

УДК 631.658

Теоретико-экспериментальные исследования гидрофильности хвои кедра сибирского

П.В. Бырдин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

byrdin_pavel@mail.ru

Статья поступила 10.03.2014, принята 15.05.2014

С целью повышения качества обработки семян хвойных пород жидкими препаратами в лесных питомниках и эффективности нанесения водных растворов химических препаратов на поверхность растения был разработан ряд устройств, принцип работы которых основан на предварительном нанесении на поверхность обрабатываемого семени веществ, способствующих увеличению молекулярного притяжения химического препарата к поверхности растения. В статье представлены результаты теоретических исследований процесса нанесения жидких препаратов на гетерогенную поверхность семян, образованную свободной поверхностью растения и участками нанесенной воды. Также в статье описаны экспериментальные исследования, проведенные автором, целью которых являлось определение краевого угла смачивания свободной поверхности хвои кедра сибирского. Эксперименты проводились методом «лежащей капли», а краевой угол определялся графическим методом по полученным фотографиям. Полученные данные проходили статистическую обработку с целью выявления характера распределения. В результате обработки было установлено, что распределение краевого угла смачивания свободной поверхности хвои описывается нормальным законом, а среднее значение величины краевого угла составило 69° .

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

Theoretical research and pilot studies of hydrophily of cedar Siberian needles

P.V. Byrdin

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

byrdin_pavel@mail.ru

Received 10.03.2014, accepted 15.05.2014

In order to improve the quality of coniferous seedlings processing with liquids in forest nurseries and the efficiency of applying the aqueous solutions of chemicals on the plant surface some devices have been developed. Their work is based on pre-applying the substances, promoting to increase molecular attraction of the chemicals to the plant surface, on the surface of the seedlings treated. The results of theoretical research of the process of applying the liquids on the heterogeneous seedlings surface, formed by both free plant surface and water sites, have been presented in the article. The article also describes some pilot research conducted by the author in order to define a regional corner of wetting of free surface of cedar Siberian needles. Experiments were made with method of «a lying drop», and the regional corner was determined with graphic method based on the photos given. The obtained data were exposed statistical processing to detect distribution nature. As a result of processing it has been established that distribution of a regional corner of wetting of free surface of needles is described by normal law, and average value of the size of regional corner is 69° .

Keywords: seedling, processing, wetting, hydrophily, regional corner, needles, cedar Siberian.

Введение. Обработка семян 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 семян за счет малой площади контакта капли препарата с поверхностью растения, а отсутствие

прочной механической связи при контакте обусловлено низкой адгезией.

Автором статьи предложен способ повышения гидрофильности поверхности семян хвойных пород с помощью нанесения на поверхность хвои участков жидкости, например, воды, в виде конденсата водяного пара или путем распыла гидравлическими форсунками.

Применяя уравнение Ребиндера-Кассье к описанию способа повышения гидрофильности поверхности семян хвойных пород путем нанесения на твердую поверхность вещества, способствующего увеличению молекулярного притяжения и предположив, что получаемая гетерогенная поверхность семени

смачивается водным раствором и имеет следующий состав: одна из неоднородных поверхностей является поверхностью растения с краевым углом смачивания $\theta_{\text{раст}}$, а вторая состоит из небольших участков воды, имеющей краевой угол смачивания с водорастворимыми растворами $\theta_{\text{воды}} = 0$ и соответственно $\cos \theta_{\text{воды}} = 0$, ввиду своей взаиморастворяемости, получим:

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

где

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

Раскрыв скобки и проведя математические преобразования, получим:

$$\theta_{\text{обр}} = \arccos[\varphi \cdot (1 - \cos \theta_{\text{раст}}) + \cos \theta_{\text{раст}}] \quad (2)$$

Выражение (2) показывает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности растения $\theta_{\text{обр}}$ имеющего на поверхности небольшие участки воды от краевого угла смачивания свободной поверхности растения $\theta_{\text{раст}}$ и относительной доли площади растения φ занимаемой участками воды.

Графический анализ полученной зависимости представлен на рис. 1.

