Особенности строения и развитие крон древесных растений рода *Robinia* L.

Сергей Евгеньевич Лазарев

Соискатель, старший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
Hortus@yandex.ru
0000-0001-6473-6242

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая
лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
doksemenutina@mail.ru
0000-0003-3250-6877

Поступила в редакцию 8.09.2020

Принята 22.12.2020

Опубликована 15.03.2021

10.25726/i6395-6040-9461-r

Аннотация

Важнейшим элементом формирования габитуса древесных растений является размер и форма кроны. Проектирование декоративных композиций в садово-парковом строительстве возможно только с учетом особенностей строения и развития крон. В родовом комплексе *Robinia* L. представлено четыре вида и несколько декоративных форм древесных растений, существенно отличающихся строением и особенностями развития крон. Проектирование ландшафтных композиций с использованием этих растений затрудняется тем, что все они способны формировать разные типы крон в зависимости от экологических условий произрастания в процессе онтогенетического развития. В связи с этим целью данной работы стало изучение особенностей строения и развития крон представителей рода *Robinia* в разных экологических условиях. Объектами исследований являлись виды и формы рода *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray.; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe.; произрастающие в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН, кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10. Проведенные исследования показали, что на формирование крон оказывает влияние генетически обусловленная архитектурная модель, а также экологические факторы среды обитания, главными из которых являются: гидрологический режим, освещенность и ветровая нагрузка. Формирование определенной жизненной формы под воздействием гидрологического режима приводит к изменению общей геометрии кроны, неравномерное освещение к увеличению асимметрии, а повышенная ветровая нагрузка уменьшает общую плотность кроны. Установлено, что для *R. pseudoacacia* с жизненной формой одноствольного дерева типичной является раскидистая форма кроны, а для *R. neomexicana* и *R. viscosa* – узкоовальная и купольная соответственно. Многоствольные жизненные формы *R. neomexicana* имеют преимущественно округловерхнеовальные кроны, *R. viscosa* – округлокупольные. Кроны *R. pseudoacacia* с изменением жизненной формы как правило меняют только общую геометрию, сохраняя при этом раскидистую форму. Формирование такого типа кроны вызвано крупными размерами растений этого вида. Большая высота и диаметр кроны приводят к повышенной

ветровой нагрузке (Chan W., Eng Y..., 2020; Bunce A., Volin J.C., Miller D.R., 2019), для снижения которой в процессе эволюции сформировалась раскидистая крона с высокой степенью ажурности (просветы составляют 60-70%). Выявлено, что строгие геометрические шаровидные и колоновидные формы характерны только для декоративных форм *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* и *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*, а высокоштамбовые формы образуются у растений после радикальной омолаживающей обрезки на высоте 3-3,5 метров. *R. pseudoacacia* после радикальной омолаживающей обрезки формирует округло-овальную, *R. neomexicana* – округло-верхнеовальную, а *R. viscosa* – ширококупольную или даже зонтично-купольную форму. Анализ архитектурных моделей позволил определить основные закономерности формирования крон различных видов. Так, при развитии купольной кроны *R. viscosa* определяющим фактором является генетическая предрасположенность к образованию наклоненно-поникающих обрастающих ветвей. Восходящие и наклоненные побеги *R. neomexicana* при относительно высокой плотности кроны (просветы составляют 50-60%) приводят к формированию узкоовальной формы кроны. В процессе реализации генетической программы развития у *R. pseudoacacia* преимущественно образуются скелетные ветви, восходящие под углом (45) 50-70 градусов, а у *R. viscosa* и *R. neomexicana* под углом 60-80 (85) градусов. Результаты проведенных исследований показали, что существенную трансформацию кроны всех видов претерпевают в процессе онтогенеза. У синильных экземпляров одноствольных деревьев значительно увеличивается асимметричность, кроны приобретают раскидистую или флагообразную форму. Дальнейшие процессы старения приводят к потере центрального проводника и трансформации жизненной формы в многоствольное аэроксильное или геоксильное дерево. Установлено, что плотность крон всех изучаемых видов *Robinia* имеет ярко выраженную сезонную и суточную динамику. Сезонная динамика определяется не только осенним, но и летним листопадом. Суточные колебания плотности протекают благодаря термонастическим движениям сложных листьев.

Ключевые слова

Озеленение; плотность кроны; габитус; архитектурная модель; жизненные формы; развитие крон; *Robinia*, *R. pseudoacacia*, *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. hispida*, *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*, фиторазнообразии

Исследования выполнены по теме Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (№ 121041200195-4).

Введение

Внешний вид растения является главным критерием отбора при проектировании декоративных композиций в ландшафтной архитектуре. При этом, особенности строения кроны всегда выступают важнейшим элементом в формировании общего облика древесных растений. Габитус древесных растений определяется формой, фактурой, плотностью кроны, а также строением ствола, скелетных и обрастающих ветвей. Формирование композиций в садово-парковом строительстве возможно только с учетом всех особенностей строения и развития крон древесных растений. Подбор ассортимента для проектирования декоративных древесных групп и ландшафтных композиций осложняется тем, что большинство древесных растений склонно к формированию разных типов крон в зависимости от условий произрастания. Одним из характерных примеров полиморфности в строении крон даже при небольшом таксономическом разнообразии является род *Robinia* L [10; 11].

