

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ФЛАГОВЫХ ЛИСТЬЕВ РИСА НА ЭЛЕМЕНТЫ ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ И КОЛИЧЕСТВО КОЛОСКОВ В МЕТЕЛКАХ

П.И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

В.Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

Е.Ю. Черпакова, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

Н.В. Яновская, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

А.В. Аксенов, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X.

ФГБНУ «АНЦ «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3, vniizk30@mail.ru

Рис является важной сельскохозяйственной культурой, которой питается более 4 миллиардов людей. Необходимо повышать его урожайность. Известно, что индекс листовой поверхности и ширина флага во время цветения риса являются важными факторами для формирования продуктивности метёлки. В статье приводятся данные по изучению проводящей системы флаговых листьев растений риса, выращенных в полевых условиях в ОП «Пролетарское» Ростовской области. Объектами исследования были 47 коллекционных образцов риса ФГБНУ «АНЦ «Донской», различающихся по длине, ширине листьев и признакам метелок. Цель исследований – провести оценку влияния размеров флаговых листьев риса и их проводящей системы на семенную продуктивность метелок. Биометрический анализ образцов и сортов риса установил существенные различия по величине морфологических и анатомических признаков метелок и флаговых листьев. Выявлены положительные корреляции ширины листа с количеством проводящих пучков ($0,75 \pm 0,10$) и суммарной площадью всех пучков ($0,70 \pm 0,11$), а также с числом колосков на метелке ($0,49 \pm 0,13$). Расширение флагового листа на 1 см приводит к увеличению числа колосков в метелке на 66,3 шт., количества пучков – на 22,1 шт., площади всех пучков листа – на 137821 мкм². При изучении проводящей системы листьев растений (количество и площадь пучков) было установлено, что у растений с узкими листьями (0,8–1,3 см) проводящих пучков было в среднем 45,6 шт., что значительно меньше по сравнению с широколистными (2,0–2,5 см) образцами – 74,1 шт. Поэтому ширина флагового листа риса является маркерным признаком для отбора метёлок с высокой озернённостью и его рекомендуется использовать в селекционной работе.

Ключевые слова: рис, сорт, образец, метелка, лист, проводящие пучки.

Для цитирования: Костылев П.И., Газе В.Л., Черпакова Е.Ю., Яновская Н.В., Аксенов А.В. Влияние ширины флаговых листьев риса на элементы проводящей системы и количество колосков в метелках // Зерновое хозяйство России. 2026. Т.18, № 3. С. 88-95. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-104-3-88-95.



THE EFFECT OF RICE FLAG LEAVES' WIDTH ON THE ELEMENTS OF THE CONDUCTING SYSTEM AND A NUMBER OF SPIKELETS IN PANICLES

P.I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

V.L. Gaze, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

E.Yu. Cherpakova, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

N.V. Yanovskaya, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

A.V. Aksenov, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X.

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Russia, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru

Rice is an important agricultural crop, providing food for over 4 billion people. It is necessary to increase its productivity. It is known that a leaf area index and a flag width during rice flowering are important factors in determining panicle productivity. The current paper has presented data from a study of the flag leaves' conducting system of rice grown in the field at the EF "Proletarskoye" in the Rostov Region. The objects of the study were 47 rice samples from the FSBSI "ARC "Donskoy", which varied in leaf length and width, and panicle characteristics. The purpose of the current study was to estimate the effect of rice flag leaf size and its conducting system on panicle seed production. Biometric analysis of rice samples and varieties has revealed significant differences in the size of morphological and anatomical traits of panicles and flag leaves. There have been found positive correlations between a leaf width, a number of conducting bundles (0.75 ± 0.10), total area of all bundles (0.70 ± 0.11), and a number of spikelets per panicle (0.49 ± 0.13). A flag leaf widening by

1 cm has resulted in increase in the number of spikelets per panicle by 66.3, the number of bundles by 22.1, and the area of all leaf bundles by 137,821 μm^2 . When studying the conducting system of plant leaves (a number and area of bundles), there has been found that plants with narrow leaves (0.8–1.3 cm) had an average of 45.6 conducting bundles, which is significantly fewer than broad-leaved (2.0–2.5 cm) samples (74.1 bundles). Therefore, a rice flag leaf width is a marker trait for selecting panicles with high grain density and is recommended for use in breeding work.

Keywords: rice, variety, sample, panicle, leaf, conducting bundles.

Введение. Рис – самая важная сельскохозяйственная культура в Азии, на его долю приходится 35–60% калорий, потребляемых 4 миллиардами людей. Глобальное потепление будет способствовать как испарению воды, так и транспирации листьев, что в будущем вызовет острую нехватку воды и может в значительной степени сдерживать рост листьев, но неясно, связано ли это с изменением структуры жилкования листьев. Существует мало исследований, касающихся влияния стрессоров на структуру жилкования растений риса. Индийские ученые сравнили 9 лучших сортов и линий по морфологическим признакам и скорости фотосинтеза флагового листа. Они установили, что индекс листовой поверхности и ширина флага во время цветения риса являются важными факторами для формирования продуктивности метёлки (Pushravesa et al., 1974).

