

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА РИСА

П. И. Костылев

Всероссийский НИИ зерновых культур им. И. Г. Калининко

Создание продуктивных сортов риса с высокими пищевыми и технологическими качествами является актуальной задачей. Изучены технологические показатели качества сортов контрольного и конкурсного испытания. Выделены образцы с высоким выходом крупы и целого ядра. Установлена отрицательная корреляция между признаками: выход крупы и пленчатость зерна, содержание целого ядра в крупе и трещиноватость зерна. Выявлены сорта с повышенным содержанием амилозы в ядре (19–23%) и белка в нешлифованном зерне (12,7–14,1%).

Рис – это основная пища в 39 странах мира, особенно в Азии, а выращивается он в 118 государствах. От других злаков он отличается сравнительно высоким содержанием незаменимых аминокислот и довольно низким – заменимых. По питательной ценности он превосходит другие хлебные злаки, зерновые культуры и корнеплоды. Питательная ценность белка обусловлена высоким относительным содержанием лизина (0,31%). Он обеспечивает 35–59 % энергии, потребляемой 2700 миллионами человек в Азии и 8 % 1000 миллионами – в Африке и Латинской Америке (FAO, 1984) [1]. В России ежегодно используется 630–670 тыс. тонн рисовой крупы.

Человек употребляет в пищу тысячи блюд из риса, используя при этом целые, дробленые, обрубленные, шлифованные и полированные, недозрелые и проросшие зерновки. Используется не только крупа, но и мука, крахмал, мучка, масло и др. Поэтому создание продуктивных сортов риса с высокими пищевыми и технологическими качествами является актуальной задачей.

Плод риса – зерновка, окруженная снаружи двумя цветковыми чешуями, выполняющими защитную функцию. Нешлифованный рис состоит из внешних слоев перикарпия, семенной оболочки и нуцеллуса; зародыша или эмбриона; эндосперма (рис. 1).

Перикарпий, или плодовая оболочка, покрывает семя снаружи и содержит пигменты. Ниже расположена семенная оболочка. В пе-

рикарпии и семенной оболочке проходит проводящий пучок. Эндосперм и зародыш семени окружены клетками алейронового слоя, которых имеется до 5 слоев. Клетки алейронового слоя заполнены алейроновыми зернами с высоким содержанием белка и частицами жира. Эндосперм состоит из наружной подалеироновой части и крахмалистого или внутреннего эндосперма. Клетки эндосперма упакованы амилопластами, содержащими составные гранулы крахмала. Слой подалеירוнона богат белком и липидами и имеет меньшие амилопласты и составные гранулы крахмала, чем внутренний эндосперм. Гранулы крахмала многогранны и имеют размер 3–9 мкм.

Технологические и биохимические качества зерна риса

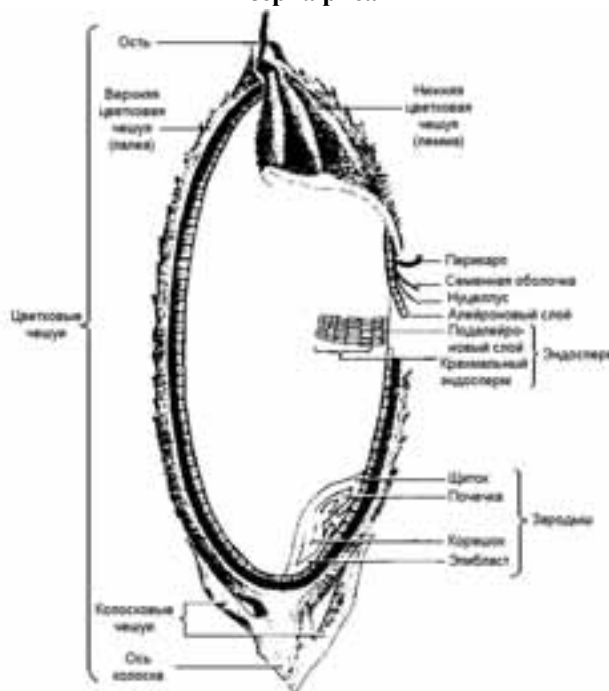


Рис. 1. Строение зерновки риса

Белок присутствует главным образом в форме сферических глобул белка размером 0,5–4 мкм всюду по эндосперму, но прозрачные

гранулы белка и маленькие сферические гранулы расположены в слое подлейрона.

