

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*165.6 + 630*232.311.3

Н. Н. Бессчетнова

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА КРИТИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ХВОИ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*)

Темпы потери критического количества воды хвоей плюсовых деревьев сосны обыкновенной выступают надежным критерием оценки их селекционных преимуществ. Уравнения регрессии эффективны при определении периода 50 % водопотери образцов хвойных растений. Их привлечение для анализа этого процесса может расширить арсенал существующих методов исследования.

Ключевые слова: *сосна обыкновенная, плюсовые деревья, клоны, темпы водопотери хвои.*

Введение. Интенсификация отечественного лесного хозяйства, как стратегия его развития на современном этапе, обеспечение непрерывного и неистощительного использования лесов возможны только на основе применения достижений в селекции важнейших видов древесных растений [1–6]. Данные обстоятельства, а также активизация искусственного лесовыращивания в самом широком смысле этого слова, которая наблюдается у нас в стране в последние годы, предполагает мобилизацию для её реализации всех имеющихся ресурсов лесосеменной базы и питомнического хозяйства. Острота проблемы высветилась в связи с чрезвычайной лесопожарной обстановкой в 2010 году и возникшей в этой связи необходимостью масштабного восстановления лесов в Нижегородской области и других субъектах Российской Федерации. Основным источником семян с улучшенными свойствами для производства высококачественного посадочного материала служит постоянная лесосеменная база (ПЛСБ), развернутая на селекционно-генетической основе, и, прежде всего, входящие в её состав лесосеменные плантации (ЛСП) вегетативного происхождения. Важнейшим условием их создания выступает формирование адаптивного ассортимента плюсовых деревьев [7–11].

Водоудерживающую способность традиционно связывают с засухоустойчивостью растений и с их резистентностью в отношении широкого перечня лимитирующих факторов в целом. Способность противостоять дефициту влаги (почвенной и атмосферной

засухе) рассматривается как одно из важных преимуществ. Такие признаки отобранного материала, плюсовых деревьев сосны обыкновенной в том числе, нередко оказываются важными, особенно в вододефицитные периоды года, что периодически наблюдается в условиях Среднего Поволжья. Лето 2010 года выступает наглядным примером реальности возникновения таких ситуаций. Объекты, лучше других переносящие отмеченные критические этапы, обладают большей способностью к накоплению биомассы (лучшими приростными характеристиками), могут обеспечить более высокий репродуктивный уровень – им свойственны большее количество и лучшая сохранность жизнеспособных семян [12–15].

В контексте перечисленных задач весьма полезной рассматривается разработка и предметно-объектная адаптация средств и приемов надежной идентификации отобранных плюсовых деревьев и адекватной оценки их селекционных преимуществ. Важным направлением таких исследований выступает совершенствование методического аппарата, обеспечивающего изучение адаптивных признаков растений и их свойств, определяющих сопротивляемость воздействию неблагоприятных факторов среды, в частности устойчивости к дефициту влаги.

Цель работы – адаптировать на основе детализации и модификации метод определения водоудерживающей способности хвои сеянцев хвойных растений, предложенный М.М. Котовым, применительно к плюсовым деревьям сосны обыкновенной при оценке различий между ними.