Как и у других злаков, листья риса состоят из листового влагалища, сочленения пластинок и листовой пластинки вдоль проксимально-дистальной оси. Листовая пластинка является основным местом фотосинтеза, где растения преобразуют солнечную энергию и углеродные ресурсы в фотосинтезирующие вещества, поэтому их длина, ширина и толщина влияют на его эффективность. Таким образом, архитектура листьев важна как для адаптации, так и для сельского хозяйства. Многие морфологические и функциональные характеристики листьев, такие как масса листа на единицу площади, фотосинтез листьев, содержание азота в листьях и количество жилок листа на единицу ширины, также называемое плотностью жилок листа или длиной жилок на единицу площади листа, коррелирует друг с другом. Более высокая гидравлическая проводимость растений (ГПР) жизненно важна для их роста, особенно в условиях стресса, вызванного дефицитом воды. Структура жилкования листьев является ключевым фактором, определяющим их гидравлическую проводимость, которая является основным компонентом ГПР для различных видов. Однако имеется мало информации о сортовых различиях в развитии жилок листьев у риса (Tabassum et al., 2016).

Проводящие сосудистые пучки листьев выполняют множество важных функций, таких как механическая поддержка, транспорт сахара и гормонов, а также транспортировка воды для транспирации. Фотосинтез листьев выше у листьев с более плотными жилками, поскольку он координируется с транспирацией. Система жилок листьев сильно различается по количеству, расположению, плотности и размеру жилок, а также по геометрии сосудистых пучков в жилках листьев. Структура жилкования листьев представляет собой идеальную, высокоструктурированную и эффективную систему снабжения растений водой. Плотность жилок листьев и толщина жилок – два основных свойства этой системы. Количество жилок на единицу ширины листа является основным фактором, определяющим гидравлическую проводимость листьев,

и имеет существенные различия у разных сортов риса. Увеличение количества жилок по ширине листа может значительно улучшить водообеспечение стеблей риса. Пропускная способность проводящей воду системы контролирует рост растений, поскольку она поддерживает гидравлическую связь между корнями и листьями (Tabassum et al., 2016).

Морфология листьев играет центральную и незаменимую роль в фотосинтезе и, как следствие, в способности растения накапливать ассимиляты, поскольку листья являются основными органами для улавливания солнечной энергии и поглощения углекислого газа (Olanlokun et al., 2026).

Проводящая система листьев снабжает растения водой и распределяет ассимиляты. Небольшое количество проводящих пучков и малые размеры их площади задерживают движение и накопление ассимилятов в листьях растений, снижаются функции дыхания, транспирации, фотосинтеза и замедляется рост, поэтому снижается урожайность зерновых культур (Газе и др., 2022).

Проводящие пучки листьев выполняют множество функций, включая механическую поддержку, транспортировку сахаров и гормонов, а также восполнение воды, потерянной из-за транспирации в процессе фотосинтеза. Огромное разнообразие наблюдается в расположении жилок, размере и плотности, а также в геометрии сосудов флоэмы и ксилемы внутри сосудистых пучков листьев. Жилки побегов обладают хорошей способностью к транспортировке воды и перемещению сахара из-за большого количества и/или размера сосудов ксилемы и флоэмы. Центральная область средней жилки листьев имеет увеличенную толщину, сопровождаемую двумя большими лакунами, называемыми прозрачными клетками, большим сосудистым пучком на абаксиальной стороне и дополнительным небольшим сосудистым пучком на адаксиальной стороне (Tanaka et al., 2023).

В ФГБНУ «АНЦ «Донской» методом андрогенеза получены растения регенеранты риса с различным уровнем пloidности (1n, 2n, 4n). При изучении проводящей системы листьев растений (количество и площадь пучков) было установлено, что у гаплоидных растений проводящие пучки были меньше по сравнению с ди- и тетраплоидными образцами. В листьях образцов риса с увеличением уровня пloidности формируется большее количество мелких и крупных проводящих пучков (Костылев и др., 2024).

Рисовый лист состоит из различных типов клеток, таких как мезофильные, эпидермальные, бугорчатые, каменистые, а также имеет сосудистые пучки с ксилемой и флоэмой. Равносторонний дорсо-вентрально уплощенный рисовый лист происходит из примордиальных клеток листа в апикальной части стебля. Обычно изменения в клеточном делении во время формирования оси, дифференцировки и специализации тканей в конечном итоге определяют форму листа. Синхронизированная активность всех этих

клеточных модулей эффективно контролирует функцию листьев. В отличие от листьев двудольных растений, листья злаков, включая рис, имеют однородную конфигурацию клеток мезофилла и симметрично расположенную склеренхиму вдоль сосудистых пучков в листовых пластинках. Высокая плотность жилкования листьев является как важной особенностью фотосинтеза, так и основополагающим признаком его эволюции, обеспечивая оптимальное соотношение и близость клеток мезофилла и обкладки сосудистых пучков для быстрого обмена фотосинтетическими продуктами (Chatterjee et al., 2016).

