

Обоснование конструктивно-технологических параметров протравливающего модуля

Э.Р.Хасанов, к.т.н., **Т.И.Нуртдинов**, аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

В Доктрине продовольственной безопасности перечислены критичные для России продукты и минимальный уровень их собственного производства. В числе этих продуктов числится и картофель. Несмотря на то что потребности страны практически полностью перекрываются картофелем, произведённым на территории РФ, повышению урожайности культуры в последние годы уделяется всё большее внимание.

Повышению урожайности культур способствует предпосевная обработка. Основным методом предпосевной подготовки картофеля является протравливание посадочного материала препаратами для защиты от вредителей и болезней.

Цели исследования – обоснование конструктивно-технологических параметров протравливающего модуля к картофелепосадочной машине; определение основных факторов, оказывающих

влияние на качество обработки семенного материала.

Материалы и методы исследования. С помощью предлагаемого устройства можно проводить протравливание клубней картофеля одновременно с посадкой (рис. 1). Рециркуляция и вторичное использование препарата, позволяющее снизить его расход, достигается тем, что распыливающее устройство (распылитель) размещается в камере протравливания. В данную камеру, состоящую из всасывающего воздуховода с каплеуловителем, нагнетательного воздуховода с установленными в нём под углом пластинами-капледробителями с рифлёной поверхностью, помещён вентилятор. Вентилятор создаёт рециркуляционный воздушный поток в зоне протравливания клубней. Подача рабочей жидкости из бака и каплеуловителя осуществляется наконечниками, расположенными в нагнетательном воздуховоде.

Первичные капли препарата, подхватываемые воздушным потоком, дополнительно дробятся

