

В. Р. Петровец¹, Д. А. Михеев¹, В. П. Гнилозуб²

¹*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия Горки, Беларусь*

²*Опытная научная станция по сахарной свекле, Национальная академия наук Беларуси, Несвиж, Минская область, Беларусь*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ДРАЖИРАТОРЕ

Аннотация: Дражирование семян является эффективным способом повышения посевных качеств семян. Много-сторонний положительный эффект от дражирования наиболее ощутим на семенах свеклы. Увеличенный размер и шаровидная форма семян с оболочкой позволяет использовать технологию точного посева, также удобрения и защитные препараты, входящие в состав оболочки, повышают их посевной потенциал и в конечном счете увеличивают урожайность. Для получения дражированных семян необходимо использование специализированной линии, в которой основным оборудованием является дражиратор семян. В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии была разработана и изготовлена усовершенствованная конструкция центробежного дражиратора семян порционного действия. Для активизации процесса накатывания оболочки в камере смешивания дражиратора было предложено использование отдельно установленных лопастей. На основании проведенных теоретико-экспериментальных исследований определены основные конструктивно-технологические параметры дражиратора, обеспечивающие получение максимального качества дражированных семян. Для экспериментальных исследований были выбраны семена сахарной свеклы отечественного сорта Полибел. В качестве сухого наполнителя оболочки выступала измельченная бентонитовая глина, связующей жидкостью – вода с регулятором роста на основе гуминовых кислот. После формирования оболочки на семена наносился инсекто-фунгицидный протравитель Престиж. Полученные на экспериментальном дражираторе семена сахарной свеклы отечественного сорта Полибел показали высокие результаты по всхожести и урожайности. Они сопоставимы с импортными гибридами сахарной свеклы. Дражирование семян отечественных сортов сахарной свеклы на территории Республики Беларусь может стать хорошей альтернативой импортным дражированным семенам, особенно учитывая их стоимость, которая значительно превышает стоимость необработанных семян.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, сеялка точного посева, семена сахарной свеклы, дражированные семена, центробежный дражиратор с лопастным отражателем

Для цитирования: Петровец, В. Р. Эффективность дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе / В. Р. Петровец, Д. А. Михеев, В. П. Гнилозуб // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2020. – Т. 58, № 3. – С. 364–372. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-364-372>

Vladimir R. Petrovets¹, Denis A. Mikheyev¹, Vladimir P. Gnizozub²

¹*Belarusian State Agricultural Academy Gorki, Belarus*

²*Experimental Scientific Station for Sugar Beet, the National Academy of Sciences of Belarus, Nesvizh, Minsk region, Belarus*

EFFICIENCY OF PELLETING OF SUGAR BEET SEEDS IN CENTRIFUGAL PELLETING MACHINE

Abstract: Seed pelleting is an efficient way to improve the sowing quality of seeds. Diverse positive effect of pelleting is mostly noticeable for beet seeds. Increased size and spherical shape of seeds with shell allows to use precision seeding technology, as well as fertilizers and protective agents being part of the shell, increase their sowing potential and finally increase yields. To obtain pelleted seeds, it is required to use a specialized line with a seed pelleting machine being the main equipment. An improved design of centrifugal batch-operated seed pelleting machine has been developed and manufactured in Belarusian State Agricultural Academy. To activate the process of rolling the shell in the mixing chamber of the pelleting machine, it was proposed to use separately installed blades. Based on theoretical and experimental studies, the main structural and technological parameters of the pelleting machine has been determined to ensure the highest quality of pelleted seeds. Seeds of sugar beet of the domestic variety “Polybel” obtained in a favorable climate were selected for experimental studies. Finished mixture based on bentonite clay was selected as a filler of the seed coat. After the coat formation, the insect-fungicidal dressing agent Prestige was applied to the seeds. The seeds of sugar beet of the domestic variety “Polybel” obtained on experimental pelleting machine showed high results in germination and yield. They are comparable to imported sugar beet hybrids. Pelleting of seeds of domestic varieties of sugar beet on the territory of the Republic of

Belarus can become a good alternative to imported pelleted seeds, especially considering their cost, which significantly exceeds the cost of untreated seeds.

