

Давление, наряду с различными физическими воздействиями [7, 13], является фактором, оказывающим влияние на растения. В растительной клетке действуют осмотическое и тургорное давления, определяющие направление передвижения воды и зависящие, как от свойств самой клетки, так и от содержания воды и растворенных веществ в тканях и окружающей среде. В растении существуют корневое давление, а также внутреннее давление, возникающее при росте тканей, движениях, действии гравитации и перемещениях веществ. У насекомоядных растений ловчие аппараты устроены по принципу рецепции давления. В клетке существуют системы рецепции давления, связанные с сигнальными системами, формирующими клеточный ответ [5, 20]. Исследования, проводимые как на животных [4, 16, 21], так и на растительных клетках [1, 17, 18], показывают, что давления и механические напряжения, возникающие в процессе роста клеток, являются факторами роста и дифференцировки клеток. Нами предложен метод предпосевной обработки семян импульсным давлением (ИД) для повышения продуктивности растений [6], который соответствует указанным требованиям. Малые дозы (11 МПа) привели к повышению продуктивности на 14-20 % за счет общего усиления жизнедеятельности. Высокие дозы (29 МПа) способствовали снижению всхожести, а также изменению донорно-акцепторных отношений, усилению притока пластических веществ в плоды и увеличению продуктивности от 1,5 раз [6]. Крайне быстрое проявление действия давления представляет собой основной характерный признак взрыва. Следствием быстроты возникновения давления и его большой величины является исключительная мощность [1, 10]. Разрушающее действие взрыва нельзя отнести за счет большой энергии, поскольку теплота взрывчатого превращения, например, тротила, составляет 1000 ккал/кг, а теплота сгорания древесины – 4500 ккал/кг. Основная причина действия взрыва заключается в том, что энергия выделяется крайне быстро, в течение стотысячных долей секунды [1]. В связи с вышеизложенным, маловероятно механическое разрушение семян, а главной причиной последующих изменений ростовых и продукционных процессов растений является изменение физико-химического состояния биополимеров семян. Следовательно, при разработке конструкций устройств для обработки семян следует учитывать необходимость быстрого затухания пикового давления. Цель настоящей работы - создание устройств для предпосевной обработки семян импульсным давлением. Для проведения предпосевной обработки семян разработаны конструкции аппаратов, в которых ИД при обработке семян создается путем подрыва различного рода взрывчатых веществ (ВВ): твердых и газообразных. Известно [1, 14], что энергия взрыва используется в военном деле, горной промышленности для вскрытия месторождений, проходки подготовительных выработок и откола полезных ископаемых в шахтах, на рудниках и карьерах, для преграждения или расчистки русла рек, прокладки

дорог через болота, тушении пожаров, сейсморазведки, разрушении каменных строений, клепки, резания, сварки [19], штамповки [11], взрывного прессования, синтеза и измельчения веществ [3]. Работа первого устройства (рис. 1) основана на детонации ВВ, в результате которой возникает ударная волна (УВ). Последняя передается через воду на семена и создает объемное сжатие в течение 14-25 мксек. ИД на фронте ударной волны рассчитывали по формуле [11]: $P = \frac{Q}{R^3}$, (1) где P – давление, МПа; Q – масса заряда ВВ, кг; R – расстояние от центра взрыва до поверхности семян, м. Обработка семян проводилась в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1. Рис. 1 - Схема устройства для обработки семян ИД. На дно контейнера из нержавеющей стали (1) укладывались пороховые кассеты (2) с сухими семенами (3), закрытыми сетчатым материалом. Контейнер (1) заполнялся водой (4). Под слоем последней закреплялось водостойкое ВВ (5) с массой Q на расстоянии R от поверхности семян в соответствии с формулой (3). При отражении от поверхности раздела вода - воздух ударная волна меняет знак и приходит к поверхности обрабатываемого материала в виде волны разрежения, что ведет к искажениям величины давления и профиля ударной волны. Для того, чтобы исключить данное явление, надо рассчитать минимальное расстояние (L_{min}) от заряда ВВ до поверхности воды [11]: $L_{min} = \frac{Q}{c_0^3}$, (2) где c_0 – скорость звука в среде. Расчеты показывают, что в используемых схемах минимальная толщина слоя воды над поверхностью заряда ВВ должна быть не менее 7 см. После обработки семена высушивались при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Контрольные семена замачивались в воде в течение времени, соответствовавшего продолжительности пребывания в воде семян при обработке ИД, и подсушивали. Способ обработки семян запатентован [12]. Достоинством метода является возможность точной дозировки воздействия, учитывая его уникально малую продолжительность. В качестве среды, через которую УВ передается на семена, выбрали воду. Чем плотнее среда, в которой распространяется ударная волна, тем больше используется энергия взрыва. Вода – наиболее дешевое вещество, которое обеспечивает высокий коэффициент использования энергии взрыва и задерживает разлет отходов и осколков, возникающих в результате взрыва [11]. При использовании схемы, приведенной на рис. 1, на семена действуют продукты детонации, растворимые в воде (азотистая, азотная и угольная кислоты), что влияет на их жизнеспособность. На рис. 2 показано устройство для обработки семян ударной волной в водной среде [10]. Способ обработки семян реализуется следующим образом. Рис. 2 – Устройство для предпосевной обработки семян [Пат. РФ 2377753]: а – в разрезе, б – вид сверху. Семена помещаются в перфорированный цилиндрический контейнер 3 из водостойкого химически инертного вещества, который закрепляется при помощи проволоочной петли 5 на металлической планке 7 в стальном цилиндрическом контейнере 1. После чего последний заполняется водой 2, чтобы перфорированный цилиндрический контейнер 3 был