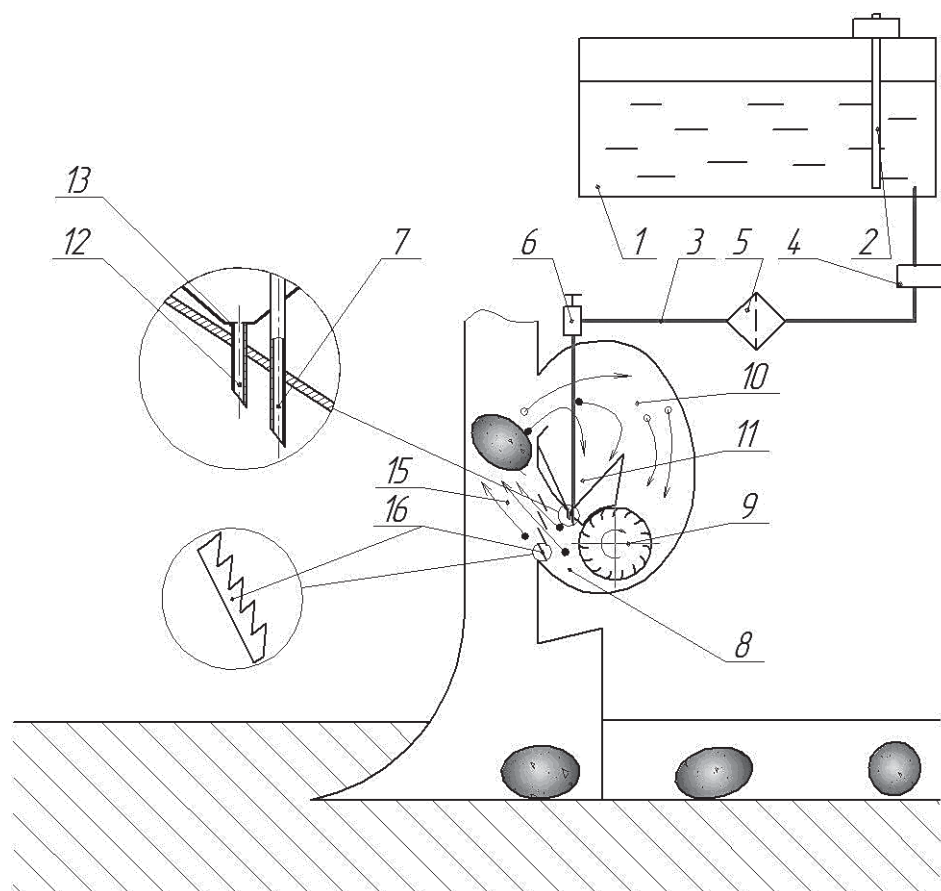


Рис. 1 – Схема протравливающего модуля, установленного на клубнепровод картофелепосадочной машины: 1 – ёмкость (бак); 2 – трубка выравнивания напора; 3 – трубопровод; 4 – запорный электромагнитный клапан; 5 – фильтр; 6 – дозатор; 7 – наконечник основной подачи жидкости; 8 – нагнетательный воздуховод; 9 – вентилятор; 10 – всасывающий воздуховод; 11 – каплеуловитель; 12 – калиброванное отверстие; 13 – наконечник подачи вторичной жидкости; 15 – камера протравливания; 16 – капледробители

о пластины-капледробители, образуя вторичные капли меньшего диаметра. В камере протравливания образуется мелкодисперсное аэрозольное облако, которое обволакивает клубни картофеля. Часть препарата оседает на поверхности клубней. Часть неосевших капель подхватывается воздушным потоком и оседает в каплеуловителе [1].

Основой протравливания является процесс образования аэрозоля с его последующим осаждением на обрабатываемом семенном материале. Качество протравливания зависит от правильности выбранных параметров процесса, режимов работы и функциональных возможностей протравливающей установки. Применяемые на практике распылители дробят жидкость на капли разных размеров, образуя дисперсные системы с большой степенью полидисперсности. Свойства аэрозолей в большей степени зависят от размера частиц. Именно размером определяются основные свойства частиц, такие, как скорость падения, степень инерционного осаждения на обтекаемых препятствиях (коэффициент захвата), степень сноса частиц воздушным потоком, скорость испарения и т.д. В сельском хозяйстве используются аэрозоли с очень широким диапазоном размеров частиц. При этом для достижения одной и той же цели могут применяться как аэрозоли с крупными размерами частиц, так и с более мелкими. Это лишний раз доказывает, что вопрос об оптимальном размере частиц аэрозоля остаётся актуальным и по сей день, а также является центральным вопросом изучения возможности применения аэрозолей.

В процессе протравливания удаётся регулировать лишь средний размер частиц аэрозоля, при этом наличие мелких, средних и крупных частиц снижает эффективность производственного процесса. По этим причинам необходимо наличие устройств, позволяющих получить дробление жидкости на капли одинакового размера.

Протравливание клубней картофеля аэрозольным потоком — это частный случай применения аэрозолей и поэтому основан на закономерностях и теоретических выводах, являющихся общими для широкого класса процессов [2, 3].

К техническим средствам для предпосевной обработки предъявляются два основных требования: соблюдение полного покрытия семенного материала и равномерное распределение препарата [4]. Выполнения первого требования добиваются обеспечением подачи необходимого количества препарата. Расход жидкости в процессе протравливания определяет качество обработки и экономическую целесообразность и, таким образом, является важнейшей характеристикой работы протравливателя.

Теоретический расход рабочей жидкости на 1 т клубней определяется по формуле:

$$Q_{жс} = V_{жс} n, \quad (1)$$

где $V_{жс}$ — объём рабочей жидкости, необходимый для

покрытия поверхности одного клубня, л(дм³);
 n — количество клубней в одной тонне, шт/т.

Выражение для определения минимального количества рабочей жидкости, необходимой для полного покрытия клубней, выглядит как [5]

$$V_{жс} = \frac{2\pi d_{жс} d_{экл}^2}{3k_p^2}, \quad (2)$$

где $d_{жс}$ — диаметр распылённой частицы, дм;
 $d_{экл}$ — диаметр шара, объём которого эквивалентен среднему объёму клубней картофеля, дм;
 k_p — коэффициент растекания капель — величина, показывающая, во сколько раз увеличивается диаметр капли после её оседания на обрабатываемой поверхности.

