

УДК 633.11: 58.032.3

Е.В. Ионова, канд. с.-х. наук,
ГНУ Всероссийский НИИ зерновых культур им. И. Г. Калининко
vnizk30@mail.ru

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ К ВОДНОМУ И ТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССАМ

Показаны результаты комплексных исследований степени устойчивости сортов пшеницы к водному и температурному стрессам.

These are shown results of complex investigations resistance degree of wheat varieties to water and temperature stresses.

Ключевые слова: *пшеница, урожайность зерна, засухоустойчивость, жаростойкость, водный дефицит, корневая и проводящая системы.*

Keywords: *wheat, grain productivity, drought resistance, heat resistance, water deficit, root and transmitting systems.*

Введение. Проблема повышения засухоустойчивости сельскохозяйственных растений приобретает все большее значение в зонах недостаточного увлажнения нашей страны. Оценка исходного материала по устойчивости к почвенной и воздушной засухам в сочетании с высокой урожайностью зерна является в настоящее время первостепенной задачей. Устойчивость к водному и температурному стрессам носит не константный, а динамический характер, развиваясь в онтогенезе как процесс.

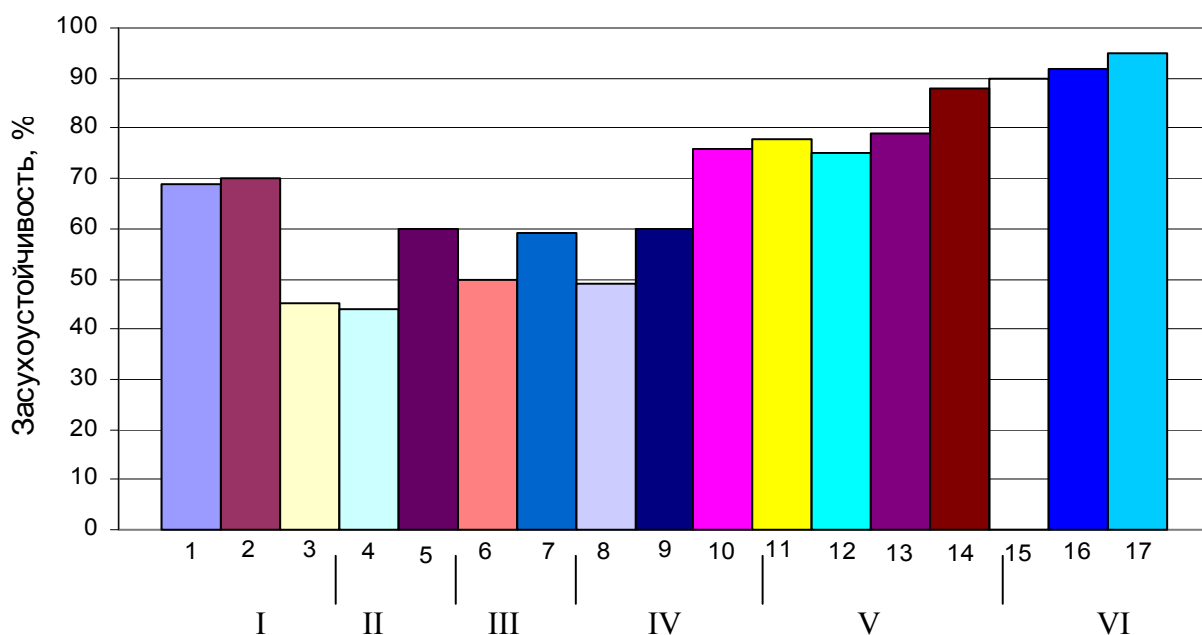
Материалы и методы. Исследования проведены на селекционных полях и в лаборатории физиологии растений ВНИИЗК им. И.Г. Калининко.

В качестве исходного материала использованы сорта и линии озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания селекционных подразделений института. Постановка полевых, вегетационных и лабораторных опытов осуществлялась по общепринятым методикам.

Результаты. У разных сортов проявляются специфические приспособительные реакции, способствующие повышению устойчивости к засухе. Исследования природы реакции отдельных сортов на влияние водного дефицита и перегрева являются актуальными. Они важны и в свете наблюдаемого в последние годы в ряде регионов России снижения урожайности зерновых культур, которую нередко относят за счет создания сортов с низкой адаптивной способностью к неблагоприятным условиям выращивания (водный и температурный стрессы). В связи с этим проведены исследования по оценке уровня засухоустойчивости и жаростойкости сортов озимой мягкой пшеницы по этапам сортосмены.

