

БИОМЕХАНИКА СТВОЛА *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. В ОНТОГЕНЕЗЕ

В. О. Корниенко

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Поступила в редакцию 27.09.2016 г.

Аннотация. Древесные растения в процессе онтогенеза претерпевают морфологические и физиологические изменения, что связано с адаптацией к условиям окружающей среды и с размножением. В работе изучены онтогенетические изменения биомеханических свойств живой древесины *Robinia pseudoacacia* L. в условиях Донецка и установлены возрастные изменения геометрических, и аллометрических параметров. Нелинейное увеличение отношения радиального прироста к вертикальному в ходе онтогенеза приводит к сложной зависимости устойчивости дерева от его возраста.

Ключевые слова: биомеханика, онтогенез, архитектоника, древесина, механические свойства, модуль упругости

Abstract. Wood plants in the process of ontogenesis are underwent morphological and physiological changes that is related with adaptation to environmental conditions and with reproduction. In the work studied ontogenetic changes biomechanical properties of green wood *Robinia pseudoacacia* L. in the conditions of Donetsk, has set age-related changes of geometrical and allometric parameters. Non-linear increase in the relation of a radial growth to vertical during ontogenesis results in difficult dependence of stability of a tree on its age.

Keywords: biomechanics, ontogenesis, architectonics, wood, mechanical properties, modulus of elasticity

Древесные растения в процессе онтогенеза претерпевают морфологические и физиологические изменения, связанные с адаптацией к условиям обитания и с размножением. Разнообразные физиологические процессы, происходящие в организме растения (транспирация, фотосинтез, цветение и продукция семян, производство гормонов и т.д.), определенным образом синхронизированы и скоррелированы, но на протяжении жизни одни из них могут доминировать, другие отсутствовать. Многие из этих процессов и явлений изучены довольно подробно и на разных уровнях, но некоторые из них остаются мало или вовсе не исследованными. К числу последних принадлежат биомеханические аспекты онтогенетических изменений растений, хотя первые работы в этом направлении были проведены около 200 лет назад Knight T.A. (1803). Позже подобные исследования были проведены В.Ф. Раздорским около 70 лет назад.

Целью настоящей работы было установление онтогенетических изменений биомеханических свойств древесного растения; выяснение важных аспектов адаптации дерева к комплексу факторов окружающей среды, механизмов диверсификации кроны, поддержание собственного веса.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

При выборе участка для проведения исследований был выработан следующий подход: измерения каждой серии необходимо проводить на деревьях одного вида; абиотические условия произрастания деревьев должны быть одинаковыми; для выбранного участка необходимо исследовать максимально возможное количество деревьев. С учетом указанных особенностей, исследования были проведены на базе Донецкого Ботанического сада.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Read J., Stokes A. выяснили, что условия произрастания влияют на механические свойства древе-

сины всех видов [1], а у некоторых эта зависимость особенно выражена [2]. В связи с вышесказанным в работе измерили основные биомеханические параметры (модуль упругости (E), плотность (ρ), жесткость (I)) живых тканей робинии псевдоакация в условиях степной зоны Донецка. Модуль упругости составляет $3,874 \cdot 10^9 \pm 0,45 \cdot 10^9$ Н/м², а плотность древесины $734,7 \pm 15$ кг/м³. В зависимости от возрастного класса, жесткость на изгиб варьирует от $5,43 \cdot 10^9$ до $9,12 \cdot 10^{18}$ Н·м².

Изучили морфологические и аллометрические параметры всей надземной части 6 молодых растений в виргинильной фазе развития, а также стволов и скелетных побегов 47 растений в разных стадиях генеративной фазы. Отношение массы листьев к диаметру основания для всех исследуемых побегов у деревьев виргинильной фазы роста выражено степенной зависимостью, показатель равен 1.7632, а квадрат коэффициента корреляции 0,92. Зависимость массы листьев от длины побегов – линейная. Тангенс угла равен 0.1495. Квадрат коэффициента корреляции ниже по сравнению с зависимостью массы листьев от диаметра основания побега $R^2=0,77$.

Для того чтобы понять на сколько близко дерево к разрушению, необходимо учитывать значение критической массы, которая соответствует нагрузке, приводящей к облому ствола или скелетных ветвей. В особенности важным показателем является отношение массы ветвей и листьев, прикрепленных к стволу, к критической массе. Отношение биомассы к критической массе существенно снижается с увеличением отношения d/l (рис. 1). Соответственно с характером возрастных изменений d и l , механическая устойчивость старых деревьев в целом растет (рис. 2).