Структура листьев в значительной степени контролирует фотосинтез листьев и играет ключевую роль на каждом этапе, начиная от улавливания света и заканчивая биохимической фиксацией углекислого газа. Таким образом, изучение структуры листьев культивируемого риса может представлять непосредственный интерес для текущих исследований, направленных на повышение эффективности фотосинтеза и, таким образом, на повышение урожайности. Несмотря на то, что анатомия листьев является центральным компонентом, определяющим фотосинтез и газообмен листьев, очень мало внимания уделялось количественной оценке разнообразия анатомических признаков листьев риса для использования в программах селекции по генетическому улучшению растений риса (Chatterjee et al., 2016).

Развитие проводящих пучков, являющихся ключевыми элементами проводящей системы растения, оказывает значительное влияние на устойчивость к неблагоприятным факторам и продуктивность. Количество и характеристики проводящих пучков существенно зависят от видовых и сортовых особенностей риса. Изучение проводящей системы флагового листа важно не только с точки зрения понимания физиологии растения, но и для разработки методов улучшения урожайности и семенной продуктивности риса.

Повышение урожайности риса в ведущих селекционных центрах связывают с изменением морфотипа растений: низкорослые с зректоидными листьями и высокоозерненной крупной метелкой (Зеленский, Зеленская, 2024).

В ФНЦ риса проводится изучение фенотипической изменчивости агрономических и морфологических признаков генотипов двух подвидов риса, расшифровка результатов урожайности на юге России. Отмечается

значимая взаимосвязь между массой зерна с метелки и урожайностью с единицы площади (Коротенко и др., 2025).

Принято считать, что флаговый лист является наиболее значимым в развитии и накоплении массы зерновок. Установлена положительная корреляция между площадью флагового листа, параметрами его мезоструктуры и урожайностью (Даштоян, Калинина, 2024).

Цель исследований – провести оценку влияния размеров флаговых листьев риса и их проводящей системы на семенную продуктивность метелок.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являются 47 коллекционных образцов и сортов риса ФГБНУ «АНЦ «Донской», значительно различающиеся по длине и ширине флаговых листьев: Боярин, Южанин, AV1 x Лощман, Безлигульный x Боярин, Карлик, Вертикальный, Крупнозерный x Стрелец, Узколистный, Широколистный, Чернолистный и др., выращенных в 2025 году в коллекционном питомнике ОП «Пролетарское» Ростовской области. Повторность деленок – однократная.

Исследование параметров проводящей системы проводили в 2026 году в лаборатории клеточной селекции Центра фундаментальных научных исследований «АНЦ «Донской» по методу анатомо-гистохимического исследования растительных тканей Фурста Г.Г. (1979). Оценка проводящих пучков в листьях растений риса проводили путем микроскопии поперечного сечения флагового листа. Использовали стереомикроскоп исследовательского класса Shoptop SZX12, а изображения фиксировали цифровым фотоаппаратом DXM 1200 (Nikon). Для световой микроскопии использовали участки листьев из средней части пластинки, где проводили срезы на всю ширину. Материал фиксировали в 70% этаноле и окрашивали 1%-раствором метиленового синего. Срезы флаговых листьев каждого образца изучали в трехкратном повторении. Диаметры больших и малых проводящих пучков измеряли с помощью микрометра.

У этих же образцов риса проводили биометрический анализ метелок и зерна. Математическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова, с применением программы Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Биометрический анализ образцов и сортов риса показал большие различия по величине морфологических и анатомических признаков (табл. 1, 2).

Таблица 1. Статистические параметры образцов риса, 2025 г.
Table 1. Statistical parameters of rice samples, 2025

Признаки	Длина метелки, см	Число выполненных зерен, шт.	Число пустых колосков, шт.	Число колосков общее, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина листа, см
Минимум	12,3	50,0	4,0	62,0	18,0	19,5
Максимум	26,5	237,0	163,0	303,0	50,0	41,0
Средние	18,4	157,6	30,1	186,6	29,0	28,8
Стандартное отклонение	3,5	49,7	32,2	53,7	5,7	5,4
Коэффициент вариации, %	19,0	31,5	103,4	28,8	19,6	18,7

Продолжение табл. 1

Признаки	Ширина листа, см	Толщина листа, мкм	Количество пучков, шт.	Диаметр пучка, мкм	Площадь одного пучка, мкм ²	Площадь всех пучков, мкм ²
Минимум	0,8	334,7	37,0	73,9	4281	218568
Максимум	2,5	758,4	85,0	112,4	9922	588743
Средние	1,67	506,6	58,0	88,3	6183	352890
Стандартное отклонение	0,4	100,2	11,7	8,9	1264	78472
Коэффициент вариации, %	22,7	19,8	19,2	9,9	19,4	19,6

Как видно из таблицы 1, образцы риса значительно различались между собой по длине метелки – от 12,3 до 26,5 см (в среднем 18,1 см), количеству выполненным зерен – от 50 до 237 (в среднем 157,6 шт.), общему количеству колосков, включая пустые, – от 62 до 303 (в среднем 186,6 шт.), массе 1000 зёрен – от 18 до 50 г (в среднем 28,8 г). Длина листа колебалась от 19,5 до 41 см (в среднем 28,8 см), ширина листа широко варьировала от 0,8 до 2,5 см (в среднем 1,67 см), толщина листа была в пределах от 334,7 до 758,4 мкм, количество проводящих пучков – от 37 до 85 штук, диаметр пучка – от 73,4 до 112,4 мкм, площадь одного пучка от 4281 до 9922 мкм², суммарная площадь всех пучков – от 218568 до 588743 мкм² (табл. 2).

