

УДК 581.522.5+551.232+582.711 (571.645)

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МОЛОДЫХ СТЕБЛЕЙ *SPIRAEA BEAUVERDIANA* В УСЛОВИЯХ СОЛЬФАТАРНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНА КАЛЬДЕРЫ ГОЛОВНИНА, ОСТРОВ КУНАШИР

© Е.О. Вацерионова, А.В. Копанина

Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук,
г. Южно-Сахалинск

E-mail: katya.vatserionova.85@mail.ru

Изучены внутренние структурные перестройки тканей коры и древесины молодых стеблей кустарника *Spiraea beauverdiana*. Определен тканевый состав коры и древесины и особенности их структурной организации. Выявлены структурные аномалии в строении коры и древесины молодого стебля, которые локализованы небольшими участками. Аномалии представляют собой неспецифические структуры с нарушенной осевой симметрией и формой близкой к шаровидной. Описано преобразование аномалий в строении стебля *S. beauverdiana* в течение трех лет.

Ключевые слова: структура коры, аномальное строение, *Spiraea beauverdiana*, вторичная флоэма, ситовидные трубки, феллема, флоэмные лучи, склерификация паренхимы.

Введение

Настоящее исследование является продолжением наших работ по изучению реакции древесных растений на специфические условия вулканических ландшафтов Курильских островов. Первые результаты наших работ показали, что наибольшие изменения в структуре стебля происходят в условиях сольфатарных полей, где большинство экологических факторов находятся в высокой степени напряженности (Копанина, Еремин, 2008, 2011). Наша работа посвящена изучению структурных перестроек молодых стеблей *Spiraea beauverdiana* Schneid (сем. Rosaceae Juss.) – кустарника, широко распространенного на Дальнем Востоке, в Сибири, а также в Китае и Японии, происходящих под действием комплекса факторов сольфатарных полей вулкана кальдеры Головнина. На вулкане Головнина (остров Кунашир, Южные Курильские острова) современная гидротермальная и сольфатарная деятельность сосредоточена в озерах Кипящее, Горячее и в пяти наземных сольфатарных полях внутри кальдеры, самое крупное – Центральное Восточное сольфатарное поле (Жарков, 2014). Данное сольфатарное поле практически лишено растительности. Наиболее близко, на расстоянии 10–15 м от очагов сольфатар, расположенных вдоль берега термального озера Кипящего, среди каменистого склона вулкана встречаются отдельные особи *S. beauverdiana* в виде компактных кустов высотой не более 10–15 см.

Материалы и методы

Отбор и фиксацию образцов стеблей *S. beauverdiana* для анатомического анализа проводили согласно стандартным методическим подходам (Прозина, 1960; Барыкина и др., 2004). Образцы отбирали в максимальном приближении к газовым выходам. Анализ образцов *S. beauverdiana* выполнен на лабораторном оборудовании лаборатории экологии растений и геоэкологии ИМГиГ ДВО РАН. Компьютерная обработка изображений микросрезов для измерения биометрических параметров и получения микрофотографий сделана с использованием программного обеспечения AxioVision CarlZeiss40v4.6.3.0 на световом микроскопе Axio Scope.A1, CarlZeiss, а также микроскопах «Микмед-6» с окуляр-микрометром МОВ-1. Всего было

проанализировано 47 количественных показателей тканей коры одно-, дву- и трехлетнего стеблей. Объем выборки для каждого параметра составлял 30 измерений. Для каждого параметра в каждой возрастной группе рассчитаны выборочное среднее и доверительный интервал для него (для доверительной вероятности 95 %).

Результаты и обсуждения

В структуре стебля *S. beauverdiana* выявлены структурные отклонения и зоны аномального строения, в которых клеточные элементы коры и древесины изменяют характер роста и дифференциации, осевую ориентацию, подвергаются склерификации и другим перестройкам. Структурно аномальные зоны локализованы в молодых стеблях небольшими участками, но могут занимать до 90 % стебля (на поперечном срезе). На продольном срезе эти зоны могут достигать сотен микрометров или даже нескольких миллиметров. Структурная аномалия может затрагивать одновременно в одном локусе древесину и кору, а может быть локализована только в коре, только в древесине или только в перидерме. В редких случаях аномальная зона, затрагивающая ткани перидермы, занимает от трети до половины поперечного среза стебля.