С позиций биомеханики соотношение $d_{осн}/l$ является важным параметром устойчивости дерева к внешним механическим нагрузкам и способности поддержания собственной массы. Для

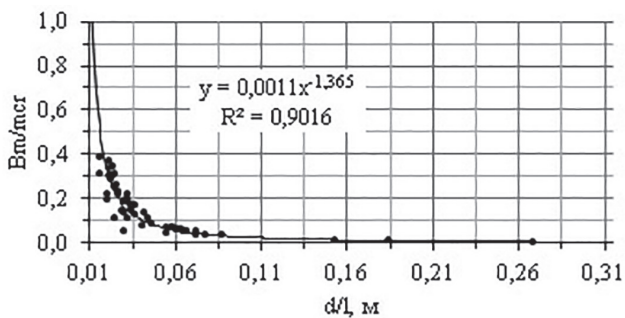


Рис. 1. Отношение биологической массы (B_m , кг) к массе критической (m_{cr} , кг) от диаметра к длине

растений виргинильной фазы роста оно линейное (скелетные ветви). Тангенс угла наклона 0,008, а R^2 равен 0,87. Если рассматривать стволы растений виргинильной фазы, то функция экспоненциальная и ее рост гораздо быстрее (показатель равен 0,43), чем у старовозрастных (0,12) (рис. 3).

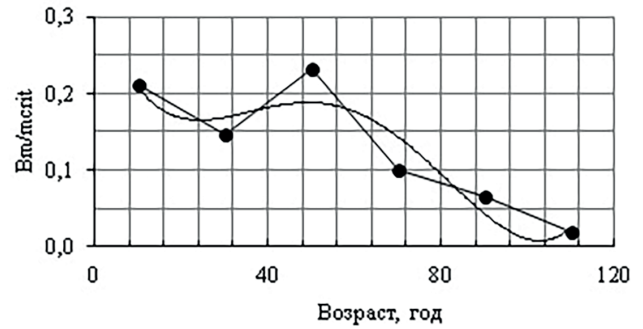


Рис. 2. Отношение биологической массы к массе критической от возраста деревьев

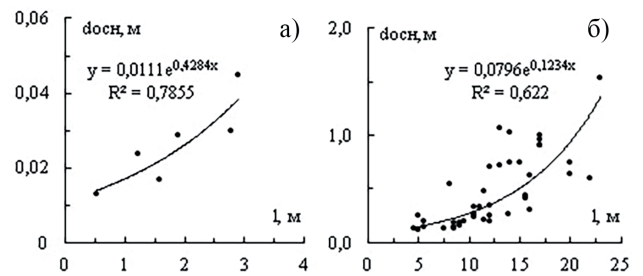


Рис. 3. Зависимость диаметра основания ($d_{осн}$, м) от длины (l , м) стволы виргинильных (а) и старовозрастных (б) растений

По мере роста, взросления дерева, у него изменяются геометрические и морфологические параметры. Механическая устойчивость, которая определяется коэффициентом жесткости, находится в связи с диаметром (d^4) и с длиной (l^{-2}). Поэтому отношение d/l может быть использовано как морфологический маркер устойчивости дерева или его скелетных ветвей. Характер онтогенетических изменений d и l , обуславливает увеличение механической устойчивости старовозрастных деревьев. Однако существуют процессы, приводящие к снижению прочности древесины – это повреждение дерева разрушающими грибами, морозами и т.п. патологии.

В ходе изучения онтогенетических изменений биомеханических свойств *Robinia pseudoacacia* L. установили, что нелинейное увеличение отношения радиального прироста к вертикальному (или длине для побегов) в ходе онтогенеза приводит к сложной зависимости устойчивости дерева от его возраста. Минимальная устойчивость характерна

для I и III (либо I – III) классов возрастных состояний [3], когда наблюдается несоответствие между действующими на дерево нагрузками и его размерами (рис. 4).



Рис. 4. Отношение жесткости на изгиб (EI) ро-
биний для разных возрастных классов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве биологической интерпретации полученных результатов можно предположить, что на начальных стадиях онтогенеза древесных растений их биомеханика обеспечивает выживание посредством высокой гибкости. Это связано с не-

большой критической массой и нагрузкой, которые легко достигаются при действии на растение разных факторов от осадков и ветра до животных и человека. Лишь значительное увеличение линейных размеров позволяет удерживать собственную массу весом в несколько сотен кг и выше, а также выдерживать метеорологические явления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Read J. Plant biomechanics in an ecological context / J. Read, A. Stokes // *Am. J. Bot.* — 2006. — Vol. 93, №10 — P. 1546-1565.
2. Древесные породы мира : пер. с англ. / под ред. Г.И. Воробьева. — М. : Изд-во Лесн. пром-сть. — 1982. — Т. 2. — 352 с.
3. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники : методические разработки для студентов биологических специальностей / А.А. Чистякова [и др.]. — М. : Прометей, МГПИ им. В.И. Ленина, 1989. — 106 с.

Донецкий национальный университет
Корниенко В. О., ст. преп. кафедры биофизики
Тел.: (099)221-26-90
E-mail: dayterry@rambler.ru

Donetsk National University
Kornienko V. O. lead educator by Department of
Biophysics
Ph.: (099)221-26-90
E-mail: dayterry@rambler.ru