Коэффициент вариации колебался по признакам от незначительного 9,9% (диаметр пучка) до очень высокого – 103,4% (число пустых колосков на метелке). По большинству признаков отмечена средняя вариабельность (18,7–19,8 %), а по числу зерен и колосков, а также ширине листьев – значительная (22,7–31,5 %).

В представленном наборе сортообразцов присутствовали как очень узколистные формы – от 0,8 до 1,4 см (31,9 %), так и очень широколистные – от 2,1 до 2,5 см (12,9 %). При этом большая часть коллекции была представлена образцами со средней шириной листьев – от 1,41 до 2,0 см (55,2%) (рис. 1).

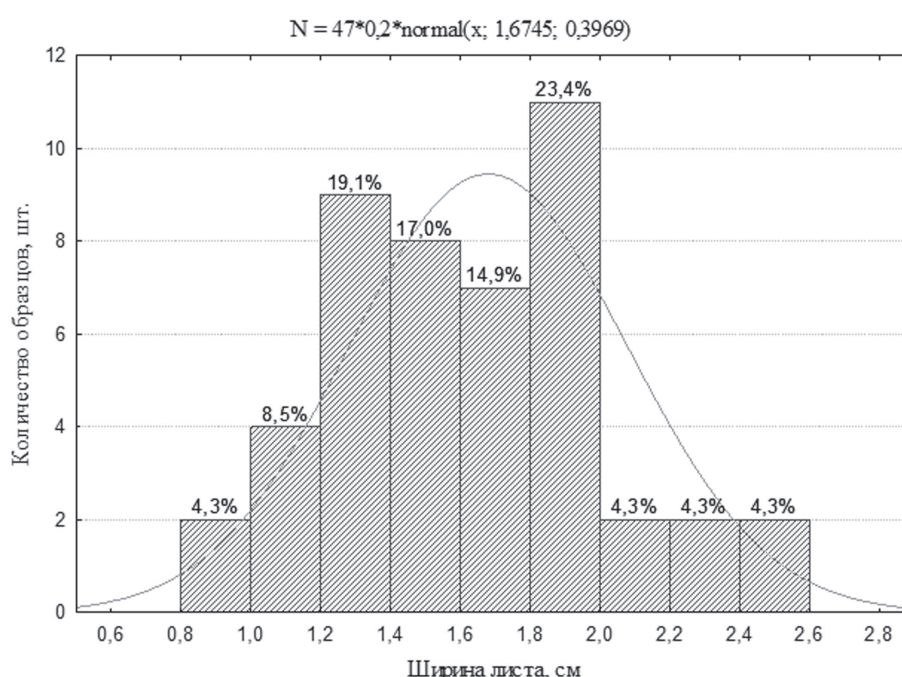


Рис. 1. Распределение образцов риса по ширине флагового листа, 2025 г.

Fig. 1. Distribution of rice samples according to a flag leaf width, 2025

Корреляционный анализ двенадцати признаков показал наличие между ними положительных и отрицательных, слабых, средних и сильных связей (табл. 3). Длина метёлки средне положительно коррелировала с длиной листа ($0,46 \pm 0,13$) и толщиной листа ($0,35 \pm 0,14$). Число выполненным зерен высоко

коррелировало с общим количеством колосков ($0,88 \pm 0,07$), средне – с шириной листа ($0,32 \pm 0,14$). Количество колосков имело среднюю положительную связь с шириной листа ($0,49 \pm 0,13$), количеством пучков ($0,33 \pm 0,14$) и площадью всех пучков ($0,33 \pm 0,14$). Ширина листа положительно коррелировала с количеством

проводящих пучков ($0,75 \pm 0,10$) и суммарной площадью всех пучков ($0,70 \pm 0,11$). При этом диаметр и площадь пучка не зависели от ширины листа, положительная

корреляция у них была только с толщиной листа ($0,38 \pm 0,14$).

Таблица 2. Корреляции признаков риса между собой, 2025 г.
Table 2. Correlations of rice traits, 2025