Методы и объекты исследования. В течение 2006 – 2010 гг. нами проводились исследования водоудерживающей способности хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной, представленных комплексами своих клонов в их архивах и на лесосеменных плантациях, расположенных в Нижегородской области в составе предприятий и учреждений лесного хозяйства. Объектом исследований выступали клоны плюсовых деревьев сосны обыкновенной, сосредоточенные в их архивах и представленные на лесосеменных плантациях государственного учреждения Нижегородской области (ГУ НО) «Семеновский спецлесхоз». Первичной единицей выборки служила навеска из 20 пар (пучков) нормально развитых однолетних хвоинок без признаков повреждения какими-либо внешними факторами. Их брали из центральной части прироста последнего года и помещали в отдельный пластиковый стаканчик емкостью 0,21 л, этикетировали по плюсовым деревьям, раметам, учетным побегам. С каждого учетного растения (раметы) срезалось по 3 – 8 побегов. Материал заготавливался одновременно с периферии среднего яруса хорошо освещенного участка кроны клонов, сосредоточенных в архивах № 1, 4 и на лесосеменных плантациях № 2, 24 ГУ НО «Семеновский спецлесхоз» и № 1 Сокольской лесосеменной станции в Нижегородской области. Плюсовые деревья (ПД) на этих объектах представлены следующим количественным составом: архив клонов № 1 – 23 ПД; архив клонов № 4 – 30 ПД; ЛСП № 2 – 19 ПД; ЛСП № 24 – 36 ПД; ЛСП №1 – 16 ПД. Их сравнительная оценка давалась по каждому опытному участку отдельно при соблюдении принципа единственного логического различия. В число анализируемых объектов также был включен комплекс образцов 48 плюсовых деревьев, использованных для создания ЛСП во Владимирской области. Заготовленные побеги в увлажненном состоянии хранились при низкой положительной температуре 0...+5⁰С. Каждое плюсовое дерево (ортет) в опыте представлено не менее чем тремя своими клонами (раметами). При выполнении исследований учитывали действующие методические разработки [16 – 21].

Лабораторный анализ выполнен в аналитической лаборатории кафедры лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Условия

проведения лабораторного опыта также обеспечивали соблюдение принципа единственного логического различия. Все образцы высушивались при одинаковой температуре (20 – 23° С), что фиксировалось термометрами, в одинаковых условиях освещенности и влажности воздуха (одна лаборатория), одинаковых емкостях для сушки каждого образца и прочих равных условиях для каждого из них. Взвешивание осуществлялось на электронных весах с точностью до 0,001 г. В дисперсионных комплексах сопоставляли клоны только тех плюсовых деревьев, которые введены в состав одного архива клонов или одной ЛСП.

Для достижения состояния полного насыщения водой, сразу после определения массы свежесобранной хвои, пучки намачивались в течение часа, а после извлечения из воды с них удаляли её капли с помощью фильтровальной бумаги. В таком состоянии у навески вновь определяли массу, после чего она укладывалась в отдельный пластиковый стаканчик, что не препятствовало свободному высыханию. Все этапы опыта с момента установки и до окончания высушивания осуществлялись в одном помещении. Через каждые 24 часа производилось повторное взвешивание образцов, после чего их досушивали. По истечении 120 часов навеска упаковывалась в отдельный бумажный пакет с этикеткой и размещалась для воздушной сушки в течение не менее, чем 4-х месяцев. Затем она извлекалась, взвешивалась и помещалась на 8 часов в сушильный шкаф с температурой 105° С, где достигала абсолютно сухого состояния (стабильной массы), после чего взвешивалась последний раз. Такой подход позволял получить количественные оценки наличия в исследуемом материале воды, выраженные в процентах от её общей массы, содержащейся в навеске.

Результаты исследований и их обсуждение. На режим потери влаги образцом хвои (метамерами фотосинтезирующего аппарата в широком смысле) влияют условия высушивания. Наиболее высокие темпы водопотери фиксируются при свободной сушке хвои на листке фильтровальной бумаги. Размещение образца хвои в бумажные и пластиковые емкости или контейнеры различной формы снижает скорость потери влаги хвоей по отношению к условиям её высушивания на открытой поверхности. Вместе с тем, следует учитывать тот факт, что повышение скорости потери влаги: возрастание доли потерянной воды за единицу времени (за 1 час или за 24 часа), – сокращает общий период наблюдений, но снижает чувствительность опыта. Предварительное тестирование его условий в интервале сроков 72 ... 168 часов позволило установить оптимальный режим – 120 часов. Для подавляющего большинства образцов этот период оказался достаточным для перехода показателя содержания воды через точку критического обезвоживания тканей (КОТ) – 50 %, который соответствует пограничному физиологическому состоянию растений. Основной причиной их дифференциации по этому показателю является неодинаковое соотношение в тканях связанной воды [17 – 19]. Время потери половины содержащейся в хвое воды выступает тестирующим параметром в сравнительной оценке клонов плюсовых деревьев. В соответствии с рекомендациями М.М. Котова [17 – 19] использовали алгоритм пропорциональной интерполяции для вычисления значения времени (в часах) до наступления критического состояния обезвоживания ($T_{50\%}$): $T_{50\%} = 24 / (P_2 - P_1) \times (50 - P_1) + T_1$. Здесь P_1 – процент содержания воды, учтенный непосредственно перед достижением точки КОТ; P_2 – процент содержания воды, зафиксированный сразу после точки КОТ; T_1 – значение времени последнего перед критическим переходом учета. Согласно ему фиксировали потерю влаги в процентах на отрезке времени между двумя последовательными учетами (24 часа), в пределах которого достигается точка КОТ: $24 / (P_2 - P_1)$, что позволяет определить, сколько часов потребуется для потери на единицу её количества, например: на 1 % вла-