В связи с этим целью данной работы стало изучение особенностей строения и развития крон представителей рода *Robinia* в разных экологических условиях.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись виды, разновидности и формы древесных растений рода *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray.; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* Vent. var. *hartwegii* (Koehne) Ashe.

Исследовательские работы проводились на базе кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10) и в объектах озеленения общего, ограниченного пользования и специального назначения населенных пунктов Волгоградской области.

Характеристика жизненных форм растений проводилась по классификации И.Г. Серебрякова: многоствольные и одноствольные деревья, кустарники, а также по классификации Г.М. Зозулина: рестативные и ирруптивные. Размеры, структура и этапы формирования крон изучались по данным таксационных измерений в насаждениях различного типа и возраста. Форма кроны определялась по соотношению вертикальных и горизонтальных проекций. Классификация крон изучаемых растений проводилась по системе А.И. Колесникова: раскидистая, пирамидальная, овальная, яйцевидная, обратнойцевидная, зонтичная, шаровидная, штамбовая, кустовая, флагообразная. В соответствии с классификацией М.И. Черкасова по геометрии верхней и нижней части кроны были разделены на овальные, нижнеовальные, верхнеовальные и купольные, а по соотношению высоты и ширины на узкокронные (широкопирамидальные), округлые, ширококронные и зонтичные (рисунок 1).

Рисунок 1. Классификация древесных растений по соотношению высоты, ширины и геометрии верхней и нижней части кроны

Характеристика крон по плотности проводилась по общепринятой классификации. Степень ажурности определялась по процентному соотношению просветов кроны: легкая, сквозистая (просветы составляют 50% и более), средней плотности (просветы составляют от 25 до 50%), массивная, плотная

(просветы составляют не более 25%). Оценка поверхности строения кроны (фактуры) проводилась по следующей классификации: крупная рыхлая, крупная плотная, мелкая рыхлая и мелкая плотная.

Описание системы скелетных, обрастающих ветвей и побегов проводили с учетом основного направления роста: прямостоячие, наклоненные, поникающие, свешивающиеся, восходящие, стелящиеся, ползучие, вьющиеся, лазающие, а также ортотропные, плагиотропные и анизотропные.

Таксационные показатели насаждений определялись методом массовых наблюдений с использованием среднеарифметических величин. Математическая обработка результатов осуществлялась в прикладной программе MS Excel с определением средних значений и стандартного отклонения (σ) для характеристики рассеивания показателей тех или иных признаков.

Результаты и обсуждение

Все представители рода *Robinia* – древесные растения. Типичную жизненную форму кустарника имеет только один вид – *Robinia hispida* L. Остальные виды в зависимости от условий произрастания могут формировать жизненную форму одноствольного или многоствольного дерева. Одноствольная жизненная форма характерна для растений, произрастающих в оптимальных, а многоствольная - в сложных лесорастительных условиях [3]. Уменьшение общей высоты и формирование многоствольных систем является важным приспособлением для выживания растений при недостаточном или избыточном влаго- и теплообеспечении [13; 2].

Кроме жизненной формы, на развитие определенного типа кроны непосредственное влияние оказывают условия произрастания. Одноствольные деревья *R. pseudoacacia* склонны к формированию раскидистой кроны, однако в плотных сомкнутых насаждениях при ухудшении освещенности деревья крайних рядов, как правило, образуют неправильные флагообразные кроны [6], а в оптимальных условиях освещения отдельно растущие деревья (солитеры) - узкоовальные или узковерхнеовальные кроны (таблица 1).

Для одноствольных деревьев *R. viscosa* типичной можно считать узкокупольную или узковерхнеовальную форму кроны, при этом в сложных лесорастительных условиях она может формировать раскидистую или флагообразную крону.

R. neomexicana, как и *R. viscosa* под воздействием неблагоприятных экологических факторов также могут образовывать раскидистую или флагообразную форму, однако типичной для нее можно считать узкоовальную или узкокупольную крону (таблица 1).

Таблица 1. Формы кон представителей рода *Robinia* в зависимости от условий произрастания и агротехники выращивания

	Одноствольное дерево Оптимальные лесорастительные условия	Многоствольное дерево Сложные лесорастительные условия	Радикальная омолаживающая обрезка Высота штамба 3-3,5м
<i>Viscosa</i>	Узкокупольная Узковерхнеовальная Раскидистая Флагообразная	Округлокупольная Раскидистая	Ширококупольная Зонтичнокупольная Флагообразная
<i>Pseudoacacia</i>	Раскидистая Узковерхнеовальная Узкоовальная Флагообразная	Раскидистая Округло-верхнеовальная	Округло-овальная Округло- верхнеовальная
<i>Neomexicana</i>	Узкоовальная Узковерхнеовальная Раскидистая Флагообразная	Округло-верхнеовальная Раскидистая	Округло- верхнеовальная Округлокупольная