Keywords: pre-sowing seed treatment, precision seeder, sugar beet seeds, seed pelleting, centrifugal pelleting machine with paddle deflector

For citation: Petrovets V.R., Mikheev D.A., Gnizozub V.P. Efficiency of pelleting of sugar beet seeds in centrifugal pelleting machine. *Vesti Natsyonal'nay akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2020, vol. 58, no 3, pp. 364–372 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-364-372>

Введение. Способ создания искусственной оболочки на поверхности семян с целью повышения их посевных качеств известен давно. Еще в 1779 г. А.Т. Болотов установил, что оболочивание семян древесной золой повышало устойчивость хлебов к полеганию и значительно увеличивало урожай. На постсоветском пространстве исследования по дражированию семян были выполнены профессором А.В. Петербургским в 1951 г. Для дражирования семян сахарной свеклы он рекомендовал использовать смесь перегноя – такие семена лучше всходили и давали больший урожай [1, 2].

Большую популярность способ дражирования семян приобрел в 90-х годах XX столетия. Это связано с тем, что начали массово использоваться пневматические сеялки точного высева. Кроме этого появились эффективные препараты для борьбы с болезнями и вредителями, нанесение которых на семена позволяло сократить число междурядных обработок.

Дражирование наиболее эффективно на семенах сельскохозяйственных культур, имеющих небольшую норму высева в связи с тем, что семена в оболочке в среднем в 1,5 дорожке обычных. Особенно эффективно дражирование для семян сахарной свеклы, поскольку они имеют неправильную форму и норма высева таких семян не высокая (100000 шт/га). В этом случае получается многосторонний положительный эффект: семена увеличиваются в размере и приобретают шаровидную форму (это позволяет применять технологию точного высева); в состав оболочки входят удобрения и регуляторы роста; на семена наносятся защитные препараты (фунгициды, инсектициды) [2–7].

Дражированные семена получают на специализированных производственных линиях, где основным оборудованием является дражирователь семян. Для дражирования применяют различные технологии: метод постепенного наслаивания оболочки; метод штамповки таблеток, метод прессования гранул [2, 8, 9]. Наиболее распространенной на сегодняшний день является технология получения дражированных семян методом наслаивания оболочки. Оборудование, которое использует эту технологию, является универсальным, оно пригодно не только для дражирования, но и для инкрустирования, протравливания семян.

Ведущие западные фирмы уже давно серийно выпускают оборудование для создания искусственных оболочек. Оно поставляется на европейские семенные заводы, а с этих заводов дражированные семена поставляются в Республику Беларусь и другие страны с высокой добавленной стоимостью. Стоимость импортных дражированных семян сахарной свеклы составляет около 100 евро за 1 посевную единицу. Это, по предварительной оценке, как минимум в 2 раза выше необработанных семян тех же сортов (гибридов). На постсоветском пространстве нет серийного производства дражирователей семян, однако семена с искусственной оболочкой постоянно используются для посева таких культур, как сахарная свекла, рапс, морковь и другие овощные культуры.

Цель настоящей работы – изучение эффективности дражирования семян сахарной свеклы отечественного сорта Полибел (полученного в условиях благоприятного климата) в центробежном дражирователе.

Материалы и методы исследования. В 2019 г. в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии был изготовлен усовершенствованный образец экспериментального дражирователя семян, позволяющий создавать искусственную оболочку на семенах с эквивалентным диаметром от 1 мм и более¹. Усовершенствованная конструкция дражирователя дает возможность дражировать семена при разной загрузке камеры смешивания, кроме этого в конструкции предусмотрена возможность использования интенсивной сушки готового семенного драже. Объем камеры смешивания изготовленного дражирователя позволяет за один цикл обработки получить до 0,012 м³ семенного драже различных культур.

¹ Дражирователь семян : пат. BY 22754 / Д.А. Михеев. Опубл. 30.10.2019.

Для оценки эффективности дражирования были выбраны семена сахарной свеклы отечественного сорта Полибел, полученные в условиях благоприятного климата. Необходимо отметить, что стоимость таких семян в разы меньше импортных дражированных семян сахарной свеклы.