ги. При этом в общем периоде наблюдений при учете массы высушиваемой хвои каждые 24 часа используются те значения влажности, между которыми находится точка КОТ: P_1 и P_2 . Этот показатель равен обратному значению скорости водопотери (её значению в степени «-1»). Данная процедура позволяет соотнести продолжительность периода высушивания с количеством потерянной воды и установить цену деления шкалы оценок: сколько времени потребуется для потери 1% влаги.

Следующим элементом расчетной формулы ($P_2 - P_1$) выступает разность между значениями двух взвешиваний при заданном временном интервале высушивания для каждого из них. Поскольку в расчет введена величина интервала в 24 часа, то берутся значения двух последовательных учетов, выполняемых через данный отрезок времени. В соответствии с тем, что наиболее равномерное изменение значений оцениваемого показателя – массы, выраженной в процентах от общего количества влаги, – наблюдается на завершающем этапе опыта, целесообразно использовать последнее и предпоследнее значения, а именно разницу между ними. Принципиально, разница значений массы хвои или величина её водопотери может быть установлена для двух любых сроков учета с любым, но определенным отрезком времени между ними. В этом случае в первом элементе расчетной формулы используют не 24 часа, а тот интервал времени, который фактически зафиксирован между двумя сопоставляемыми сроками учета, например 12 часов или 48 часов и т.п. В абсолютном смысле в алгоритм расчета вводятся элементы: некоторый интервал времени между двумя сопоставляемыми сроками учета водопотери (любыми в границах периода наблюдений) и собственно величина потери влаги за установленный в таком порядке интервал сроков учета.

Далее определяют разницу в процентах между критическим уровнем содержания воды (50 %) и содержанием воды в конкретный (принципиально, любой, но определенный и указанный в часах) срок учета (например, в последний срок учета до перехода через 50-процентный рубеж – P_1). Если выбранный срок учета характеризуется содержанием воды меньше 50 %, то разность будет положительной, если же наоборот, то – отрицательной. Произведение «цены деления» – количества часов, в течение которых теряется 1 % влаги, на количество процентов потерянной влаги за тот период времени, по которому определена «цена деления», даст значение времени в часах, необходимое для потери установленного количества воды. При этом, если разность была положительной, то и полученное произведение будет положительным, в противном случае – отрицательным.

Суммируя полученный интервал времени в часах со значением времени последнего перед критическим переходом учета (T_1), вычислим количество часов, требуемое для достижения критического уровня содержания воды при высушивании хвои. Здесь следует обратить внимание, если последний срок учета не обеспечивает переход через 50-процентный рубеж, а следовательно, насыщенность хвои водой в этот момент выше указанного предела, то в расчетной формуле «первое слагаемое», вычисленное нами, будет положительным. Логически такая ситуация соответствует тому состоянию объекта, когда переход значений через 50 % произойдет после обозначенного срока учета, и в процессе вычисления к установленному количеству часов придется прибавить «первое слагаемое». Если же последний срок учета зафиксирован после факта перехода показателя через 50-процентный порог, а значит, изучаемый материал уже утратил больше половины накопленной влаги, то разность окажется отрицательной. Тогда от последнего значения времени отнимают величину «первого слагаемого». Принципиально последнее наблюдение может выполняться намного позже фактического перехода через 50 % или намного раньше него. Вместе с тем в опубликованных рекоменда-

ях [17 – 19] предусмотрено использование срока учета, следующего сразу после этого перехода.