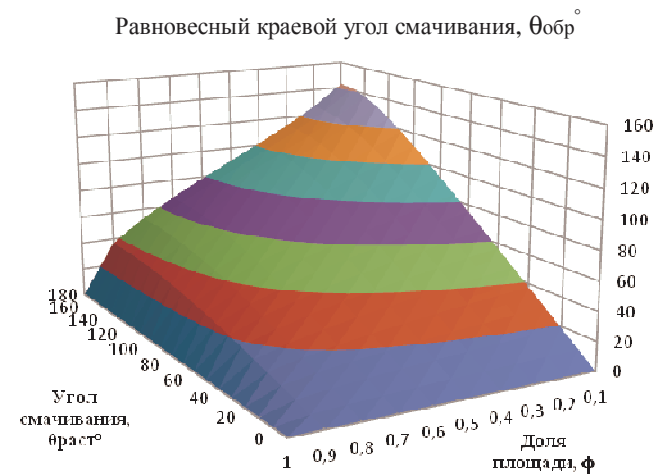


Рис. 1. Зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности сеянца от угла смачивания

свободной поверхности растения и относительной доли площади поверхности растения, занятой участками воды

Цели исследования. Для определения зависимости равновесного краевого угла смачивания хвои кедр сибирского необходимо провести экспериментальные исследования и установить зависимость равновесного краевого угла смачивания от относительной доли площади поверхности растения, занятой участками воды. Краевой угол смачивания свободной поверхности растения определялся методом лежащей капли. В качестве исследуемой поверхности использована хвоя кедр сибирского (рис. 2).

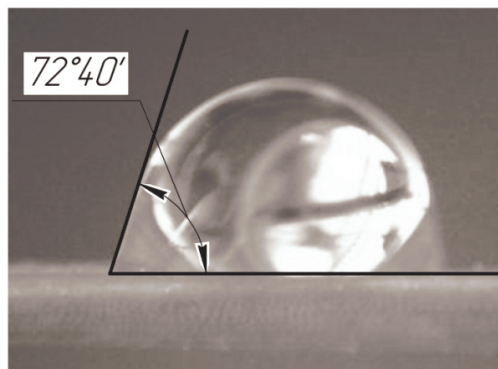


Рис. 2. Профиль капли на поверхности хвои кедр сибирского

Объект исследования. В лабораторных условиях для определения гидрофильных свойств кедр сибирского на поверхность хвои с помощью дозатора осаждалась капля жидкости фиксированного объема. После осаждения профиль капли исследовался с помощью микроскопа МПБ-3М при 4-кратном увеличении. Получаемое изображение фиксировалось при помощи видеокамеры и сохранялось в память компьютера. Далее по полученным снимкам графическим методом производились измерения краевого угла смачивания.

1. На этапе экспериментальных исследований было определено среднее значение краевого угла смачивания хвои кедр сибирского. В ходе лабораторных испытаний сделано 50 измерений, которые были сфотографированы для дальнейшей обработки полученных данных. Графическим методом измерения краевого угла смачивания были получены данные, представленные в табл. 1, и выявлена следующая генеральная совокупность (рис. 3), которая в дальнейшем была исследована на определение характера распределения.

Таблица 1

Результаты измерений краевого угла смачивания хвои

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	58°4′	59°21′	59°58′	60°57′	62°15′	62°47′	63°26′	63°31′	63°43′	64°10′
№ опыта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	65°14′	65°16′	65°56′	66°50′	66°51′	66°53′	66°58′	67°6′	67°19′	67°58′
№ опыта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	68°25′	68°34′	68°41′	68°45′	68°48′	68°57′	69°8′	69°29′	69°46′	70°9′
№ опыта	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	70°11′	70°52′	71°6′	71°30′	72°8′	72°9′	72°19′	72°32′	72°40′	73°6′
№ опыта	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

	73°10′	73°14′	73°15′	73°58′	76°10′	76°21′	76°40′	76°49′	77°31′	79°4′
--	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

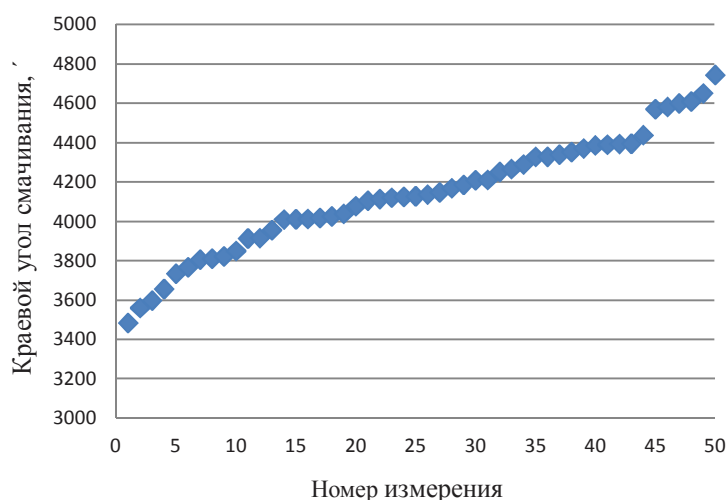


Рис. 3. Статистический ряд распределения измерений краевого угла смачивания хвои кедр сибирского

На основании полученных данных был построен график распределения величин краевых углов смачивания по интервалам, представленный на рис. 4.