Сорта были объединены в этапы по времени их районирования в Ростовской области. Академик И.Г. Калининко (1995) выделил пять этапов (1950–1999гг.) сортосмены, в шестой этап включены сорта пшеницы, допущенные к использованию в производстве в 2000–2009 гг.

Сорта озимой пшеницы первого этапа (степной экотип) имели высокий уровень засухоустойчивости в сравнении со вторым периодом сортосмены (лесостепной экотип) (рис.1).



- | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. Одесская (1950г.) | 6. Северодонская (1977г.) | 11. Донщина (1992г.) | 16. Конкурент (2004г.) |
| 2. Приазовская улучшенная (1959г.) | 7. Тарасовская 29 (1981г.) | 12. Зерноградка 8 (1993г.) | 17. Гарант (2005г.) |
| 3. Безостая 1 (1961г.) | 8. Донская безостая (1983г.) | 13. Дон 95ст. (1998г.) | |
| 4. Мироновская 808 (1964г.) | 9. Донская полукарликовая (1983г.) | 14. Дар Зернограда (2000г.) | |
| 5. Ростовчанка (1973г.) | 10. Дон 85 ст. (1990г.) | 15. Ермак (2001г.) | |

Рис. 1. Изменение засухоустойчивости сортов озимой мягкой пшеницы по этапам сортосмены

Небольшой рост устойчивости к засухе наблюдается в сортах, относящихся к III и IV этапам, но он так и не достигает значений сортов, созданных в I период. И только с 90-х годов (V этап) отмечены значительные успехи в повышении устойчивости создаваемых сортов пшеницы.

Уровень засухоустойчивости современных сортов (VI этап) превышает устойчивость сортов на предыдущих этапах сортосмены на 38-45%.

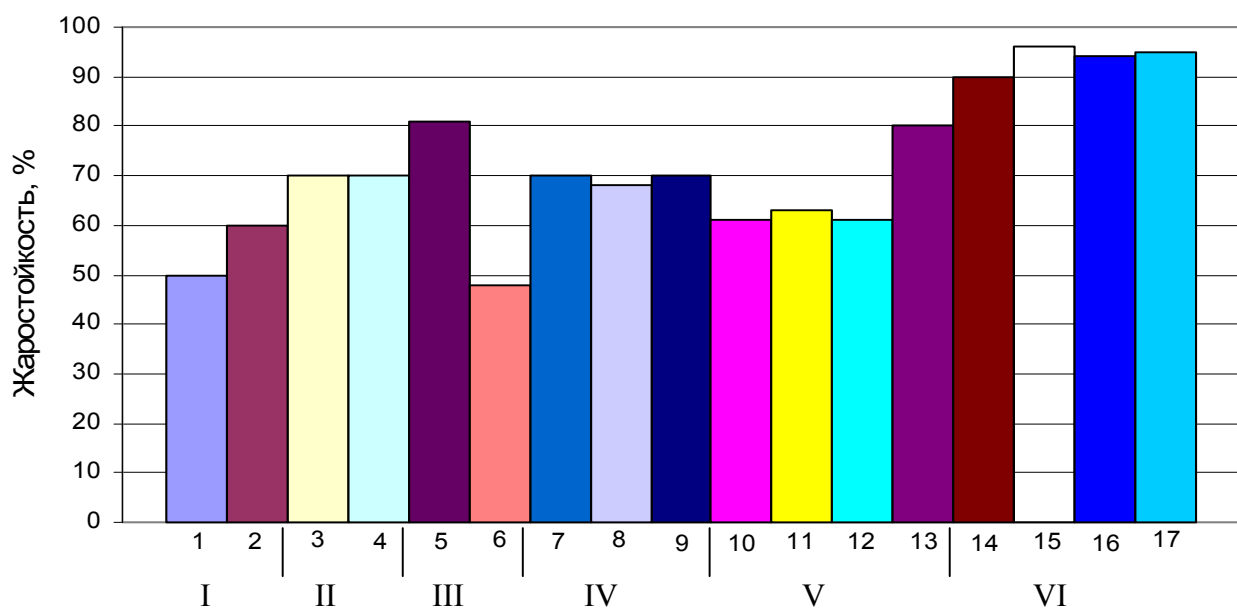
В жизни растений термический фактор имеет большое значение, растения характеризуются определенными биологическими минимумами, оптимумами и максимумами температуры. При температуре ниже минимума или выше максимума развитие растений замедляется, что приводит к ряду физиологических аномалий, или их рост полностью прекращается. Только при наличии определенных оптимальных температур развитие растений и все биологические процессы в них проходят нормально. Процесс нарастания де-

