

УДК 631.531.027.2

## РАСЧЕТ СИЛ АДГЕЗИИ СВЯЗУЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ДРАЖИРОВАНИИ СЕМЯН

Д. А. МИХЕЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 26.03.2018)

Дражирование семян является важным этапом предпосевной обработки для мелкосеменных культур и культур, имеющих семена неправильной формы. В результате дражирования семена приобретают шаровидную форму, увеличиваются в размерах и массе, также улучшаются их посевные качества, за счет микроудобрений, фунгицидов и инсектицидов, нанесенных на их поверхность. Дражирование семян осуществляется на специализированном оборудовании, которое называется дражиратором семян. При разработке дражиратора необходимо знать условия, при которых происходит формирование оболочки семени. Наиболее распространенным способом дражирования является способ постепенного наслаивания оболочки. Этот способ осуществляется путем поэтапной подачи жидкого связующего компонента и сухого наполнителя оболочки. Вначале на семена наносят связующую жидкость, семена увлажняются, а затем сухой наполнитель оболочки. Сухой наполнитель прилипает к смоченной поверхности семян, в результате чего формируется слой оболочки. Для получения качественной оболочки семени необходимо так подобрать компоненты оболочки и режимы работы дражиратора, чтобы смоченные семена в результате движения в камере смешивания хорошо отделялись друг от друга, при этом сухой наполнитель оболочки прилипал к семенам.

Для определения условий формирования оболочки при дражировании семян в статье предлагаются аналитические зависимости. Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании оборудования связанного с созданием искусственных оболочек на поверхности семян.

**Ключевые слова:** дражирование семян, культура, оболочка, предпосевная обработка.

*Seed pelleting is an important stage of pre-sowing treatment for small-seed crops and crops that have seeds of irregular shape. As a result of the coating, the seeds acquire a spherical shape, increase in size and weight, and their seeding qualities also improve due to micro-fertilizers, fungicides and insecticides deposited on their surface. Seed coating is carried out on specialized equipment, which is called a seed granulator. When developing the granulator, it is necessary to know the conditions under which the seed coat is formed. The most common way of coating is the method of gradually layering the coat. This method is carried out by the stepwise supply of a liquid binder component and a dry coat filler. First, the binding fluid is applied to the seeds, the seeds are moistened, and then goes the dry coat filler. The dry filler adheres to the wetted surface of the seeds, resulting in the formation of a coat layer. To obtain a qualitative seed coat, it is necessary to choose the coat components and the granulator's operating modes so that the moistened seeds as a result of movement in the mixing chamber are well separated from each other, while the dry coat filler adheres to the seeds.*

*To determine the conditions for the formation of a coat during seed coating, analytical dependencies are proposed in the article. The obtained dependences can be used in the design of equipment associated with the creation of artificial coats on the surface of seeds.*

**Key words:** seed coating, crop, coat, pre-sowing treatment.

### Введение

Дражирование семян является важным этапом в предпосевной обработке для мелкосеменных культур и культур, имеющих семена неправильной формы. При дражировании достигается разносторонний положительный эффект. Семена увеличиваются в размерах и приобретают правильную (шаровидную) форму, что позволяет упростить их высева. В процессе дражирования на семена наносятся фунгициды, инсектициды и микроудобрения, в результате чего повышаются их посевные свойства. Стоимость дражированных семян выше обычных, однако достигаемый ими положительный эффект значительно способствует увеличению урожая и полностью себя оправдывает [4, 5, 6, 10].

Дражирование семян осуществляется на специализированном оборудовании, называемом дражиратором семян. Дражираторы имеют различные конструкции со своими достоинствами и недостатками. Эффективность дражирования оценивается однородностью нанесенной оболочки и её прочностью. Западные фирмы уже давно серийно производят дражираторы и массово их внедряют на семенных заводах [3]. Однако и у этих машин есть недостатки и их можно совершенствовать. На территории Республики Беларусь нет серийного производства дражираторов да и в целом дражирование массово не производится. Хотя дражированные семена используются для промышленного высева. Их импортируют из-за границы с высокой добавленной стоимостью. К таким семенам относятся семена сахарной, кормовой и столовой свеклы, также

некоторые семена овощных культур. Объемы использования дражированных семян возрастают, все это говорит об эффективности этого способа предпосевной обработки.

Оценив все перспективы ставится задача в разработке отечественного дражирователя семян отвечающего современным требованиям по качеству производимой продукции.

