

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЯНЦЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО ПАРА

В статье представлена конструкция для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара. Приведены теоретические исследования равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности растения, образованной единичными участками конденсированной воды.

Ключевые слова: сеянец, подкормка, смачивание, гидрофильность, краевой угол, конденсат, объем.

V.N. Nevzorov, P.V. Byrdin

THE RESEARCH OF THE DEVICE FOR THE SEEDLING TREATMENT WITH THE USE OF THE SUPERCOOLED STEAM

The unit for the seedling treatment with use of the supercooled steam is presented in the article. The theoretical research of the equilibrium boundary angle of the wetting of the plant heterogeneous surface formed by the single sites of the condensed water is given.

Key words: seedling, additional fertilizing, wetting, hydrophily, boundary angle, condensate, volume.

Введение. Эффективность выращивания сеянцев промышленно ценных хвойных пород деревьев в лесных механизированных питомниках в большей степени зависит от качества выполнения операций по уходу за ними и от технологии подкормки [1, 2]. В качестве подкормок вносятся азотные, калийные и фосфорные удобрения. Подкормки подразделяются на внекорневые и корневые, в сухом виде и в виде водного раствора, причем концентрации не более 0,3 %. Особую эффективность при подкормке будет иметь система подкормок, учитывающая биологические потребности растений. Срок внесения подкормок эффективнее всего определять по наступлению определенных фаз у посадочного материала.

Внекорневая подкормка сеянцев хвойных пород деревьев жидкими препаратами является технически сложным и трудоемким процессом, обусловленным не только сложностью геометрической формы объекта обработки, но и плохой смачиваемостью растений водными растворами и отсутствием прочной механической связи при контакте жидкости с поверхностью растений. Плохая смачиваемость характеризуется большим краевым углом смачивания и снижает эффективность обработки сеянцев за счет малой площади контакта капли препарата с поверхностью растения, а отсутствие прочной механической связи при контакте обусловлено низкой адгезией.

Материалы и методы исследований. Учитывая вышесказанное, а также тот факт, что существующее оборудование для нанесения жидких химических препаратов на поверхность растений не отвечает современным техническим и экологическим требованиям [3], было разработано устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара, подана заявка на изобретение и получен патент Российской Федерации [5]. Применение устройства должно повысить эффективность обработки сеянцев хвойных пород жидкими химическими препаратами контактным методом с использованием переохлажденного пара в качестве средства повышения гидрофильности поверхности растений.

Также было разработано устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара [5, 6, 7, 8]. Изобретение относится к лесохозяйственному машиностроению и предназначено для обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами. Данное изобретение решает задачу повышения качества обработки сеянцев. На рис. 1 представлен вид устройства сверху, на рис. 2 – сбоку.

Устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара состоит из герметичного контейнера, выполненного в виде полого диска 1, подвешенного на центральном кулачковом шарнире 2. Диск 1 связан с корпусом устройства 3, имеющим круглую форму, по средствам восьми пружин 4 и имеет восемь электромагнитов 5, попарно соединенных электропроводами 6 с расположенными напротив восьмью электромагнитами 7, установленными на корпусе 3 устройства, жестко соединенном с рамой трактора 8 через полураму 9. Каждая пара расположенных напротив друг друга электромагнитов 5 и 7 соединена через электропровод 10 с реле 11 и источником тока 12. В нижней части диска 1 в несколько рядов по всей окружности через равное расстояние установлены съемные фитили 13 для поддержания многотехнологичности

процесса, заливной клапан 14 для регулирования уровня рабочей жидкости в диске 1. К диску 1 подведен трубопровод 15 для подачи жидкости в полость диска 1.

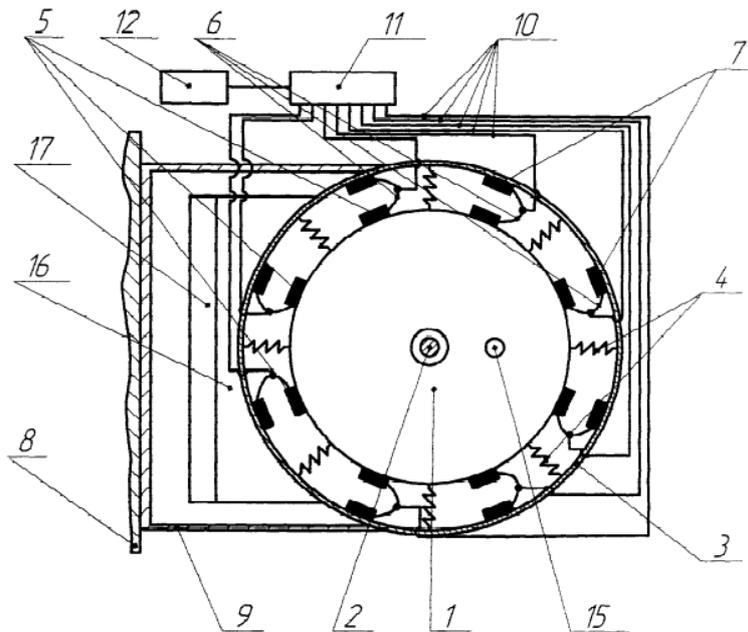


Рис. 1. Вид сверху устройства для обработки семян с использованием переохлажденного пара