В качестве сухого наполнителя оболочки выступала измельченная бентонитовая глина, связующей жидкостью выступала вода с регулятором роста на основе гуминовых кислот. После формирования оболочки на семена наносили инсекто-фунгицидный протравитель Престиж. После высыхания семян до требуемых показателей ГОСТ они были высеяны на опытных полях ГСХУ Горецкой сортоиспытательной станции (г. Горки, Могилевская обл.), где и проводились полевые исследования. Опыты проводились на шести делянках, по 30 м²: на трех делянках были высеяны дражированные семена, на трех оставшихся – необработанные семена.

Результаты и их обсуждение. Экспериментальные исследования по дражированию семян осуществлялись на дражираторе, разработанном в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (рис. 1).

Принцип работы дражиратора можно рассмотреть на схеме, представленной на рис. 2. Очи-



Рис. 1. Центробежный дражиратор: *a* – общий вид дражиратора, *b* – камера смешивания

Fig. 1. Centrifugal pelleting machine: *a* – general view of pelleting machine, *b* – mixing chamber

щенные и откалиброванные семена загружаются в камеру смешивания 8, где под действием вращающегося днища они попадают на отдельные лопасти, в результате чего формируется волнообразное движение семян. В этот момент происходит подача жидкого компонента из резервуара 5 на дисковый распылитель 7. Вращаясь с высокой угловой скоростью, распылитель 7 разбивает поток жидкости на мелкие капли и направляет их на семена. Семена, увлажняясь, приобретают адгезионные свойства. После смачивания семян из бункера 3 дозируется порция сухого порошка (наполнителя оболочки), порошок, прилипая к семенам, формирует слой оболочки на их поверхности. Циклы ввода связующей жидкости и сухого порошка продолжают до тех пор, пока не сформируется оболочка нужного размера. После этого осуществляется сушка семян путем подачи теплого воздуха по полуму валу 18 через дисковый распылитель 7, в котором есть отверстия для прохода воздуха. Далее открывается выгрузная заслонка 11, и готовые дражированные семена за счет центробежной силы попадают в выгрузной бункер 12.

Подаваемый на семена через дисковый распылитель теплый воздух позволяет значительно сократить время сушки семян и получить уже готовое семенное драже на выходе из дражиратора. Необходимо отметить, что температура воздуха не должна превышать 40 °С во избежание перегрева семян и их гибели. Надо учитывать тот факт, что использование такой технологии сушки семян сокращает производительность дражиратора на 20–35 %. Это связано с тем, что камера смешивания дражиратора занята во время сушки. Однако такое оборудование является универсальным и наиболее подходящим для небольших производственных линий.

Для высокопроизводительных линий по дражированию семян рекомендуется использование отдельной сушильной камеры или барабана, но надо учитывать дополнительные затраты на оборудование и производственные площади, поэтому при выборе схемы сушки необходимо найти компромисс между производительностью и дополнительными затратами на сушильное оборудование.