В однолетнем стебле *S. beauverdiana* наиболее часто встречаются аномалии перидермы (табл. 1 и 2). Количественные характеристики аномальной зоны в перидерме на поперечном срезе существенно отличаются от недеформированных тканей стебля. Феллема в этих зонах многослойная. Клетки феллемы расположены нерегулярно, часть из них образует ровные радиальные ряды, а часть – нет. В аномальных зонах уже в конце первого года нарастания стебля часть феллемы имеет строение, которое характерно для дефинитивной коры – уплощенные тонкостенные клетки, расположенные радиальными рядами. По своим размерам они меньше клеток ювенильной феллемы. В поперечном сечении клетки имеют различную форму – от типичной квадратной до многоугольной и треугольной. На продольном срезе эти зоны очень четко выделяются по форме клеток – клетки квадратные и многоугольные, в отличие от удлинённых прямоугольных клеток нормальной феллемы. Аномальная феллема тонкостенная, но встречаются небольшие группы клеток со значительно утолщенными оболочками. Феллодерма также имеет отклонения от нормального строения. В массиве клеток аномальной феллодермы встречаются группы мелких клеток, оболочки которых утолщены и склерифицированы. Число слоев достигает от 3 до 7, тогда как в норме – 2 слоя. Причем отдельные клетки (группы из 3–5) могут быть значительно крупнее основного массива клеток и иметь форму неравнобоких трапеций и многоугольников на поперечном сечении. Некоторые клетки, расположенные около склеренхимных волокон, сами склерифицированы и образуют брахисклереиды. На второй-третий год нарастания стебля

Таблица 1

Количественная характеристика участков коры молодых стеблей *S. beauverdiana*, не затронутых аномальным ростом

| Показатель | Однолетний стебель | | Стебель 2–3 лет | |
|--|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | выбороч. сред. | доверит. интервал | выбороч. сред. | доверит. интервал |
| Диаметр стебля, мм | 1181,36 | 31,90 | 1653,37 | 23,66 |
| Ширина коры, мкм | 122,75 | 8,64 | 171,97 | 6,18 |
| Ширина паренхимы первичной коры в ребрах стебля, мкм | 152,88 | 21,37 | 139,34 | 12,55 |
| Ширина перидермы, мкм | 28,51 | 1,13 | 53,51 | 3,72 |
| Ширина феллемы, мкм | 19,36 | 0,66 | 33,05 | 3,94 |
| Число клеток феллемы в радиальном ряду, шт. | 2,00 | 0,00 | 3,80 | 0,36 |
| Радиальный размер клеток феллемы, мкм | 10,25 | 0,58 | 6,80 | 0,37 |
| Тангентальный размер клеток феллемы, мкм | 11,94 | 1,14 | 10,72 | 0,71 |
| Ширина вторичной флоэмы, мкм | 18,26 | 0,80 | 26,98 | 1,14 |
| Общее число клеток вторичной флоэмы в радиальном ряду, шт. | 4,47 | 0,29 | 5,30 | 0,22 |
| Число ситовидных трубок в радиальном ряду, шт. | 2,67 | 0,20 | 3,73 | 0,28 |
| Радиальный размер ситовидных трубок, мкм | 4,17 | 0,35 | 4,35 | 0,33 |
| Тангентальный размер ситовидных трубок, мкм | 6,97 | 0,62 | 5,08 | 0,35 |
| Общее число флоэмных лучей на 1 мм, шт. | 10,27 | 0,89 | 9,93 | 1,15 |
| Число однорядных флоэмных лучей на 1 мм, шт. | 7,73 | 0,96 | 7,80 | 0,94 |

Таблица 2

Количественная характеристика аномалий тканей коры молодых стеблей *S. beauverdiana*

| Показатели | Аномалия коры в однолетнем стебле | | Аномалия коры в стебле 2–3 лет | |
|--|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| | выбороч. сред. | доверит. интервал | выбороч. сред. | доверит. интервал |
| Радиальный размер аномалии, мкм | 62,36 | 7,43 | 131,51 | 8,98 |
| Тангентальный размер аномалии, мкм | 107,45 | 12,25 | 289,71 | 26,12 |
| Ширина феллемы, мкм | 30,97 | 1,05 | 76,32 | 8,61 |
| Число клеток феллемы в радиальном ряду, шт. | 10,10 | 0,82 | 11,10 | 1,11 |
| Радиальный диаметр клетки феллемы, мкм | 4,45 | 0,51 | 7,66 | 0,71 |
| Тангентальный диаметр клетки феллемы, мкм | 4,81 | 0,80 | 9,06 | 0,81 |
| Ширина вторичной флоэмы, мкм | – | – | 57,33 | 3,82 |
| Общее число клеток вторичной флоэмы в радиальном ряду, шт. | – | – | 8,20 | 0,53 |
| Число ситовидных трубок в радиальном ряду, шт. | – | – | 3,57 | 0,36 |
| Радиальный размер ситовидных трубок, мкм | – | – | 5,04 | 0,40 |
| Тангентальный размер ситовидных трубок, мкм | – | – | 7,01 | 0,62 |
| Общее число флоэмных лучей в аномалии, шт. | – | – | 1,10 | 0,25 |
| Число однорядных флоэмных лучей в аномалии, шт. | – | – | 0,93 | 0,22 |

аномалии увеличиваются за счет активной деятельности феллогена, который формирует толстый слой феллемы и феллодермы. В отдельных случаях теряется регулярность в расположении клеток пробки. В феллодерме запускается процесс склерификации.

