

Проведение работ по реконструкции насаждений парка следует сопровождать санитарной обрезкой деревьев, рубкой усохших экземпляров, расчисткой территории, удалением самосева древесных пород. Однако усохшие экземпляры вяза шершавого плакучего перед главным партером и вяза шершавого у бывшей конюшни, имеющие высокие декоративные характеристики, целесообразно было бы сохранить исходя из их исторической ценности и эстетических соображений. Находящиеся в хорошем состоянии растения, нарушающие композицию парковых перспектив и подлежащие удалению при реконструкции композиций, также желательно по возможности сохранить, пересадив на специально отведенные места.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорук А.Т. Садово-парковое искусство Белоруссии. – Мн.: Ураджай, 1989.
2. Антипов В.Г. Парки Белоруссии. – Мн.: Ураджай, 1975.
3. Троська Я. Стары Станькаўскі парк і асаблівасці яго дрэвастану // Наш край. 1926. – №12. – С.14-17.

УДК 630*524.4

О. А. Атрощенко, профессор; С. В. Ковалевский, аспирант

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЕЙ ВЕЙБУЛЛА РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ДЕРЕВЬЕВ ПО ДИАМЕТРУ В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

The parameters of Weibull function were determined by a method of the maximum likelihood. Weibull distribution describes 42% researched stands.

Строение древостоев имеет важное значение при создании лесотаксационных нормативов, имитации схем рубок ухода, материально-денежной оценке запасов, построении таблиц хода роста и динамики товарности древостоев.

Для математического описания строения древостоев по диаметру применяются различные статистические функции: нормальное и логнормальное, гамма- и бета-функции, распределение Вейбулла и S_V -Джонсона. В последнее время для моделирования распределений числа деревьев, сумм площадей сечений, запасов и высот по ступеням толщины отечественные и зарубежные исследователи используют функцию Вейбулла.

Это распределение получили Р. Фишер и Л. Типпетт в 1928 году при исследовании экстремальных значений случайных величин. Независимо от них оно было вновь открыто Вейбуллом в 1939 году при исследовании надежности материалов. Большое значение работа Вейбулла имела в период второй мировой войны, когда исследования надежности материалов представляли особый интерес. Благодаря этому за статистической моделью утвердилось название распределения Вейбулла.

Распределение Вейбулла широко используется в технике, его применяют как модель распределения времени работы до выхода из строя отремонтированного оборудования, срок работы машин, тракторов и т.д. [1].

Впервые распределение Вейбулла апробировали для описания распределения числа деревьев по диаметру в сосновых древостоях Р. Бейли и Т. Делл [2] в 1973 году, и с тех пор оно весьма широко применяется для моделирования строения одновозрастных искусственных и естественных, преимущественно хвойных насаждений. Эта кривая использована для моделирования строения по диаметрам разновозрастных липня-

ков (Ганина Н. В., 1984), естественных молодняков сосны, ели и березы (Свалов С. Н., 1982), неразрезанных плантаций сосны Эллиотта в штатах Южная Каролина, Джорджия и Флорида, культур сосны замечательной в ЮАР, смешанных насаждений из дугласии и тсуги западной, произрастающих в Каскадных горах США, естественных одновозрастных насаждений тюльпанного дерева в США, плантаций эвкалипта в Индии [3].

Функция распределения Вейбулла имеет вид

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{x-c}{a}\right)^b\right\}. \quad (1)$$

Плотность распределения случайной величины, которая подчиняется распределению Вейбулла, выглядит следующим образом:

$$f(x) = \frac{b}{a} \times \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} \times \exp\left\{-\left(\frac{x-c}{a}\right)^b\right\}, \quad (2)$$

где a – параметр масштаба ($a > 0$); b – параметр формы ($b > 0$); c – параметр сдвига; $x \geq c$.

Параметр c указывает нижнюю границу распределения. При моделировании строения древостоев по диаметру параметр сдвига характеризует минимальный диаметр древостоя.

Распределение с параметром $c=0$ иногда называют двухпараметрическим распределением Вейбулла. Распределение Вейбулла с параметром $b=1$ является экспоненциальным распределением и с параметром $b=2$ – распределением Релея. При $1 < b < 3,6$ функция распределения плотности вероятности имеет форму холма с положительной (правосторонней) асимметрией. При значении b , близком к 3,6, функция Вейбулла аппроксимирует нормальное распределение. Чем значение $b > 3,6$ больше, тем распределение приобретает более левостороннюю асимметрию.