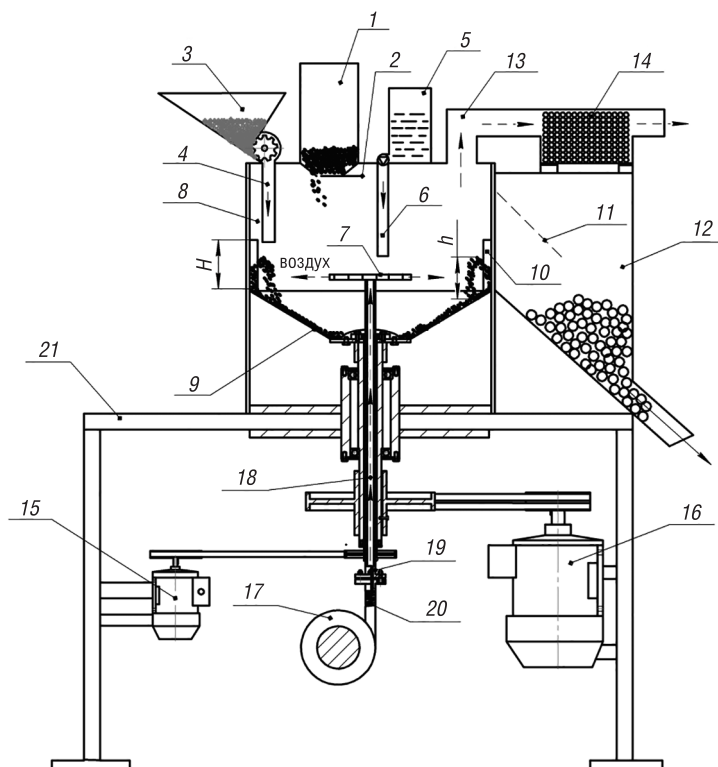


Рис. 2. Принципиальная схема центробежного дражировщика: 1 – загрузочный бункер для семян; 2 – впускная заслонка; 3 – бункер для порошкообразных препаратов с дозатором; 4 – трубопровод порошкообразных препаратов; 5 – резервуар с жидкими компонентами; 6 – трубопровод жидких компонентов; 7 – дисковый распылитель; 8 – камера смешивания; 9 – подвижное дно; 10 – лопасть; 11 – выгрузная заслонка; 12 – выгрузной бункер; 13 – воздухопровод; 14 – воздушный фильтр; 15 – электродвигатель привода распылителя; 16 – электродвигатель привода дна камеры смешивания; 17 – турбина; 18 – полый вал привода распылителя; 19 – соединительная муфта; 20 – нагревательный элемент; 21 – рама

Fig. 2. Schematic diagram of centrifugal pelleting machine: 1 – loading hopper for seeds; 2 – inlet gate; 3 – hopper for powder preparations with a dispenser; 4 – pipeline for powder preparations; 5 – reservoir with liquid components; 6 – pipeline for liquid components; 7 – disk atomizer; 8 – mixing chamber; 9 – moving bottom; 10 – paddle; 11 – discharge valve; 12 – discharge hopper; 13 – air duct; 14 – air filter; 15 – atomizer drive electric motor; 16 – mixing chamber bottom drive electric motor; 17 – turbine; 18 – hollow shaft of atomizer drive; 19 – coupling; 20 – heating element; 21 – frame

Для определения оптимальных конструктивно-технологических параметров экспериментального дражировщика были проведены научные исследования, позволяющие определить основные его параметры для создания качественной оболочки на поверхности семян сахарной свеклы [10–18].

Угловая скорость днища должна быть в пределах $25\text{--}30\text{ с}^{-1}$, конусность днища – не менее 40° , время обработки семян – $400\text{--}500\text{ с}$, коэффициент загрузки камеры смешивания – $0,2\text{--}0,4$. Лопасти камеры смешивания должны обеспечивать отражение семян от стенок камеры как при минимальной загрузке камеры, так и при и максимальной. Этого можно достичь, если выполнить лопасти по всей высоте рабочей поверхности камеры смешивания.

Границы основных параметров при дражировании семян могут варьировать в определенных пределах, в зависимости от условий и предъявляемых требований к процессу создания искусственной оболочки. Экспериментальные исследования [19] доказывают, что при правильном вы-

боре параметров и режимов работы дражиратора можно получить до 99 % качественных дражированных семян свеклы, не требующих дополнительной калибровки.

При выборе компонентов для дражирования семян в центробежном дражираторе надо учитывать условие отделения семян друг от друга при обработке их связующей жидкостью, чтобы они не слипались [20]:

$$\frac{3\sigma_{\text{ж}}}{2r_{\text{с}}^2\rho_{\text{с}}} < |\bar{a}_{\text{с}}|, \quad (1)$$

где $\bar{a}_{\text{с}}$ – ускорение семени, м/с^2 ; $\sigma_{\text{ж}}$ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м ; $r_{\text{с}}$ – эквивалентный радиус частицы (семени), м ; $\rho_{\text{с}}$ – плотность семени, кг/м^3 .

Для того, чтобы сухой наполнитель прилипал к семенам, должно выполняться следующее условие [20]:

$$|\bar{a}_{\text{п}}| < \frac{3\sigma_{\text{ж}}}{r_{\text{п}}^2\rho_{\text{п}}}, \quad (2)$$

где $\bar{a}_{\text{п}}$ – ускорение частицы сухого порошка, м/с^2 ; $r_{\text{п}}$ – эквивалентный радиус частицы сухого порошка, м ; $\rho_{\text{п}}$ – плотность порошка, кг/м^3 .

