

## ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

УДК 581.84:582.542.1

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКЛЕРЕНХИМЫ В  
ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНКАХ НЕКОТОРЫХ ОВСЯНИЦ  
(*FESTUCA* L., GRAMINEAE JUSS.)

Е.В. Горемыкина\*, А.А. Рябышева

*Институт естественных наук, Волгоградский государственный университет, Россия, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, д. 100**\*e-mail: goremykina.eugenia@gmail.com*

Анатомические особенности листьев считаются важными диагностическими признаками для определения злаков. С этой целью традиционно используют срезы в срединной части листовой пластинки. Анатомия листа представляет ключевой интерес для определения представителей рода овсяница *Festuca* L. из-за значительного внешнего сходства между видами, особого внимания заслуживают особенности расположения склеренхимы на срединных срезах их листовых пластинок. Существующий дефицит сведений о пространственном расположении тканей внутри листа злаков не позволяет в полной мере оценить диагностическую значимость информации, которую даёт единственное двумерное сечение листовой пластинки. Целью проведённого исследования было создание трёхмерных моделей склеренхимы по серии срезов, а также выявление количественных закономерностей распределения склеренхимы вдоль листовых пластинок у двух узколистных овсяниц *Festuca valesiaca* Gaud. и *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. У обоих видов площадь сечения склеренхимы увеличивается на небольшом участке выше пластинчато-влагалищного сочленения и затем постепенно уменьшается до кончика листа. Субэпидермальная склеренхима исследованных овсяниц имеет вид неравномерного слоя – почти сплошного у *F. beckeri* и рассечённого четырьмя протяжёнными трещинами у *F. valesiaca*. Изменения формы сечений склеренхимы от пластинчато-влагалищного сочленения до кончика листа более выражены у *F. valesiaca*, чем у *F. beckeri*. Изменчивость расположения склеренхимы вдоль листовых пластинок следует учитывать при использовании двумерных сечений листа для диагностики овсяниц.

**Ключевые слова:** злаки, овсяницы, анатомия листовых пластинок, склеренхима, диагностические признаки, трёхмерное строение тканей листа

Признаки анатомической структуры листьев широко используются для решения таксономических и диагностических задач при исследовании злаков. При этом большая часть работ, связанная с анатомией листа злаков, традиционно опирается на данные, которые относятся к поперечному срезу в срединной части листовой пластинки [1–8]. Для сравнительно-анатомических исследований листьев злаков разработана стандартная процедура, согласно которой следует использовать срединную часть пластинки, и предложена терминология для описания срединного среза [9].

Анатомические особенности активно используются в таксономическом анализе представителей рода овсяница *Festuca* L. Определение овсяниц затруднено из-за значительного

внешнего сходства между видами этого рода. Характер распределения склеренхимы считается одним из наиболее ценных признаков для определения узколистных овсяниц [10–14]. У представителей этой группы склеренхима может располагаться как под верхней, так и под нижней эпидермой листовой пластинки, склеренхимные волокна образуют непрерывные слои или отдельные тяжи разных размеров и очертаний, у некоторых видов субэпидермальная склеренхима может контактировать с проводящими пучками. Различные варианты контура сечения механической ткани характерны для групп видов или иногда для отдельных видов овсяниц [11, 15]. Есть указания на внутривидовую изменчивость особенностей распределения склеренхимы, которая выявляется при сравне-

нии большого количества образцов из разных местообитаний, что показано для *F. rubra* и *F. ovina*, обитающих на Британских островах [14], для ряда узколистных овсяниц флоры Уганды [4] и флоры Канады [1, 12]. По мнению Стейса и соавт. [14], характер распределения склеренхимы, несмотря на изменчивость, может быть полезен для идентификации овсяниц, если известны границы варьирования этого признака.