Чешуя (шелуха) составляет приблизительно 20% общего веса риса, но колеблется в диапазоне от 16 до 28%. Распределение веса неочищенного риса: перикарпий – 1–2, алейрон, нуцеллус и семенная оболочка – 4–6, зародыш – 1, щиток – 2 и эндосперм – 90–91% [2].

Невосковой рис (содержащий амилозу в дополнение к амилопектину) имеет прозрачный эндосперм, тогда как восковой (от 0 до 2% амилозы) имеет непрозрачный эндосперм из-за присутствия пор между гранулами крахмала.

Международных стандартов для размера и формы зерна неочищенного риса нет. В IRRI используют следующий масштаб для размера: очень длинный (>7,50 мм); длинный (6,61–7,50 мм); средний (5,51–6,60 мм) и короткий (<5,50 мм). Форма зерна характеризуется по отношению длины к ширине: тонкая > 3,0; средняя, 2,1–3,0; овальная 1,1–2,0 и округлая, <1,0 (рис. 2).

При выработке крупы среди фракций риса отруби имеют самую высокую энергию и содержание белка, а чешуи – самые низкие (табл. 1).



Рис. 2. Форма шлифованного зерна риса

1. Состав зерна риса (14-% влажность) и его фракций после переработки на крупу [3]

Фракция риса	Сырой белок (г N x 5,95)	Жир, г	Волокно, г	Зола, г	Доступные углеводы, г	Нейтральное волокно, г	Содержание энергии, КДж	Плотность, г/мл
Рис сырец	5,8–7,7	1,5–2,3	7,2–10,4	2,9–5,2	64–73	16,4–19,2	1580	1,17–1,23
Нешлифованный рис	7,1–8,3	1,6–2,8	0,6–1,0	1,0–1,5	73–87	2,9–3,9	1520–1610	1,31
Рис крупа	6,3–7,1	0,3–0,5	0,2–0,5	0,3–0,8	77–89	0,7–2,3	1460–1560	1,44–1,46
Мучка (отруби)	11,3–14,9	15,0–19,7	7,0–11,4	6,6–9,9	34–62	24–29	670–1990	1,16–1,29
Чешуи (шелуха)	2,0–2,8	0,3–0,8	34,5–45,9	13,2–21,0	22–34	66–74	1110–1390	0,67–0,74

В работах ряда исследователей изучались признаки качества зерна и крупы сортов риса для оптимизации селекционного процесса. Была изучена взаимосвязь технологических и физико-химических признаков качества, построены модели качества риса [4].

Однако взаимодействие отдельных признаков качества друг с другом и их взаимосвязь недостаточно изучены. Методы оценки зерна и крупы (пленчатость, трещиноватость, стекловидность, выход крупы и целого ядра) не дают полного представления о качестве и закономерностях проявления этих признаков. Поэтому актуально расширение представлений о взаимосвязях технологических признаков качества зерна и крупы, а также их влияния на продуктивность растений. На основе полученных данных по оценке исходного селекционного материала можно выявить лучшие сорта риса с высоким качеством зерна.

Хозяйственную ценность сортов риса в селекционном процессе определялась на основании технологического анализа зерна, основными показателями которого являются выход шлифованной крупы, выход целого ядра и стекловидность. Многолетний ежегодный технологический анализ более 100 образцов контрольного и конкурсного сортоиспытания риса позволил выявить определенные закономерности. Известно, что от пленчатости зерна риса зависит выход крупы. Пленчатость зерна исследованных сортов риса колебалась от 15,1 до 26 % и составил в среднем за 4 года 19,9%. Этот признак находится в обратной зависимости от выхода крупы (рис. 3).

Коэффициент корреляции был отрицательным и в зависимости от года варьировал от –0,31 до –0,65.

На каждый процент увеличения пленчатости происходило снижение выхода крупы

на 0,85%. Следовательно, в селекционной работе нужно стремиться к снижению пленчатости. Однако это снижение не может идти до нуля. Оптимальное ее значение можно определить при сравнении с урожайностью. На рисунке 4 видно, что при увеличении урожайности происходит небольшое снижение пленчатости ($r = -0,17$), по линии тренда от 20,4 до 19,1%.