Детализация и адаптация алгоритма М.М. Котова [17 – 19] позволила представить его расчетную формулу в виде

$$T_{50\%} = (T_2 - T_1) / (P_2 - P_1) \times (50 - P_1) + T_1,$$

где: T_1 – значение времени в часах на момент учета до перехода критического порога; T_2 – значение времени в часах на момент учета после перехода критического порога. В общем случае эти сроки фиксации состояний могут быть любыми: 1 час или 18 час. 25 мин. и т.п., но конкретно обозначенными. P_1 и P_2 – оценки потерянной при высушивании образца воды, выраженные в процентах от массы абсолютно сухой хвои, зафиксированные в установленные сроки (T_1 и T_2). В таком виде формула была введена в расчетный алгоритм электронных таблиц Excel [22].

Рассматривая процесс высушивания как испарение некоторой части воды с течением времени, мы использовали для его математического описания различные виды функций: $y = ax + b$; $y = ax^2 + bx + c$; $y = a \ln(x) + b$ и др., в которых y – продолжительность периода потери 50 % влаги, выраженная в часах; x – процент водопотери хвои, фиксируемый каждые 24 часа на протяжении всего периода наблюдений. Вычисление продолжительности периода потери половины содержащейся в хвое воды выполняли посредством решения уравнений регрессии, задавая значение функции 50 %.

Установлено, что уравнение прямой линии дает вполне адекватную характеристику динамики водопотери, о чем свидетельствуют высокие значения показателя достоверности аппроксимации (в подавляющем большинстве случаев R^2 превышает 0,80). В этом отношении функция по надежности близка к полиному второго порядка. Описанная процедура выполнялась для каждой навески и для усредненных значений каждого учетного растения. Использование уравнений регрессии позволяет более детально анализировать отдельные этапы общего периода высушивания и обеспечивает возможность сравнения плюсовых деревьев не только по одной оценке статического состояния, но и по собственно динамике процесса. Примером применения уравнений регрессии для вычисления значений периода критической потери влаги служит материал, представленный в табл 1.

Такие же комплексы уравнений были составлены для каждого из опытных участков (ЛСП № 24, 2, 1, архив клонов № 1, 4), по всем срокам учета (2006 – 2010 гг.). Полученные с их помощью значения критического периода оказались вполне адекватными. Структура уравнений прямой линии (см. табл. 1), описывающих рассматриваемый процесс, достаточно сходна (относительно размерности и знаков коэффициентов перед аргументом и свободных членов). Вместе с тем легко обнаруживаются различия в величинах коэффициентов перед аргументом. Они определяют угол наклона прямой относительно оси абсцисс, что адекватно скорости потери влаги в образце в целом: величина коэффициента прямо пропорциональна скорости потери влаги навеской. Различия в коэффициентах позволяют установить те образцы, у которых темпы водопотери выше, и наоборот. Как видим (см. табл. 1), эти значения сравнительно близки. Количественная градация коэффициентов перед аргументом (например, распределение по критерию «Норма») позволит разделить всю совокупность объектов на группы по темпам водопотери: «быстрые», «средние», «медленные». Величины свободного члена уравнения показывают, насколько велика приподнятость линии над осью абсцисс. Различия в этом отношении соответствуют неодинаковому характеру процесса потери влаги хвоей от момента её полного насыщения влагой, до момента достижения равномерного сниже-

Т а б л и ц а 1

**Уравнения зависимости темпов водопотери хвои от продолжительности периода ее высушивания
у плюсовых деревьев в составе архива клонов № 1 ГУ НО «Семеновский спецсемеlexоз»**

