использованы для определения основных направлений совершенствования оборудования для очистки и селективного сортирования семенной массы различных сельскохозяйственных культур.

Основная часть

Процессы очистки семян от примесей, их сортировка и обеззараживание помогают улучшить качество посевного материала. Вообще говоря, – это разные по достигаемым целям процессы, которые должны сочетаться в соответствующем оборудовании для удовлетворения требований сельхозпроизводителя. Поэтому принципы реализации очистки семян от примесей, их сортировки и обеззараживания, вообще говоря, различаются.

Очистка семян от примесей может производиться: 1) *механически*, т. е. с помощью сит, действия воздушных потоков, вибрации или в сочетании этих воздействий; 2) *гравитационно*, т. е. по принципу разделение семян и примесей на основании различия их удельных масс; 3) *оптически*, т. е. по принципу фотоэффектов при использовании камер и сенсоров для удаления поврежденных или некачественных семян; 4) *в магнитном поле*, т. е. по принципу магнита для удаления металлических примесей.

Каждый из приведенных выше методов очистки семян от примесей имеет свои особенности и применяется в зависимости от типа семян и их уровня загрязненности. При этом можно выделить следующие преимущества и недостатки соответствующих операций.

Механическая очистка.

Преимущества: эффективно удаляет лёгкие примеси (пыль, шелуху); позволяет сортировать семена по размеру; способ относительно прост в реализации и использовании, высокопроизводителен, доступность оборудования [3].

Недостатки: некоторые мелкие или легкие примеси могут оставаться в семенах, особенно если оборудование не настроено должным образом; при интенсивной очистке возможны механические повреждения, что снижает всхожесть и качество посевного материала; механические методы лучше работают с крупными семенами, а для мелких требуется дополнительная сортировка; высокие энергозатраты; оборудование требует постоянного контроля и технического обслуживания для поддержания эффективности.

Гравитационная очистка.

Преимущества: хорошо отделяет повреждённые и пустые семена; применим для сортировки семян, высокая точность очистки при должной настройке оборудования [4].

Недостатки: метод основан на разнице в удельном весе частиц, поэтому семена с похожей плотностью могут не отделяться должным образом; гравитационная очистка эффективна против лёгких и тяжёлых примесей, но может пропускать повреждённые или заражённые семена; если семена имеют схожие размеры, но разные качества, метод может быть менее эффективным; часто требуется комбинировать гравитационную очистку с другими методами, такими как фотосепарация или магнитная сортировка, для достижения желаемого результата; хотя метод не требует значительных затрат электроэнергии, настройка оборудования и поддержание его эффективности могут быть сложными.

Оптическая очистка (фотосепарация).

Преимущества: позволяет удалять семена с визуальными дефектами; обеспечивает высокую точность очистки в установочных пределах визуализации, может применяться для сортировки [5].

Недостатки: сложность и высокая стоимость оборудования; узкая направленность визуализации отделяемых объектов; оборудование требует сложного технического обслуживания и настройки специалистов [6].

Очистка в магнитном поле (магнитная сепарация).

Преимущества: удаляет металлические примеси; защищает оборудование; повышает безопасность обработки.

Недостатки: узкая направленность очистки только от металлических примесей; не удаляет органические примеси.

В промышленных условиях обеззараживание семян проводится с использованием современных технологий и специализированного оборудования. Основными методами реализации этого процесса являются: 1) *термическая обработка* – прогревание семян горячим воздухом или паром для уничтожения патогенных микроорганизмов; 2) *химическое протравливание* – обработка семян фунгицидами и инсектицидами для защиты от болезней и вредителей; 3) *газовая стерилизация* – использование газообразных дезинфицирующих веществ, таких как озон или формальдегид; 4) *ультрафиолетовое облучение* – воздействие УФ-лучей для уничтожения бактерий и грибов; 5) *биологическая обработка* – применение биопрепаратов, содержащих полезные микроорганизмы, которые подавляют развитие патогенов.

Эти методы позволяют эффективно обеззараживать большие партии семян, обеспечивая их высокую всхожесть и защиту от заболеваний.

Селективная сортировка семян (калибровка) – это процесс разделения семян на фракции по заданным параметрам и с отбором посевной фракции семян. Научно доказано [7], что, выделяя из собранного урожая семенную фракцию с наиболее выраженными признаками семянки для рассматриваемой сельскохозяйственной культуры (формой, размерами и весом), можно значительно повысить ее урожайность и качество.