Следует отметить, что в ряде исследований участки срезов листовых пластинок овсяниц не являются строгой геометрической серединой. В таких случаях авторы указывают границы, в пределах которых находится срез: например, используют зону между четвертью и половиной листовой пластинки [12, 13], среднюю треть листовой пластинки [10] или даже нижнюю треть пластинки [16]. Насколько сравнимы будут результаты таких исследований с результатами, полученными при анализе срединного сечения пластинки, — вопрос открытый. Смещение относительно середины предполагает однородное строение листовой пластинки, но в настоящее время нам не известны работы, в которых исследовано расположение тканей по всей длине листовых пластинок злаков или хотя бы в пределах участка, использованного для выполнения поперечных срезов. Исключение представляет работа Дуби и Мориссе [1], изучавших морфолого-анатомические особенности *Festuca rubra* L. из разных местообитаний провинции Квебек. В предварительных исследованиях авторов была выявлена однородность анатомической структуры в средней части листовой пластинки, однако подробности полученных результатов, в частности, размер средней части, не уточняются. Изучение анатомической структуры листьев ряда степных злаков в основании, а также средней и верхней частях пластинки показало, что расположение тканей на срезе может значительно меняться от пластинчато-влагалищного сочленения до концевого участка [17]. Существующий дефицит сведений о пространственном расположении тканей внутри листа злаков не позво-

ляет в полной мере оценить диагностическую значимость информации, которую даёт единственное двумерное сечение листовой пластинки.

Целью проведённого исследования было создание трёхмерных моделей склеренхимы по серии срезов листовых пластинок, а также выявление количественных закономерностей распределения склеренхимы вдоль листовых пластинок у двух узколистных представителей рода овсяница *Festuca* L.

### Материалы и методы

Объектами исследования послужили широко распространённые в Нижнем Поволжье овсяница Беккера *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. и овсяница валлисская *Festuca valesiaca* Gaud. Оба вида имеют жизненную форму плотнокустовых злаков, образующих многочисленные укороченные вегетативные побеги.

Материал был собран в июне 2013–2014 гг. на остепнённых участках в Урюпинском районе Волгоградской области и в черте г. Волгограда в окрестностях Волгоградского государственного университета. Вегетативные побеги фиксировали в 95%-ном этаноле. Для анатомического исследования случайным образом выбирали по три листа с пяти дерновин каждого вида. Для приготовления серии срезов листовые пластин-

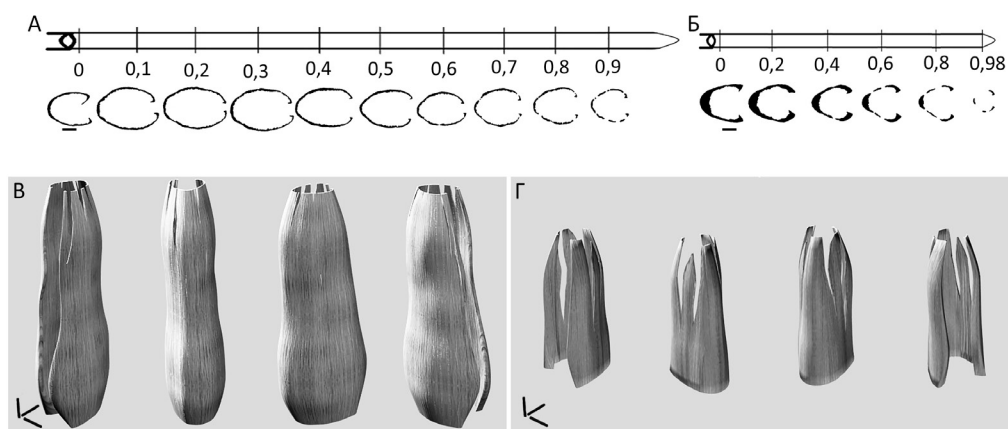


Рис. 1. Пространственное распределение склеренхимы в листовых пластинках исследованных овсяниц: участки сечений и соответствующие контуры механической ткани, использованные для построения трёхмерных моделей склеренхимы *F. beckeri* (А) и *F. valesiaca* (Б), трёхмерная реконструкция склеренхимы *F. beckeri* (В) и *F. valesiaca* (Г). Пропорции моделей изменены: высота уменьшена по сравнению с шириной в 100 раз, чтобы изображения целиком помещались в поле зрения. Горизонтальные масштабные линии соответствуют 0,2 мм, вертикальные масштабные линии соответствуют 20 мм.