фицита влаги в почве происходит чаще всего постепенно, и большинство сортов успевают приспособиться к данному стрессу. При воздействии повышенных температур, адаптация сортов затруднена в связи с тем, что термическая напряженность чаще всего возникает резко. В период налива зерна воздействие повышенных температур, даже при наличии достаточного количества доступной влаги в почве, может вызвать снижение урожая зерна озимой пшеницы на 30–50 и более процентов.

На рисунке 2 приведены результаты оценки уровня жаростойкости сортов озимой пшеницы разных этапов сортосмены. Пять первых этапов имеют низкий уровень жаростойкости, включая I и V периоды, обладающие повышенной засухоустойчивостью. Уровень жаростойкости у них составлял 70–48%, что соответствует группе устойчивости от ниже средней до слабо устойчивой. Исключением являлись сорта Ростовчанка (III этап) и Дон 95 (V этап), обладающие устойчивостью выше средней.

Современные сорта, созданные во ВНИИЗК с 2000 по 2009 гг (VI этапа сортосмены), обладают уровнем жаростойкости 90-97%.

Таким образом, снижение стабильности урожайности связано не с потерей адаптивности новыми сортами, а скорее всего с усилением негативного действия антропогенных факторов, провоцирующих почвенный стресс, и нарушений технологий возделывания данной культуры.



- | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. Одесская (1950г.) | 6. Северодонская (1977г.) | 11. Донщина (1992г.) | 16. Конкурент (2004г.) |
| 2. Приазовская улучшенная (1959г.) | 7. Тарасовская 29 (1981г.) | 12. Зерноградка 8 (1993г.) | 17. Гарант (2005г.) |
| 3. Безостая 1 (1961г.) | 8. Донская безостая (1983г.) | 13. Дон 95ст. (1998г.) | |
| 4. Мироновская 808 (1964г.) | 9. Донская полукарликовая (1983г.) | 14. Дар Зернограда (2000г.) | |
| 5. Ростовчанка (1973г.) | 10. Дон 85 ст. (1990г.) | 15. Ермак (2001г.) | |

Рис. 2. Изменение уровня жаростойкости сортов озимой мягкой пшеницы по этапам сортосмены

Потеря воды растением приводит к нарушению водного режима и образованию водного дефицита, степень которого может характеризовать уровень засухоустойчивости.

В качестве критерия уровня засухоустойчивости использовали «остаточный водный дефицит», предложенный Л.С. Литвиновым (1951). Многие считают, что остаточный водный дефицит, который наблюдается у растений рано утром, надежный показатель, так как он отражает не только водоудерживающую способность растений, но и способность переносить обезвоживание.

Исследования по определению остаточного водного дефицита проводили в условиях засухи 2003, 2005 и 2007 гг. Продолжительная засуха этих лет вызвала сильное иссушение верхних слоев почвы, значительно снизив содержание воды в листьях озимой пшеницы (рис. 3).