Обычно *размерная сортировка* семян по толщине и ширине производится с помощью сит, а по комплексу показателей – на триерах.

Сортировка семян по удельному весу выполняется в комбинированных гравитационных сепараторах.

Ситовая сортировка семян – это метод, при котором семена пропускают через набор сит с различными размерами ячеек для разделения по размеру и/или форме. Такой подход применяется для повышения однородности посевного материала, удаления некачественных или нежелательных частиц.

Преимущества: 1) ситовая сортировка позволяет быстро обработать большие объемы семян. При использовании специально сконфигурированного оборудования процесс автоматизирован и не требует длительных временных затрат, что особенно важно при промышленных объемах производства семенного материала; 2) отсев слишком малых и чрезмерно крупных семян способствует получению однородного посевного ряда, так как отобранные семена среднестатистически обладают схожим запасом питательных веществ. Посев таких семян снижает конкуренцию между всходами и помогает обеспечить равномерное распределение ресурсов, улучшая, тем самым, всхожесть и развитие растений; 3) метод позволяет эффективно совмещать сортировку с очисткой семян от мусора, пыли, обломков семян, а значит улучшить их чистоту; 4) сравнительно простое оборудование для ситовой сортировки требует меньших инвестиций по сравнению с более сложными методами разделения семян на фракции, а значит является более доступным для не больших сельхозпредприятий.

Недостатки: 1) сортировка производится по размеру или форме семян без учета показателей посевного качества семян (таких как зрелость, внутренняя жизнеспособность, содержание влаги); 2) неправильная настройка оборудования, использование грубых сит и интенсивных соударений семян с острыми кромками оборудования может приводить к повреждению оболочек семян, что негативно сказывается на посевных их качествах; 3) размер семени не является абсолютной мерой посевного его качества, поэтому при размерной сортировке ценные семена могут быть ошибочно отсеяны или перераспределены в неверные фракции; 4) ситовая сортировка не способна отделить семена с внутренними дефектами или заражением.

Таким образом, ситовая сортировка семян является практичным и экономичным методом для повышения однородности и очистки посевного материала, однако её эффективность зависит от правильной настройки оборудования и понимания ограничений в его применении.

Триерная сортировка семян – это метод механической обработки, при котором посевной материал проходит через три последовательных этапа сортировки, позволяющих разделить семена по комбинации физических характеристик (например, размер, масса, плотность или воздушное сопротивление). Этот подход применяется для получения высококачественного и однородного посевного материала.

Преимущества: 1) благодаря последовательной и более тщательной процедуре сортировки семян имеется возможность более однородного их разделения на фракции. При этом на каждом этапе происходит удаление пыли, мелких примесей и повреждённых фракций, что положительно сказывается на всхожести семян и урожайности сельскохозяйственной культуры, упрощает расчёт норм посева, облегчает их равномерное распределение по полю и способствует оптимальному использованию ресурсов; 2) такой комплексный подход помогает отсеять некачественные или слабые фракции, оставляя в итоговой партии наиболее жизнеспособные семена, готовые к посеву; 3) автоматизация и «тонкая» настройка линий триерной сортировки позволяют уменьшить трудозатраты, связанные с разделением зерна на фракции и выделением из него посевной фракции высокого качества.

Недостатки: 1) комплексные линии, предусматривающие сразу три этапа сортировки, требуют значительных инвестиций в приобретение и обслуживание. Для небольших хозяйств или специали-

рованных ферм такие затраты могут оказаться не рентабельными с учетом объема их производства семян; 2) каждый этап сортировки требует точной настройки параметров (например, размер ячеек сит, скорость воздушного потока или частота вибраций), поэтому для обслуживания и настройки такого оборудования нужны высококвалифицированные кадры; 3) этапы сортировки связаны с механическими воздействиями на семена, поэтому риск их механического повреждения возрастает; 4) эффективность триерной сортировки резко снижается при условии, что различия между качественными и некачественными семенами, а также примесями в них, по физическим параметрам выражены нечетко.

Сортировка зерна по удельному весу – это технология, при которой семенной материал разделяют на фракции, учитывая соотношение массы к объёму семени, являющейся косвенной оценкой посевных их качеств. Научно доказано, что удельный вес семени и его физиологические характеристики коррелируют [8]. Это означает, что те семена, у которых данный показатель отклоняется от нормы, могут быть либо пустыми, либо повреждёнными, а значит непригодными для посева.