ки *F. beckeri* длиной 20–27 см делили на 10 равных частей, листовые пластинки *F. valesiaca*, которые обычно были короче в 1,5–2 раза, делили на 5 равных частей. Поперечные срезы выполняли от руки на границах выделенных

участков (рис. 1А, Б), расстояние между соседними срезами у каждого объекта составляло 2–3 см.

Срезы окрашивали с помощью флороглюциновой реакции и заключали в глицерин. Фотографии срезов получены с помощью микроскопа Микмед-5 (ЛОМО, Россия), цифрового видеоокуляра ToupCam 9.0 и программы ToupView 3.7 (Ningbo Sheng Heng Optics & Electronics Co., Ltd., Китай). Измерения площади склеренхимы на основе фотографий и статистическая обработка данных выполнены с помощью Adobe Photoshop CC 2015 (Adobe Systems, США) и STATISTICA 10 (StatSoft, США). Трёхмерная реконструкция склеренхимы листовых пластинок выполнена в Blender 2.79 (Blender Foundation, Нидерланды).

обкладку пучка. Последняя одревесневает полностью или частично рядом с границей между ксилемой и флоэмой. У некоторых образцов *F. beckeri* отмечено слабое одревеснение эпидермы и склеренхимы, но при этом сохраняется хорошо выраженная лигнификация устьичных клеток и элементов ксилемы.

На уровне нулевого сечения существенные различия между исследованными овсяницами состоят в количестве пучков (9–13 у *F. beckeri* и 5 у *F. valesiaca*), а также в очертании склеренхимы.

Склеренхима *F. beckeri* расположена в виде сплошного более или менее равномерного слоя, который немного утолщается в центральной части и в краевых участках пластинки, не контактируя с проводящими пучками. Под верхней

эпидермой механическая ткань чаще отсутствует, но у некоторых образцов отмечено наличие тонких тяжёлых волокон на вершинах рёбер. Среднее значение площади сечения склеренхимы *F. beckeri* на нулевом срезе составляет 62962 мкм<sup>2</sup>.

У *F. valesiaca* склеренхима располагается в виде трёх массивных тяжёлых (два — в краевых участках пластинки и один — под средней

жилкой), иногда контактирующих с крупными проводящими пучками. Между тяжёлыми обычно находятся тонкие связующие слои волокон, сплошные или с одним–двумя разрывами. У единичных образцов связующие слои отсутствуют. Средняя площадь сечения склеренхимы *F. valesiaca* на нулевом уровне среза составляет 49077 мкм<sup>2</sup>.

От нулевого до последнего верхнего среза у обеих овсяниц меняются степень одревеснения тканей, количество пучков, а также площадь и очертания сечений склеренхимы.

Одревеснение обычно ослабевает снизу вверх в склеренхите и эпидерме (за исключением устьичных клеток). У части образцов *F. beckeri* с относительно слабым общим одревеснением на нулевом срезе степень лигнификации склеренхимы и эпидермы увеличивается в нижней трети пластинки, а затем убывает по направлению к кончику листа. У всех исследованных образцов от основания пластинки до её