Клон	Полный цикл, все навески клона	R ²	По усредненным значениям	R ²	От 24 часов	R ²	По двум последним учетам	R ²
2	3	4	5	6	7	8	9	
К-14	$y = 0,48x + 9,37$	0,90	$y = 0,48x + 9,37$	0,92	$y = 0,36x + 19,69$	0,92	$y = 0,15x + 43,25$	1
К-3	$y = 0,59x + 6,63$	0,92	$y = 0,59x + 6,63$	0,97	$y = 0,51x + 13,93$	0,87	$y = 0,27x + 40,95$	1
К-19	$y = 0,42x + 11,34$	0,79	$y = 0,42x + 11,34$	0,86	$y = 0,27x + 23,81$	0,71	$y = 0,18x + 32,92$	1
К-6	$y = 0,42x + 6,82$	0,90	$y = 0,42x + 6,82$	0,95	$y = 0,34x + 14,33$	0,86	$y = 0,31x + 17,07$	1
К-22	$y = 0,34x + 6,20$	0,87	$y = 0,34x + 6,20$	0,93	$y = 0,26x + 13,02$	0,81	$y = 0,20x + 19,29$	1
К-1	$y = 0,42x + 8,43$	0,88	$y = 0,42x + 8,43$	0,92	$y = 0,32x + 17,70$	0,86	$y = 0,19x + 30,78$	1
К-5	$y = 0,43x + 9,86$	0,82	$y = 0,43x + 9,86$	0,90	$y = 0,31x + 20,71$	0,73	$y = 0,23x + 29,29$	1
К-17	$y = 0,47x + 12,51$	0,78	$y = 0,47x + 12,51$	0,87	$y = 0,31x + 26,28$	0,67	$y = 0,26x + 31,69$	1
К-18	$y = 0,45x + 9,32$	0,89	$y = 0,45x + 9,32$	0,91	$y = 0,34x + 19,57$	0,89	$y = 0,24x + 29,11$	1
К-40	$y = 0,44x + 9,99$	0,84	$y = 0,44x + 9,99$	0,89	$y = 0,31x + 20,97$	0,77	$y = 0,22x + 30,82$	1
К-41	$y = 0,38x + 8,24$	0,82	$y = 0,38x + 8,24$	0,90	$y = 0,28x + 17,30$	0,71	$y = 0,23x + 22,59$	1
К-45	$y = 0,46x + 10,27$	0,88	$y = 0,46x + 10,27$	0,90	$y = 0,33x + 21,56$	0,90	$y = 0,24x + 30,07$	1
К-47	$y = 0,39x + 6,98$	0,85	$y = 0,39x + 6,98$	0,93	$y = 0,31x + 14,65$	0,76	$y = 0,26x + 18,99$	1
К-29	$y = 0,40x + 8,45$	0,87	$y = 0,40x + 8,45$	0,91	$y = 0,29x + 17,75$	0,84	$y = 0,25x + 21,49$	1
К-49	$y = 0,49x + 9,73$	0,86	$y = 0,49x + 9,73$	0,92	$y = 0,37x + 20,44$	0,80	$y = 0,24x + 33,97$	1
К-39	$y = 0,47x + 10,04$	0,90	$y = 0,47x + 10,04$	0,90	$y = 0,35x + 21,09$	0,94	$y = 0,24x + 31,56$	1
К-21	$y = 0,40x + 8,67$	0,88	$y = 0,40x + 8,67$	0,90	$y = 0,29x + 18,21$	0,90	$y = 0,22x + 24,55$	1
К-20	$y = 0,41x + 6,99$	0,87	$y = 0,41x + 6,99$	0,94	$y = 0,32x + 14,69$	0,80	$y = 0,20x + 27,47$	1
К-30	$y = 0,44x + 11,33$	0,81	$y = 0,44x + 11,33$	0,87	$y = 0,30x + 23,80$	0,72	$y = 0,20x + 34,26$	1
К-42	$y = 0,47x + 10,83$	0,84	$y = 0,47x + 10,83$	0,87	$y = 0,33x + 22,75$	0,78	$y = 0,12x + 44,95$	1
Контроль	$y = 0,47x + 10,83$	0,84	$y = 0,47x + 10,83$	0,89	$y = 0,33x + 22,75$	0,78	$y = 0,12x + 44,95$	1

Т а б л и ц а 2

Продолжительность периода потери критической массы воды (час.), вычисленная разными методами для клонов плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24