Пирамидальная	Колоновидная Раскидистая (синильные)	Колоновидная Раскидистая (синильные)	-
Шаровидная (привитая форма)	Шаровидная Штамбовая Флагообразная (синильные)	-	-

Кроме экологических условий на формирование той или иной формы кроны непосредственное влияние оказывает архитектурная модель, как генетическая программа развития общей конструкции взрослого растения. При этом большое влияние на внешний вид оказывает система обрастающих ветвей. По данному признаку явно выделяется *R. viscosa*, побеги которой имеют обратный рост, благодаря чему формируется наклоненно-понижающая система ветвей. Склонность к образованию системы поникающих побегов приводит к развитию купольной формы кроны. В отличие от *R. viscosa*, *R. pseudoacacia* имеет преимущественно восходящие, а *R. neomexicana* наклоненные и восходящие обрастающие ветви (рисунок 2).

Рисунок 2. Типичные формы крон представителей рода *Robinia* с жизненной формой одноствольного дерева: а) *Robinia pseudoacacia*, б) *Robinia neomexicana*, в) *Robinia viscosa*.

Форма кроны зависит также от системы скелетных ветвей. Даже на открытых пространствах одиночно стоящие деревья *R. pseudoacacia* склонны к формированию скелетных ветвей, восходящих под углом (45) 50-70 градусов. У *R. viscosa* и *R. neomexicana* наклон скелетных ветвей выражен слабее. Скелетные побеги преимущественно отходят под углом 60-80 (90) градусов.

В сложных лесорастительных условиях все представители развивают жизненную формы многоствольного дерева. Возникающие отличия в структуре основных скелетных осей в первую очередь приводят к изменению общей геометрии крон. Так, узкокупольная крона *R. viscosa* становится

более широкой, приобретая округлокупольную форму, а узкоовальная крона *R. neomexicana* приобретает округло-верхеовальную форму.

Шаровидные и пирамидальные формы кроны древесных растений в естественных условиях встречаются довольно редко, поэтому геометрически правильные формы быстро закрепляются в культуре. Так, в декоративном садоводстве широкое распространение получили: *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* с колоновидной и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* с шаровидной формой кроны.

Штамбовая шаровидная декоративная форма размножается только искусственным вегетативным способом. В объекты озеленения она попадает уже в виде сформированных растений в виргинильном возрасте с типичной шаровидной формой кроны. Взрослые растения *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* не вступают в генеративную фазу, однако у них увеличиваются общие размеры и утолщается штамб. У стареющих деревьев начинается деформация формы кроны. За счет отмирания части обрастающих и скелетных ветвей усиливается асимметричность и сильно уменьшается плотность. У синильных растений увеличение асимметричности приводит к формированию типичной флагообразной кроны (рисунок 3).

Рисунок 3. Развитие и старение кроны *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*

Аналогично протекает старение у *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* с колоновидной формой кроны. У стареющих экземпляров крона становится более редкой и появляется асимметрия. Синильные растения как правило теряют центральные скелетные ветви за счет чего крона приобретает раскидистую форму (рисунок 4).

Рисунок 4. Развитие и старение кроны *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*

Процессы старения крон и смены жизненных форм у типичных представителей *R. pseudoacacia* протекают немного иначе. Старение начинается с уменьшения плотности кроны. Отмирает часть обрастающих ветвей, увеличивается ажурность. На следующем этапе сокращается количество скелетных ветвей. При чем, в первую очередь, дерево теряет нижние скелетные ветви. Суховершинность и потеря ветвей в центральной части кроны наблюдается только на следующем этапе старения.

Рисунок 5. Развитие и старение кроны *Robinia pseudoacacia*

Все представители рода *Robinia* имеют рестативную или ирруптивную жизненную форму, поэтому потеря большинства надземных органов не приводит к полной гибели растений. Вегетативное возобновление начинается за счет образования и развития придаточных почек в нижней части ствола стареющего дерева. На дальнейшем этапе онтогенеза начинается развитие жизненной формы многоствольного дерева. В естественных условиях вегетативное возобновление, как правило, приводит к формированию многоствольной структуры по аэроксильному типу, однако проведение санитарных рубок на данном этапе обычно провоцирует дальнейшее развитие многоствольного дерева геоксильного типа (рисунок 6).

Рисунок 6. Вегетативное возобновление роста *Robinia pseudoacacia* и смена жизненной формы с одноствольного на многоствольное дерево

Таким образом, форма кроны и жизненная форма всех представителей рода *Robinia* сильно меняется в процессе онтогенеза. Процессы трансформации наблюдаются не только у стареющих деревьев, но и в молодом возрасте. Так, в неблагоприятных условиях существования, многие представители в имматурном состоянии могут иметь жизненную форму кустарника, однако с появлением благоприятных условий начинает формироваться центральный проводник и растение приобретает жизненную форму одноствольного дерева.