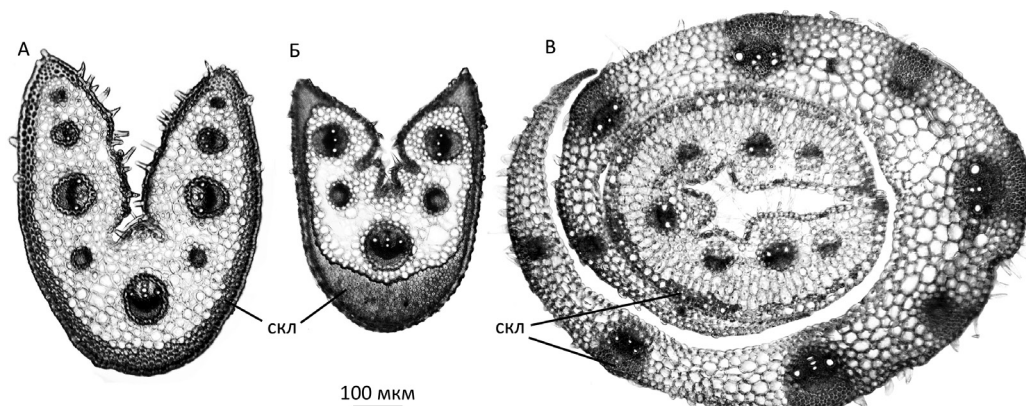


Рис. 2. Поперечные срезы листьев исследованных овсяниц: основания листовых пластинок *F. beckeri* (А) и *F. valesiaca* (Б), листовая пластинка внутри влагалища предыдущего листа *F. beckeri* (В); скл — субэпидермальная склеренхима.

### Результаты и обсуждение

На срезах в районе пластинчато-влагалищного сочленения (далее — на нулевых срезах) листовые пластинки у исследованных овсяниц свёрнутые, гладкие с абаксиальной стороны и ребристые с адаксиальной (рис. 2). Лист эпистоматический, устьичные клетки расположены в бороздах.

Склеренхима обычно располагается под нижней эпидермой и в краях листовой пластинки. Мезофилл состоит из плотно расположенных клеток, межклетники мелкие. У обоих видов проводящие пучки фестукоидного типа. Клетки механической обкладки пучков с утолщенными внутренними и радиальными стенками. Помимо крупных пучков с развитой метаксилемой присутствуют мелкие пучки, в которых метаксилема не выражена. Сильное одревеснение, как правило, затрагивает нижнюю эпидерму, участки верхней эпидермы на вершинах рёбер, устьичные клетки, склеренхиму, ксилему и



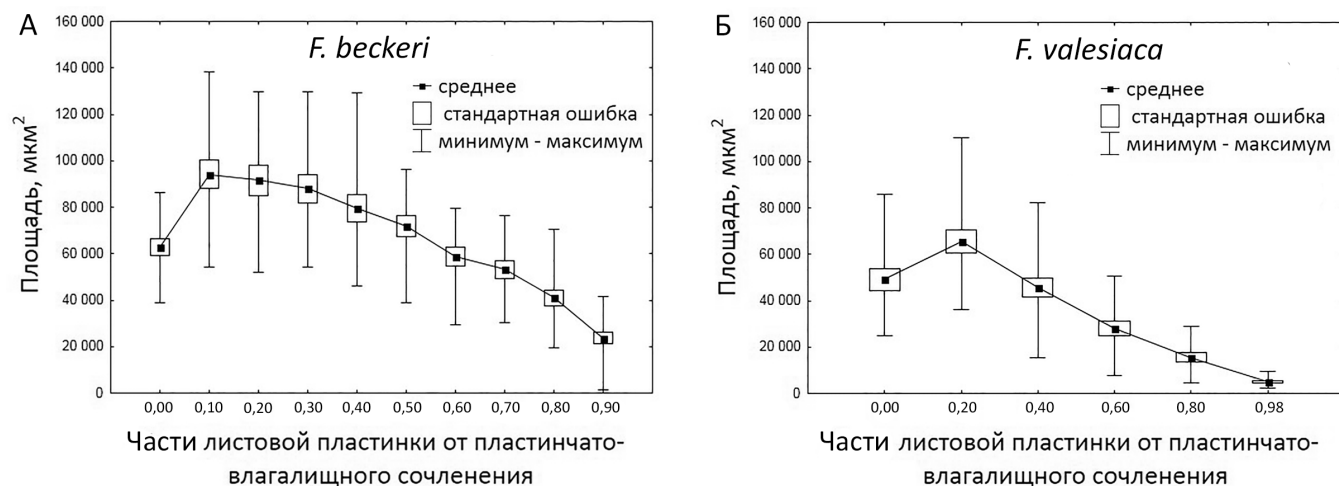


Рис. 3. Размах значений площади склеренхимы на разных уровнях срезов: А — *F. beckeri*, Б — *F. valesiaca*.

кончика сохраняется сильное одревеснение у элементов ксилемы и устьичных клеток.