№	Клон	Полный цикл	По усредненным значениям	От 24 часов	По двум последним учетам	Общее	Усредненное	Среднее
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
1	К-3	113,23	113,23	123,63	126,09	127,86	129,16	128,57
2	К-5	127,49	127,49	139,99	144,55	148,65	147,26	146,87
3	К-6	114,97	114,97	123,49	127,67	127,05	129,03	129,32
4	К-14	142,59	142,59	157,48	165,56	167,01	176,30	176,12
5	К-17	136,34	136,34	156,44	169,91	172,80	171,40	173,77
6	К-18	112,58	112,58	121,66	126,17	130,17	131,84	133,03
7	К-19	106,45	106,45	115,48	117,27	118,36	117,54	117,89
8	К-20	95,74	95,74	98,69	99,20	105,19	102,31	101,79
9	К-21	116,62	116,62	127,23	138,28	140,98	140,69	140,90
10	К-22	110,23	110,23	118,61	121,84	125,22	126,94	127,40
11	К-29	175,43	175,43	210,69	216,04	215,81	216,83	217,38
12	К-30	89,46	89,46	89,93	82,99	84,45	88,46	88,34
13	К-38	92,00	92,00	93,27	91,35	96,68	92,13	92,40
14	К-39	113,64	113,64	121,72	123,42	124,01	121,67	125,55
15	К-40	123,63	123,63	135,131	138,01	137,92	139,71	140,32
16	К-41	105,03	105,03	111,05	113,43	114,82	114,45	113,37
17	К-44	97,54	97,54	102,29	102,29	106,64	108,36	106,60
18	К-45	121,05	121,05	131,56	138,84	143,30	149,63	150,25
19	К-47	139,02	139,02	156,97	169,77	169,18	170,87	176,65
20	К-49	92,57	92,57	94,11	92,462	91,682	92,92	93,57
21	К-95	85,80	85,80	83,76	75,60	83,23	85,30	86,55
22	К-96	90,83	90,83	91,80	88,79	92,44	92,45	93,89
23	К-98	120,64	120,64	130,74	136,22	140,17	146,22	146,32
24	К-99	129,74	129,74	142,81	153,14	156,04	161,03	161,53
25	К-101	104,77	104,77	111,43	114,61	116,22	117,39	115,86
26	К-106	96,33	96,33	100,92	101,92	107,03	102,28	104,95
27	К-108	105,25	105,25	111,08	114,05	114,19	114,04	114,29
28	К-109	88,54	88,54	88,71	87,19	87,60	89,24	89,25
29	К-121	156,25	156,25	191,57	189,49	195,21	216,21	195,98
30	К-170	135,94	135,94	151,49	157,31	166,25	176,70	168,45
31	К-172	94,30	94,30	97,42	98,03	97,70	97,30	97,74
32	К-173	101,99	101,99	105,20	106,80	108,22	107,45	107,20
33	К-199	105,63	105,63	113,10	115,35	114,67	115,47	115,92
34	К-206	99,96	99,96	104,41	106,14	104,06	106,10	106,78
35	К-210	135,25	135,25	152,99	153,55	153,62	152,00	152,42
36	К-215	103,82	103,82	109,76	112,93	112,55	112,50	112,34

ния массы хвои, проходящего достаточно активно. Чем выше темпы первичной водопотери, тем больше величина свободного члена уравнения. С помощью указанных уравнений вычислялось время потери критической (50 %) массы воды в хвое сравниваемых плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Результаты, полученные на лесосеменной плантации № 24, приведены в табл. 2.

В графы «3», «4», «5» и «6» табл. 2 включены результаты расчетов, выполненных по уравнениям прямой линии. Графа «3» получена с использованием непосредственных показателей учета полного цикла наблюдений (от влагонасыщенной до абсолютно сухой хвои): при построении линий тренда и соответствующих уравнений привлечено все множество точек (в каждом случае по 54 и более). Графа «4» включает в себя результаты вычислений по уравнениям регрессии, построенным по усредненным для каждого плюсового дерева значениям полно цикла учетов. Графа «5» создана из результатов вычислений по всем имеющимся значениям без учета первичной потери в период от 0 до 24 часов. Графа «6» содержит результаты вычисления значений на основе уравнений, построенных по двум последним точкам учета. При заполнении графы «7» использован алгоритм вычисления критического периода для единого обобщенного массива данных по плюсовому дереву в целом. Средние значения непосредственного учета в масштабах плюсового дерева находились по каждому сроку отдельно, после чего величина критического периода определялась по формуле пропорционального расчета. В графу «8» внесены материалы, полученные с использованием алгоритма вычисления периода критической водопотери путем усреднения его значений, первоначально полученных по каждой навеске отдельно. В графу «9» внесены результаты нахождения показателя на основе первоначального обобщения данных по срокам для каждой раметы с последующим расчетом величин по формуле пропорциональной интерполяции. После этого вычисляют среднее значение для плюсового дерева, используя полученные оценки по всем его учетным деревьям.