К сильной трансформации кроны приводят также санитарные рубки, радикальные омолаживающие и формирующие обрезки. Предрасположенность к формированию новой формы кроны после радикальной обрезки во многом зависит от видовой принадлежности и определяется генетической программой развития. Радикальная обрезка *R. pseudoacacia* на высоте 3-3.5 метров приводит к образованию большого количества обрастающих восходящих или наклоненных побегов с выраженным ортотропным ростом. Данная модель приводит к формированию округло-овальной формы кроны. Однако, дальнейшее развитие в процессе онтогенеза, как правило, приводит к частичной потере нижних ветвей и образованию кроны верхнеовальной формы. Процесс трансформации округло-овальной кроны в верхнеовальную ускоряется в неблагоприятных условиях при недостаточном освещении (рисунок 7).

Необходимо отметить, что после радикальной обрезки образование придаточных почек и формирование обрастающих побегов может происходить по всей высоте оставшейся части ствола. Склонность к вегетативному возобновлению в нижней части увеличивается с возрастом. Особенно выражен этот процесс у стареющих и синильных деревьев, поэтому радикальную обрезку с целью формирования штамбовой округло-овальной формы необходимо начинать в генеративном возрасте, не дожидаясь появления процессов старения кроны.

Рисунок 7. Типичные высокоштамбовые кроны представителей рода *Robinia* после радикальной обрезки на высоте 3-3,5 м.: а) *Robinia pseudoacacia*, б) *Robinia neomexicana*, в) *Robinia viscosa*.

Восстановление кроны *R. neomexicana* после радикальной обрезки на высоте 3-3,5 метров происходит по другому типу. *R. neomexicana* имеет относительно небольшие размеры, поэтому обрезка на такой высоте приводит к побегообразованию по всей высоте оставшейся части ствола. Развитие обрастающих ветвей в верхней части штамба происходит менее интенсивно чем у *R. pseudoacacia*, поэтому дальнейшее формирование штамба возможно только с помощью дополнительной формирующей обрезки. Кроме того, обрастающие побеги теряют способность к ортотропному росту, что приводит к образованию системы наклоненных ветвей и как следствие округло-верхнеовальной или даже округлокупольной кроны (рисунок 7).

R. viscosa, как и *R. neomexicana* имеет относительно небольшие размеры поэтому радикальная обрезка на высоте 3-3,5 метров запускает аналогичные процессы регенерации. Однако склонность *R. viscosa* к формированию поникающих побегов с обратным ростом приводит к формированию ширококупольной и даже зонтичной кроны.

Необходимо отметить, что формирование таких крон возможно только при достаточной освещенности. При недостатке освещения после радикальной обрезки *R. viscosa* и *R. neomexicana* образуют ассиметричные раскидистые или флагообразные кроны.

Большое значение для формирования общего габитуса растения имеет плотность и фактура кроны [15]. По плотности все представители имеют легкое ажурное строение. Самой редкой, сквозистой кроной (просветы составляют более 60-70%) отличается *R. pseudoacacia*. Несколько плотнее, как-правило, кроны *R. neomexicana* и *R. viscosa* (просветы составляют 50-60%).

Все изучаемые представители имеют мелкую рыхлую фактуру кроны, так как обладают крупными сложными листьями с мелкими листовыми пластинками (рисунок 8).

Рисунок 8. Мелкая рыхлая фактура кроны *Robinia pseudoacacia*

Необходимо отметить, что на плотность кроны непосредственное влияние оказывает строение, размеры и количество листьев. При этом количество листьев, а значит и плотность кроны может значительно варьировать в течении вегетационного периода. Данные процессы характерны для растений разных флористических царств и областей [5]. Во время летней продолжительной засухи все представители рода *Robinia* способны сбрасывать часть листьев для снижения общей транспирации, что приводит к увеличению сквозистости (ажурности) крон (рисунок 9).

Рисунок 9. Уменьшение плотности кроны *R. pseudoacacia* после летнего листопада

Плотность кроны может даже меняться в зависимости от времени суток. Все виды рода *Robinia* имеют активный механизм снижения температуры листьев в период продолжительной засухи. Способность к термонастическим движениям позволяет складывать листочки сложного листа под воздействием высоких дневных температур (рисунок 10). Восстановление формы листьев наблюдается в вечернее время при снижении температуры поверхности листовых пластинок. Таким образом данный механизм значительно снижает плотность кроны в самое жаркое время суток. В связи с этим использование *Robinia* в качестве серьезной теневой завесы для снижения общей солнечной радиации мало перспективно.

Рисунок 10. Суточные колебания плотности кроны *R. neomexicana* за счет термонастических движений листочков сложного листа

Другая важная характеристика общего габитуса древесных растений – это высота и диаметр кроны, а также высота штамба.

Высота штамба различных представителей отличается незначительно. Она не имеет явных видовых особенностей и зависит исключительно от условий произрастания и возраста растений. Более высокими штамбами отличаются растения в густых сомкнутых насаждениях, а низкие – формируются при достаточном освещении на открытых пространствах.