Для оценивания параметров распределения Вейбулла применяют метод Менона, метод моментов, метод максимального правдоподобия, метод процентилей (процентный метод Даби), алгоритмы, таблицы и расчетные примеры для которых приведены в стандарте СЭВ [4].

Оценивание параметров a , b , c без использования ЭВМ наиболее удобно проводить методом моментов, для применения которого надо знать три выборочные характеристики распределения – среднее арифметическое значение, стандартное отклонение, коэффициент асимметрии.

Метод максимального правдоподобия, основанный на решении системы уравнений путем последовательных приближений, применяется при повышенных требованиях к эффективности оценок [3].

Экспериментальный материал представлен данными перечислительной таксации одновозрастных сосновых древостоев на 93 временных пробных площадях мшистого и черничного типов леса, в том числе сосняков мшистых – 78, сосняков черничных – 15 пробных площадей. Исследуемые древостои в возрасте от 10 до 110 лет характеризуются I^a-III классами бонитета, средним диаметром от 3 до 33 см, высотой от 3 до 27 м. Нижние пределы опытных рядов распределения деревьев в древостое варьируют от 0,5 до 16 см (коэффициент вариации $v = 59,3\%$), а верхние пределы от 6,5 до 54 см и характеризуются меньшей вариацией ($v = 40,6\%$).

В настоящей работе для определения параметров распределения Вейбулла использовали два метода – метод Менона и метод максимального правдоподобия.

При оценивании параметров заранее предполагалось, что параметр сдвига (c) известен и равен минимальному диаметру древостоя. При известном минимальном диаметре определение оставшихся двух параметров, с использованием ЭВМ, не составляет больших трудностей.

Определяли параметры a, b по методу максимального правдоподобия в случае известного параметра c путем решения следующей системы уравнений (c неизвестными a, b).

$$\frac{N}{b} - \frac{N \sum_{i=1}^m n_i (x_i - c)^b \ln(x_i - c)}{\sum_{i=1}^m n_i (x_i - c)^b} + \sum_{i=1}^m n_i \ln(x_i - c) = 0. \quad (3)$$

$$a = \left(\frac{\sum_{i=1}^m n_i (x_i - c)^b}{N} \right). \quad (4)$$

Уравнение (3) решается методом последовательных приближений по формуле

$$b_{k+1} = b_k + \frac{\frac{1}{b_k} + \frac{s_1}{N} - \frac{s_3^{(k)}}{s_2^{(k)}}}{\frac{1}{b_k^2} + \frac{s_2^{(k)} \times s_4^{(k)} - (s_3^{(k)})^2}{(s_2^{(k)})^2}}, \quad (5)$$

при этом

$$s_1 = \sum_{i=1}^m n_i \ln(x_i - c), \quad (6)$$

$$s_2 = \sum_{i=1}^m n_i (x_i - c)^{b_k}, \quad (7)$$

$$s_3 = \sum_{i=1}^m n_i (x_i - c)^{b_k} \ln(x_i - c), \quad (8)$$

$$s_4 = \sum_{i=1}^m n_i (x_i - c)^{b_k} \ln^2(x_i - c) \quad (9)$$

и b_k представляет собой k -тое приближение к решению b .

В качестве первого приближения принимали оценку b по методу Менона, которая определяется по формуле

$$b = \frac{\pi}{s_y \sqrt{6}}, \quad (10)$$

где $\pi/\sqrt{6} = 1,28255$;

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m n_i (\ln(x_i - c) - y)^2}{N-1}} \quad (11)$$

$$y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m n_i \ln(x_i - c), \quad (12)$$

где x_i – ступень толщины; n_i – количество стволов в i -той ступени толщины; m – количество ступеней толщины; N – общее количество стволов.

Последовательное приближение завершалось при выполнении условия

$$G_b^{(k)} = \left| \frac{N}{b_k} - \frac{N \times s_3^{(k)}}{s_2^{(k)}} + s_1 \right| < \varepsilon, \quad (13)$$

где ε – заранее избранное положительное число ($\varepsilon=10^{-5}$).

Параметр a получаем путем подставления b в уравнение (4).

Для определения параметров распределения Вейбулла в MS Excel была создана программа “Проба”. Программа, кроме оценки параметров, позволяет вычислять количество стволов по ступеням толщины.

