

УДК 674.048

Н. В. Мазаник, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ)**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ
ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ ОТ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ**

В статье описаны существующие методы испытания ингибирующей способности средств химической защиты древесины от биоповреждений. Рассмотрены гистограммы распределения ширины зоны разрастания мицелия гриба *Coniophora puteana* на непропитанных образцах и образцах, обработанных антисептиком ХМ-11. Приведен анализ влияния критерия оценки эффективности защитных средств на показатели достоверности результатов испытаний.

The article describes current methods for testing inhibitory ability of compositions for chemical protection of wood against biological damage. We consider the histograms of the width of *Coniophora puteana* growing area on the impregnated samples and on the samples treated with antiseptic ХМ-11. An analysis of the impact of assessment criterion for validity of test results is given.

Введение. С возникновением средств химической защиты древесины встал вопрос о возможности оценки их эффективности. Первые известные испытания защитных средств заключались в наблюдении за состоянием цельных пропитанных сортиментов, которые эксплуатировались наряду с непропитанными в одних и тех же условиях службы. Подобные натурные и полигонные испытания имеют значительные недостатки – отличаются большой длительностью и крайне низкой воспроизводимостью. Неконтролируемый видовой состав грибов не позволяет корректно оценить относительную токсичность различных антисептиков. Проведение испытаний защитных средств в лабораторных условиях позволило использовать для опытов чистые культуры грибов. Тем не менее вопрос достоверности, воспроизводимости и, особенно, корректности использования результатов лабораторных испытаний для прогнозирования защищенности древесных сортиментов в реальных условиях эксплуатации остается открытым. Это связано с тем, что результаты испытаний и их статистические характеристики существенно зависят от методики проведения эксперимента и принятого критерия оценки эффективности защитных средств.

Основная часть. В XX в. широкое распространение получил так называемый «агаровый» метод испытания ингибирующей способности фунгицидов. Он заключается в том, что в агаризованные питательные среды при их приготовлении вводят антисептик в различных концентрациях. После этого среды заражают чистой культурой гриба и производят наблюдения, отмечая зависимость скорости и интенсивности развития гриба от концентрации токсичного средства. Агаровый метод прост, позволяет обеспечить высокую однородность условий опыта. Продолжительность проведения испытаний не превышает 2–3 недели. Однако по ме-

ре накопления экспериментальных данных выявились и недостатки этого метода. Исследователи отмечали выпадение антисептика в осадок на дне чашки Петри, что позволяет грибу распространяться по поверхности среды, не контактируя с ядом, а также химические реакции некоторых антисептиков с компонентами питательной среды. Кроме того, защищающие дозы антисептиков, полученные на агаровой среде, практически во всех случаях были значительно ниже, чем при испытаниях на древесном субстрате. Для устранения данного несоответствия было предложено применять поправочные коэффициенты, но они оказались различными для разных антисептиков и малоприменимыми на практике. Таким образом, агаровый метод позволяет определить только относительную токсичность различных антисептиков.

На настоящий момент наиболее распространенным видом лабораторных испытаний защитных средств является испытание с использованием самого объекта защиты – древесины (так называемый «метод древесных блоков»). Согласно этому методу, на искусственной питательной среде выращиваются чистые культуры грибов. Затем на хорошо разросшиеся культуры помещают образцы, пропитанные антисептиком различной концентрации, и непропитанные (контрольные) образцы. По истечении срока испытания эффективность защиты древесины антисептиком оценивается по степени пораженности пропитанных образцов в сравнении с контрольными. Многочисленные вариации данного метода отличаются формой и размерами древесных образцов, составом питательных сред, способами поддержания влажности древесины, тест-культурами грибов, способом инокулирования образцов, продолжительностью испытания, а также критерием оценки степени поврежденности древесины грибами.

В настоящее время в подавляющем большинстве исследований используется интенсивный метод учета реакции гриба. В частности, при испытании эффективности защитных средств по отношению к дереворазрушающим грибам наиболее распространенной является оценка степени повреждения древесины по уменьшению массы древесных образцов. Однако защитное действие антисептика также может оцениваться и по изменению физико-механических свойств древесины, таких как ударная вязкость, модуль упругости, предел прочности при растяжении или изгибе, частота свободных вибраций образцов и т. д.