Количество пучков обычно сокращается к последнему сечению до шести-деяти у *F. beckeri* и до трёх-четырёх у *F. valesiaca* за счёт исчезновения мелких пучков. Такое исчезновение происходит у *F. valesiaca* только на самых верхних срезах, тогда как у *F. beckeri* мелкие пучки начинают исчезать на срезах выше срединного.

У обеих овсяниц выявлен сходный характер зависимости между количеством склеренхимы и расстоянием от пластинчато-влагалищного сочленения: на небольшом участке от нулевого до следующего среза площадь сечения механической ткани резко возрастает (в среднем до 94066 мкм² у *F. beckeri* и до 65476 мкм² у *F. valesiaca*), после чего постепенно уменьшается по направлению к верхушке листа (в среднем до 23682 мкм² у *F. beckeri* и до 4815 мкм² у *F. valesiaca*; рис. 3). Распределение выборочных значений площади склеренхимы на каждом уровне среза достоверно не отличается от нормального распределения согласно тесту Шапиро–Уилка ( $p > 0,05$ ). Статистически значимые различия между средними значениями площади на нулевом и следующем срезе подтверждены  $t$ -тестом при  $p < 0,05$  для обеих овсяниц. Выше участка между нулевым и следующим за ним срезом достоверность тесной отрицательной корреляции между площадью сечения склеренхимы и уровнем среза подтверждена тестом Спирмана: коэффициент корреляции составил  $-0,77$  для *F. beckeri* и  $-0,90$  для *F. valesiaca* ( $p < 0,05$ ).

Наращивание объёма склеренхимы на небольшом участке над пластинчато-влагалищным сочленением, вероятно, имеет общую при-

чину: переход от механически слабого влагалища к жёсткой листовой пластинке. Влагалище само по себе не обладает большой жёсткостью и прочностью. Количество механических тканей в нём невелико: узкие склеренхимные тяжи присутствуют в виде небольших балок, контактирующих с нижней эпидермой и проводящими пучками (рис. 2В). Однако при объединении нескольких влагалищ, которые у укороченных вегетативных побегов злаков оборачиваются вокруг последующих листьев, суммарно возникает достаточно прочная конструкция. Листовым пластинкам исследованных овсяниц необходима гораздо большая прочность, чем их влагалищам, чтобы самостоятельно поддерживать вертикальное положение, характерное для пластинок плотнокустовых злаков. Перестройка механической системы листа происходит на небольшом участке выше пластинчато-влагалищного сочленения. Эта механически слабая зона пластинки спрятана внутри влагалища предыдущего листа, что компенсирует недостаточно набранную прочность. По нашим наблюдениям, пластинчато-влагалищные сочленения и нижние части листовых пластинок последующих листьев, как правило, находились под защитой влагалищ предыдущих листьев.

Дальнейшее постепенное уменьшение объёма механической ткани, возможно, связано с тем, что внутри свободной части листовой пластинки склеренхима выполняет функции балки равного сопротивления. Такая сужающаяся конструкция из упругого материала пружинит при изгибе, равномерно распределяя напряжение по всей своей длине. В качестве балок равного сопротивления рассматривают конусовидные органы растений, в том числе стволы

деревьев, основную массу которых составляет более или менее однородная древесина. Благодаря пропорциям, близким к пропорциям балок равного сопротивления, удлинённые органы растений, толщина которых постепенно уменьшается снизу вверх, хорошо приспособлены к изгибающим нагрузкам, в том числе к ветровым. Эластичность подобных конструкций обеспечивает обратимую деформацию, при которой ось изгибается преимущественно в верхней части, не ломаясь в основании [18, 19]. Возможно, постепенное уменьшение площади сечения склеренхимы у свободной части пластинки отражает описанное выше механическое свойство, поскольку вертикально ориентированная пластинка испытывает нагрузки, сходные с теми, которым подвергается вертикальный стебель, однако подтверждение этого предположения требует дальнейших исследований.