№	Длина метелки	Число выполненных зерен	Число пустых колосков	Число колосков общее	Масса 1000 зерен	Длина листа	Ширина листа	Толщина листа	Количество пучков	Диаметр пучка	Площадь пучка	Площадь всех пучков
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,00	$0,26 \pm 0,14$	$-0,15 \pm 0,15$	$0,18 \pm 0,15$	$0,06 \pm 0,15$	$0,46 \pm 0,13$	$-0,08 \pm 0,15$	$0,35 \pm 0,14$	$0,05 \pm 0,15$	$0,01 \pm 0,15$	$0,03 \pm 0,15$	$0,07 \pm 0,15$
2		1,00	$-0,11 \pm 0,15$	$0,88 \pm 0,07$	$-0,13 \pm 0,15$	$0,12 \pm 0,15$	$0,32 \pm 0,14$	$0,10 \pm 0,15$	$0,18 \pm 0,15$	$0,06 \pm 0,15$	$0,07 \pm 0,15$	$0,21 \pm 0,15$
3			1,00	$0,41 \pm 0,14$	$-0,36 \pm 0,14$	$0,14 \pm 0,15$	$0,35 \pm 0,14$	$0,09 \pm 0,15$	$0,28 \pm 0,14$	$-0,18 \pm 0,15$	$-0,17 \pm 0,15$	$0,13 \pm 0,15$
4				1,00	$-0,32 \pm 0,14$	$0,11 \pm 0,15$	$0,49 \pm 0,13$	$0,14 \pm 0,15$	$0,33 \pm 0,14$	$0,01 \pm 0,15$	$0,01 \pm 0,15$	$0,33 \pm 0,14$
5					1,00	$0,13 \pm 0,15$	$0,25 \pm 0,14$	$0,06 \pm 0,15$	$0,15 \pm 0,15$	$0,05 \pm 0,15$	$0,05 \pm 0,15$	$0,19 \pm 0,15$
6						1,00	$0,25 \pm 0,14$	$0,50 \pm 0,13$	$0,23 \pm 0,15$	$0,11 \pm 0,15$	$0,12 \pm 0,15$	$0,34 \pm 0,14$
7							1,00	$0,23 \pm 0,15$	$0,75 \pm 0,10$	$-0,01 \pm 0,15$	$-0,02 \pm 0,15$	$0,70 \pm 0,11$
8								1,00	$0,22 \pm 0,15$	$0,38 \pm 0,14$	$0,38 \pm 0,14$	$0,53 \pm 0,13$
9									1,00	$-0,33 \pm 0,14$	$-0,34 \pm 0,14$	$0,60 \pm 0,12$
10										1,00	$1,00 \pm 0,00$	$0,55 \pm 0,12$
11											1,00	$0,55 \pm 0,12$
12												1,00

Регрессионный анализ показал, что с увеличением ширины листовой пластинки флага повышается и количество пучков, и их суммарная площадь, что приводит, в конечном счете, к формированию большего числа колосков на метелке (рис. 2).

Расширение флагового листа на 1 см приводит к увеличению числа колосков в метелке на 66,3 шт., количества пучков – на 22,1 шт., площади всех пучков листа – на 137821 мкм².

$$\text{Количество колосков, шт.} = 75,7057 + 66,3257 \cdot x$$

$$\text{Количество пучков, шт.} = 21,0045 + 22,0812 \cdot x$$

$$\text{Площадь всех пучков, мкм}^2/1000 = 122,1135 + 137,8208 \cdot x$$

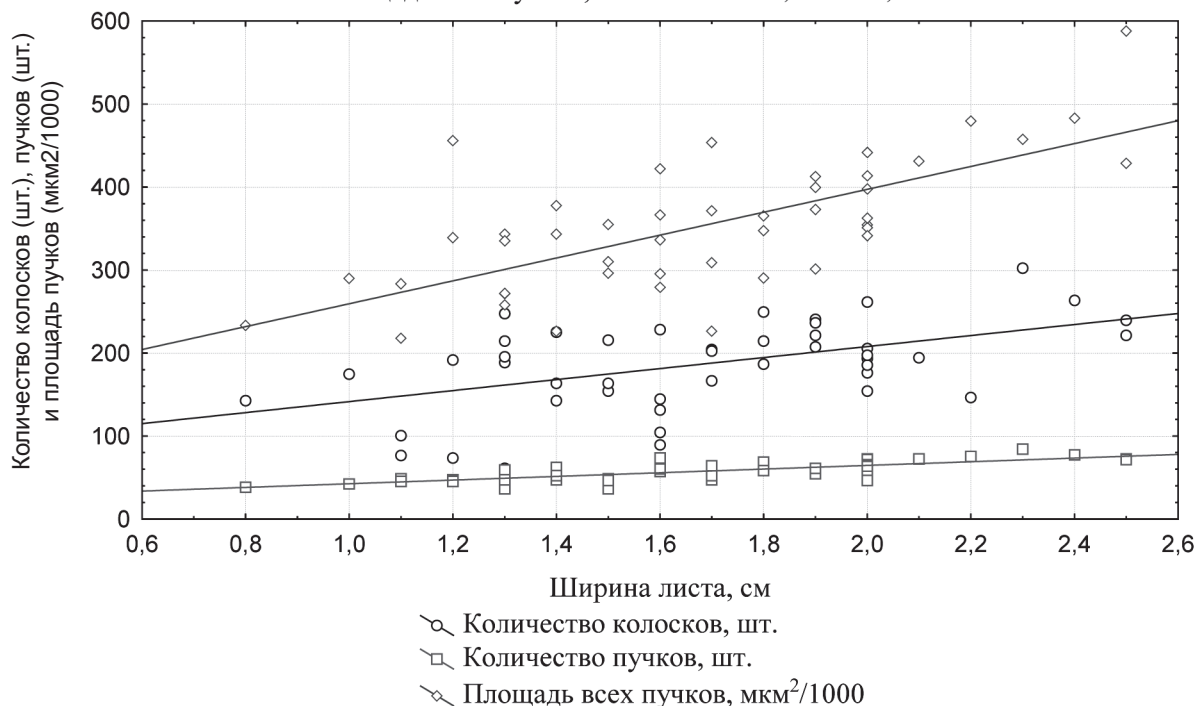


Рис. 2. Регрессионная зависимость количества колосков на метелке, проводящих пучков на листе и их площади от ширины флагового листа, 2025 г.