Ввиду сложности точного теоретического расчета условий создания искусственной оболочки на поверхности семян необходимо усредненные теоретические зависимости уточнять с помощью практических экспериментов для точных настроек дражиратора и получения качественного семенного драже.

В результате экспериментальных исследований [21] было определено необходимое количество связующей жидкости (воды) на заданную порцию семян для создания на их поверхности тонкой пленки, обладающей адгезионной способностью удерживать частички бленды (сухого порошка бентонитовой глины), но препятствующей слипанию семян.

Необходимое количество связующей жидкости для заданной порции семян определялось через коэффициент предельного увлажнения (ξ), который можно определить так:

$$\xi = \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{с}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ж}}$ – объем жидкости, при котором семена начинают слипаться, м^3 ; $V_{\text{с}}$ – объем семян, подаваемых в камеру смешивания, м^3 .

С увеличением угловой скорости днища (ω) происходит увеличение коэффициента предельного увлажнения (ξ), т.е. чем выше скорость семян, тем семена могут быть более влажными, не слипаться между собой и не прилипать к стенкам камеры смешивания.

Была получена зависимость скорости днища от коэффициента предельного увлажнения, рис. 3, которая позволяет определить условия прилипания семян друг к другу и к стенкам камеры смешивания.

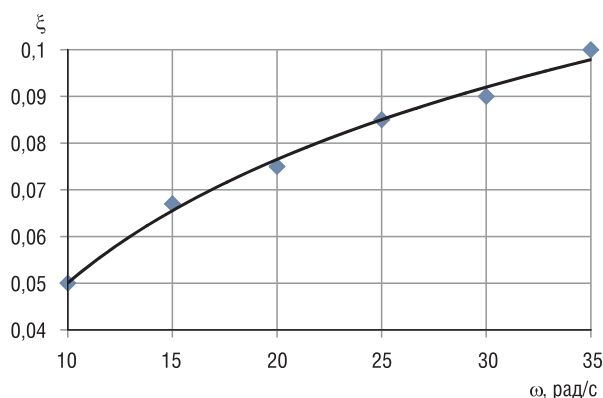


Рис. 3. Зависимость коэффициента предельного увлажнения ξ от угловой скорости ω днища

Fig. 3. Dependence of maximum wetting ratio ξ on bottom angular velocity ω

Повышение угловой скорости вращения дна от 10 до 35 рад/с влечет за собой увеличение значения коэффициента предельного увлажнения в 2 раза. Это обусловлено тем, что с увеличением угловой скорости возрастает действующая на семена центробежная сила, которая преодолевает силы адгезии воды. Было отмечено, что с увеличением угловой скорости вращения дна и количества наносимой на семена жидкости они начинают двигаться в более плотном потоке и плохо разделяются между собой.

После определения значения коэффициента предельного увлажнения семян было определено соотношение объемов сухой бленды и воды, при котором все частички сухого

порошка бленды прилипали к увлажненной поверхности семян, образуя один слой оболочки – оно составило 4:1.

Для получения семенного драже требуемого размера необходимо совершить несколько циклов обработки семян водой и блендой. После определения количества бленды, необходимого для получения семенного драже определенного размера, а также количества бленды, вносимого за один цикл, было определено необходимое количество циклов для конкретного коэффициента изменения объема семян (рис. 4).