В отличие от высоты штамба, общая высота растений и диаметр крон носят видоспецифичный характер. Сравнительная характеристика различных представителей рода *Robinia* в 20-летнем возрасте в сухостепных условиях показала, что максимальных размеров достигают насаждения *R. pseudoacacia* на нижних террасах крупных балок и речных долин по высоте 10,85 м ($\sigma = 0,69$) и проекции кроны 5,35 x 6,15 ($\sigma 0,53-0,83$). *R. neomexicana* var. *rusbyi* в озеленительных насаждениях ограниченного и общего пользования в условиях орошения достигает высоты 7,85 м ($\sigma = 0,75$) и проекции кроны 4,75 x 5,72 ($\sigma 0,45-0,63$). В озеленительных насаждениях г. Волгограда *R. viscosa* var. *hartwegii* достигает высоты 5,25 м ($\sigma = 1,13$) с проекцией кроны 3,52 x 4,28 ($\sigma 0,58-0,59$). Самые крупные экземпляры *R. viscosa* var. *hartwegii* были зафиксированы в объектах озеленения населенных пунктов Черноярского района Астраханской области в возрасте 20-лет они достигали высоты 7,2 м при проекции кроны 4,15 x 4,52 ($\sigma 0,49-0,75$) м. (таблица 2).

Таблица 2. Таксационные показатели насаждений различных видов и форм рода *Robinia* L. в защитных лесных насаждениях Южного федерального округа

Насаждение	Тип посадок, кол-во	Возраст (лет)	Высота (м)	Диаметр (см)	Индекс многоствольности	Проекция кроны (м)
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>neomexicana</i>	массив	~20	7,20	5,85	2,33	3,67 x 4,07

Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.631616°N 44.423020°E).			σ 0,35	σ 2,26	σ 0,52	σ 0,83-1,01
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>neomexicana</i> Противоэрозионные и лесозащитные насаждения территории ВОЛГУ, средняя часть склона р. Волга. (г. Волгоград: 48.641656°N 44.431266°E).	много-рядная	~20	5,93 σ 0,28	5,71 σ 1,86	2,8 σ 0,84	4,04 x 4,72 σ 0,55-0,41
<i>Robinia neomexicana</i> ф. бледно-фиолетовая Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	7,51 σ 0,58	7,0 σ 2,75	2,5 σ 0,52	4,54 x 5,48 σ 1,46-1,53
<i>Robinia neomexicana</i> ф. бледно-розовая Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	5,42 σ 0,38	5,52 σ 2,05	2,4 σ 0,32	3,92 x 5,35 σ 0,42-0,71
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>rusbyi</i> Озеленительные насаждения ограниченного и общего пользования (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	7,85 σ 0,75	7,52 σ 1,94	1,9 σ 0,24	4,75 x 5,72 σ 0,45-0,63
<i>Robinia pseudoacacia</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	10,85 σ 0,69	8,29 σ 3,99	1,75 σ 1,83	5,35 x 6,15 σ 0,53-0,83
<i>Robinia pseudoacacia</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, водораздельная территория р. Отрада, б. Григорова и б. Хохлатская (г. Волгоград, 48.617162°N 44.373890°E).	много-рядная	~20	8,50 σ 0,37	9,25 σ 5,05	4,0 σ 1,83	5,8 x 5,0 σ 1,14-1,19
<i>Robinia pseudoacacia</i> Придорожная защитная полоса, нижняя терраса Ергенинской возвышенности (г. Волгоград, 48.478303°N 44.542255°E).	рядовая,	~50	15,48 σ 1,02	48,14 σ 4,74	1,17 σ 0,41	7,0 x 7,4 σ 2,08-1,92
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. <i>pyramidalis</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, водораздельная территория р. Отрада, б. Григорова и б. Хохлатская (г. Волгоград, 48.617162°N 44.373890°E).	рядовая,	~20	9,04 σ 0,72	6,9 σ 3,32	5,2 σ 1,54	2,4 x 2,6 σ 1,09-1,72
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. <i>umbraculifera</i> Насаждения общего пользования (Волгоградская область, г. Волжский, 48.789792°N 44.767318°E).	рядовая	~30	5,29 σ 0,19	34,8 σ 3,56	1 σ 0,00	4,28 x 5,32 σ 0,76-1,23
<i>Robinia viscosa</i> var. <i>hartwegii</i> Насаждения ограниченного пользования территории жилой застройки (г. Волгоград, 48.714435°N 44.522379°E)	груп-повая	~20	5,25 σ 1,13	14,4 σ 2,51	1 σ 0,00	3,52 x 4,28 σ 0,58-0,59
<i>Robinia pseudoacacia</i> x <i>Robinia neomexicana</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии	груп-повая	~20	9,25 σ 1,15	7,91 σ 2,45	1,8 σ 1,52	5,15 x 6,05 σ 0,83-1,45

РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).						
<i>Robinia viscosa</i> var. <i>hartwegii</i> Насаждения ограниченного пользования, с. Старица, Астраханская область.	солитерная	~20	7,2 σ 0,75	21,3 σ 2,31	1 σ 0,00	4,15 x 4,52 σ 0,49- 0,75

Заключение

Проведенные исследования показали, что все представители рода *Robinia* могут формировать различные жизненные формы и типы крон в зависимости от условий произрастания. Главным определяющим фактором формирования той или иной жизненной формы в аридных условиях Европейской территории России является гидрологический режим местообитания. Одноствольные жизненные формы образуются только при достаточном влагообеспечении в азональных пойменных и байрачных сообществах [4] или в условиях культуры при дополнительном орошении. В типичных сухостепных условиях аридного региона все виды *Robinia* склонны к формированию жизненной формы многоствольного дерева.

