



УДК 631.658

## АГРОЛОСОМЕЛИОРАЦИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

П.В. Бырдин

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ГИДРОФИЛЬНОСТИ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ ЖИДКИМИ ХИМИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ В ЛЕСНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПИТОМНИКАХ

*В статье представлены теоретические предпосылки к исследованию повышения гидрофильности сеянцев хвойных пород при их обработке жидкими химическими препаратами. Определен способ повышения гидрофильности и получено выражение, позволяющее оптимизировать технические параметры форсунок при обработке сеянцев хвойных пород жидкими химическими препаратами в лесных механизированных питомниках.*

**Ключевые слова:** сеянец, обработка, смачивание, гидрофильность, краевой угол, хвоя, кедр сибирский.

P.V. Byrdin

### THEORETICAL PRECONDITIONS FOR THE HYDROPHILY INCREASE OF THE CONIFEROUS SPECIES SEEDLINGS IN THEIR TREATMENT BY LIQUID CHEMICALS IN THE FOREST MECHANIZED NURSERIES

*The theoretical preconditions for the research of the hydrophily increase of the coniferous species seedlings in their treatment by liquid chemicals are presented in the article. The way to improve the hydrophily is determined and the formula that allows to optimize the sprayer technical parameters in the coniferous species seedling treatment by liquid chemicals in the forest mechanized nurseries.*

**Key words:** seedling, treatment, wetting, hydrophily, contact angle, needles, Siberian cedar.

**Введение.** Обработка сеянцев хвойных пород деревьев жидкими препаратами является технически сложным и трудоемким процессом, обусловленным не только сложностью геометрической формы объекта обработки [1, 2], 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.

**Цель исследований.** Определение теоретических предпосылок к повышению гидрофильности поверхности сеянцев хвойных пород при их обработке жидкими химическими препаратами в лесных механизированных питомниках.

**Методика проведения исследований.** Согласно термодинамическому уравнению для краевого угла смачивания (1), полученному Б.Д. Сумм [10], краевой угол определяется конкуренцией двух факторов

$$\cos\theta = \frac{W_a}{\sigma_{жг}} - 1, \quad (1)$$

где  $W_a$  – работа адгезии;

$\sigma_{жг}$  – удельная поверхностная энергия жидкость-газ.

Первый фактор – молекулярное притяжение жидкости к твердой поверхности: чем сильнее это притяжение, тем больше работа адгезии. Второй фактор – взаимное притяжение молекул жидкости, количественной мерой которого является поверхностное натяжение жидкости. То есть для повышения эффективности обработки твердой поверхности (поверхности сеянца) жидкими препаратами необходимо либо уменьшить поверхностное натяжение жидкости, что возможно при использовании поверхностно-активных веществ, либо увеличить молекулярное притяжение между жидким препаратом и твердой поверхностью (поверхностью растения).

Использование ПАВ совместно с жидкими химическими препаратами, применяемыми при различных технологических операциях обработки сеянцев, может вызвать неконтролируемые химические реакции, способные изменить состав жидкого препарата и нарушить эффективность всего технологического процесса обработки растений. Тогда как увеличение молекулярного притяжения между жидким препаратом и поверхностью растения возможно при нанесении на поверхность твердого тела вещества [6–8], способствующего увеличению этого притяжения.

При таком подходе к повышению гидрофильности поверхности сеянцев получаемую поверхность стоит рассматривать как химически неоднородную [10], смачиваемость которой описывается уравнением Ребиндера-Касье

$$\cos\theta_n = \varphi \cdot \cos\theta_A + (1 - \varphi)\cos\theta_B, \quad (2)$$

где  $\theta_n$  – равновесный краевой угол смачивания гетерогенной поверхности, °;

$\theta_A, \theta_B$  – соответственно краевые углы смачивания жидкости на неоднородных поверхностях А и В, °;