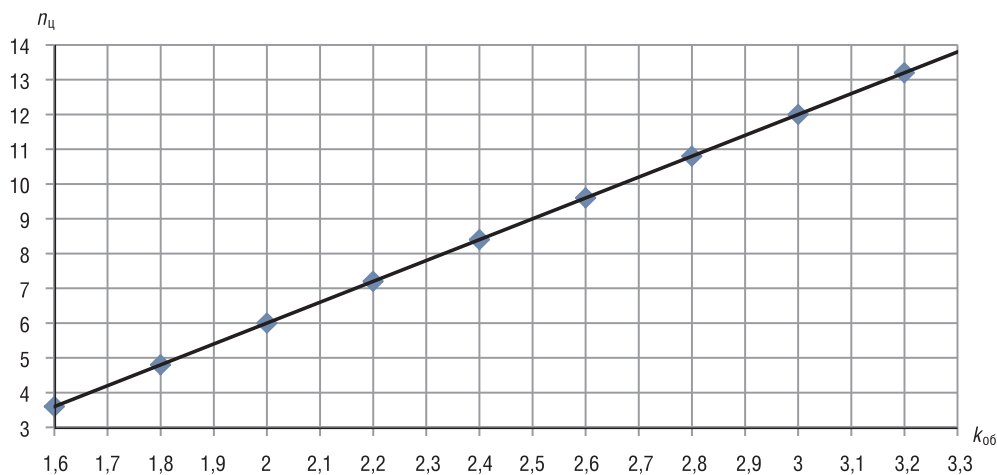


Рис. 4. Зависимость числа циклов обработки n_c от коэффициента изменения объема семян $k_{об}$

Fig. 4. Dependence of processing cycles number n_c on seed volume change ratio $k_{об}$

Коэффициент изменения объема для дражированных семян диаметром 3,5–4,5 мм (фракция в соответствии с ГОСТ) варьирует в пределах 1,6–3,3. При диаметре семени 3,1 мм его эквивалентный объем составит 15,6 мм³; если сформировать из него семенное драже диаметром 4 мм, то его эквивалентный объем составит 33,51 мм³, при этом коэффициент изменения объема ($k_{об}$) будет равен 2,15. Из полученной зависимости (рис. 4.) можно установить число циклов обработки, равное 7, при этом время ввода бленды за один цикл не оказывает существенного влияния на протекающий процесс.

После определения основных параметров центробежного дражиратора и режимов его работы с помощью него были получены дражированные семена сахарной свеклы (рис. 5).

После дражирования, семена высевались на опытном поле в ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция» Горецкого района Могилевской области Республики Беларусь. Для оценки их посевных показателей сравнение происходило с необработанными семенами (табл. 1).

Анализ данных табл. 1 показал, что дражированные семена оказались эффективнее



Рис. 5. Дражированные семена сахарной свеклы

Fig. 5. Pelleted sugar beet seeds

Т а б л и ц а 1. Показатели дражированных и необработанных семян

Table 1. Indicators of Dragee and of raw seeds

№ делянки	Всхожесть, %		Урожайность, ц/га	
	Дражированные семена	Необработанные семена	Дражированные семена	Необработанные семена
1	96,8	92,1	675,0	614,1
2	96,4	92,6	674,8	615,2
3	97,2	91,7	675,4	613,7
Среднее значение	96,8	92,1	675,1	614,3

необработанных семян, средняя урожайность сахарной свеклы из дражированных семян была выше на 9 %, всхожесть – на 4,7 %.

Показатель урожайности, составляющий 675,1 ц/га, является высоким для условий возделывания сахарной свеклы в северо-восточном регионе нашей страны, он сопоставим с импортными гибридами.

Заключение. Дражирование семян является эффективным способом повышения посевных качеств семян. Многосторонний положительный эффект от дражирования наиболее ощутим на семенах свеклы. Увеличенный размер и шаровидная форма семян с оболочкой позволяет использовать технологию точного высева, также удобрения и защитные препараты, входящие в состав оболочки, повышают их посевной потенциал и в конечном увеличивают урожайность.

Полученные на экспериментальном дражираторе семена сахарной свеклы отечественного сорта Полибел показали высокие результаты по всхожести и урожайности. Они сопоставимы с импортными гибридами сахарной свеклы. Полученная оболочка не оказала негативного влияния на прорастание и развитие растений. Это свидетельствует о том, что семена не травмируются в результате обработки, а компоненты оболочки семян подобраны правильно и в нужных пропорциях.

Дражирование семян отечественных сортов сахарной свеклы на территории Республики Беларусь может стать хорошей альтернативой импортным дражированным семенам, особенно учитывая их стоимость, которая значительно превышает стоимость необработанных семян.