На формирование разных типов крон оказывает непосредственное влияние генетически обусловленная архитектурная модель, а также экологические факторы среды обитания. Из экологических факторов необходимо выделить следующие: гидрологический режим, освещенность и ветровая нагрузка. У представителей рода *Robinia*, как и многих древесных растений, изменение гидрологического режима приводит к смене жизненной формы и трансформации общей геометрии кроны [12], неравномерное освещение к увеличению асимметрии [8], а повышенная ветровая нагрузка уменьшает общую плотность кроны [14].

Кроме этого архитектурная модель обеспечивает развитие видоспецифичных типов крон. Так, обратный рост побегов *R. viscosa* определяет формирование наклоненно-поникающей системы обрастающих ветвей образующих купольную форму кроны. Восходящие и наклоненные побеги *R. neomexicana* при относительно высокой плотности кроны (50-60% просветов) образуют узкоовальную форму кроны. *R. pseudoacacia* является самым крупным представителем родового комплекса. Большая высота и диаметр кроны приводят к повышенной ветровой нагрузке на растение в целом. Для снижения негативного воздействия данного экологического фактора *R. pseudoacacia* имеет генотипическую предрасположенность к образованию раскидистой кроны с более высокой степенью ажурности (60-70%).

Формирование системы скелетных ветвей также происходит под влиянием генетической программы развития. Так, *R. pseudoacacia* склонна к образованию скелетных ветвей, восходящих под углом (45) 50-70 градусов, а *Robinia viscosa* и *Robinia neomexicana* под углом 60-80 (90) градусов.

Трансформация крон наблюдается также в процессе онтогенетического развития. Стареющие растения, за счет частичной потери скелетных ветвей обычно меняют геометрические кроны на раскидистые и даже флагообразные конструкции. Благодаря релаксативной и ирруптивной жизненной форме, синильные одноствольные экземпляры в результате вегетативного возобновления постепенно развивают жизненную форму геоксильного или аэроксильного многоствольного дерева. Параллельно с этим претерпевает изменение и общая геометрия кроны. У *R. viscosa* узкокупольная крона сменяется округлокупольной, у *R. neomexicana* узкоовальная изменяется на округло-верхнеовальную или раскидистую. Многоствольные древесные растения обычно уступают по высоте одноствольным, поэтому смена жизненной формы сопровождается уменьшением общих размеров растения, и кроны в частности.

В условиях культуры широкое распространение получили *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* с колоновидной и шаровидной формой кроны соответственно. Образование штамбовых геометрических форм в условиях культуры достигается также с помощью дополнительных агротехнических мероприятий: радикальная (омолаживающая) и формирующая обрезки. При этом формирование крон после радикальной обрезки происходит у разных видов по-разному. В зависимости

от генетически обусловленной программы развития возобновление роста *R. neomexicana* приводит к образованию округло-овальной, у *R. neomexicana* округло-верхнеовальной, а у *R. viscosa* ширококупольной или даже зонтичнокупольной формы кроны.

В результате проведенных исследований установлено, что плотность крон всех изучаемых видов *Robinia* имеет ярко выраженную сезонную и суточную динамику. Самая высокая плотность наблюдается в весенне-летний период во время активного роста. После летнего листопада, вызванного продолжительной засухой плотность крон может значительно снижаться. Суточная динамика плотности также проявляется в летний период во время продолжительных засух. За счет термонастических движений под воздействием высоких радиационных температур происходит продольное складывание сложных листьев, за счет чего значительно снижается плотность и увеличивается сквозистость кроны.