погружен в воду на 5-7 см. Отношение диаметра перфорированного контейнера 3 к диаметру стального контейнера 1 должно составлять 1:5. Семена благодаря структуре перфорированного контейнера 3 оказываются взвешенными в воде. Затем на стальной контейнер 1 наматывается детонирующий шнур 4. Зная величину давления, необходимую для обработки семян ($40-45 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2}$), рассчитывалась масса ВВ. К детонирующему шнуру 4 прикрепляется электродетонатор 6, после чего производится взрыв. Возникающая при взрыве ударная волна высокого давления вызывает движение стенок контейнера 1 с высокой скоростью, в результате чего в воде возникает ударная волна, которая передается на семена. Преимущества данного метода по сравнению с предыдущим заключаются в более равномерном воздействии давления на семена, отсутствии влияния продуктов детонации на последние, а также в ускорении проведения последующих операций по извлечению семян из контейнера и сушке. После извлечения из контейнера 1 семена во влажном состоянии, не вынимая из перфорированного контейнера 3, сушатся до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре и относительной влажности воздуха не более 60 %. Семена, прошедшие обработку, высеиваются в почву. Расчет давления в ударной волне ($p_2 - p_1$), равного $40-45 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2}$, приводился для идеальной среды и адиабатного процесса согласно [2; 14].

Принимали $\rho_{ВВ}$, $H_{ВВ}$, d – соответственно плотность, высота заряда и скорость детонации ВВ, t – время, $m_{ВВ}$, $m_{ПП}$ – масса заряда ВВ и пластины-поршня, r , $h_{\text{конт}}$ – радиус и высота контейнера (рис. 2). Среда перед фронтом ударной волны имеет следующие параметры: давление p_1 , плотность $\rho_1 = 1 \text{ Мг} \cdot \text{см}^{-3}$, скорость движения u_1 , температуру T_1 . За фронтом ударной волны аналогичные параметры обозначим p_2 , ρ_2 , u_2 , T_2 . При движении пластины-поршня со скоростью u_2 от нее начинает распространяться фронт плоской прямой ударной волны со скоростью D . Если среда перед фронтом ударной волны покоится, т.е. $u_1 = 0$, уравнение для расчета разности давления имеет вид (3) где (4) (5) (6) $H_{ВВ} > 0$ (7) а ρ_2 находится из выражения $(p_2 + c^*)/p^* = (\rho_2 / \rho^*)$ с (8) где c^* , p^* , ρ^* – постоянные, $c^* = 5400 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2}$, $p^* = 912000 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2}$, $\rho^* = 2,53 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

Величина коэффициента с (S) при ударном сжатии воды до давлений 30000 атм. практически не изменяется, оставаясь равной 5,55. Масса ВВ $m_{ВВ}$ (гексоген) находится путем решения уравнений (3-8). Применение описанных методов связано с использованием ВВ, в связи с чем возникает необходимость привлечения к работам организаций, имеющих соответствующие права и подготовленный персонал; работы, проводимые с использованием ВВ, имеют достаточно высокую стоимость. Для устранения названных недостатков предложена принципиально новая конструкция устройства для предпосевной обработки семян ИД, создаваемым путем подрыва газообразной смеси (рис. 3), образующейся в результате электролиза воды на кольцевом электроде. Применение данного устройства уменьшает стоимость обработки за счет