Список использованных источников

1. Кротова, О. А. Предпосевная подготовка семян овощных культур / О. А. Кротова. – Тула : Приок. кн. изд-во, 1965. – 40 с.
2. Михеев, Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражиратором с лопастным отражателем / Д. А. Михеев. – Горки : БГСХА, 2017. – 179 с.
3. Мухин, В. Д. Дражирование семян сельскохозяйственных культур / В. Д. Мухин. – М. : Колос, 1971. – 95 с.
4. Михеев, Д. А. Перспективы предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 29–31 мая 2013 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 16–18.
5. Epperlein, K. Effects of pelleting sugarbeet seed with Gaucho® (imidacloprid) on associated fauna in the agricultural ecosystem / K. Epperlein, H. W. Schmidt // Pflanzenschutz Nachrichten Bayer. – 2001. – Vol. 54, №3. – P. 369–398.
6. Михеев, Д. А. Дражирование как перспективный метод предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 10–11 окт. 2012 г. : в 3 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, О. О. Дударев. – Минск, 2012. – Т. 2. – С. 261–264.
7. Червяков, А. В. Повышение посевных качеств семенного материала методом дражирования / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2010 г. : в 2 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, О. О. Дударев. – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 70–74.
8. Михеев, Д. А. Способы дражирования семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 29–31 мая 2013 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 19–21.
9. Курзенков, С. В. Прогрессивные технологии и оборудование для дражирования семян / С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 окт. 2015 г. : в 2 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, С. Н. Поникарчик. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 123–129.
10. Червяков, А. В. Теоретические исследования движения материальной точки по поверхности камеры смешивания центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2011. – № 1. – С. 146–153.
11. Червяков, А. В. Исследование движения семенного материала по лопасти отражателя центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 134–136.
12. Червяков, А. В. Обоснование интервалов варьирования факторов при дражировании семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе с использованием лопастного отражателя / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 4. – С. 136–141.
13. Червяков, А. В. Исследование динамики движения семенного материала по вращающейся конической части камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 2. – С. 131–137.
14. Червяков, А. В. Динамика движения семенного материала по неподвижной цилиндрической части камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 4. – С. 123–128.

15. Червяков, А. В. Обоснование границ варьирования конусности и угловой скорости вращения днища камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2014. – №2. – С. 207–210.
16. Червяков, А. В. Динамика движения капли связующей жидкости при ее отрыве с дискового распылителя в камере смешивания дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – №1. – С. 120–124.
17. Михеев, Д. А. Исследования нанесения жидких компонентов на поверхность семян с помощью дискового распылителя в камере смешивания дражиратора / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2015 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 27–29 мая 2015 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2016. – Ч. 2. – С. 242–244.
18. Червяков, А. В. Обоснование границ варьирования параметров лопастного отражателя камеры смешивания центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – №3. – С. 130–133.
19. Червяков, А. В. Результаты экспериментальных исследований процесса дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе с использованием лопастного отражателя / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – №4. – С. 146–150.
20. Михеев, Д. А. Расчет сил адгезии связующей жидкости при дражировании семян / Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2018. – №2. – С. 192–195.
21. Михеев, Д. А. Исследование нанесения сухого порошка на основе бентонитовой глины на поверхность семян сахарной свеклы при дражировании / Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2018. – №2. – С. 181–185.