Список литературы

1. Лазарев С.Е. Механизмы адаптации и жизненные стратегии видов рода *Robinia* L. в условиях интродукции // Наука. Мысль. 2020. Т.10. № 1. С. 48-67.
2. Лазарев С.Е. Формовое разнообразие и декоративные свойства представителей рода *Robinia* L. в условиях сухой степи // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С.42-50.
3. Лазарев С.Е., Семенютина А.В. Перспективность видов и форм рода *Robinia* L. для лесозащитных и озеленительных насаждений // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 11-17.
4. Лазарев С.Е., Семенютина А.В., Хатько А.А. Анализ современного состояния и перспективы экологической реабилитации древесных насаждений долин рек // Наука. Мысль. 2020. Т. 10. № 1. С. 22-47.
5. Axelsson C.R., Hanan N.P. Patterns in woody vegetation structure across African savannas // Biogeosciences. - 2017. -Volume 14. - Issue 13. - P. 3239-3252.
6. Bayer D., Reischl A., Rötzer T., Pretzsch H. Structural response of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) to varying urban environments analyzed by terrestrial laser scanning: Implications for ecological functions and services // Urban Forestry and Urban Greening. – 2018. - Volume 35. – P.129-138
7. Bunce A., Volin J.C., Miller D.R., Parent J. Determinants of tree sway frequency in temperate deciduous forests of the Northeast United States // Agricultural and Forest Meteorology. - 2019. - Volume 266-267. - P.87-96
8. Carrillo-Angeles I.G., Queijeiro-Bolaños M.E., Malda-Barrera G.X., Suzán-Azpíri H. Aesthetic growth of a native tree species with desirable characteristics for urban green areas in arid and semiarid environments // Urban Forestry and Urban Greening. - 2018. -Volume 33. – P.12-15
9. Chan W., Eng Y., Ge Z., Lim C., Gobeawan L., Poh H., Wise D., Burcham D., Lee D., Cui Y., Khoo B. Wind loading on scaled down fractal tree models of major urban tree species in Singapore // Forests. - 2020. - Volume 11. - Issue 8. - Article № 803.
10. Lazarev S.E., Semenytina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the Tree Counting Process in the Process of Urban Reclamation with the use of Fuzzy Neural Network for Agro forestry // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. - 2020. - Volume 9. - №.4. - p. 6232-6237
11. Lyudmyla V. Vehera The Use of *Robinia* L. Genus Representatives in Greenery Optimization of the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine // Journal of Native and Alien Plant Studies 15, (2019), p.159-165
12. Markham, J., Fernández Otárola M. Wind creates crown shyness, asymmetry, and orientation in a tropical montane oak forest // Biotropica. – 2020. - Volume 52. - Issue 6. P.1127-1130
13. McGregor I., Helcoski R., Kunert N., Tepley A., Gonzalez-Akre E., Herrmann V., Zailaa J., Stovall A., Bourg N., McShea W., Pederson N., Sack L., Anderson-Teixeira K. Tree height and leaf drought tolerance traits shape growth responses across droughts in a temperate broadleaf forest // New Phytologist. – 2020.

14. Rutledge B.T., Cannon J.B., McIntyre R.K., Holland A.M., Jack S.B. Tree, stand, and landscape factors contributing to hurricane damage in a coastal plain forest: Post-hurricane assessment in a longleaf pine landscape // *Forest Ecology and Management*. – 2021. - Volume 481. - Article № 118724.
15. Wu H., Fu S., Song L., He X., Chen W. Model for aesthetics evaluation of urban shrubs in Shenyang // *Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition)*. 2007. - Volume 26. - Issue SUPPL. 1. – P. 304-306.

Features of the structure and development of the crowns of woody plants of the genus *Robinia* L.

Sergey Y. Lazarev

Aspirant, senior Researcher of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
Hortus@yandex.ru
0000-0001-6473-6242

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
doksemenutina@mail.ru
0000-0003-3250-6877

Received 8.09.2020

Accepted 22.12.2020

Published 15.03.2021

10.25726/i6395-6040-9461-r

Abstract

The most important element in the formation of the habitus of woody plants is the size and shape of the crown. The design of decorative compositions in garden and park construction is possible only taking into account the features of the structure and development of the crowns. The genus complex *Robinia* L. contains four species and several decorative forms of woody plants that differ significantly in the structure and features of the development of the crowns. The design of landscape compositions using these plants is complicated by the fact that they are all able to form different types of crowns, depending on the environmental conditions of growth in the process of ontogenetic development. In this regard, the purpose of this work was to study the features of the structure and development of the crowns of representatives of the genus *Robinia* in different environmental conditions. The objects of research were the species and forms of the genus *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray.; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe.; growing in dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, cadastre №34:34:000000:122, 34:34:060061:10. Studies have shown that the formation of crowns is influenced by a genetically determined architectural model, as well as environmental factors of the habitat, the main of which are: the hydrological regime, illumination and wind load. The formation of a certain life form under the influence of the hydrological regime leads to a change in the overall geometry of the crown, uneven lighting increases

the asymmetry, and increased wind load reduces the overall density of the crown. It was found that for *R. pseudoacacia* with the life form of a single-stemmed tree, the spreading form of the crown is typical, and for *R. neomexicana* and *R. viscosa* – narrow-oval and domed, respectively. The multi-stemmed life forms of *R. neomexicana* have mainly rounded – topped crowns, while *R. viscosa* has rounded-topped crowns. The crowns of *R. pseudoacacia*, with a change in the life form, usually change only the general geometry, while maintaining a spreading shape. The formation of this type of crown is caused by the large size of plants of this species. The high height and diameter of the crown lead to an increased wind load (Chan W., Eng Y..., 2020; Bunce A., Volin J. C., Miller D. R., 2019), to reduce which, in the course of evolution, a spreading crown with a high degree of openwork was formed (the gaps are 60-70%). It was revealed that strict geometric spherical and columnar forms are characteristic only for decorative forms of *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* and *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*, and high-stemmed forms are formed in plants after radical rejuvenating pruning at a height of 3-3.5 meters. *R. pseudoacacia* after radical rejuvenating pruning forms a round – oval, *R. neomexicana* – a round – upper oval, and *R. viscosa* – a wide-domed or even umbrella-domed form. The analysis of architectural models allowed us to determine the main patterns of crown formation of various types. Thus, in the development of the dome crown of *R. viscosa*, the determining factor is the genetic predisposition to the formation of inclined-drooping fouling branches. Ascending and tilted shoots of *R. neomexicana* at a relatively high crown density (the lumen is 50-60%) lead to the formation of a narrow oval crown shape. In the process of implementing the genetic development program in *R. pseudoacacia* mainly forms skeletal branches ascending at an angle of (45) 50-70 degrees, and in *R. viscosa* and *R. neomexicana* at an angle of 60-80 (85) degrees. The results of the conducted studies have shown that the crown of all species undergoes a significant transformation in the process of ontogenesis. In the blue specimens of single-stemmed trees, the asymmetry significantly increases, the crowns acquire a spreading or flag-shaped shape. Further aging processes lead to the loss of the central conductor and the transformation of the life form into a multi-stemmed aeroxyl or geoxyl tree. It was found that the crown density of all studied *Robinia* species has a pronounced seasonal and diurnal dynamics. Seasonal dynamics is determined not only by autumn, but also by summer leaf fall. Diurnal density fluctuations occur due to thermonastic movements of complex leaves.