Сходные количественные изменения объёма склеренхимы вдоль листовых пластинок по-разному сказываются на изменении очертаний сечений этой ткани у исследованных видов. Почти равномерный сплошной слой субэпидермальной склеренхимы *F. beckeri* немного утолщается в основании, при этом волокна механической ткани исчезают на вершинах рёбер. На остальной части пластинки склеренхима становится тоньше, на уровне верхних сечений могут появиться разрывы (рис. 1В). Однако на большей части пластинки конфигурации последовательных сечений существенно не меняются: практически на всех уровнях срезов, за исключением некоторых верхних, наблюдается всё тот же равномерный слой склеренхимы, который считается характерным для срединного сечения листовых пластинок *F. beckeri* и используется в качестве диагностического признака [15]. Если поперечный срез сместится на несколько сантиметров вверх или вниз относительно центра пластинки, явных изменений в характерной форме сечения склеренхимы *F. beckeri* не произойдёт.

Увеличение объёма неравномерного слоя склеренхимы *F. valesiaca* на участке между нулевым и следующим срезом может сопровождаться исчезновением разрывов в тонких слоях склеренхимы или, напротив, появлением новых. Контакты склеренхимы с проводящими пучками, если они были на нулевом срезе, могут исчезнуть, сохраниться или уменьшиться в количестве. В ряде случаев существенных изменений в очертании сечения склеренхимы не происходит.

На остальной части листовой пластинки неравномерный слой склеренхимы становится всё

тоньше, при этом очертания сечений механической ткани не перестают меняться на протяжении всей пластинки. Контакты между склеренхимой и проводящими пучками исчезают. В тонких слоях между массивными участками склеренхимы появляются и расширяются разрывы, их количество достигает двух в каждом тонком слое. В результате сплошной или почти сплошной слой склеренхимы, характерный для нижней части пластинки, постепенно раскалывается на пять отдельных тяжей: три более или менее массивных обособляются по краям пластинки и под средней жилкой, два узких и тонких находятся между ними (рис. 1Г). Протяжённость четырёх продольных трещин, которые разрезают слой склеренхимы *F. valesiaca* на отдельные тяжи, значительно варьирует у исследованных образцов. На сечениях в верхней части пластинки тяжи склеренхимы становятся всё тоньше, различия в размере между краевыми, центральными и промежуточными пучками сглаживаются, промежуточные тяжи становятся едва заметными.

Наличие трёх массивных участков склеренхимы, чередующихся с двумя тонкими, иногда отсутствующими участками, считается характерной особенностью распределения механической ткани *F. valesiaca* на срединном срезе [10, 15]. По нашим наблюдениям, более чем у половины образцов именно в середине пластинки происходит переход от неравномерного слоя склеренхимы с одним–двумя разрывами на уровне 0,4 части пластинки на каноническую 5-тяжевую конструкцию на уровне 0,6 части (рис. 1Б). Таким образом, небольшое смещение на 1–2 см от срединного участка даёт уже другую конфигурацию сечения склеренхимы. Трёхмерная картина, бесспорно, несёт больше информации о механической ткани листа, чем её единственное сечение из срединного или близкого к срединному участку листа.

Слабая изученность трёхмерной анатомической структуры растительных объектов — проблема не только агроэкологии. Пространственное расположение тканей растений остаётся в значительной степени неисследованным прежде всего потому, что реконструкция множества поперечных срезов вручную — крайне трудоёмкая задача. Такие перспективные методы, как рентгеновская компьютерная микротомография и метод ядерно-магнитного резонанса, позволяют получить трёхмерное изображение участков растительных органов, однако их применение с этой целью пока имеет ряд ограничений как технического, так и логистического характера [20–22]. При использовании традиционных методов анатомической обработки объектов в со-

четании с доступными программами 3D-моделирования задача трёхмерной реконструкции растительных тканей может быть в определённой степени решена для таких объектов, как листья злаков. В этом случае рутинные процедуры — приготовление срезов и фотографирование — будут единственной затратной по времени частью исследования, а трёхмерная реконструкция изображений будет ускорена с помощью соответствующих программ.