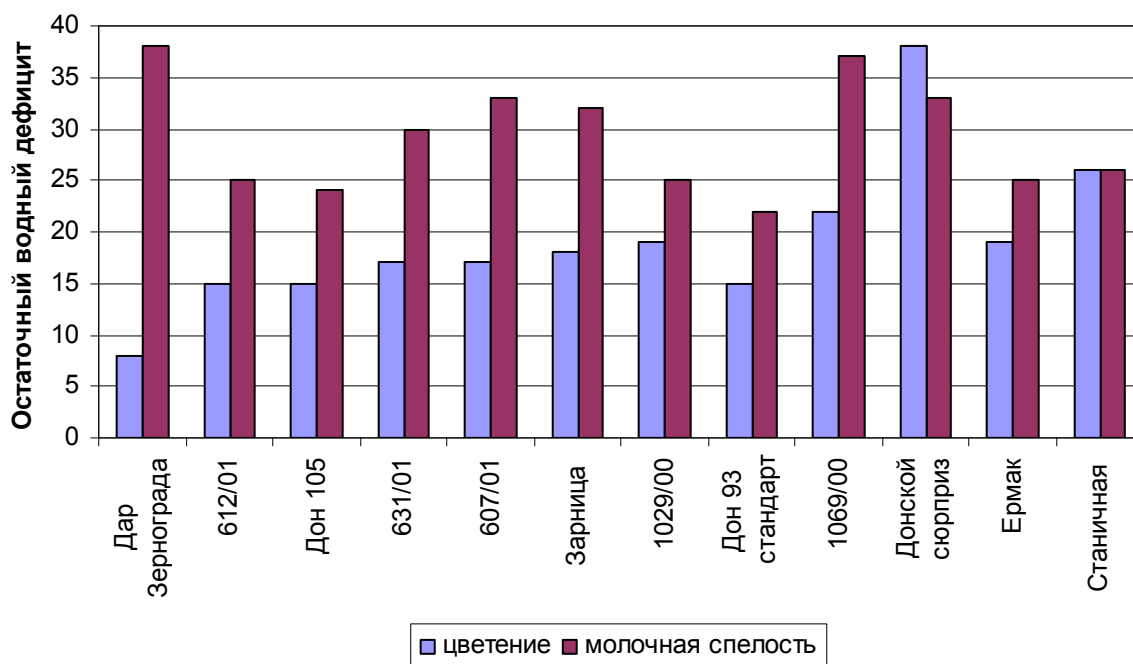


Рис. 3. Дефицит влаги листьев озимой мягкой пшеницы в разные фазы вегетации (2000-2007 гг.)

Проведенные исследования показывают, что высокий уровень засухоустойчивости в разные фазы развития растений, который демонстрируют такие образцы пшеницы, как и Ермак, Дон 105, 612/01, можно объяснить быстрой реакцией их водного баланса на изменение условий внешней среды, то есть проявление адаптивных свойств при воздействии стресса.

В условиях Северного Кавказа, где засуха во время посева не редкость, признаком адаптивности к засухе является быстрота нарастания зародышевых корней, что дает таким сортам ряд преимуществ.

Связь между развитием корневой системы, засухоустойчивостью и урожайностью не вызывает сомнений. Со способностью корней энергично усваивать влагу с разной глубины в наиболее ответственные фазы роста связано развитие всех органов и функций растения. Поэтому, в засушливых условиях характер корневой системы в селекции на засухоустойчивость рассматривается как один из важнейших признаков. Однако исследования кор-

невой системы взрослых растений является очень трудоемким и малопродуктивным процессом, поэтому изучения первичной корневой системы проводили на 21-дневных проростках (табл. 1).

1. Характеристика первичной корневой системы сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Максимальная длина корня, см	Корнеобеспеченность проростка, отн.ед.	Абсолютно сухая масса корня (1 растения), мг	Отношение абсолютно сухой массы корней к длине наибольшего корня, мг/см
Колос Дона	24,4	0,76	8,2	0,34
Дон 85	22,8	0,66	7,8	0,34
Дар Зернограда	24,0	0,68	8,0	0,33
Донской Маяк	22,3	0,78	9,2	0,41
Ермак	28,4	1,0	11,0	0,39
Зарница	24,0	0,96	9,8	0,41
Станичная	30,5	0,93	10,6	0,35
Донской сюрприз	28,2	1,12	11,2	0,40
Памяти Калиненко	23,1	0,97	7,4	0,32
Гарант	25,4	0,86	9,6	0,38
Дон 93*	28,7	1,10	11,2	0,39
Донская безостая	26,3	0,96	9,4	0,36
Донской простор	25,2	1,0	9,8	0,39
Девиз	25,1	0,91	8,2	0,33
Дон 95 стандарт	25,3	0,96	9,0	0,36
НСР _{0,5}	0,9	0,1	0,3	0,02

* – сорт – классификатор

По результатам исследований выделились сорта, имеющие высокие значения по всем признакам первичной корневой системы: Ермак, Донской сюрприз, Дон 93.