Keywords

Landscaping; crown density; habit; architectural model; life forms; development of crowns; *Robinia*: *R. pseudoacacia*; *R. viscosa*; *R. neomexicana*; *R. hispida*; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*, phytodiversity

The research was carried out on the topic of the State Task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (No. 121041200195-4).

References

1. Lazarev S.E. Mehanizmy adaptatsii i zhiznennye strategii vidov roda Robinia L. v usloviyah introdukcii // Nauka. Mysl'. 2020. T.10. № 1. S. 48-67.
2. Lazarev S.E. Formovoe raznoobrazie i dekorativnye svoystva predstavitelej roda Robinia L. v usloviyah suhoj stepi // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2020. № 2 (109). S.42-50.
3. Lazarev S.E., Semenjutina A.V. Perspektivnost' vidov i form roda Robinia L. dlja lesozashhitnyh i ozelenitel'nyh nasazhdenij // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2020. № 8. S. 11-17.
4. Lazarev S.E., Semenjutina A.V., Ha'ko A.A Analiz sovremennogo sostojaniya i perspektivy jekologicheskoy reabilitatsii drevesnyh nasazhdenij dolin rek // Nauka. Mysl'. 2020. T. 10. № 1. S. 22-47.
5. Axelsson C.R., Hanan N.P. Patterns in woody vegetation structure across African savannas // Biogeosciences. - 2017. -Volume 14. - Issue 13. - P. 3239-3252.
6. Bayer D., Reischl A., Rötzer T., Pretzsch H. Structural response of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) to varying urban environments analyzed by

terrestrial laser scanning: Implications for ecological functions and services // *Urban Forestry and Urban Greening*. – 2018. - Volume 35. – P.129-138

7. Bunce A., Volin J.C., Miller D.R., Parent J. Determinants of tree sway frequency in temperate deciduous forests of the Northeast United States // *Agricultural and Forest Meteorology*. - 2019. - Volume 266-267. - P.87-96

8. Carrillo-Angeles I.G., Queijeiro-Bolaños M.E., Malda-Barrera G.X., Suzán-Azpíri H. Aesthetic growth of a native tree species with desirable characteristics for urban green areas in arid and semiarid environments // *Urban Forestry and Urban Greening*. - 2018. -Volume 33. – P.12-15

9. Chan W., Eng Y., Ge Z., Lim C., Gobeawan L., Poh H., Wise D., Burcham D., Lee D., Cui Y., Khoo B. Wind loading on scaled down fractal tree models of major urban tree species in Singapore // *Forests*. - 2020. - Volume 11. - Issue 8. - Article № 803.

10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the Tree Counting Process in the Process of Urban Reclamation with the use of Fuzzy Neural Network for Agro forestry // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. - 2020. - Volume 9. - №.4. - p. 6232-6237

11. Lyudmyla V. Vehera The Use of Robinia L. Genus Representatives in Greenery Optimization of the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine // *Journal of Native and Alien Plant Studies* 15, (2019), p.159-165

12. Markham, J., Fernández Otárola M. Wind creates crown shyness, asymmetry, and orientation in a tropical montane oak forest // *Biotropica*. – 2020. - Volume 52. - Issue 6. P.1127-1130

13. McGregor I., Helcoski R., Kunert N., Tepley A., Gonzalez-Akre E., Herrmann V., Zailaa J., Stovall A., Bourg N., McShea W., Pederson N., Sack L., Anderson-Teixeira K. Tree height and leaf drought tolerance traits shape growth responses across droughts in a temperate broadleaf forest // *New Phytologist*. – 2020.

14. Rutledge B.T., Cannon J.B., McIntyre R.K., Holland A.M., Jack S.B. Tree, stand, and landscape factors contributing to hurricane damage in a coastal plain forest: Post-hurricane assessment in a longleaf pine landscape // *Forest Ecology and Management*. – 2021. - Volume 481. - Article № 118724.

15. Wu H., Fu S., Song L., He X., Chen W. Model for aesthetics evaluation of urban shrubs in Shenyang // *Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition)*. 2007. - Volume 26. - Issue SUPPL. 1. – P. 304-306.