References

1. Krotova O. A. *Presowing treatment of vegetable seeds*. Tula, Prioksky Book Publishing House, 1965. 40 p.
2. Mikheev D. A. *Sugar beet seed pelleting with centrifugal machine with a paddle reflector*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2017. 179 p. (in Russian).
3. Mukhin V. D. *Crop seed pelleting*. Moscow, Kolos Publ., 1971. 95 p. (in Russian).
4. Mikheev D. A. Prospects of presowing seed treatment. *Molodezh' i innovatsii – 2013: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Gorki, 29-31 maya 2013 g.* [Youth and Innovation 2013: proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists, Gorki, May 29-31, 2013]. Gorki, 2013, pt. 2, pp. 16-18 (in Russian).
5. Epperlein K., Schmidt H. W. Effects of pelleting sugarbeet seed with Gaucho® (imidacloprid) on associated fauna in the agricultural ecosystem. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer*, 2001, vol. 54, no. 3, pp. 369-398.
6. Mikheev D. A. Seed pelleting as a promising method of presowing treatment. *Nauchno-tehnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii, Minsk, 10-11 oktyabrya 2012 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: proceedings of the International scientific and technical conference, Minsk, October 10-11, 2012]. Minsk, 2012, vol. 2, pp. 261-264 (in Russian).
7. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Improvement of seed material quality by pelleting method. *Nauchno-tehnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 19-20 oktyabrya 2010 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: proceedings of the International scientific and practical conference, Minsk, October 19-20, 2010]. Minsk, 2010, vol. 1, pp. 70-74 (in Russian).
8. Mikheev D. A. Methods of seed coating. *Molodezh' i innovatsii – 2013: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Gorki, 29-31 maya 2013 g.* [Youth and Innovation 2013: proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists, Gorki, May 29-31, 2013]. Gorki, 2013, pt. 2, pp. 19-21 (in Russian).
9. Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Progressive technologies and equipment for seed pelleting. *Nauchno-tehnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 21-22 oktyabrya 2015 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: proceedings of the International scientific and practical conference, Minsk, October 21-22, 2015]. Minsk, 2015, vol. 2, pp. 123-129 (in Russian).
10. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Theoretical studies of the movement of material point along the surface of a mixing chamber of a centrifugal granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2011, no. 1, pp. 146-153 (in Russian).
11. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Research into the movement of seed material along the blade of reflector of centrifugal granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2016, no. 3, pp. 134-136 (in Russian).
12. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Basing of intervals of factors variation during pelleting of sugar beet seeds in centrifugal granulator using a paddle reflector. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2015, no. 4, pp. 136-141 (in Russian).
13. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Investigation of the dynamics of the movement of seed material along the rotating conical part of a granulator chamber. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 2, pp. 131-137 (in Russian).
14. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Dynamics of the movement of seed material along the stationary cylindrical case of a granulator chamber. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 4, pp. 123-128 (in Russian).
15. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Substantiation of limits of varying of obliquity and angle velocity of rotation of the granulator chamber bottom. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2014, no. 2, pp. 207-210 (in Russian).

16. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Dynamics of the movement of drop of absorbent liquid when it is separated from disk disperser installed in the mixing chamber of granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2013, no. 1, pp. 120-124 (in Russian).

17. Mikheev D. A. Research on coating seeds with liquid components using a disk atomizer in a mixing chamber of a pelleting machine. *Molodezh' i innovatsii – 2015: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchennykh, Gorki, 27-29 maya 2015 g.* [Youth and Innovation 2015: proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists, Gorki, May 27-29, 2015]. Gorki, 2016, pt. 2, pp. 242-244 (in Russian).

18. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Substantiation of limits of varying of parameters of paddle reflector of mixing chamber of centrifugal granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2016, no. 3, pp. 130-133 (in Russian).

19. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Results of experimental research on sugar beet seed pelleting in a centrifugal granulator using a paddle reflector. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2015, no. 4, pp. 146-150 (in Russian).

20. Mikheev D. A. Calculation of adhesion forces of binding liquid during seed pelleting. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2018, no. 2, pp. 192-195 (in Russian).

21. Mikheev D. A. Research into application of dry powder on the basis of bentonite lay on the surface of seeds of sugar beets during pelleting. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2018, no. 2, pp. 181-185 (in Russian).

Информация об авторах

Петровец Владимир Романович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой механизации растениеводства и практического обучения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Михеев Денис Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и инженерных дисциплин, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 Горки, Могилевская область, Республика Беларусь).

Гнилозуб Владимир Павлович – директор, Опытная научная станция по сахарной свекле, Национальная академия наук Беларуси (ул. Озёрная, 1, 222603 Несвиж, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: gnizozub.vp@yandex.by

Information about authors

Vladimir R. Petrovets - D.Sc. (Engineering), Professor. The Belarussian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev Region, Republic of Belarus). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Denis A. Mikheev - Ph.D. (Engineering). The Belarussian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev Region, Republic of Belarus).

Vladimir P. Gnizozub - Experimental Research Station of Sugar Beet, the National Academy of Sciences of Belarus (1 Ozernaya Str., 220063 Nesvizh, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: gnizozub.vp@yandex.by