Значительный рост хозяйственной продуктивности современных сортов пшеницы и задачи по ее дальнейшему наращиванию делают весьма актуальным поиск физиолого-биохимических процессов, ответственных за увеличение урожая зерна. Установлено, что в ходе селекционного отбора у новых сортов пшеницы преобладают, как правило, не интенсивный, а экстенсивный путь повышения урожайности зерна [2]. Они увеличивали его не

вследствие интенсификации фотосинтеза на единицу поверхности, а за счет повышения площади ассимилирующих органов. Исходя из этого, можно считать, что усиление интенсивности ростовых процессов вегетативной массы пшеницы (до определенных пределов), в первую очередь верхних ярусов стебля, и обеспечение устойчивого режима их ассимиляционной деятельности является одним из путей дальнейшего повышения зерновой продуктивности [1]. Поэтому изучение роли отдельных органов и архитектоники всей колосонесущей части стебля пшеницы в формировании урожая зерна относят к числу актуальных задач.

Важная роль в снабжении колоса ассимилятами принадлежит проводящей системе стебля. От ее развития зависит отток ассимилятов из вегетативной массы в колос, что непосредственно сказывается на формировании зерна и его наливе [3].

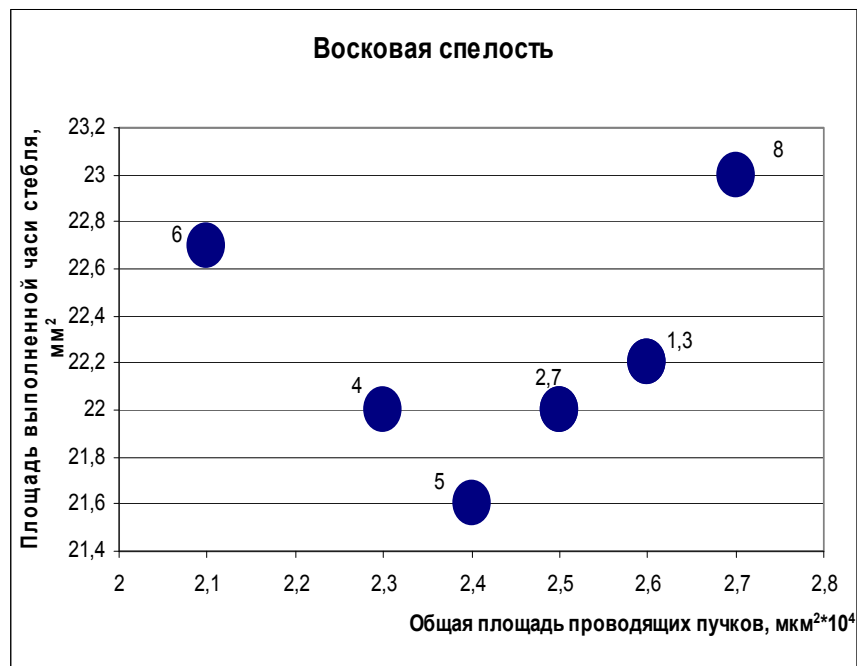
Рост продуктивности новых сортов пшеницы заставил задуматься, за счет развития каких физиологических систем происходит это увеличение. Исследования начаты с проводящей системы колосонесущего междоузлия озимой пшеницы.

Уровень водообеспеченности оказывает влияние на параметры проводящей системы растений пшеницы. В острозасушливых условиях (2003, 2005 и 2007 гг.) в фазах молочной и восковой спелости зерна между площадью поперечного сечения выполненной части колосонесущего междоузлия, площадью сосудистых пучков, находящихся в нем, и массой колоса наблюдается определенная зависимость. Отмечена слабая корреляционная связь между площадью выполненной части стебля и площадью его проводящей системы (пучки) у сортов озимой мягкой пшеницы в изучаемые фазы развития (рис. 4).

Корреляционная связь между площадью выполненной части стебля и площадью проводящих пучков сортов пшеницы в условиях засухи практически отсутствовала и составила в фазу молочной спелости зерна $r = 0,08$, а в фазу восковой спелости зерна $r = 0,11$.