Выравнивание ряда распределения числа деревьев по диаметру в программе “Проба” осуществляется по формуле [5].

$$N_i = N \times \left[\exp\left(-\left(\frac{d_i - d_{\min}}{a}\right)^b\right) - \exp\left(-\left(\frac{d_u - d_{\min}}{a}\right)^b\right) \right], \quad (14)$$

где N_i – число деревьев в i -той ступени толщины; d_i и d_u – граничные минимальное и максимальное значения i -той ступени толщины; N – общее число стволов в древостое; a – параметр масштаба; b – параметр формы; d_{\min} – нижняя граница распределения, или минимальный диаметр древостоя.

После нахождения параметров распределения Вейбулла и выравнивания теоретического ряда распределения числа деревьев по ступеням толщины проводили оценку соответствия опытного распределения экспериментальным данным. В качестве критерия согласия применяли χ^2 – критерий Пирсона. Результаты показали, что на 95%-ном уровне вероятности функция Вейбулла описывает 42% общего количества исследуемых древостоев. Теоретическая функция с одинаковой вероятностью аппроксимирует распределения деревьев по диаметру с правосторонней (положительной) и левосторонней (отрицательной) асимметрией.

Распределение Вейбулла при моделировании строения по диаметру сосновых древостоев мшистого и черничного типов леса показало удовлетворительные результаты. На наш взгляд, исследования в этом направлении следует продолжить, а также необходимо применить данную теоретическую функцию распределения для аппроксимации распределения деревьев по диаметру других древесных пород (ель, береза, ольха и осина).

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. – М.: Лесная промышленность, 1978.
2. Bailey R.L., Dell T.R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function // Forest science. 1973. Vol. 19. P. 97-104.

3. Свалов С.Н. Применение статистических методов в лесоводстве // Итоги науки и техники. Серия лесоведения и лесоводства. – М., 1985. Т. 4.
4. СТ СЭВ 877-78. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла. 1978.
5. Magnussen S. Diameter distributions in *Picea abies* described by the Weibull model // Scand. J. Forest Res. 1986. 1. № 4. P. 493-502.

УДК 630*433.3

А. В. Хвасько, ассистент; Н. И. Федоров, профессор

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МУЧНИСТОЙ РОСЫ В ДУБОВЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ БЕЛАРУСИ

In the article the items of information on features of distribution and development of dew in oak phytocenosis of Belarus are given.

В настоящее время на территории Беларуси дубравы занимают 224 тыс. га, или 3.3% лесопокрытой площади с запасом древесины 34 млн. м³ [1, 2]. Преобладающее распространение в них занимает дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), который является одной из наиболее ценных древесных пород, естественно произрастающих в стране. Он также является эдификатором не только дубовых фитоценозов, но и всех широколиственных лесов, где порода является постоянным компонентом. И только в юго-западной части республики к нему примешивается дуб скальный, или сидячецветный (*Q. petraea* Liebl).

На состояние и продуктивность дубрав большое влияние оказывают многие инфекционные болезни. Из них наиболее вредоносной и распространенной болезнью дуба на территории Беларуси является мучнистая роса листьев, вызываемая сумчатым грибом *Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.

Эта болезнь охватывает весь ареал рода *Quercus* L. на Европейской территории бывшего СССР, а следовательно, и целиком территорию Беларуси [3]. Вместе с неравномерным размещением дубрав в республике, а также различиями в лесорастительных и погодных условиях, наблюдается наличие специфических особенностей в распространении болезни в пределах лесорастительных зон.

Фитопатологическим обследованием, проведенным в культурах дуба, произрастающих в различных лесорастительных условиях Беларуси, в 1997-2000 годах установлено, что мучнистая роса в дубравах распространена повсеместно. Как видно из данных, приведенных в табл. 1, средний показатель встречаемости патогена в культурах высок и составляет 93%.

Несколько меньшая встречаемость мучнистой росы отмечена в дубравах северной и центральной геоботанических подзон и соответственно равна 89 и 91%. В южной геоботанической подзоне степень поражения значительно выше, чем в среднем по республике и составляет 95%. Это, вероятно, связано со снижением устойчивости дуба черешчатого к мучнистой росе по мере приближения к южной границе страны, а также преобладанием ранораспускающейся формы дуба черешчатого.

На территории отдельных лесхозов, в пределах границ лесорастительных районов и по направлению запад-восток показатель встречаемости болезни неодинаков и зависит от лесотипологической структуры насаждения и естественно-исторических условий района. Как правило, в большей степени охвачены заболеванием насаждения, пройденные рубками ухода и расположенные в крупных массивах дубовых лесов.