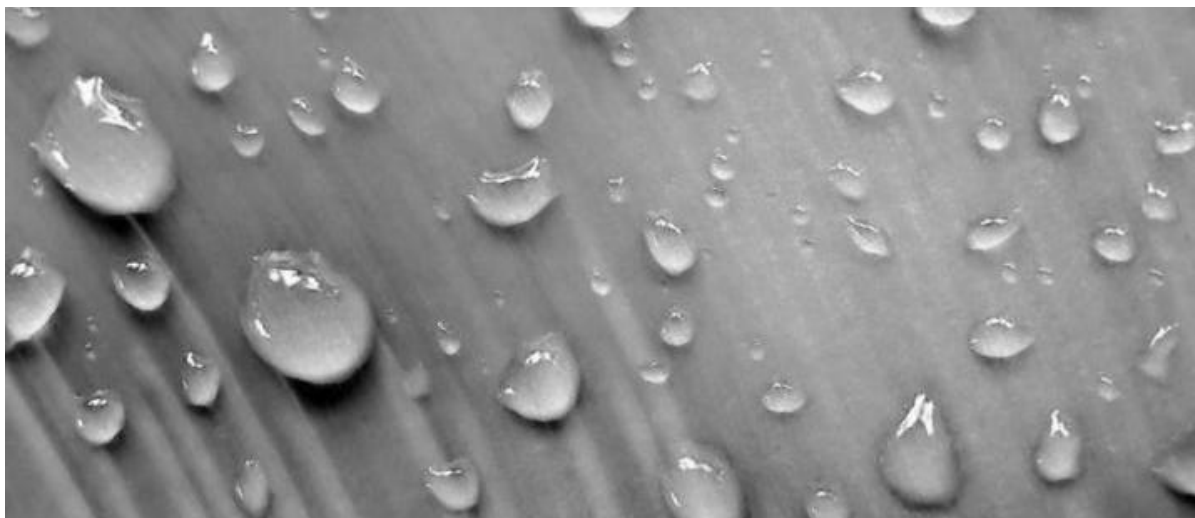
$\varphi$  – относительная доля площади, занимаемая веществом А;

$(1 - \varphi)$  – доля площади, занятой веществом В.

Здесь гетерогенная поверхность состоит из небольших участков двух типов А и В, а обозначение  $\varphi$  является относительной долей площади, занимаемой веществом А; тогда  $(1 - \varphi)$  – доля площади, занятой веществом В.

Анализируя выражение (2), можно заключить, что изменение относительной доли площади  $\varphi$  в пределах  $1 \geq \varphi \geq 0$  приводит к изменению равновесного краевого угла смачивания  $\theta_n$  в пределах  $\theta_B \leq \theta_n \leq \theta_A$ . То есть при приближении значения относительной доли площади  $\varphi$  к значению 0 значение равновесного краевого угла смачивания  $\theta_n$  будет приближаться к значению краевого угла смачивания жидкости  $\theta_B$  на однородной поверхности В, и, соответственно, приближение значения  $\varphi$  к значению 1 приведет к приближению значения угла смачивания  $\theta_n$  к значению краевого угла смачивания жидкости  $\theta_A$  на однородной поверхности А. Таким образом, меняя относительную долю площади  $\varphi$  в ту или иную сторону, можно добиться увеличения или уменьшения краевого угла смачивания, тем самым управлять гидрофильностью поверхности.

**Постановка и решение задачи.** Применяя уравнение Ребиндера-Касье к описанию способа повышения гидрофильности поверхности сеянцев хвойных пород [9] путем нанесения на твердую поверхность вещества, способствующего увеличению молекулярного притяжения, предположим, что получаемая гетерогенная поверхность сеянца смачивается водным раствором и имеет следующий состав: одна из неоднородных поверхностей является поверхностью растения с краевым углом смачивания  $\theta_{раст}$ , а вторая состоит из небольших участков воды и имеет краевой угол смачивания с водорастворимыми растворами  $\theta_{воды} = 0$  и соответственно  $\cos\theta_{воды} = 1$  ввиду своей взаиморастворимости (рис.).



Гетерогенная поверхность хвои сеянца с нанесенными каплями воды

Получим

$$\cos\theta_{обр} = \varphi + (1 - \varphi)\cos\theta_{раст}, \quad (3)$$

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

Раскрыв скобки и проведя математические преобразования, получим

$$\cos\theta_{обр} = \varphi(1 - \cos\theta_{раст}) + \cos\theta_{раст} \quad (4)$$

либо

$$\theta_{обр} = \arccos[\varphi(1 - \cos\theta_{раст}) + \cos\theta_{раст}]. \quad (5)$$

Выражение (5) показывает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности растения  $\theta_{обр}$ , имеющего на поверхности небольшие участки воды, от краевого угла смачивания свободной поверхности растения  $\theta_{раст}$  и относительной доли площади растения  $\varphi$ , занимаемой участками воды.

В случае, если повышение гидрофильности поверхности сеянцев хвойных пород будет реализовываться с использованием в качестве гидрофильной среды распыленной на поверхности растения воды [3], то это позволит снизить гидрофобность поверхности сеянцев и полностью управлять процессом обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами за счет формирования на поверхности растения капель воды различной величины и плотности распределения.