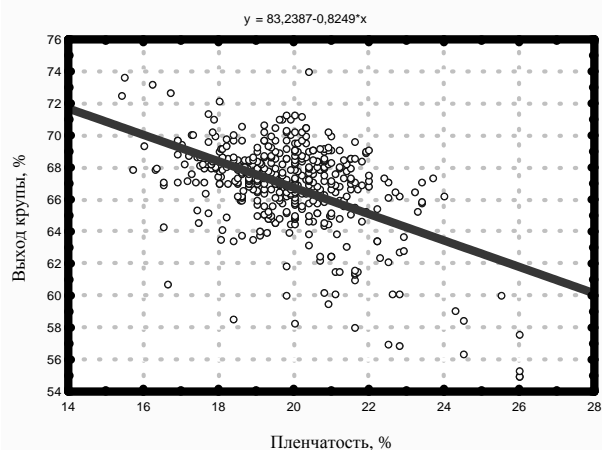


Рис. 3. Зависимость выхода крупы риса от пленчатости зерна (в среднем за 4 года)

Однако сорта с урожайностью более 8 т/га значительно варьируют по пленчатости – от 15,5 до 23,4%. Поэтому оптимальным значением можно считать 15–19%. Наименьшим значением пленчатости (15,4%) в группе урожайных сортов характеризовался Дон 7188.

Средние значения пленчатости и других технологических признаков по годам приведены в таблице 2. Ее средние значения незначительно варьировали по годам, разница не пре-

вышала 1,5%. Небольшая изменчивость была также по выходу крупы: от 65,5 до 68,5%, в среднем – 66,9%.

Однако другие признаки варьировали по годам значительно сильнее. Так, стекловидность варьировала по годам от 87,1 до 96,1, а по сортам – от 63 до 100%. Доля мучки составляла от 10,7 до 15,3% и также снижала выход крупы ($r = -0,82$). Немаловажными показателями являются выход целого ядра и сечки, которые взаимосвязаны друг с другом, являясь двумя фракциями крупы. Поскольку стоимость цельной крупы в 2–3 раза выше сечки, экономически выгоднее выращивать сорта с прочным зерном, устойчивым к механическим и температурным воздействиям.

2. Средние значения технологических признаков риса, %

Признаки	Годы				сред.
	1999	2000	2005	2006	
Пленчатость	19,2	20,3	19,5	20,7	19,9
Стекловидность	91,9	87,1	96,1	92,8	91,9
Мучка	15,3	13,2	13,4	10,7	13,1
Выход крупы	65,5	66,5	67,1	68,5	66,9
Целого ядра	80,1	77,4	60,7	68,6	71,7
Дробленка	19,9	22,6	39,3	31,3	28,3

Трещиноватость ведет к снижению качества готовой продукции, главным образом к уменьшению содержания целого ядра в рисовой крупе (рис.5). Корреляция между этими признаками отрицательная и составляет $-0,58$.

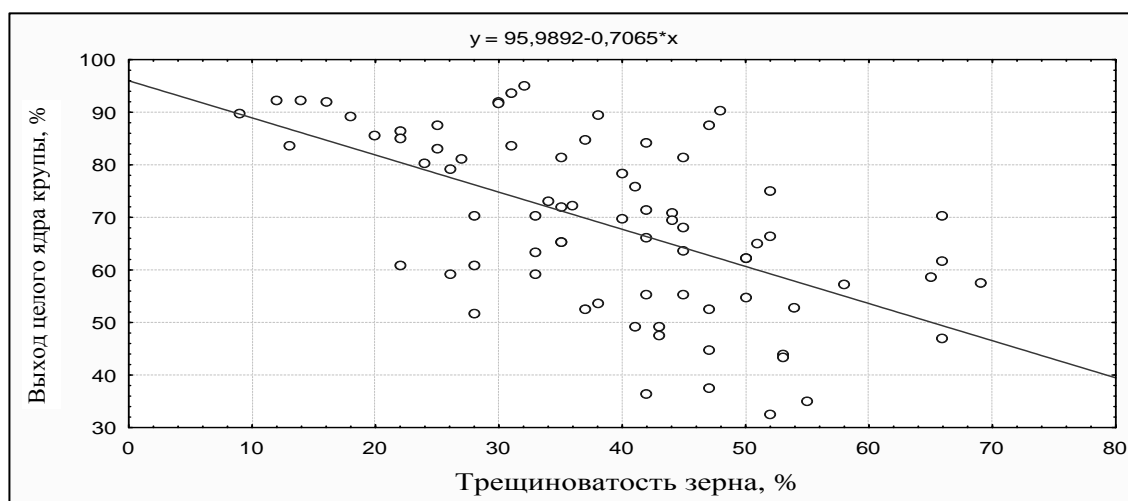


Рис. 5. Зависимость выхода целого ядра в крупе риса от трещиноватости зерна (2006 г.)