Нахождение продолжительности периода до наступления критического физиологического состояния по уравнениям регрессии (уравнения прямой линии) дает некоторое отклонение значений от результатов, полученных по итогам пропорционального вычисления. Это может быть объяснено тем, что уравнения прямой линии строили по всем точкам, начиная с первого срока учета. При этом темпы потери воды при высыхании на протяжении всего периода высушивания неодинаковы. Наибольшая потеря влаги фиксируется в первые 24 часа после контрольного намачивания образцов: на этом отрезке времени хвоя наиболее полно насыщена водой и теряет наибольшее количество влаги за фиксированный отрезок времени. В последующем темпы обезвоживания стабилизируются, а на заключительном этапе (перед переходом критического порога) становятся минимальными. Для вычисления следующего по порядку наблюдений значения методом пропорциональной интерполяции предпочтительнее использовать последний отрезок времени и учитывать последний из всех зафиксированных ритмов обезвоживания. Однако для сравнительных оценок между плюсовыми деревьями, возможно, более целесообразно учитывать весь процесс потери воды при свободном высушивании, его динамику и сравнивать сами линии тренда в целом.

Организация опыта позволила применить для анализа его материалов как однофакторный, так и двухфакторный иерархический дисперсионный анализ. В последнем случае фактором высшей иерархии выступали различия между плюсовыми деревьями (ортемами), представленными на каждом из объектов ПЛСБ и ЕГСК комплексами своих клонов – рамет. Фактором низшей иерархии явились различия между собственно учетными деревьями – раментами. Фактором случайных различий или остаточной дисперсии

служили различия между повторностями (разными учетными побегами) одного учетного дерева. В однофакторной схеме в качестве действующего фактора рассматривались собственно различия между плюсовыми деревьями. В итоге установлена существенность различий между плюсовыми деревьями по водоудерживающей способности хвои, позволяющая признать их генотипическую обусловленность.

Выводы.

1. Предложенный М.М. Котовым алгоритм пропорционального интерполирования для вычисления значений времени до наступления пятидесятипроцентного обезвоживания тканей, соответствующего критическому физиологическому состоянию растений, вполне корректно определяет указанный период и обеспечивает получение объективных сравнительных оценок водоудерживающей способности плюсовых деревьев.

2. Привлечение уравнений регрессии для определения сроков потери фиксированного количества воды вполне перспективно для анализа динамики процесса водопотери. Их структурные элементы – коэффициенты при аргументе и свободные члены – выступают надежными характеристиками особенностей процессов потери воды хвоей при её свободном высушивании.

3. Методы определения сроков наступления критического обезвоживания хвои при её свободном высушивании позволяют получить адекватные характеристики водоудерживающей способности фотосинтезирующего аппарата хвойных древесных пород. С их помощью установлена выраженная изменчивость плюсовых деревьев сосны обыкновенной по этому показателю.