отсутствия необходимости использования ВВ [8]. Применение данного устройства позволяет упростить процесс и обеспечить его безопасности за счет образования газообразной смеси водорода и кислорода непосредственно в этом контейнере. Присутствие воды в контейнере преследует две цели: превращение энергии взрыва преимущественно в энергию сжатия и проведение электролиза с получением стехиометрической смеси водорода и кислорода, обладающей наибольшей эффективностью при взрыве. В результате увеличивается эффективность использования энергии взрыва. Поскольку по мере распространения ударной волны давление на фронте уменьшается [14], семена расположены в кассете на определенном расстоянии от поверхности раздела фаз вода – газообразная смесь водорода и кислорода, что необходимо для равномерного воздействия давления определенной величины на семена и обеспечивает качество обработки. Рис. 3 – Устройство для предпосевной обработки семян с кольцевым электродом

Установка кольцевого электрода над семенами, погруженными в воду, и присоединение электрода к положительному полюсу источника постоянного тока, а также заземление контейнера, выполненного в виде металлической емкости, позволяет при подаче положительного потенциала на кольцевой электрод проводить электролиз воды с получением газов электролиза водорода и кислорода по известной формуле:

$$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 \quad (9)$$

В предлагаемом устройстве в результате электролиза воды образуется гремучая смесь водорода и кислорода в пропорции 2:1, обладающая наибольшим эффектом при взрыве. Образующиеся при электролизе водород и кислород вытесняют воздух из верхней части контейнера и взрываются при инициировании фронта пламени при помощи запальной свечи. Давление на фронте ударной волны, действующей на семена, регулируется толщиной слоя воды над семенами и объемом полученных водорода и кислорода. Электролиз воды идет в кольцевом зазоре между кольцевым электродом и заземленным контейнером, выполненным в виде металлической емкости, поэтому для равномерного, по всему кольцевому зазору, электролиза воды, и уменьшению расхода энергии на электролиз толщина кольцевого зазора должна быть одинаковой, а, значит, кольцевой электрод должен быть установлен осесимметрично с контейнером. Заземление контейнера, выполненного в виде металлической емкости, позволяет при подаче положительного потенциала от источника постоянного тока на кольцевой электрод создавать разность потенциалов в воде, находящейся в кольцевом зазоре между кольцевым электродом и контейнером, что вызывает электролиз воды. Вода должна полностью закрывать боковую поверхность кольцевого электрода, чтобы на всей этой поверхности шел электролиз воды, поэтому кольцевой электрод должен быть полностью погружен в воду. Устройство для предпосевной обработки семян (рис. 3) включает в себя контейнер 1, выполненный в виде металлической емкости, с обрабатываемыми ударной волной семенами 2, размещенными в

контейнере 3, над которым осесимметрично с контейнером 1 установлен кольцевой электрод 4, присоединенный к положительному источнику постоянного тока 5, а контейнер 1 присоединен к заземлению 6, в контейнере 1 находится вода 7, при этом кольцевой электрод 4 полностью погружен в воду 7, а над поверхностью воды 7 установлена запальная свеча 8, в верхней части контейнера 1 установлена крышка 9 с прокладкой 10 и болтовыми соединениями 11. Устройство для предпосевной обработки семян работает следующим образом. Подается положительный потенциал на кольцевой электрод 4 от источника постоянного тока 5. при электролизе воды 7 в кольцевом зазоре между контейнером 1, и боковой поверхностью кольцевого электрода 4 идет образование газов водорода и кислорода по формуле (9) с образованием их газообразной смеси над уровнем воды 7. Затем герметично с помощью прокладки 10 и болтовых соединений 11 закрывают контейнер 1 крышкой 9 и запальной свечой 8 поджигают газообразную смесь водорода и кислорода. После обработки семян 2 ударной волной, крышку 9 снимают и семена 2 забирают из контейнера 1. Предлагаемое устройство для предпосевной обработки семян позволяет упростить и обеспечить безопасность подготовки газообразной смеси водорода и кислорода и заполнение ею контейнера, так как эта газообразная смесь образуется непосредственно в этом объеме. Кроме того, слой воды над обрабатываемыми взрывной волной семенами предотвращает их термическую деструкцию и разрушение, смягчает тепловую нагрузку на них. Работа устройства не зависит от источников водорода и кислорода, которые надо подводить в баллонах или специальных емкостях и хранить на складе отдельно друг от друга, а потом смешивать в необходимой пропорции для взрыва. Предлагаемое устройство позволяет упростить процесс обработки семян, обеспечить его безопасность и повысить качество обработки семян для увеличения продуктивности растений. Создать высокое импульсное давление – сложная техническая задача. В разработанных конструкциях за счет использования ВВ и газообразных смесей удалось создать такое давление.