Трещиноватость является специфическим свойством зерна риса и оказывает большое влияние на степень разрушения ядер риса при производстве крупы. Наименьшую трещиноватость зерна (9–14%) имели образцы Дон 9272, Дон 9346, Дон 9513 и Дон 9504. Содержание сечки у них было также незначительным – 7,8–10,3%. При оценке взаимосвязи трещиноватости и содержания целого ядра у различных сортов было определено, что, несмотря на общую тенденцию уменьшения содержания целого ядра с увеличением трещиноватости зерна, у некоторых из них были высокие значения обоих параметров. Например, при высокой трещиноватости (48%) величина содержания целого ядра у образца Дон 10674 в 2006 г. была значительной (90,4 %). Образцы Дон 9307 и другие имели подобную тенденцию.

Анализ результатов позволяет сделать вывод о влиянии на содержание целого ядра не только трещиноватости зерна риса, но и признаков структуры зерновки. Повышенная трещиноватость зерна может быть обусловлена различной консистенцией эндосперма, в частности соотношением площади мучнистых пятен и стекловидной части. Чем более однородна структура эндосперма, тем выше прочность зерновки при переработке на крупу. Величина трещиноватости прямо зависит от площади мучнистых вкраплений на сколе зерновки [5].

Технологические, кулинарные свойства риса в большой степени определяет, а также влияет на товарный вид вырабатываемой крупы ее **стекловидность**. Значения признака общей стекловидности по результатам оценки урожая риса 1999–2006 гг. представлены в таблице 2. Все сорта в 2005 г. в целом отличались более высокой стекловидностью в сравнении с

2000 г. Максимальным значением общей стекловидности (98–99%) обладали сорта Дон 9303, Дон 9304, Дон 10592. Минимальное значение признака (63 %) зафиксировано у короткозерного сорта Дон 7202, в большинстве зерновок которого имеются мучнистые пятна.

Общий выход крупы колебался по годам незначительно: от 65,5 (1999 г.) до 68,5 % (2006 г.). Максимальный **общий выход крупы** был отмечен у короткозерных сортообразцов Дон 6550 и Дон 9346 в 2006 г. (71 и 72 %), минимальный (64,8 %) – у Дон 9517, характеризующегося при этом высоким значением (85,5%) содержания целого ядра.

Содержание целого ядра значительно варьировало по годам: от 60,7 (2005 г.) до 80,1% (1999 г.). Максимальным содержанием целого ядра (95%) обладал Дон 10675 в 2006 г., минимальным (32,6 %) – Дон 7896. Лучшие сортообразцы конкурсного испытания риса приведены в таблице 3. По комплексу показателей выделились сортообразцы Дон 9346 и Дон 10675, которые имели наибольший выход крупы, целого ядра и высокую стекловидность.

Запасной крахмал в зерне риса находится в эндосперме в виде гранул и представляет собой полимер шестиуглеродного сахара. Существует два типа крахмала: амилоза – с линейным расположением молекулы в полимерной цепи и амилопектин со сложно разветвленными цепями молекул сахара. До 26 % крахмала на растении – амилоза, а остальной – амилопектин. Клейкий или восковой крахмал состоит почти полностью из амилопектина. Нормальный неклеякий эндосперм прозрачный, в то время как клейкий – мутный или мучнистый.

3. Характеристика лучших сортообразцов риса по признакам качества зерна и крупы (2006 г.)