Преимущества: 1) семена с удельным весом, характерным для рассматриваемой культуры и сортовых ее особенностей, как правило, характеризуются потенциальными физиологическими особенностями семян и механическую их целостность. Отбор семян по этому признаку обеспечивает более равномерные их всходы и способствует оптимизации ресурсов на посев и возделывание сельхозкультуры.

Недостатки: 1) оптимальный удельный вес различных сельхозкультур может быть связан не только с сортовыми ее особенностями, но и с внешними условиями их производства, хранения и даже с сезонными колебаниями. Это делает критически важным предварительную нормировку условий для корректного разделения семян, что не всегда возможно произвести в производственных условиях; 2) удельный вес отражает лишь один аспект качества семян. Полноценная оценка посевного материала часто требует комплексного анализа, включающего и биологические тесты, и визуальную оценку. Использование только одного критерия может привести к тому, что семена с незначительными отклонениями, но высокой генетической ценностью, будут ошибочно отсеяны; 3) для точного измерения массы и объёма семян требуются специализированные сортировочные линии и датчики, что может увеличить себестоимость процедуры сортировки семян, особенно для небольших сельхозпроизводителей.

Заключение

Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что очистка и селективная сортировка семян – это комплекс технологических процессов, направленных на получение чистого, жизнеспособного и однородного посевного материала. Благодаря правильной подготовке семенной массы обеспечивается высокая всхожесть, равномерность всходов и снижение рисков попадания примесей или повреждённых образцов в посевной процесс.

В настоящее время основными методами очистки и селективной сортировки семян применяются механические, гравитационные, оптические и магнитные методы, каждый из которых имеет свои преимущества, недостатки и ограничения в применении.

Для достижения идеальной эффективности и точности очистки и сортировки семян необходимо комплексное последовательное применение технических операций, а также оптимизация технологических параметров в соответствии с гранулометрическим составом и физико-механическими свойствами семян и примесей, содержащихся в них. При этом применяемое для очистки и селективной сортировки семян оборудование должно трансформироваться от однозначных функций к специализированным, интеллектуальным и стандартизированным системам, сокращая разрыв с международными передовыми образцами за счёт интеграции передовых технологий и усиления научно-исследовательской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фадеев, Л. В. Отборные семена – на каждое поле / Л. В. Фадеев // Хлебопродукты. 2014. – № 5. – С. 31–33.
2. Червяков, А. В. Предпосылки и практическая реализация технологии предпосевной обработки семян СВЧ полем / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, А. С. Циркунов // Вестник БГСХА. Горки: БГСХА, 2012, № 2. – С. 131 – 137.
3. Проектирование и испытания устройства электромагнитной вибрационной сортировки для машины очистки семян / Ю. Л. Ли, Ц. С. Сюй, Л. П. Ван [и др.] // Журнал сельскохозяйственных машин. – 2023. – № 54 (07). – С. 123–133.
4. Ван, Ш. Ш. Рабочий механизм и экспериментальные исследования комбинированного устройства с воздушным потоком, ситом и валом для очистки семян пекинской капусты / Ш. Ш. Ван. – Хэнаньский университет науки и технологий, 2022. – 116 с.
5. Юань, Цз. Обзор исследований по оптической бесконтактной диагностике жизнеспособности семян / Цз. Юань, В. Чжэн, Х. Н. Ци [и др.] // Журнал по растениеводству. – 2020. – № 5. – С. 9–16.
6. Хань, Ю. Ч. Влияние регуляторов роста растений на качество семян хлопчатника при цветной и магнитной сортировке / Ю. Ч. Хань, Х. Х. Бай, Ц. Сунь [и др.] // Семена. – 2025. – № 44 (01). – С. 131–139.
7. Чжао, Г. Ф. Технологический процесс и схема размещения оборудования для очистки семян / Г. Ф. Чжао // Современное сельское хозяйство. – 2025. – № 2. – С. 94–96.
8. Чэн, Л. Цз. Проектирование интеллектуальной системы управления для сортировки семян по удельному весу / Л. Цз. Чэн, Ц. Л. Хэ, Б. Я. Чжан [и др.] // Сельскохозяйственная инженерия. – 2025. – № 15 (01). – С. 50–55.