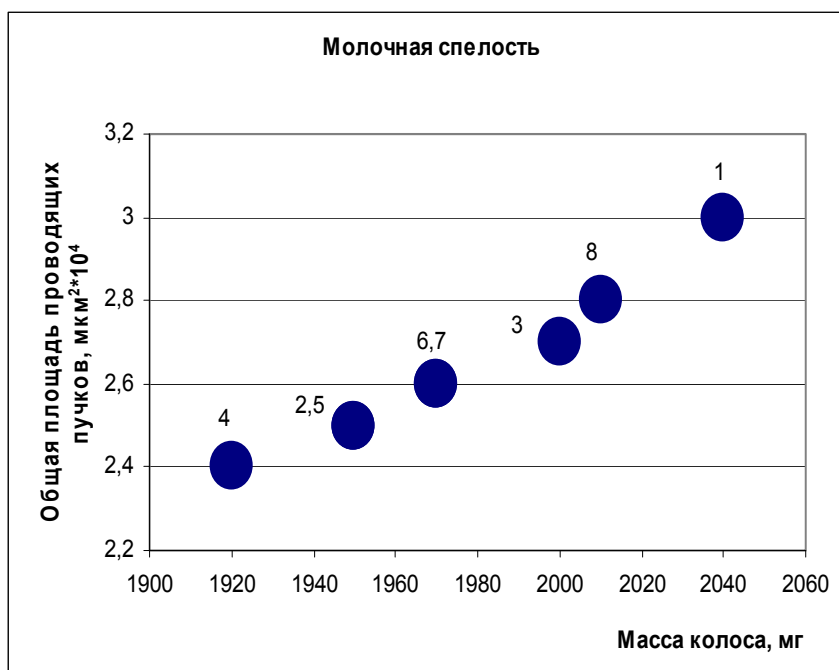
$r = 0,08$



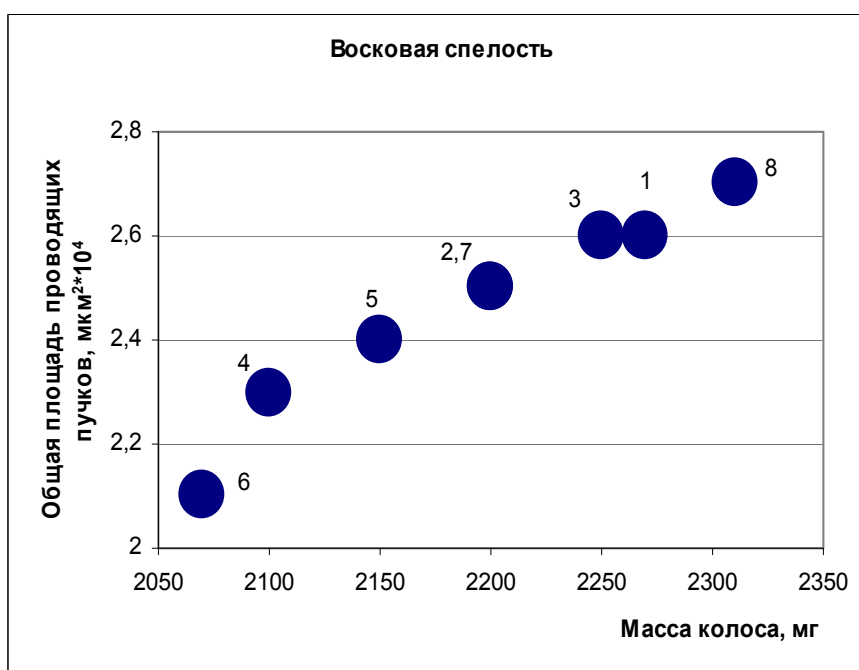
$r = 0,11$

- | | | | |
|-----------|---------------|------------|--------------------|
| 1. Ермак | 3. Гарант | 5. Девиз | 7. Станичная |
| 2. Дон 93 | 4. Колос Дона | 6. Зарница | 8. Донской сюрприз |

Рис. 4. Площадь выполненной части стебля и площадь его проводящей системы (пучки) в фазах молочной и восковой спелости зерна сортов озимой мягкой пшеницы (острозасушливые 2003, 2005, 2007гг.)



$r=0,99$



$r=0,97$

- | | | | |
|-----------|---------------|------------|--------------------|
| 1. Ермак | 3. Гарант | 5. Девиз | 7. Станичная |
| 2. Дон 93 | 4. Колос Дона | 6. Зарница | 8. Донской сюрприз |