Fig. 2. Regression dependence of a number of spikelets per panicle, conducting bundles per a leaf, and their area on a flag leaf width, 2025

Количество и размеры проводящих сосудистых пучков в значительной степени зависят от видовых и сортовых особенностей риса. Жилки состоят из сосудов флоэмы и ксилемы, которые окружены клетками оболочки пучка. Они находятся в паренхиме, рядом со склеренхимой. Ксилема расположена в верхней, а флоэма – в нижней части листовой пластинки. Такая организация проводящих тканей листьев и стебля

формируют цельную непрерывную систему трубочек (Sakaguchi, Fukuda, 2008).

При сравнении количества проводящих пучков в группах у образцов узколистных (0,8–1,3 см) и широколистных (2,0–2,5 см) было установлено, что у первых их сформировалось от 39 до 49 шт. (в среднем 45,6 шт.), а у вторых – от 68 до 85 шт. (в среднем 74,1 шт.) или на 28,5 шт. больше (табл.4).

Таблица 3. Морфо-анатомические особенности двух групп образцов риса значительно различающихся по ширине флагового листа, 2025 г.

Table 3. Morphoanatomical features of two rice samples' groups differing significantly in a flag leaf width, 2025

Образец №	Название	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина листа, см	Ширина листа, см	Количество пучков, шт.	Диаметр пучка, мкм
19	Боярин, стандарт	14,5	187	30	25,0	1,8	64	82
20	Южанин, стандарт	20,8	208	33	28,0	1,9	58	95
Узколистные								
26	AV1 х Лоцман	19,5	143	26	26,5	0,8	39	87
27	О-1641	15,5	175	23	29,5	1,0	43	93
44	Круглозерный	12,3	77	27,5	19,5	1,1	49	86
56	Узколистный, ГЛ	24,8	101	32	30,5	1,1	46	78
9	Вертикальный	19,0	192	25	29,0	1,2	46	112
6	Карлик 1, СКЧ	12,8	74	27	30,0	1,2	48	95
5	Карлик 2	12,5	62	31	21,5	1,3	44	86
24	AV1 х Лоцман	26,5	189	28	28,0	1,3	47	97
54	Узколистный, КП	20,5	248	25,8	21,0	1,3	48	94
Широколистные								
61	Широколистный 6	14,3	206	28,5	25,5	2,0	68	84
62	Широколистный 7	14,3	198	30	27,0	2,0	72	94
65	Широколистный 8	21,5	195	37	41,0	2,1	73	87
34	Широколистный 1,	24,8	147	38	35,0	2,2	76	90
38	Широколистный 5	15,8	303	30,5	26,0	2,3	85	83
37	Широколистный 4	19,0	264	18	31,5	2,4	78	89
35	Широколистный 2	19,0	240	31	37,0	2,5	73	101
36	Широколистный 3	16,3	222	34,2	31,0	2,5	72	87

При этом у стандартов Боярин и Южанин, имевших среднюю ширину листа 1,8–1,9 см, количество проводящих пучков также было промежуточным (58-64 штуки).

В качестве примера на рисунке 3 приведены фото среза листа узколистного образца риса №27 (О-1641). Ширина листа в средней части у него составила 1 см, количество пучков 43 шт., средний

диаметр – 93 мкм. Количество и размер крупных и мелких проводящих пучков подчиняется своеобразной структуре жилкования. Редко расположенные крупные жилки регулярно чередуются с несколькими (от 3 до 5) мелкими сосудистыми пучками. Помимо четырех пучков центральной жилки, у данного образца сформировалось 10 крупных и 29 мелких (рис. 3).

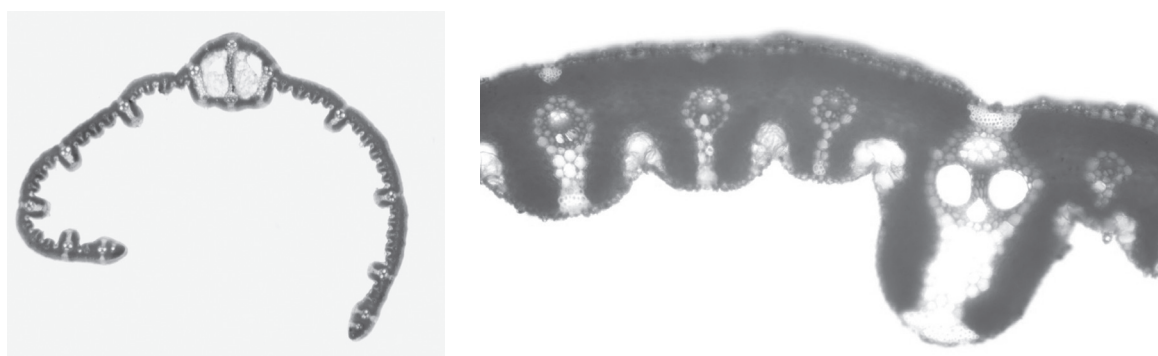


Рис. 3. Поперечный срез флагового листа узколистного образца риса №27 (О-1641), 2025 г.