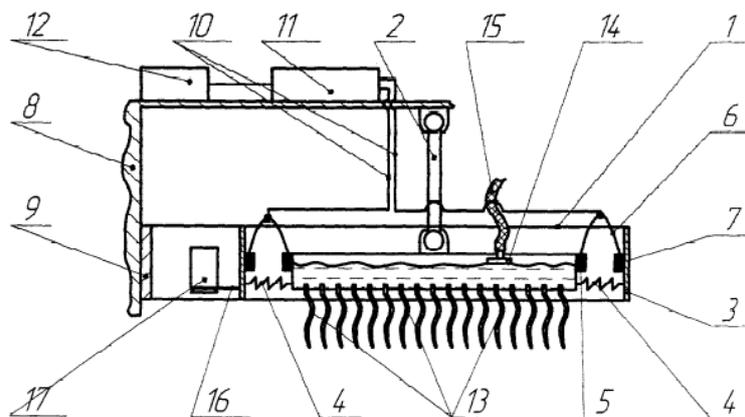


Рис. 2. Вид сбоку устройства для обработки семян с использованием переохлажденного пара

В передней части устройства по ходу трактора имеется пластина 16, жестко соединенная с корпусом 3, на которой смонтирована парогенерирующая установка 17. Устройство для обработки семян с использованием переохлажденного пара работает следующим образом.

При движении машины со смонтированным на ней устройством электрический ток от источника 12 поступает на реле 11, осуществляющее поочередное последовательное включение расположенных напротив друг друга пар электромагнитов 5 и 7, соединенных между собой электропроводами 6. Поочередное включение электромагнитов 5 и 7 приводит к их срабатыванию и отклонению диска 1 в сторону включенной пары электромагнитов 5 и 7, тем самым заставляя диск 1 совершать круговые колебательные движения внутри корпуса 3 устройства по или против часовой стрелки в зависимости от последовательности включения пар электромагнитов 5 и 7 реле 11. Круговые колебания диска 1, амплитуда которых регулируется по средствам пружин 4, передаются фитилям 13, которые обрабатывают семена. Рабочая жидкость из основной емкости через трубопровод 15 подается в полость диска 1, а уровень заполнения полости диска 1 регулируется при помощи заливного клапана 14.

При поступательном движении машины вдоль гряды с сеянцами парогенерирующая установка 17, смонтированная в передней части устройства по ходу трактора на пластине 16, подает сгенерированный и охлажденный до температуры 70°C водяной пар на сеянцы, которые впоследствии обрабатываются фитилями 13. В результате взаимодействия переохлажденного пара с поверхностью растения увеличивается ее гидрофильность, то есть капля рабочей жидкости, нанесенная фитилями 13, растекается по поверхности сеянца с меньшим краевым углом смачивания, чем по сухой поверхности. Это увеличивает площадь обработанной поверхности сеянца без увеличения расхода рабочей жидкости. А круговое колебательное движение диска 1 с установленными на нем фитилями 13 приводит к всестороннему взаимодействию последних с сеянцами, что улучшает качество их обработки.

Результаты исследований и их обсуждение. В ранее проведенных авторами статьи исследованиях было применено уравнение Ребиндера-Касье к описанию способа повышения гидрофильности поверхности сеянцев хвойных пород путем нанесения на твердую поверхность вещества, способствующего увеличению молекулярного притяжения [4, 9]. Получаемая в результате этого гетерогенная поверхность сеянца имеет следующий состав: одна из неоднородных поверхностей является поверхностью растения с краевым углом смачивания $\Theta_{раст}$, а вторая состоит из небольших участков конденсированной воды, имеющей краевой угол смачивания с водорастворимыми растворами $\Theta_{воды} = 0^\circ$.

В результате было получено выражение:

$$\Theta_{обр} = \arccos[\varphi \cdot (1 - \cos \Theta_{раст}) + \cos \Theta_{раст}], \quad (1)$$

где $\Theta_{обр}$ – равновесный краевой угол смачивания гетерогенной поверхности сеянца, получаемой нанесением на поверхность участков воды, °;

φ – относительная доля площади поверхности растения, занимаемая участками конденсата.

Выражение (1) показывает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности растения $\Theta_{обр}$, имеющего на поверхности небольшие участки конденсированной воды от краевого угла смачивания свободной поверхности растения $\Theta_{раст}$ и относительной доли площади растения φ , занимаемой участками конденсата.

Относительная доля площади поверхности растения занимаемая участками конденсата будет равна:

$$\varphi = \frac{S_{конд}}{S_{раст}}, \quad (2)$$

где $S_{раст}$ – площадь поверхности растения;

$S_{конд}$ – площадь растения, занимаемая конденсатом.

Предположив, что единичный участок конденсированной на поверхности воды примет форму полусферы, тогда:

$$S_{конд} = \sum_{i=1}^n S_i^{сф}, \quad (3)$$

где $S_i^{сф}$ – площадь основания i -го сферического единичного участка конденсата;

n – количество единичных участков конденсации на поверхности растения.