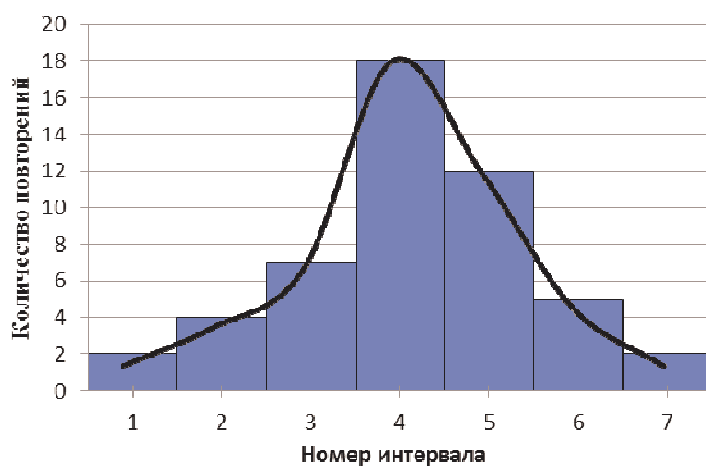


Рис. 4. Распределение величин краевых углов смачивания по интервалам

Анализируя график, была выдвинута гипотеза о нормальном распределении величин краевых углов смачивания хвои. Для подтверждения или опровержения выдвинутой гипотезы была проведена проверка по критерию согласия Пирсона χ^2 , результаты которой представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета экспериментальных значений краевых углов смачивания хвои кедр сибирского

№ интервала	Нижняя граница интервала	Верхняя граница интервала	m_i	$Z1$	$Z2$	$\Phi(Z1)$	$\Phi(Z2)$	P_i	$P_i * n$	$(m_i - P_i * n)^2$	$\frac{(m_i - P_i * n)^2}{P_i * n}$
1	3379	3589	2	-2,685	-1,947	-0,495	-0,471	0,024	1,2	0,64	0,53
2	3589	3799	4	-1,947	-1,209	-0,471	-0,384	0,086	4,32	0,1024	0,02
3	3799	4009	7	-1,209	-0,472	-0,384	-0,184	0,200	10,02	9,150625	0,91
4	4009	4219	18	-0,472	0,265	-0,184	0,102	0,287	14,35	13,3225	0,93
5	4219	4429	12	0,265	1,003	0,102	0,341	0,238	11,93	0,0049	0,00
6	4429	4639	5	1,003	1,741	0,341	0,445	0,104	5,21	0,0441	0,01

7	4639	4849	2	1,741	2,478	0,445	0,493	0,048	2,42	0,1764	0,07
---	------	------	---	-------	-------	-------	-------	-------	------	--------	------

$$\chi^2_{\text{рас.}} = 2,48$$

Табличный критерий согласия Пирсона $\chi^2_{\text{таб.}}$ при уровне значимости $q = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 4$ равен:

$$\chi^2_{\text{таб.}} = 9,5$$

$$2,48 < 9,5$$

Тождество выполняется, следовательно, гипотеза о нормальном распределении величин краевых углов смачивания подтверждается. Из полученных результатов принимается среднее значение краевого угла смачивания хвои кедр сибирского.

Тогда с учетом принятого значения краевого угла смачивания семени была построена графическая зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности хвои кедр сибирского от относительной доли площади поверхности растения, занятой участками воды. Графическая зависимость представлена на рис. 5.

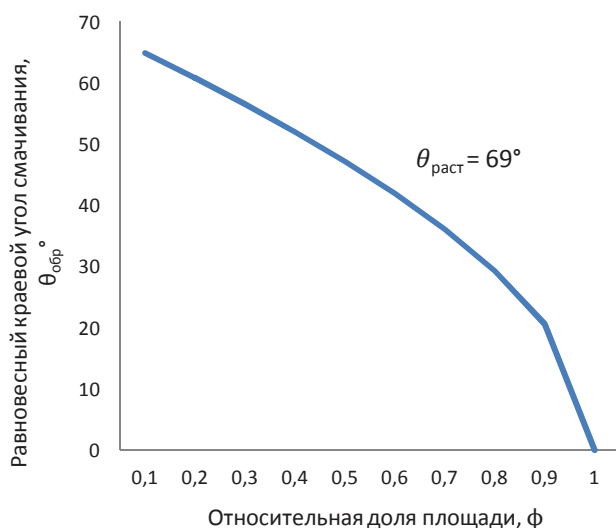


Рис. 5. Зависимость равновесного краевого угла смачивания хвои кедр сибирского от относительной доли площади поверхности растения, занятой участками воды

Основные выводы

В результате проведенных исследований было определено среднее значение краевого угла смачивания свободной поверхности хвои кедр сибирского и проанализирована зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности хвои кедр сибирского в зависимости от относительной доли площади поверхности растения, занятой участками воды.