Fig. 3. A flag leaf cross-section of narrow-leaved rice sample No.27 (O-1641), 2025

На рисунке 4 представлены фото среза листа образца риса с широким флагом – №35 (Широколистный).

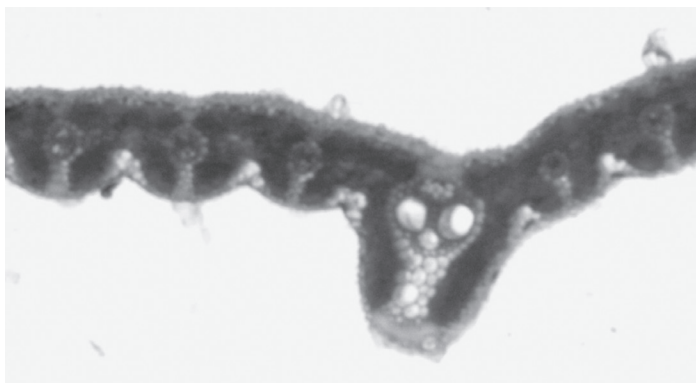


Рис. 4. Поперечный срез флагового листа образца риса №35 (Широколистный), 2025 г.

Fig. 4. A flag leaf cross-section of rice sample No.35 (Broad-leaved), 2025

Ширина листа в средней части у него составила 2,5 см, количество пучков 73 шт., средний диаметр пучка – 101 мкм. На одну крупную жилку приходится несколько (от 3 до 6) мелких. У этого образца проявилась редкая особенность – наличие двух центральных жилок листа, где на каждой сформировалось по 4 воздухоносной полости (аэренхима) и по 8 сосудистых пучков. Помимо 16 пучков центральной жилки, у данного образца сформировалось 12 крупных и 45 мелких пучков (рис. 4).

Выводы. В процессе биометрического анализа коллекционных образцов и сортов риса установлены большие различия по степени проявления ряда морфо-анатомических признаков, таких как длина метелки (12,3–26,5 см), количество зерен (50–237 шт.), количество колосков (62–303 шт.), масса 1000 зёрен (18–50 г), длина листа (19,5–41 см), ширина листа (0,8–2,5 см), толщина листа (335–758 мкм), количество проводящих пучков (37–85 шт.), диаметр пучка (73,4–112,4 мкм).

1. Корреляционный анализ показал, что ширина листа положительно коррелировала с количеством колосков на метелке ($0,49 \pm 0,13$), проводящих пучков ($0,75 \pm 0,10$) и их суммарной площадью ($0,70 \pm 0,11$). При

увеличении ширины флагового листа на один сантиметр происходит повышение количества колосков в метелке на 66,3 шт., числа пучков – на 22,1 шт., площади всех пучков листа – на 137821 мкм². Оценки проводящей системы флаговых листьев растений риса показали, что у узколистных растений (0,8–1,3 см) проводящих пучков было в среднем 45,6 шт., что значительно меньше по сравнению с широколистными (2,0–2,5 см) образцами – 74,1 шт.

2. У узколистного образца №27 (О-1641) (ширина 1 см) помимо четырех пучков центральной жилки, сформировалось 10 крупных и 29 мелких, чередующихся в соотношении примерно 1 к 3. У образца риса с широким флагом – №35 (Широколистный) кроме 16 пучков на двух центральных жилках, сформировалось 12 крупных и 45 мелких проводящих пучков.

3. Таким образом, ширина флагового листа риса является важным фактором для формирования семенной продуктивности метёлки, что необходимо учитывать в селекционной работе.

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания № FNFN-2025-0008, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской».

Библиографический список

- Газе В.Л., Яновская Н.В., Лобунская И.А., Костылев П.И., Марченко Д.М. Проводящая система флагового листа озимой пшеницы в условиях модельной засухи // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 57–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-57-63
- Даштоян Ю.В., Калинина А.В. Некоторые анатомические, морфологические и физиологические особенности флагового листа интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops columnaris* Zhuk. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т.185. №2. С. 60-68. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-60-68
- Зеленский Г.Л., Зеленская О.В. Селекция риса на повышение его продуктивности (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185, № 1. С. 212-223. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-212-223
- Костылев П. И., Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В. Проводящая система листьев риса в зависимости от уровня плоидности // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 61–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-61-69
- Коротенко Т.Л., Гаркуша С.В., Иванова А.Е. Фенотипические и агрономические различия сортов риса агроэкотипов *Oryza sativa* L. subsp. *indica* и subsp. *japonica* Kato в экологических условиях юга России // Труды КубГАУ. 2025. Т.121, С.166-174. DOI: 10.21515/1999-1703-121-166-174
- Chatterjee J., Dionora J., Elmido-Mabilangan A., Wanchana S., Thakur V., Bandyopadhyay A., Brar D.S., Quick W.P. The evolutionary basis of naturally diverse rice leaves anatomy // PLoS ONE. 2016. Vol. 11 (10): e0164532. DOI: 10.1371/journal.pone.0164532
- Olanlokun F.S., Dada O.A., Ncama K. The role of leaf morphology and sustainable management practices on optimizing nitrogen use efficiency of upland rice: A Review // Crops. 2026. Vol. 6(2). P. 46. DOI: 10.3390/crops6020046
- Pushpavesa R., Escuro P.B., Pantastico E.B. The influence of some morphological leaf characters and photosynthetic efficiency on yield of rice // Philippine Agriculturist. 1974. Vol. 58, P. 30–39.