Список литературы

1. Яблоков, А.С. Лесосеменное хозяйство / А.С. Яблоков. – М.: Гослесбумиздат, 1965. – 465 с.
2. Правдин, Л.Ф. Леса будущего / Л.Ф. Правдин // Новое в жизни, науке и технике. Сер. «Биология», 11. – М.: Знание, 1971. – 64 с.
3. Коновалов, Н.А. Основы лесной селекции и сортового семеноводства / Н.А. Коновалов, Е.А. Пугач. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 176 с.
4. Правдин, Л.Ф. Научные основы организации устойчивой лесосеменной базы / Л.Ф. Правдин, В.П. Яркин // Научные основы селекции хвойных древесных пород. – М.: Наука, 1978. – С. 125 – 142.
5. Петров, С.А. Система плюсовой селекции / С.А. Петров // Разработка основ систем селекции древесных пород: Тез. докл. совещания. Ч. I. – Рига, 1981. – С. 103 – 105.
6. Яркин, В.П. Долгосрочная программа создания постоянной лесосеменной базы на селекционной основе / В.П. Яркин // Лесное хозяйство. – 1990. – № 11. – С. 34 -36.
7. Роне, В.М. Генетический анализ лесных популяций / В.М. Роне. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
8. Пирагс, Д. М. Лесосеменные плантации: их настоящее и будущее / Д. М. Пирагс // Семенные плантации в лесном семеноводстве: Сб. тр. НПО «Силава». – Рига: Зинатне, 1985. – С. 3 – 10.
9. Ефимов Ю. П. О новой категории семенных плантаций древесных пород в лесном семеноводстве России / Ю.П. Ефимов // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения) / Матер. Междунар. научн. конф. – Сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Вып. 59. – Гомель, 2003. – С. 200 – 204.
10. Роне, В.М. Генетическое улучшение свойств лесных древесных видов на семенных плантациях / В.М. Роне // Семенные плантации в лесном семеноводстве: Сб. тр. НПО «Силава». – Рига: Зинатне, 1985. – С. 12 – 21.
11. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. – Воронеж: Истоки, 2010. – 253 с.
12. Потылев, В.Г. Проблемы лесного селекционного семеноводства / В.Г. Потылев // Лесохозяйственная информация. – 1997. – № 3. – С. 14 – 30.
13. Мольченко, Л.Л. К вопросу ранней диагностики генотипа плюсовых деревьев./ Л.Л. Мольченко // Четвертый съезд всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Н.И. Вавилова. Кишинев, 1 – 5 февраля 1982 г.: тез. докл. – Кишинев: Штиинца, 1982. – Ч. – 3. – С. 61.
14. Царев, А.П. К понятию о селекционно улучшенном и сортовом материале в лесном хозяйстве /

А.П. Царев // Интеграция науки и высшего лесотехнического образования по управлению качеством леса и лесной продукции: Материалы международной научно-практической конференции, 25 – 27 сентября 2001 г. – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – С. 378 – 382.

15. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118 – 123.

16. Лир, Х. Физиология древесных растений: Пер. с нем. / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 424 с.

17. Котов, М.М. Метод селекционной оценки сосны на ПЛСУ /М.М. Котов. Экспресс-информация «Лесоразведение и лесомелиорация». Вып. 10. – М., 1981. – 20 с.

18. Котов, М.М. Рекомендации по отбору семян сосны для посадки на лесосеменные плантации /М.М. Котов. – Йошкар-Ола, 1987. – 13 с.

19. Котов, М.М. Отбор семян сосны для лесосеменных плантаций /М.М. Котов // Лесное хозяйство. – 1995. – № 1. – С. 44 – 46.

20. Крамер, Пол Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ./ Пол Д. Крамер, Теодор Т. Козловский. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с., ил.

21. Либберт, Э. Физиология растений: Пер. с нем. / Э. Либберт – М.: Мир, 1976. – 582 с.

22. Хэлворсон, М. Эффективная работа с Microsoft Office 2006: Пер. с англ. / М. Хэлворсон, М. Янг. – СПб.: Изд-во «Питер», 2000. – 1234 с.

Статья поступила в редакцию 10.12.10.

N. N. Besschetnova

TO THE METHODS OF CRITICAL WATER LOSS DETERMINATION OF THE NEEDLES OF PLUS TREES OF SCOTCH PINE (*PINUS SYLVESTRIS L.*)

Rates of critical water amount loss of needles of plus trees of Scotch pine is a true criterion of evaluation of its selective advantage. Regression equations are effective in determination of a period of 50 % water loss of the conifers` samples. Use of the samples to analyze the process may lead to the arsenal increase of the existing methods of research.

Key words: *Scotch pine, plus trees, clones, rates of water loss of needles.*

БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Область научных интересов – проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесообразующих пород. Автор 40 научных публикаций.

E-mail: lesfak@bk.ru