Для определения диаметра отверстия в каплеуловителе, необходимого для истечения рабочей жидкости, рассмотрен процесс образования капли, медленно вытекающей из отверстия диаметром d_o под действием силы тяжести. При медленном истечении жидкости из отверстия в процессе формирования капель лежит баланс силы тяжести и силы поверхностного натяжения [6].

Диаметр капли D_k , образующейся в момент отрыва от сопла, определяется приравниванием силы тяжести, действующей на каплю, и силы поверхностного натяжения, действующей по периметру сечения отверстия.

Формулу капли принимаем за шар и получаем формулу для определения массы капли:

$$m = \frac{\pi D_k^2 \rho}{6}, \quad (3)$$

где ρ — плотность рабочей жидкости.

Выражения для определения сил тяжести и поверхностного натяжения запишутся в виде:

$$F_T = \frac{\pi \rho g D_k^2}{6} \quad (4)$$

$$F_H = \pi d_o \Sigma, \quad (5)$$

где Σ — поверхностное натяжение жидкости, Н/м.

Выражение для определения диаметра первичных капель, истекающих из каплеуловителя через отверстие диаметра d_o будет иметь вид:

$$D_k = \sqrt[3]{\frac{6d_o \lim_{x \rightarrow \infty} \Sigma}{\rho g}}. \quad (6)$$

Стоит рассмотреть формирование капель при дроблении большой капли (истекающей из каплеуловителя), движущейся в потоке газа. На каплю действуют внешние аэродинамические силы, которые уравниваются силами поверхностного натяжения (для слабовязких жидкостей).

Расчётное количество рабочей жидкости $V_{жс}$, необходимой для покрытия одного клубня, $\times 10^{-6}$ л

Эквивалентный диаметр клубня $d_{экл}$, мм	Диаметр распылённой частицы $d_{жк}$, мкм						
	20	25	30	35	40	45	50
40	61	76	91	106	122	137	152
50	95	119	146	166	190	214	238
60	137	171	205	239	274	308	342
70	186	233	279	326	372	419	466
80	243	304	365	426	486	547	608

Обозначим через S наибольшее сечение капли, перпендикулярное скорости набегающего потока газа UG :

$$S = \frac{\pi D_k^2}{4}. \quad (7)$$

Равенство аэродинамических сил и сил поверхностного натяжения примет вид:

$$\frac{\pi D_k^2}{8} C_D P_G U_G^2 = \pi \Sigma D_k, \quad (8)$$

где C_D – коэффициент сопротивления, зависящий от числа Рейнольдса.

Равенство рассматривается как начальное условие, при котором капли начинают деформироваться и дробиться.

Выражение для критического значения скорости воздушного потока запишется в виде:

$$U_{кр} = \sqrt{\frac{8 \Sigma}{C_D P_G D}}. \quad (9)$$

Скорость $U_{кр}$ является минимальной скоростью воздушного потока, создаваемого вентилятором, необходимой для дробления капли диаметром D_k , истекающей из отверстия d_0 каплеуловителя.

Результаты исследования. По расчётным данным (табл.), полученным из выражения (2), построены графики зависимости минимального расхода

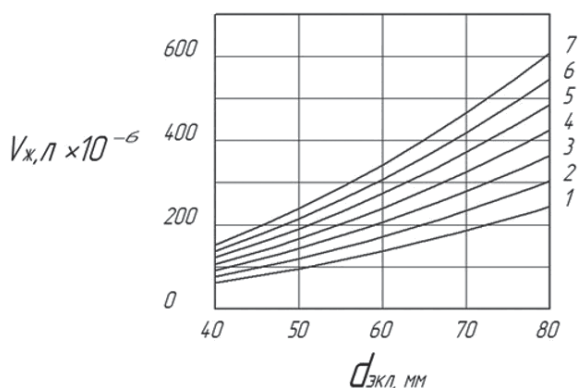


Рис. 2 – Зависимость минимально необходимого объёма рабочей жидкости от эквивалентного диаметра клубня при различных значениях диаметра распылённых частиц:

1 – 20 мкм; 2 – 25 мкм; 3 – 30 мкм; 4 – 35 мкм; 5 – 40 мкм; 6 – 45 мкм; 7 – 50 мкм

рабочей жидкости $V_{жс}$, необходимой для полного покрытия поверхности клубня, от эквивалентного диаметра клубня при различных значениях диаметра распылённой частицы (рис. 2).

Учитывая выражение (6), стоит заметить, что диаметр капли, образующейся при истечении из каплеуловителя, зависит в основном от диаметра отверстия и физических параметров рабочей жидкости.

Рассмотрен процесс истечения жидкости из каплеуловителя через отверстие диаметром 1 мм. Были заданы следующие диапазоны: поверхностное натяжение жидкости $G = 0,01 - 1,9$ Н/м, плотность жидкости $\rho_{ж} = 500 - 1500$ кг/м³.

С учётом входных данных и вышеописанного выражения получаем:

$D_k = 1,6 - 2,3$ мм при $\Sigma = 0,01$ Н/м, $\rho = 1500 - 500$ кг/м³;

$D_k = 9,2 - 13,2$ мм при $\Sigma = 1,9$ Н/м, $\rho = 1500 - 500$ кг/м³.

При использовании в качестве рабочей жидкости препарата, схожего по физическим параметрам с водой при комнатной температуре ($\Sigma = 0,0778$ Н/м, $\rho = 999,97$ кг/м³), диаметр капли, истекающей из отверстия каплеуловителя с диаметром $d_0 = 1$ мм, равен $D_k = 3,6$ мм.

Выводы. Опираясь на основные факторы, оказывающие влияние на качество процесса протравливания, проведены теоретические расчёты, позволяющие обосновать конструктивно-технологические параметры разрабатываемого протравливающего модуля к картофелепосадочным машинам. При условии, что средний размер клубней 60–70 мм и средний диаметр распыляемых капель 50 мкм, минимально необходимый расход рабочей жидкости, обеспечивающий полное покрытие клубней, равен 6,75 л.

Оптимальный диаметр отверстия в каплеуловителе, позволяющий получить при истечении жидкости капли диаметром 1,6–13,2 мм, способные к дальнейшему дроблению при попадании в воздушный поток (скорость воздушного потока от 10 до 20 м/с), составляет 1 мм.

Литература

- Нуртдинов Т. И., Хасанов Э. Р. Обоснование конструкций картофелесажалок с одновременным протравливанием клубней // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития АПК: матер. междунар. науч.-практ. конф. в рамках XXIII Междунар. спец. выставки «АгроКомплекс–2013». Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. Ч. I. – С. 367–369.

2. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Монодисперсные аэрозоли/ М., Наука, 1975. С. 188.
3. Поздняков Ю.В. Механизация защиты семенного материала от болезней и вредителей. Екатеринбург: УрГСХА, 2003. С. 147.
4. Хасанов Э.Р., Мударисов С.Г. Моделирование процесса образования монодисперсного аэрозоля при предпосевной обработке семян/ Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 72–74.
5. Нуртдинов Т.И. Теоретические исследования по обоснованию минимально необходимого объема рабочей жидкости для полного покрытия клубней // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: матер. междунар. науч.-практич. конф. в рамках XXV Междунар. спец. выставки «АгроКомплекс-2015». Ч. I. Уфа : Башкирский ГАУ, 2015.
6. Синайский Э.Г., Лапица Е.Я., Зайцев Ю.В. Сепарация многофазных многокомпонентных систем. М.: «Недра-Бизнес-центр», 2002. 621с.: ил.