Важным аспектом при проведении испытаний также является выбор питательной среды и способа контакта образцов с тест-культурой. Питательная среда должна содержать все необходимые элементы для быстрого накопления биомассы гриба, что позволит моделировать наиболее неблагоприятные условия эксплуатации древесины, а также эффективно регулировать влажность образцов, которая должна поддерживаться на оптимальном для тест-культуры уровне на протяжении всего испытания. Вариант метода древесных блоков, в котором подстилающим субстратом является агар, принят в качестве стандартного в странах Евросоюза [1]. Вариант с использованием земляного субстрата применяют на территории бывшего СССР, в странах Американского континента и Австралии [2]. В Республике Беларусь метод древесных блоков был стандартизирован как способ оценки эффективности защитных средств против базидиомицетов [3].

Тем не менее на практике подтверждается крайне низкая воспроизводимость результатов испытаний, в которых в качестве критерия используется оценка степени повреждения древесины по уменьшению массы сосновых образцов. Такая погрешность измерений объясняется целым рядом причин. В первую очередь, это непостоянство условий испытания. В частности, неоднородность плотности образцов из древесины сосны приводит к тому, что содержание антисептика в объеме образца неодинаково. Снижение массы образца происходит в

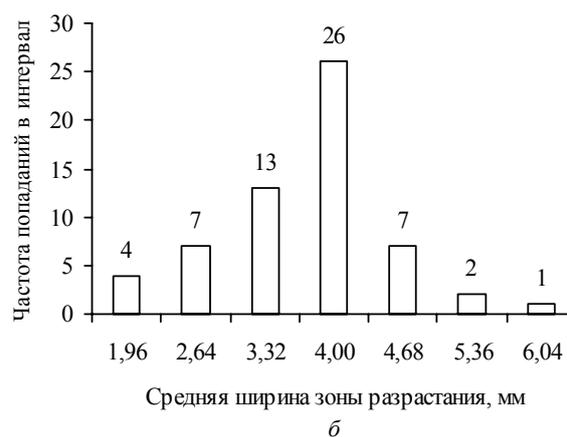
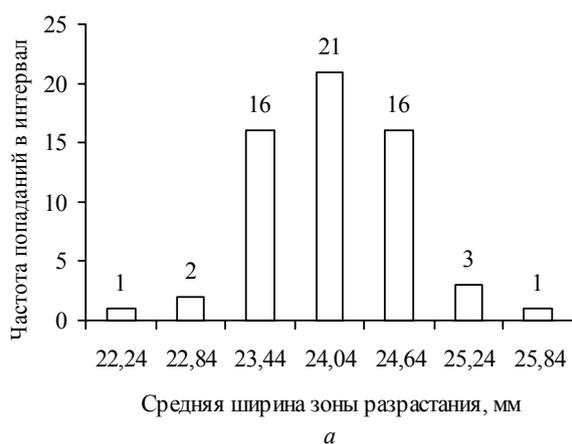
основном за счет деструкции слабо пропитанных зон, объемную долю которых, как и концентрацию защитного средства в них, учесть невозможно. Важную роль играет различная скорость разрушения зон поздней и ранней древесины. Неравномерное разрушение образца грибом приводит к искажению результата опыта. Определение массы образца древесины по окончании испытания производится после очистки его поверхности от мицелия гриба. При этом масса мицелия, остающаяся в толще образца, не учитывается. Кроме того, если образец разрушен сильно, очистка его поверхности неизбежно сопряжена с отделением мелких и крупных фрагментов древесины, что влияет на результат взвешивания. На погрешность результатов существенно влияет непостоянство влажности образцов в ходе испытания, а также неконтролируемость количества инокулята, контактирующего с образцом.