При распыливании воды форсунками на поверхность плотность распределения капель (относительная доля площади  $\varphi$  поверхности, занимаемая каплями) на поверхности будет определяться как отношение суммарной площади контакта всех капель к общей площади распыла

$$\varphi = \frac{S_k}{S_p}, \quad (6)$$

где  $S_k$  – суммарная площадь контакта капель распыла с поверхностью, м<sup>2</sup>;

$S_p$  – общая площадь распыла, м<sup>2</sup>.

При использовании в качестве распылителей цилиндрических форсунок общая площадь распыла будет определяться как

$$S_p = \pi \frac{d_p^2}{4}, \quad (7)$$

где  $d_p$  – диаметр распыла, м<sup>2</sup>.

В свою очередь, по известному отношению, предложенному Д.Г. Пажи [5], диаметр распыла может быть определен как

$$d_p = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (8)$$

где  $l$  – расстояние между соплом форсунки и поверхностью распыла, м;  
 $\beta$  – угол распыла форсунки, °.

А суммарная площадь контакта всех распыленных капель с поверхностью определится как

$$S_k = \pi \frac{d_k^2}{4} n, \quad (9)$$

где  $d_k$  – средний диаметр контакта капли с поверхностью, м<sup>2</sup>;  
 $n$  – число капель на поверхности распыла.

Тогда, с учетом (7)–(9), относительная доля площади  $\varphi$  поверхности, занимаемой каплями распыла, будет равна

$$\varphi = \frac{\pi \frac{d_k^2}{4} n}{\pi \frac{4 \left( l^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2} \right)}{4}},$$

или

$$\varphi = \frac{1}{4} \frac{d_k^2}{l^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} n. \quad (10)$$

Выражение (10) показывает зависимость относительной доли площади поверхности, занимаемой каплями на поверхности распыла, от числа капель и их среднего диаметра контакта с поверхностью, а также квадрата расстояния между соплом форсунки и поверхностью распыла и квадрата тангенса половины угла распыла форсунки.

Подставив выражение (10) в (5)

$$\theta_{обр} = \arccos \left[ \frac{1}{4} \frac{d_k^2}{l^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} n \cdot (1 - \cos \theta_{расп}) + \cos \theta_{расп} \right]$$

и преобразовав, получим

$$\theta_{обр} = \arccos \left[ \left( \frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \cdot \frac{d_k}{l} \right)^2 (1 - \cos \theta_{расм}) n + \cos \theta_{расм} \right]. \quad (11)$$

Выражение (11) показывает зависимость равновесного краевого угла смачивания поверхности сеянцев  $\theta_{обр}$ , предварительно обработанных распыленной водой, от краевого угла смачивания свободной поверхности растения  $\theta_{расм}$  и технических параметров форсунки.

**Результаты исследований.** В проведенных ранее автором теоретико-экспериментальных исследованиях [4] было определено среднее значение краевого угла смачивания свободной поверхности хвои кедр сибирского, равное  $\theta_{расм} = 69^\circ$ . С учетом полученного значения выражение (11) примет вид

$$\theta_{обр} = \arccos \left[ \left( \frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \cdot \frac{d_k}{l} \right)^2 \cdot 0,642n + 0,358 \right]. \quad (12)$$

И проведя математические преобразования, получим

$$\theta_{обр} = \arccos \left[ \left( \frac{0,321n}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \cdot \frac{d_k}{l} \right)^2 + 0,358 \right]. \quad (13)$$

**Основные выводы.** Получено выражение (13), позволяющее оптимизировать параметры форсунок при их использовании в качестве средства для повышения гидрофильности поверхности сеянцев кедр сибирского при их обработке жидкими химическими препаратами в лесных механизированных питомниках.

### Литература

1. *Бырдин П.В., Невзоров В.Н.* Ресурсосберегающая технология и оборудование для обработки сеянцев в лесных питомниках // *Инновации в науке и образовании: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы Всерос. очно-заочной 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 сеянцев 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 сеянцев хвойных пород в лесных питомниках // *Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки.* – 2013. – С. 97–99.
4. *Бырдин П.В.* Теоретико-экспериментальные исследования гидрофильности хвои кедр сибирского // *Системы. Методы. Технологии.* – 2014. – № 2 (22). – С. 179–182.
5. *Пажи Д.С., Галустов В.С.* Основы техники распыливания жидкости. – М.: Химия, 1984. – 256 с.
6. Патент на изобретение 2386240 РФ МПК<sup>7</sup> А 01 G 13/00. Устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара / *Бырдин П.В., Невзоров В.Н., Сыромаха С.М., Ключ С.С.*; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Братский государственный университет». – № заявки 2009113405/12; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.04.2010; Бюл. № 11.
7. Патент на полезную модель 132677 РФ МПК<sup>7</sup> А 01 G 13/00. Устройство для обработки сеянцев жидкими препаратами / *Бырдин П.В., Ключ С.С., Ренькас Я.Г.*; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО

- «Братский государственный университет». – № заявки 2013105877/13; заявл. 12.02.2013; опубл. 27.09.2013; Бюл. № 27.
8. Патент на полезную модель 132678 РФ МПК<sup>7</sup> А 01 G 13/00. Устройство для обработки семян хвойных пород жидкими препаратами / *Бырдин П.В., Ключ С.С., Ренькас Я.Г., Сыромаха С.М.*; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет». – № заявки 2013108520/13; заявл. 26.02.2013; опубл. 27.09.2013; Бюл. № 27.
9. Патент на изобретение 2525602 РФ МПК<sup>7</sup> G 01 N 13/00. Способ определения краевого угла смачивания хвои, предварительно обработанной водяным паром / *Бырдин П.В., Ключ С.С., Медведева О.И., Емельянова Н.В.*; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет». – № заявки 2013113480/28; заявл. 26.03.2013; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 25.
10. *Сумм Б.Д.* Основы коллоидной химии. – М.: Академия, 2007. – 240 с.



УДК 582.736 (571.6)

*А.В. Полещук, В.А. Полещук*

### ТЕМПЫ РОСТА И НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ ЧЕРЕМУХИ МАКСИМОВИЧА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

*В результате проведенного исследования выявлено, что максимальный текущий прирост у черемухи Максимовича в высоту отмечен в возрасте 30 и 35 лет, достигая 58 и 64 см соответственно. Наибольшего значения текущий прирост по диаметру достиг в 25 лет и составил 0,52 см. На данном этапе развития модельных деревьев ход роста в высоту, по диаметру, а также накопление биомассы черемухи Максимовича происходит более медленными темпами, чем у черемух Маака и азиатской.*

**Ключевые слова:** черемуха Максимовича, ход роста, приросты, биомасса.

*A.V. Poleshchuk, V.A. Poleshchuk*

### GROWTH RATES AND BIOMASS ACCUMULATION OF THE MAKSIMOVICH BIRD CHERRY TREE IN THE SOUTH PRIMORYE CONDITIONS

*As a result of the conducted research it is revealed that the maximal current increase in height of the Maksimovich bird cherry tree is noted at the age of 30 and 35 years, reaching 58 and 64 cm respectively. The current increase on the diameter reached the greatest value at the age of 25 years and made 0,52 cm. At the given stage of the model tree development the growth process in the height, on the diameter, as well as the biomass accumulation of the Maksimovich bird cherry tree takes place with slower rates than Maak's and Asian bird cherry trees.*

**Key words:** Maksimovich bird cherry tree, growth process, increases, biomass.

---

**Введение.** Общее число видов черемухи назвать сложно, так как разными авторами некоторые виды относятся к другим родам (*Cerasus Mill.*, *Prunus L.*). Очевидно, их насчитывается около 20–35 видов. На территории Сибири и Дальнего Востока естественно растут 4 вида черемух: обыкновенная, птичья (*Padus avium Mill. in Gard.*) (*P. asiatica Kom.*), Маака (*P. maackii (Rupr.) Kom.*), Максимовича (*P. maximowiczii (Rupr.) Sokolov*) и черемуха съори (*P. ssiori (Fr. Schmidt) Schneid. in Handb.*) [2,6].

Черемуха Максимовича обладает комплексом положительных качеств, имеет ценные декоративные, технические и лекарственные свойства [3, 5, 8, 13–18]. Является почвоулучшающей и почвоукрепляющей породой, ее рекомендуется использовать для зеленого строительства при создании композиционных групп, в одиночных и групповых посадках, опушках, аллейных насаждениях, а также рядовых посадках на улицах.

Сведения о черемухе Максимовича содержатся во многих литературных источниках и в большинстве случаев касаются морфологического описания. В ряде работ имеются сообщения о хозяйственном применении черемухи, рассматриваются некоторые вопросы семеноведения, агротехники, озеленения и биологии. Тем не менее до настоящего времени практически нет работ, касающихся ее участия в сложении фитоценозов, темпов роста и накопления биомассы, а также ряда других вопросов лесоводственно-