Литература

1. Бырдин П.В. Теоретические исследования устройства для объемной обработки семян хвойных пород жидкими препаратами в лесных питомниках // Вестн. КрасГАУ. 2007. № 2. С. 228-233.
2. Бырдин П.В., Керина Э.Н., Аверина Г.А. Устройство для обработки семян с использованием переохлажденного пара //

Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2009. Т. 2. С. 247-251.

3. Бырдин П.В., Ключ С.С., Камшилин А.Г. Перспективные технологии и оборудование по обработке семян хвойных пород жидкими препаратами // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2010. Т.2. С. 259-262.

4. 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: материалы всерос. очно-заочной науч.-практ. и науч.-метод. конф. с междунар. участием. Красноярск, 2011. С. 159-164.

5. Бырдин П.В., Невзоров В.Н. Разработка устройства для объемной обработки семян хвойных пород жидкими препаратами с использованием переохлажденного пара // Проблемы современной аграрной науки: материалы междунар. заоч. науч. конф. Красноярск, 2011. С. 125-129.

6. Бырдин П.В., Ренькас Я.Г. Контактная обработка семян хвойных пород в лесных питомниках // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. С. 97-99.

7. Бырдин П.В., Невзоров В.Н., Сыромаха С.М., Ключ С.С. Устройство для обработки семян с использованием переохлажденного пара: пат. 2386240 Рос. Федерация. № заявки 2009113405/12; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.04.2010; Бюл. № 11.

8. Бырдин П.В., Ключ С.С., Ренькас Я.Г. Устройство для обработки семян жидкими препаратами: пат. 132677 Рос. Федерация. 2013. № заявки 2013105877/13; заявл. 12.02.2013; опубл. 27.09.2013; Бюл. № 27.

9. Бырдин П.В., Ключ С.С., Ренькас Я.Г., Сыромаха С.М. Устройство для обработки семян хвойных пород жидкими препаратами: пат. 132678. Рос. Федерация. 2013. № заявки 2013108520/13; заявл. 26.02.2013; опубл. 27.09.2013; Бюл. № 27.

References

1. Byrdin, P.V. Theoretical studies of the apparatus for the bulk processing of softwood seedlings liquid preparations in forest nurseries // Vestn. KrasGAU. 2007. № 2. P. 228-233.
2. Byrdin P.V., Kerina E.N., Avenir G.A. An apparatus for processing seedlings using supercooled steam // Trudy Bratskogo gosudarstvenno universiteta. Ser.: Estestvennye i inzhenernye nauki. 2009. Vol. 2. P. 247-251.
3. Byrdin P.V., Klyus S.S., Kamshilin A.G., Advanced technology and equipment for processing softwood with seedlings liquid preparations // Trudy Bratskogo gosudarstvenno universiteta. Ser.: Estestvennye i inzhenernye nauki. 2010. Vol. 2. P. 259-262.
4. Byrdin P.V., Nevzorov V.N. Saving technologies and equipment for the processing of seedlings in forest nurseries // Innovacii v nauke i obrazovanii: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: materialy vseros. ochno-zaochnoy nauch.-prakt. i nauch.-metod. konf. s mezhdunar. uchastiem. Krasnoyarsk, 2011. P. 159-164.
5. Byrdin P.V. Nevzorov V.N. Development of the apparatus for the bulk processing of softwood seedlings with liquid preparations using supercooled steam // Problemy sovremennoy agrarnoy nauki: materialy mezhdunar. zaoch. nauch. konf. Krasnoyarsk, 2011. P. 125-129.
6. Byrdin P.V., Renkas Ya.G. Contact processing of softwood seedlings in forest nurseries // Trudy Bratskogo gosudarstvenno universiteta. Ser.: Estestvennye i inzhenernye nauki. 2013. Vol. 2. P. 97 – 99.
7. Byrdin P.V., Nevzorov V.N., Syromaha S.M., Klyus S.S. An apparatus for processing seedlings using supercooled steam // pat. 2386240 Rus. Federation. № 2009113405/12; decl. 09.04.2009; publ. 20.04.2010. Bul. № 11.
8. Byrdin P.V., Klyus S.S., Renkas Ya.G. An apparatus for processing seedlings with liquid preparations // pat. 132677 Rus. Federation. 2013. № 2013105877/13; decl. 12.02.2013; publ. 27.09.2013; Bul. № 27.
9. Byrdin P.V., Klyus S.S., Renkas Ya.G., Syromaha S.M. An apparatus for processing softwood seedlings with liquid preparations // pat. 132678. Rus. Federation. 2013. № 2013108520/13; decl. 26.02.2013; publ. 27.09.2013; Bul. № 27.