Нами было проведено исследование возможности использования в качестве критерия эффективности защитного средства ширины зоны разрастания мицелия тест-культуры на образцах древесного шпона, пропитанного антисептиком, в сравнении с непропитанным. Во время испытания шпон находится в контакте с агаризованной средой, не содержащей источников углерода и обеспечивающей постоянную влажность древесины. Специально разработанная технология получения инокулята обеспечивает постоянство количества и фазы роста наносимого на образцы посевного материала.

Целью эксперимента являлось выявление характера распределения значений ширины зоны разрастания мицелия пленчатого домового гриба на 60 непропитанных образцах березового шпона и на 60 образцах, пропитанных раствором антисептика ХМ-11 при среднем поглощении 9,8%, а также сравнительный анализ результатов этого теста с данными, полученными другими методами испытаний. В таблице приведены результаты расчета статистических характеристик экспериментальных данных. Гистограммы распределения измеряемой величины показаны на рисунке.

Статистические характеристики экспериментальных данных

Образцы древесины	Среднее значение ширины зоны, мм	Дисперсия	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Показатель асимметрии	Показатель эксцесса	Среднее квадратичное отклонение асимметрии	Среднее квадратичное отклонение эксцесса
Непропитанные	24,08	0,48	0,69	2,89	0,04	0,96	0,30	0,58
Пропитанные ХМ-11	3,75	0,76	0,87	23,29	0,06	0,34	0,30	0,58



Гистограммы распределения результатов определения ширины зоны разрастания мицелия на образцах:
 а – непропитанных; б – пропитанных ХМ-11

Рассчитанные статистические характеристики были использованы для проверки нормальности распределения измеряемой величины по критерию Колмогорова. Было показано, что условия нормальности распределения выполняются как для результатов испытаний непропитанных образцов, так и образцов, защищенных средством ХМ-11. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии причин, вызывающих одностороннее отклонение измеряемой величины, т. е. вызывающих возникновение систематических ошибок.

При введении в древесину защитного средства характер распределения измеряемой величины претерпевает некоторые изменения. Возрастает вариация результатов параллельных измерений относительно среднего значения. Распределение, хотя и остается нормальным, становится более асимметричным в результате неравновероятного влияния присутствия антисептика на рост гриба. Описанное поведение гистограммы распределения измеряемой ширины разрастания мицелия гриба по образцу древесины не противоречит поведению гистограмм, характеризующих потерю массы древесными образцами в опытах, проведенных Беленковым. Им было показано, что при увеличении поглощения и, соответственно, степени защищенности древесины распределение измеряемого критерия подчиняется закону нормального распределения лишь до начала распада выборки образцов на две группы – образцы, в различной степени пораженные грибом, и образцы непораженные. После распада выборки на группы распределение теряет свойства нормального и данные, полученные по методу, использованному автором, могут считаться лишь оценочными. Коэффициент вариации ширины разрастания мицелия гриба *Coniophora puteana* на непропитанной древесине березы составил

2,89%, что значительно ниже коэффициента вариации потери массы образцами сосны, полученного Беленковым (11,1%) и Мазуром (13–18%), а также коэффициента вариации потери массы непропитанными образцами березы, который получили Миллер и Мейер (5%) [4].

Также важно, что в предложенном методе испытаний измеряемый критерий подчиняется нормальному закону распределения при достаточно высокой степени защищенности древесины. Это показано при среднем поглощении защитного средства ХМ-11 – 9,8%.

Заключение. Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о преимуществах использования критерия разрастания мицелия по сравнению с оценкой разрушительной активности гриба по потере массы образцами.

Литература

1. Wood preservatives – Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes: EN 113. – Activated 01.12.96. – Brussels: European Committee for Standardization: Central Secretariat, 1996. – 32 p.
2. Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures: ASTM D1413 – 07e1. – Activated 01.04.07. – West Conshohocken, Pa: ASTM International, 2007. – Book of Standards. – Vol. 4. – 8 p.
3. Средства защитные для древесины. Метод испытания токсичности: ГОСТ 16712–95. – Введ. 01.07.96. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1996. – 12 с.
4. Беленков, Д. А. Вероятностный метод исследования антисептиков для древесины / Д. А. Беленков. – Свердловск: Урал. ун-т, 1991. – 176 с.

Поступила 14.03.2012