При разработке данного типа оборудования необходимо учитывать условия взаимодействия всех химических компонентов, участвующих в формировании оболочки, с семенами.

Существует 3 основных способа нанесения искусственных оболочек на поверхность семян: 1 – дражирование наплавлением; 2 – прессование гранул; 3 – выдавливание (штамповка) таблеток [7]. Наиболее перспективным является способ дражирования семян путем постепенного наплавления оболочек, так как он позволяет, не травмируя семена, получить многослойное «семенное драже» с различными по составу и свойству компонентами. Для применения этого способа дражирования семян наиболее подходит оборудование (дражирователи) периодического действия [3, 7]. Периодичность процесса дражирования позволяет уменьшить вероятность выхода из установки необработанных семян, варьировать временем обработки, а также создавать различное по объему многослойное «семенное драже». Способ наплавления оболочки подразумевает поэтапное нанесение жидкого связующего компонента и сухого наполнителя оболочки (бленды). Вначале происходит нанесение жидкого связующего компонента на поверхность семян, в результате чего на их поверхности образуется тонкий слой, обладающий адгезионными свойствами. После этого на семена наносится сухой порошок, который прилипает к их поверхности. В результате движения семян в камере смешивания, взаимодействуя друг с другом, и элементами камеры прилипший сухой порошок на поверхности семян уплотняется, в результате чего формируется оболочка [3].

Нанесение жидкого связующего компонента является важным этапом в цикле получения дражированных семян, поскольку от этого этапа зависит равномерность оболочки семени. Для эффективного и равномерного нанесения жидкого связующего компонента целесообразно использовать дисковый распылитель [8, 9].

Формирование оболочки семени происходит в камере смешивания дражирователя, где семена совершают сложное движение. Существует множество различных конструкций дражирователей периодического действия [5]. Для эффективной работы дражирователя необходимо учитывать свойства наносимых компонентов на поверхность семян, и подбирать соответствующие параметры и режимы его работы.

Для создания оболочки на поверхности семени необходимо, чтобы частицы сухого порошка (бленды) прилипали к смоченной поверхности семян, при этом сами семена не должны слипаться между собой. Для обеспечения этого условия необходимо рассчитать силу адгезии связующей жидкости и учесть особенности поверхности семян и сухого порошка (бленды).

#### **Основная часть**

Нами предлагается аналитический метод определения условий разделения смоченных связующей жидкостью семян при прилипании частиц сухого порошка (бленды) на их поверхность в процессе создания оболочки семени (дражировании).

В зазоре между контактирующими между собой смоченными семенами и частицами сухого порошка образуется мениск силами поверхностного натяжения жидкости. Эта сила позволяет удерживать частицы порошка на поверхности семян. Если рассматривать частицы (семена) с одним эквивалентным диаметром, то, по теории Б. В. Дерягина, удерживающая сила адгезии жидкости будет определяться по формуле [2]:

$$|\vec{F}_{уд1}| = 2 \cdot \pi \cdot \sigma_{ж} \cdot r_c,$$

(1)

где  $\sigma_{ж}$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м;  $r_c$  – эквивалентный радиус частицы (семени), м.

Данное выражение справедливо для гидрофильной поверхности.

Если рассматривать условие, когда размер одной частицы (семени) многократно больше размера другой частицы (сухого порошка), то удерживающая сила будет определяться по формуле:

$$|\vec{F}_{уд2}| = 4 \cdot \pi \cdot \sigma_{ж} \cdot r_{п},$$

(2)

где  $r_{п}$  – эквивалентный радиус частицы (порошка), м.

Условие отрыва семян друг от друга будет соблюдаться тогда, когда результирующая сила, действующая на семена, будет преодолевать силу адгезии связующей жидкости. Это условие можно представить как

$$|\vec{F}_{уд1}| < |\vec{F}_{рез1}|, \quad (3)$$

где  $\vec{F}_{рез1}$  – результирующая сила, действующая на семя, Н.

Условие прилипания частиц порошка будет соблюдаться тогда, когда результирующая сила, действующая на частицы порошка, будет меньше сил адгезии связующей жидкости. Это условие можно представить как

$$F_{рез2} < F_{уд2}, \quad (4)$$

где  $\vec{F}_{рез2}$  – результирующая сила, действующая на частицу порошка, Н.

Если представить результирующую силу, действующую на семена, следующим образом:

$$\vec{F}_{рез1} = m_c \cdot \vec{a}_c, \quad (5)$$

где  $m_c$  – масса семени, кг;  $\vec{a}_c$  – ускорение семени,  $m/c^2$ .