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Пленчатость зерна, %	Стекло- видность зерна, %	Трещиноватость зерна, %	Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра, %
9346	22	20,4	96	12	72	92,2
10615	26,6	19,7	97	50	71	62,2
6550	24,8	19,9	98	35	71	65,2
9307	30,2	18,6	88	66	70,6	70,4
10675	26,9	20,3	91	32	70,5	95
9444	22,7	20,3	90	45	70	81,3
9504	23,4	21,6	95	14	69,6	92,2
9355	26,4	21,3	97	31	68,5	93,5
10365	24,6	20,3	89	30	67,3	92
9521	25,8	22,5	93	16	67,1	92
Стандартное отклонение	3,2	1,2	4,6	16,7	1,9	16,3

По содержанию **амилозы** в крупе риса все исследованные сорта можно отнести к группе среднеамилозных (16–23%) (табл. 4). Максимальное содержание амилозы в ядре отмечено у сортов Боярин (19–23%), Раздольный (18–22%), минимальное (16–20%) – у Вираща [6].

При этом в коллекции имеются образцы

(Виола, СП 1 и другие), у которых основная фракция крахмала – амилопектин (крахмальные зерна имеют микропоры, которых нет у амилозных сортов). Целесообразность выведения глютинозных сортов признана необходимой институтом питания РАМН и рекомендуется для выработки крупы и муки для детского и диетического питания.

4. Биохимические характеристики сортов риса (2008 г.)

Сорт	Амилоза, % *	Белок, % (по Кьельдалю)	Белок, % (ИК-анализатор)
Боярин	19–23	8,10	8,24
Виращ	16–20	8,95	8,88
Златый	18–20	8,00	-
Контакт	17–20	8,90	9,00
Раздольный	18–22	9,79	9,27
Кубань 3	19–21	12,18	12,61
Командор	-	10,19	9,60
Олимпиада х Виращ (974/08)	-	13,09	12,79
Аметист х Боярин (973/08)	-	12,68	12,61
Олимпиада х Боярин (3046/08)	-	14,11	-

* – по данным Туманьян Н.Г. (ВНИИ риса)

Высокая пищевая ценность крупы обеспечивается белками. Выведение сортов риса с высоким содержанием белка, особенно лизина, является очень важным. По данным Juliano (2008) [3], в нешлифованном зерне риса содержится 7,1–8,3%, а в шлифованном – 6,3–7,1% белка (табл. 1). Анализ белка в нешлифованном зерне наших сортов риса, проведенный в лаборатории биохимии ВНИИЗК двумя методами (по Кьельдалю и с помощью ИК-анализатора), показал более высокие значения: от 8,1 до 14,1%. Корреляция между двумя измерениями очень высокая ($r=0,96$). На рисунке 6 показана регрессионная зависимость между данными анализа белка двумя методами.

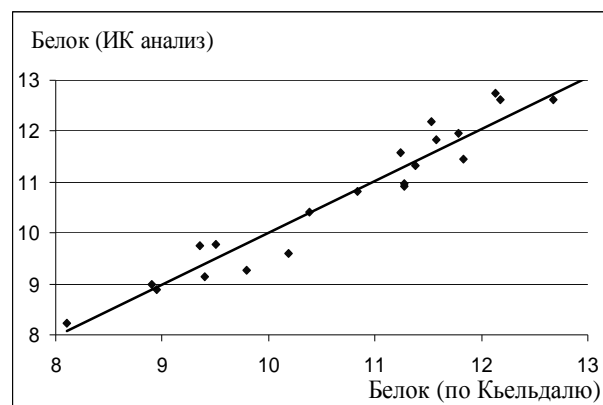


Рис. 6. Содержание белка в нешлифованном зерне риса, % (по Кьельдалю и с помощью ИК-анализатора)

Одна из важных проблем связана с высокой ценностью пищи, которая обеспечивает белками. Выведение сортов риса с высоким содержанием белка, и особенно лизина, является очень важным. Районированные сорта риса нашей селекции Боярин, Раздольный и др. содержат 8,1–9,8% белка в нешлифованном зерне. В то же время у некоторых селекционных образцов, таких как Олимпиада х Виращ (974/08) Олимпиада х Боярин (3046/08), Аметист х Боярин (973/08) его содержание достигает 12,7–14,1%. Они представляют интерес в селекционном процессе при создании сортов риса с высокими показателями качества зерна и крупы.