Таким образом, проведённое исследование выявило сходную количественную закономерность распределения склеренхимных волокон вдоль листовых пластинок *F. beckeri* и

*F. valesiaca*: площадь сечения склеренхимы увеличивается на небольшом участке в районе пластинчато-влагалищного сочленения и затем постепенно уменьшается до кончика листа. Изменения формы сечений склеренхимы вдоль листовой пластинки выражены в большей степени у *F. valesiaca*, чем у *F. beckeri*, что следует учитывать при использовании очертаний склеренхимы в качестве диагностических признаков.

Исследование выполнено без использования животных и без привлечения людей в качестве испытуемых. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dube M., Morisset P. Morphological and leaf anatomical variation in *Festuca rubra sensu lato* (Poaceae) from eastern Quebec // Can. J. Bot. 1987. Vol. 65. N 6. P. 1065–1077.
2. Ramesar-Fortner N.S., Aiken S.G., Dengler N.G. Phenotypic plasticity in leaves of four species of arctic *Festuca* (Poaceae) // Can. J. Bot. 1995. Vol. 73. N 11. P. 1810–1823.
3. Wrobel C., Coulman B.E., Smith D.L. An investigation into the anatomical differences between flat and folded leaves in reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) // Can. J. Plant Sci. 2008. Vol. 88. N 2. P. 339–342.
4. Namaganda M., Krekling T., Lye K.A. Leaf anatomical characteristics of Ugandan species of *Festuca* L. (Poaceae) // S. Afr. J. Bot. 2009. Vol. 75. N 1. P. 52–59.
5. Dani M., Kovacs J.A. Leaf anatomical structures in Central European populations of the broad-leaved *Festuca* taxa // Acta Bot. Hung. 2014. Vol. 56. N 3–4. P. 275–291.
6. Leandro T.D., Shirasuna R.T., Filgueiras T.S., Scatena V.L. The utility of Bambusoideae (Poaceae, Poales) leaf blade anatomy for identification and systematics // Braz. J. Biol. 2016. Vol. 76. N 3. P. 708–717.
7. Leandro T.D., Scremin-Dias E., Arruda R. Micromorphology and anatomy of the leaf blade: a contribution to the taxonomy of *Luziola* (Poaceae, Oryzoideae) from the Pantanal, Brazil // Plant Syst. Evol. 2016. Vol. 302. N 3. P. 265–273.
8. Leandro T.D., Scatena V.L., Clark L.G. The contribution of foliar micromorphology and anatomy to the circumscription of species within the *Chusquea ramosissima* informal group (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae) // Plant Syst. Evol. 2017. Vol. 303. N 6. P. 745–756.
9. Ellis R.P. A procedure for standardizing comparative leaf blade anatomy in the Poaceae I. The leaf blade as viewed in transverse section // Brothalia. 1976. Vol. 12. N 1. P. 65–109.
10. Hosseini S.Z., Rahiminejad M.R., Saeidi H. Leaf anatomical structure of Iranian narrow-leaved species of the genus *Festuca* L. (Poaceae, Poaceae) // Iran. J. Bot. 2013. Vol. 10. N 1. P. 86–93.
11. Martinez-Sagarra G., Abad P., Devesa J.A. Study of the leaf anatomy in cross-section in the Iberian species of *Festuca* L. (Poaceae) and its systematic significance // PhytoKeys. 2017. Vol. 83. P. 43–74.
12. Aiken S.G., Darbyshire S.J., Lefkovitch L.P. Restricted taxonomic value of leaf sections in Canadian narrow-leaved *Festuca* (Poaceae) // Can. J. Bot. 1985. Vol. 63. N 6. P. 995–1007.
13. Zarinkamar F., Jouyandeh N.E. Foliar anatomy and micromorphology of *Festuca* L. and its taxonomic applications // Tax. Biosyst. 2011. Vol. 3. N 8. P. 55–63.
14. Stace C.A., Al-Bermani A.-K.K.A., Wilkinson M.J. The distinction between the *Festuca ovina* L. and *Festuca rubra* L. aggregates in the British Isles // Watsonia. 1992. Vol. 19. P. 107–112.
15. Алексеев Е.Б. Овсяницы Кавказа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 164 с.
16. Lopez J., Devesa J.A. Contribución al conocimiento de la anatomía foliar de las Aveneae (Poaceae, Pooideae) del centro-oeste de España // Anal. Jardin Bot. Mad. 1991. Vol. 48. N 2. P. 171–187.
17. Батырбекова Д.К., Горемыкина Е.В., Лосев А.А., Майоров С.А. Изменчивость анатомической структуры листовой пластинки у некоторых степных злаков // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2015. Т. 120. N 8. С. 58–67.
18. Паутов А.А. Закономерность филломорфогенеза вегетативных органов растений. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2009. 220 с.