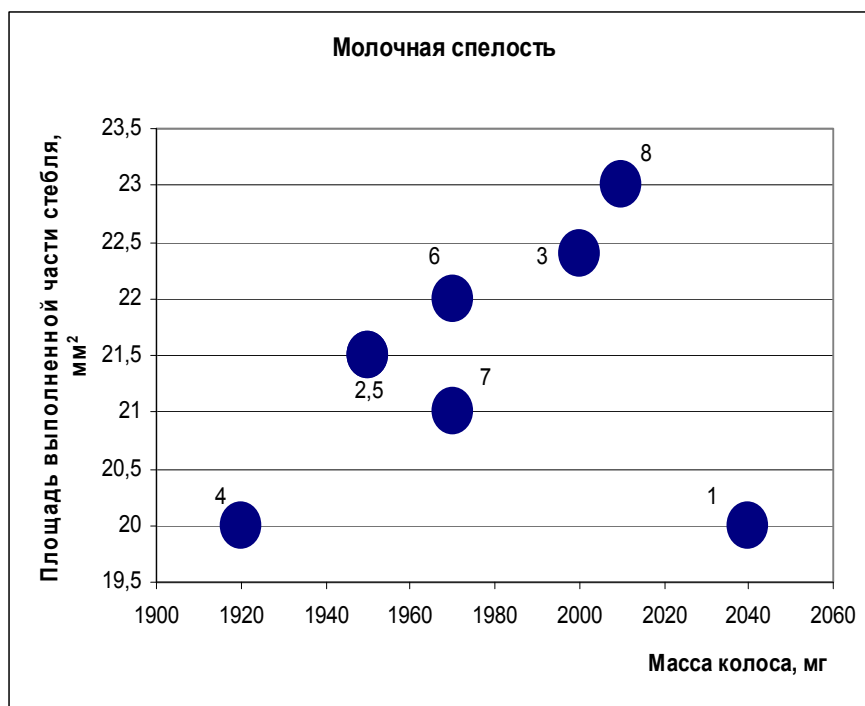
Рис. 5. Площадь поперечного сечения проводящей системы колосонесущего междоузлия (пучки) и масса колоса в фазах молочной и восковой спелости зерна озимой мягкой пшеницы (острозасушливые 2003, 2005, 2007 гг.)

Изучена взаимосвязь площади проводящих элементов верхнего междоузлия и массы колоса в фазах молочной и восковой спелости зерна.

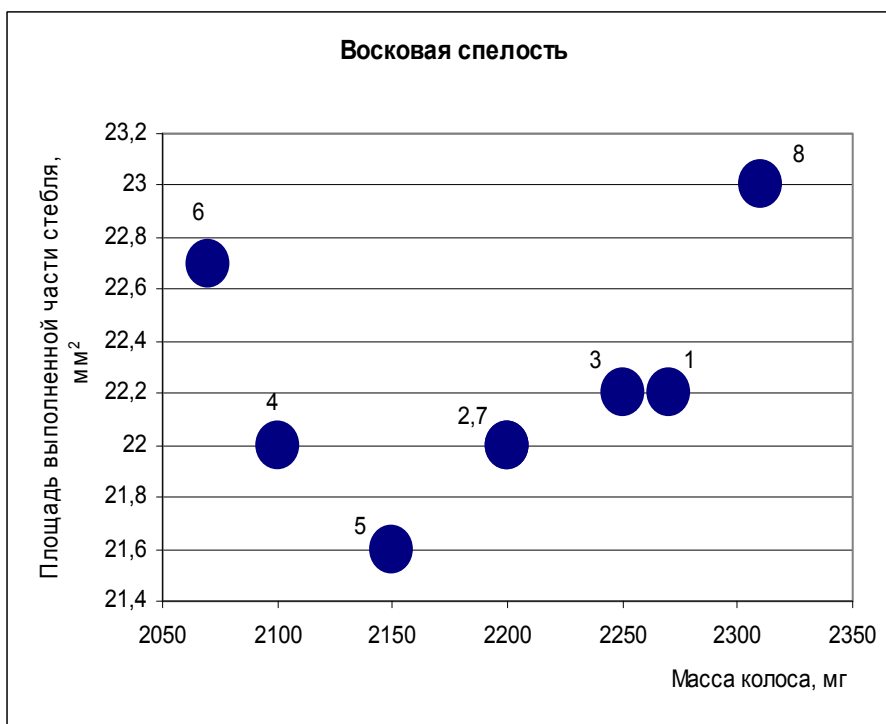
Анализ полученных результатов показал, что масса колоса связана с уровнем развития элементов проводящей системы колосонесущего междоузлия. Характер этой взаимосвязи таков, что масса колоса тем выше, чем больше площадь проводящей системы (рис. 5). Наибольшая масса колоса и соответственно площадь проводящей системы верхнего междоузлия в фазах молочной и восковой спелости зерна отмечена у сортов Ермак и Донской сюрприз. Низкие значения рассматриваемых показателей отмечены у сортов Колос Дона (молочная спелость) и Зарница (восковая спелость).