Аромат – важный элемент в запахе пищи, т.к. улучшает ее вкус. Свежеприготовленный рис нового урожая испускает специальный аромат, который обостряет аппетит. Главный ароматический компонент аромата – циклическое соединение 2-ацетил-1-пирролин. Кроме того, большое влияние на запах и его оттенки оказывают альдегиды: пропионовый, капроновый и валериановый [6]. Некоторые формы в нашей коллекции имеют ароматный запах (типа Басмати). На основе найденного в наших посевах мутанта получены гибридные линии с морфологией сорта Боярин. Установлено, что этот признак определяется одним рецессивным геном.

Нами получены неосыпающиеся формы риса с красным перикарпом. Неочищенный

рис содержит много витаминов группы В (тиамин, рибофлавин, ниацин, пиридоксин, пантотеновая кислота, фолиевая кислота), а также Н (биотин), в то время как витамины А, С и D отсутствуют. Однако, количество витамина В сильно уменьшается в результате шлифования крупы и почти полностью исчезает при варке. Это происходит из-за его растворимости в воде и неустойчивости к высокой температуре. Зародыши и мучка риса богаты витаминами. Зародыши также содержат 300–400 мг/г витамина Е (токоферол) [6]. На Тайване запатентованы сорта «цветного» риса с повышенным содержанием антиоксидантов. В связи с большой полезностью для здоровья нешлифованного риса мы готовим к передаче на ГСИ длиннозерный сорт риса с красным перикарпом для диетического питания.

ВЫВОДЫ

1. На основе комплексных исследований определены технологические показатели качества сортов контрольного и конкурсного испытания. Выделены образцы с высоким выходом крупы и целого ядра.

2. Для всей совокупности сортов установлена отрицательная прямолинейная связь между признаками: выход крупы и пленчатость зерна ($r = -0,65$), содержание целого ядра в крупе и трещиноватость зерна ($r = -0,58$).

УДК 633.1745:581.1

ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА ТРАНСПОРТА ВОДЫ И АССИМИЛЯТОВ РАСТЕНИЙ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Е. В. Ионова, А. В. Алабушев

ГНУ Всероссийский НИИ зерновых культур им. И. Г. Калининко

Изучали влияние водного и температурного стресса на структурно-функциональные системы транспорта воды и ассимилятов растений сорго зернового. У наиболее устойчивых генотипов в ответ на недостаток почвенной влаги увеличивается количество и площадь проводящих пучков в стебле, у листьев в условиях водного стресса формируется более ксероморфная структура.

Ключевые слова: сорго, водный стресс, водопроводящая система, сосудистые пучки, верхнее и нижнее междоузлия, проводящий пучок (ПП).

3. Максимальное содержание амилозы в ядре отмечено у сортов Боярин (19–23%) и Раздольный (18–22%).

4. Отобраны образцы Олимпиада х Вираз (974/08), Олимпиада х Боярин (3046/08), Аметист х Боярин (973/08), у которых содержание белка в нешлифованном зерне достигает 12,7–14,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. FAO. Food balance sheets, 1979–81 average. Rome, 1984. FAO.

2. Juliano B.O. Rice chemistry and quality. Munoz, Nueva Ecija (Philippines): Philippine Rice Research Institute. 2003. – 480 p.

3. Juliano B.O. Rice in human nutrition, Genetics and Biochemistry Division International Rice Research Institute. 2008.

4. Мухина Ж.М. Изменчивость физико-химических и технологических свойств риса сортов российской селекции / Ж.М. Мухина, Т.Е. Соловьева, Д.А. Соловьев // Сб. науч. тр. / Краснодарский региональный институт агробизнеса. – Краснодар, 2008. – Вып. 17. – С. 68–77.

5. Туманьян Н.Г. Признаки качества зерна риса, выращенного в различных условиях / Н.Г. Туманьян, О.А. Машонина, Д.А. Соловьев, С.С. Костина // Материалы XVI Междунар. симп. «Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье». – Алушта, 2007. – С. 592–593.

6. Science of the rice plant. V3. Genetics, 1997. 1003 c. (Matsuo T., et al.).

Введение. Сорта и гибриды сорго зернового обладают сочетанием продуктивности, пластичности и устойчивости к абиотическим факторам среды, от физиологической природы этих свойств растений и их учета зависит успех селекции.

Важная роль в снабжении метелки ассимилятами принадлежит проводящей системе листьев и стебля. От ее развития зависит отток ассимилятов из вегетативной массы в метелку, что непосредственно сказывается на формировании зерна и его наливе. На интенсивность потоков воды и питательных веществ, в свою