19. Niklas K.J. Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function. Chicago: Chicago Univ. Press, 1992. 628 p.

20. Brodersen C.R., Roddy A.B. New frontiers in the three-dimensional visualization of plant structure and function // Am. J. Bot. 2016. Vol. 103. N 2. P. 184–188.

21. Wang Z., Verboven P., Nicolai B. Contrast-enhanced 3D micro-CT of plant tissues using different impregnation techniques // Plant Methods. 2017. Vol. 13. N 105. P. 1–16.

22. Mathers A.W., Hepworth C., Baillie A.L., Sloan J., Jones H., Lundgren M., Fleming A.J., Sacha J., Mooney S.J., Sturrock C.J. Investigating the microstructure of plant leaves in 3D with lab based X ray computed tomography // Plant Methods. 2018. Vol. 14: 99.

Поступила в редакцию 13.05.2019 г.

После доработки 19.07.2019 г.

Принята в печать 25.07.2019 г.

## RESEARCH ARTICLE

### SPATIAL DISTRIBUTION OF SCLERENCHYMA IN LEAF BLADES OF SOME FESCUES (*FESTUCA* L., GRAMINEAE JUSS.)

E.V. Goremykina\*, A.A. Ryabysheva

*Institute of Nature Sciences, Volgograd State University, Universitetskiy prosp. 100,  
Volgograd, 400062, Russia*

*\*e-mail: goremykina.eugenia@gmail.com*

Leaf anatomical characteristics are considered as important diagnostic features for identifying grasses. Cross sections in the middle part of the leaf blades have been traditionally used for such purposes. The leaf anatomy has been of key interest in diagnostics of fescues *Festuca* L. because of great morphological similarity between the species, particular attention is paid to the arrangement of sclerenchyma in the middle part of the leaf blades of fescues. The lack of knowledge regarding the spatial distribution of tissue throughout the leaf blades of grasses does not allow to evaluate the diagnostic significance of data obtained from the single two-dimensional cross section. The aim of the work is to make 3D models of sclerenchyma from serial sections of leaf blades of two narrow-leaved fescues *Festuca valesiaca* Gaud. and *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. We also attempted to find out the quantitative patterns of the distribution of sclerenchyma along the leaf blades of *F. beckeri* and *F. valesiaca*. Cross-sectional areas of sclerenchyma increase just above the blade/sheath junction and then gradually decrease up to tips of the leaf blades in both species. Subepidermal sclerenchyma of the fescues arranges in uneven layer. The layer of *F. beckeri* is more or less solid, the layer of *F. valesiaca* is dissected by four long splits. Changes in the shape of sclerenchyma sections along the leaf blades are more pronounced in *F. valesiaca* than in *F. beckeri*. Variability of the sclerenchyma arrangements along the leaf blades should be considered when using 2D sections of the leaf for diagnostics of fescues.

**Keywords:** *grasses, fescues, leaf blade anatomy, sclerenchyma, diagnostic features, three-dimensional structure of leaf tissues*

#### Сведения об авторах

Горемыкина Евгения Вячеславовна — канд. биол. наук, доц. кафедры биологии Волгоградского государственного университета. Тел.: 8-844-244-74-01;  
e-mail: [goremykina.eugenia@gmail.com](mailto:goremykina.eugenia@gmail.com)

Рябышева Анастасия Александровна — бакалавр кафедры биологии Волгоградского государственного университета. Тел.: 8-844-244-74-01; e-mail: [bot@volsu.ru](mailto:bot@volsu.ru)