тогда неравенство (3) примет следующий вид:

$$2 \cdot \pi \cdot \sigma_{ж} \cdot r_c < m_c \cdot |\vec{a}_c|. \quad (6)$$

Если представить семя в форме шара, тогда его массу можно выразить как

$$m_c = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_c^3 \cdot \rho_c, \quad (7)$$

где  $\rho_c$  – плотность семени,  $кг/м^3$ .

Подставив в неравенство выраженные значения (6), получим:

$$2 \cdot \pi \cdot \sigma_{ж} \cdot r_c < \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_c^3 \cdot \rho_c \cdot |\vec{a}_c|. \quad (8)$$

Проведя математические преобразования, получим условие отделения семян друг от друга при обработке их связующей жидкостью:

$$\frac{3 \cdot \sigma_{ж}}{2 \cdot r_c^2 \cdot \rho_c} < |\vec{a}_c|. \quad (9)$$

Таким образом, зная вязкость связующей жидкости, радиус обрабатываемых семян и их плотность, можно определить предельное ускорение семян, при котором они будут отделяться друг от друга.

Для того чтобы частички порошка прилипали к поверхности семян, должно выполняться неравенство (4).

Если представить результирующую силу, действующую на частицу порошка, как

$$\vec{F}_{рез2} = m_n \cdot \vec{a}_n, \quad (10)$$

где  $m_n$  – масса частицы порошка, кг;  $\vec{a}_n$  – ускорение частицы порошка,  $m/c^2$ ,

тогда неравенство (4) примет следующий вид:

$$m_n \cdot |\vec{a}_n| < 4 \cdot \pi \cdot \sigma_{ж} \cdot r_n. \quad (11)$$

Если представить частичку порошка в форме шара, тогда его массу можно выразить как

$$m_n = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_n^3 \cdot \rho_n, \quad (12)$$

где  $\rho_n$  – плотность частицы порошка,  $кг/м^3$ .

Подставив в неравенство (11)  $m_n$ , получим:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_n^3 \cdot \rho_n \cdot |\vec{a}_n| < 4 \cdot \pi \cdot \sigma_{ж} \cdot r_n.$$

(13)

Проведя математические преобразования, получим:

$$\left| \vec{a}_n \right| < \frac{3 \cdot \sigma_{ж}}{r_n^2 \cdot \rho_n}.$$

(14)

Анализируя неравенство (14), можно сделать вывод о том, что чем меньше радиус частицы порошка и ее плотность, тем выше сила адгезии связующей жидкости. Аналогичные утверждения можно проследить и в источниках [1, 2].

### **Заключение**

Аналитически установлено условие разделения семян, смоченных связующей жидкостью, и условие прилипания частиц сухого порошка к смоченной поверхности обрабатываемых семян. Для получения семенного драже необходимо, чтобы семена не слипались, но при этом частички сухого порошка прилипали к их поверхности. Это условие учитывают неравенства (9) и (14). Для обеспечения их необходимо с учетом выбора соответствующей связующей жидкости и сухого порошка подобрать оптимальный режим движения семян в камере смешивания. Ввиду сложности теоретического расчета степени гидрофильности поверхности семян необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования, учитывающие свойства поверхности семян. Тогда полученные зависимости можно использовать для расчета оптимальных режимов дражирования семян в камере смешивания дражирователя.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Зимон, А. Д. Адгезия пыли и порошков / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1967. – 372 с.
2. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 414 с.
3. 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 октября 2015 г.): в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 123–129.
4. 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 октября 2012 г.): в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2012. – Т. 2. – С. 261–264.
5. Михеев, Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражирователем с лопастным отражателем: монография / Д. А. Михеев; под ред. Д. А. Михеева. – Горки, 2017. – 180 с.
6. Михеев, Д. А. Перспективы предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (г. Горки, 29–30 мая, 2013 г.): в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 16–18.
7. Михеев, Д. А. Способы дражирования семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (г. Горки, 29–30 мая, 2013 г.): в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 19–21.
8. Михеев, Д. А. Исследования нанесения жидких компонентов на поверхность семян с помощью дискового распылителя в камере смешивания дражирователя / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2015: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (г. Горки, 27–29 мая, 2015 г.): в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2015. – Ч. 2. – С. 243–245.
9. Червяков, А. В. Динамика движения капли связующей жидкости при ее отрыве с дискового распылителя в камере смешивания дражирователя / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 1. – С. 120–124.
10. 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 октября 2010 г.): в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 70–74.