Аномальная флоэма представлена небольшими участками, в которых аксиальная и лучевая паренхима представлена крупными склерифицированными клетками, а также крупными в поперечном сечении волокнами. Клеточные оболочки утолщены незначительно. Тангентальные и радиальные размеры таких клеток больше нормальной ткани в 2–3 раза. Лучи в таких участках гетероцеллюлярные дилатированные. При этом ситовидные трубки деформируются под давлением разросшихся участков паренхимы. Уже через год в этих аномальных зонах заметны крупные склериды, расположенные одиночно или группами.

Аномальная ксилема в однолетнем стебле представлена очень редкими участками с различными характеристиками. На второй и третий год нарастания такие участки отмечаются чаще. В одних участках существенное развитие получает аксиальная паренхима, в других – аксиальная и лучевая, причем имеет место склерификация лучевой паренхимы. Кроме этого, встречаются участки с большим количеством волокон и волокнистых трахеид. Ширина годичного прироста такой древесины может быть меньше нормы, а может существенно увеличиваться за счет дилатации паренхимы.

В участках с аномальными вторичной флоэмой и вторичной ксилемой на поперечном срезе формируются «провалы» камбия в древесину за счет значительной дилатации и склерификации флоэмной паренхимы. Ткани коры и древесины между аномальными участками характеризуются также не совсем типичным строением. В этих участках происходит «замирание» камбия и феллогена.

Выводы

Выявленные в молодых стеблях *S. beauverdiana* в условиях сольфатарного поля кальдеры Головнина отклонения от нормального строения и аномалии характеризуются специфическим строением. В аномальных зонах деятельность камбия прерывиста, что приводит к неравномерному приросту вторичных флоэмы и ксилемы. Поэтому границы годичных слоев в древесине различить крайне сложно. Деятельность осевых меристем стебля в условиях сольфатарных полей характеризуется неравномерностью: повышенной активностью в аномальных зонах и пониженной в участках стебля между аномалиями.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (инициативный грант № 15-04-04774) и в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М.: МГУ, 2004. – 312 с.
- Жарков Р.В. Термальные источники Южных Курильских островов. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 378 с.
- Копанина А.В., Еремин В.М. Структурные особенности коры стеблей некоторых представителей арборифлоры острова Кунашир в условиях гидросольфатарной активности вулкана Менделеева // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы всероссийской конференции, Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г. – Часть 1: Структурная ботаника. Эмбриология и репродуктивная биология. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. – С. 195–197.
- Копанина А.В., Еремин В.М. Структурные особенности коры некоторых кустарников и кустарничков в условиях гидротермальной активности вулканов острова Кунашир (Южные Курильские острова) // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: Материалы международной конференции, 20–24 июня 2011 г. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. – С. 127–131.
- Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высшая школа, 1960. – 206 с.

Доклад представлен на седьмой научной конференции с международным участием «Растения в муссонном климате: острова и растения» (26-29 сентября 2016 г., г. Южно-Сахалинск)

THE INTERNAL STRUCTURE OF THE YOUNG STEMS *SPIRAEA BEAUVERDIANA* FORMED UNDER SOLFATARIC FIELDS GOLOVNIKIN VOLCANO CALDERA, KUNASHIR ISLAND

E.O. Vazcerionova, A.V. Kopanina

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

The internal structural alterations of bark and wood tissues of young stems of shrub *Spiraea beauverdiana* are studied. The tissue composition of bark and wood and features of their structural organization are determined. The structural abnormalities of the bark and wood of the young stem localizing in small areas are revealed. The anomalies are nonspecific structures with broken axial symmetry and shape close to spherical. The transformation of anomalies in the structure of the stem *Spiraea beauverdiana* for three years is described.

Key words: bark structure, abnormal structure, *Spiraea beauverdiana*, secondary phloem, sieve tubes, phellem (cork), phloem rays, sclerification of the parenchyma.

Tabl. 2. Bibl. 5