Площадь основания сферического единичного участка конденсата можно определить через площадь круга:

$$S_i^{сф} = \pi R_i^2, \quad (4)$$

где R_i – радиус круга i -й сферы.

С другой стороны, объем полусферы зависит от ее радиуса:

$$V_i^{c\phi} = \frac{2}{3} \pi R_i^3. \quad (5)$$

Выразив радиус, получим:

$$R_i = \sqrt[3]{\frac{3 V_i^{c\phi}}{2 \pi}}. \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в (4) и проведя математические преобразования, будем иметь:

$$S_i^{c\phi} = \pi \left(\frac{3 V_i^{c\phi}}{2 \pi} \right)^{\frac{2}{3}}. \quad (7)$$

Тогда с учетом формул (3) и (7) выражение (2) примет вид:

$$\varphi = \frac{\pi}{S_{расм}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1,5 V_i^{c\phi}}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}}. \quad (8)$$

А выражение (1) преобразуется:

$$\Theta_{обр} = \arccos \left[\frac{\pi}{S_{расм}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1,5 V_i^{c\phi}}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (1 - \cos \Theta_{расм}) + \cos \Theta_{расм} \right]. \quad (9)$$

Уравнение (9) выражает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности сеянца, получаемой нанесением на поверхность переохлажденного пара от краевого угла смачивания растения, площади его поверхности и суммарного объема единичных участков конденсата.

Теоретические исследования данного выражения позволили получить значения равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности сеянца кедрового, получаемой нанесением на нее переохлажденного водяного пара в зависимости от технических характеристик пара и продолжительности его воздействия на поверхность. Результаты вычислений представлены в таблице. В процессе исследований краевой угол смачивания $\Theta_{расм}$ был принят равным 69° [4].

Равновесный краевой угол смачивания гетерогенной поверхности сеянца кедрового

Равновесный краевой угол смачивания, °	Объем единичного участка конденсированной воды, мм ³	Количество участков конденсации на поверхности растения
5-15	1,4-0,8	60-40
15-25	1,2	40
25-35	1-0,6	80-40
35-45	0,8-0,2	80-40
45-55	1-0,2	60-20
55-65	0,6-0,2	40-20

Согласно проведенным исследованиям, наилучшим показателям гидрофильности гетерогенной поверхности семян кедра сибирского соответствует объем единичного участка конденсированной воды, равный 1,4 мм³, и количество единичных участков конденсации на поверхности растения, равное 60.

Выводы

1. Для улучшения качества обработки семян хвойных пород жидкими препаратами было разработано устройство для обработки семян с использованием переохлажденного пара [5].

2. Полученное уравнение выражает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности семян, получаемой нанесением на поверхность переохлажденного пара от краевого угла смачивания растения, площади его поверхности и суммарного объема единичных участков конденсата.

3. Наилучшим показателям гидрофильности гетерогенной поверхности семян кедра сибирского соответствует объем единичного участка конденсата, равный 1,4 мм³, и количество единичных участков конденсации на поверхности растения, равное 60.

Литература

1. *Бырдин П.В., Невзоров В.Н.* Ресурсосберегающая технология и оборудование для обработки семян в лесных питомниках // *Инновации в науке и образовании: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы Всерос. очно-заоч. науч.-практ. и науч.-метод. конф. с междунар. участием.* – Красноярск, 2011. – С. 159–164.
2. *Бырдин П.В., Невзоров В.Н.* Разработка устройства для объемной обработки семян хвойных пород жидкими препаратами с использованием переохлажденного пара // *Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. заоч. науч. конф.* – Красноярск, 2011. – С. 125–129.
3. *Бырдин П.В., Ренькас Я.Г.* Контактная обработка семян хвойных пород в лесных питомниках // *Тр. Братского гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки.* – 2013. – С. 97–99.
4. *Бырдин П.В.* Теоретико-экспериментальные исследования гидрофильности хвои кедра сибирского // *Системы. Методы. Технологии.* – 2014. – № 2. – С. 179–182.
5. Пат. №2386240 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 13/00. Устройство для обработки семян с использованием переохлажденного пара / *П.В. Бырдин, В.Н. Невзоров, С.М. Сыромаха [и др.]*; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.04.2010, Бюл. № 11.
6. Пат. №132677 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 13/00. Устройство для обработки семян жидкими препаратами / *П.В. Бырдин, С.С. Ключ, Я.Г. Ренькас*; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 12.02.2013; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
7. Пат. №132678 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 13/00. Устройство для обработки семян хвойных пород жидкими препаратами / *П.В. Бырдин, С.С. Ключ, Я.Г. Ренькас [и др.]*; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 26.02.2013; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
8. Пат. № 2525602 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 N 13/00. Способ определения краевого угла смачивания хвои предварительно обработанной водяным паром / *П.В. Бырдин, С.С. Ключ, О.И. Медведева [и др.]*; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 26.03.2013; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 25.
9. *Сумм Б.Д.* Основы коллоидной химии. – М.: Академия, 2007. – 240 с.