9. Tabassum M.A, Zhu G., Hafeez A., Wahid M.A., Shaban M., Li Y. Influence of leaf vein density and thickness on hydraulic conductance and photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.) during water stress // Scientific Reports. 2016. 6:36894. DOI: 10.1038/srep36894

10. Tanaka W., Yamauchi T., Tsuda K. Genetic basis controlling rice plant architecture and its modification for breeding // Breeding Science. 2023. 73. P.3–45. DOI: 10.1270/jsbbs.22088

References

1. Gaze V.L., YAnovskaya N.V., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Marchenko D.M. Provodyashchaya sistema flagovogo lista ozimoy pshenicy v usloviyah model'noj zasuhi [Conducting system of the winter wheat flag leaf under conditions of simulated drought] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2022. T. 14, № 3. S. 57–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-57-63

2. Dashtoyan YU.V., Kalinina A.V. Nekotorye anatomicheskie, morfologicheskie i fiziologicheskie osobennosti flagovogo lista introgressivnykh linij myagkoj pshenicy s geneticheskim materialom *Aegilops columnaris* Zhuk [Some anatomical, morphological, and physiological features of the flag leaf of introgressed lines of common wheat with the genetic material *Aegilops columnaris* Zhuk] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2024. T.185. №2. S. 60-68. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-60-68

3. Zelenskij G.L., Zelenskaya O.V. Selekcija risa na povyshenie ego produktivnosti (obzor) [Rice breeding for higher crop productivity (a review)] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2024. T. 185, № 1. C. 212-223. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-212-223

4. Kostylev P. I., Cherpakova E. YU., YAnovskaya N. V. Provodyashchaya sistema list'ev risa v zavisimosti ot urovnya ploidy [The conducting system of rice leaves depending on a ploidy level] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2024. T. 16, № 1. S. 61–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-61-69

5. Korotenko T.L., Garkusha S.V., Ivanova A.E. Fenotipicheskie i agronomicheskie razlichiya sortov risa agroekotipov *Oryza sativa* L. subsp. indica i subsp. japonica Kato v ekologicheskikh usloviyah yuga Rossii [Phenotypic and agronomic differences among rice varieties of the agroecotypes *Oryza sativa* L. subsp. indica and subsp. japonica Kato under ecological conditions in the south of Russia] // Trudy KubGAU. 2025. T.121, S.166-174. DOI: 10.21515/1999-1703-121-166-174

6. Chatterjee J., Dionora J., Elmido-Mabilangan A., Wanchana S., Thakur V., Bandyopadhyay A., Brar D.S., Quick W.P. The evolutionary basis of naturally diverse rice leaves anatomy // PLoS ONE. 2016. Vol. 11 (10): e0164532. DOI: 10.1371/journal.pone.0164532

7. Olanlokun F.S., Dada O.A., Ncama K. The role of leaf morphology and sustainable management practices on optimizing nitrogen use efficiency of upland rice: A Review // Crops. 2026. Vol. 6(2). P. 46. DOI: 10.3390/crops6020046

8. Pushpavesa R., Escuro P.B., Pantastico E.B. The influence of some morphological leaf characters and photosynthetic efficiency on yield of rice // Philippine Agriculturist. 1974. Vol. 58, P. 30–39.

9. Tabassum M.A, Zhu G., Hafeez A., Wahid M.A., Shaban M., Li Y. Influence of leaf vein density and thickness on hydraulic conductance and photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.) during water stress // Scientific Reports. 2016. 6:36894. DOI: 10.1038/srep36894

10. Tanaka W., Yamauchi T., Tsuda K. Genetic basis controlling rice plant architecture and its modification for breeding // Breeding Science. 2023. 73. P.3–45. DOI: 10.1270/jsbbs.22088

Поступила: 10.04.26; доработана после рецензирования: 26.05.26; принята к публикации: 28.05.26.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – общее научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных источников, формирование методологии и концепции исследования, анализ данных и их интерпретация, написание текста статьи; Аксенов А. В. – закладка опыта, посев сортов, отбор растений для анализа; Газе В.Л., Черпакова Е.Ю., Яновская Н.В. – структурный анализ, изготовление препаратов, сбор микроскопических данных, промеры и подсчеты сосудистых пучков, заполнение таблиц.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.