Корреляционный анализ показал высокую связь между этими признаками. Так, зависимость массы колоса от площади проводящих пучков у сортов пшеницы в фазу молочной спелости зерна составила $r = 0,99$, а в фазу восковой спелости $r = 0,97$.

Анализ особенностей морфологической организации верхних ярусов побега, различающихся по продуктивности сортов пшеницы, выявил, что, несмотря на очевидное изменение габитуса растений в ходе селекционного процесса, органы побега сохранили между собой определенные морфологические корреляции. Рассматривая анатомическое строение проводящей системы стебля, можно отметить наличие коррелятивных отношений между площадью сосудистых пучков, поперечным сечением выполненной части стебля и массой колоса. Тем не менее, следует сказать, что величина этих отношений не одинакова. У сортов наблюдается слабая корреляционная связь между массой колоса и площадью выполненной части стебля (рис. 6). В фазу молочной спелости зерна она составила $r = 0,21$, а в фазу восковой спелости $r = 0,29$.



$r=0,21$



$r=0,29$

- | | | | |
|-----------|---------------|------------|--------------------|
| 1. Ермак | 3. Гарант | 5. Девиз | 7. Станичная |
| 2. Дон 93 | 4. Колос Дона | 6. Зарница | 8. Донской сюрприз |

Рис. 6. Площадь выполненной части поперечного сечения колосонесущего междоузлия стебля и массы колоса в фазах молочной и восковой спелости зерна сортов озимой мягкой пшеницы (острозасушливые 2003, 2005, 2007 гг.)

Сорта мягкой пшеницы формируют при оптимальных по водообеспеченности условиях практически одинаковую по площади проводящую систему стебля, способную в достаточном количестве снабжать растение питательными веществами. Поэтому основным критерием оценки этих сортов, формирующих разную массу колоса, является величина их продуктивности.

У сортов мягкой пшеницы возможен отбор устойчивых к засухе образцов по величине массы колоса. Это объясняется тем, что у мягкой пшеницы практически отсутствует корреляционная связь массы колоса, и площади проводящих пучков с площадью выполненной части стебля. У засухоустойчивых сортов мягкой пшеницы происходит включение физиологических механизмов адаптации растений к стрессу. В результате этого у засухоустойчивых сортов наблюдается снижение площади проводящих пучков не более чем на 10% по сравнению с оптимальными условиями развития. Снижение массы колоса происходит в среднем на 10-12 % по сравнению с формируемой массой колоса при оптимальном увлажнении.

Дальнейший рост хозяйственной продуктивности пшеницы невозможен без усиления в растении фотосинтетической и транспортной функции. Возможно, решение данной проблемы заключается с одной стороны в поиске генотипов с повышенной продуктивностью хлоропласта, а с другой, в отборе растений, способных обеспечить стабильный режим обмена веществ в изменяющихся условиях среды.

Выводы

1. Засухоустойчивость современных сортов озимой пшеницы (VI этап сортосмены) превышает устойчивость сортов предыдущих этапов сортосмены на 38–45 %. Сорта озимой пшеницы, созданные в ВНИИЗК им. И.Г. Калининко (2000–2009 гг.), обладают уровнем жаростойкости от 90 до 95 % (Дар Зернограда, Ермак, Конкурент и Гарант). Они сочетают в одном генотипе высокие значения жаро- и засухоустойчивости с максимальной продуктивностью.

2. Определение остаточного водного дефицита озимой пшеницы в условиях естественной засухи (полевой опыт) показал, что минимальный прирост водного дефицита отмечен у сортов Дон 93 (цветение – 15% и молочная спелость – 22%) и Дон 105 (15% и 24%). Это объясняется быстрой реакцией водного баланса растений на изменение условий развития, то есть проявление адаптивных свойств при воздействии стресса.

3. Выделены сорта, имеющие высокие значения по всем изучаемым параметрам первичной корневой системы (максимальная длина корня, корнеобеспеченность проростка, сухая масса корня, отношение сухой массы корня к длине наибольшего корня). К этим сортам относятся Ермак, Донской сюрприз и Дон 93.

4. При изучении проводящей системы колосонесущего междоузлия озимой пшеницы установлено, что в условиях засухи у сортов мягкой пшеницы отмечена слабая корреляционная зависимость между площадью выполненной части стебля и площадью его проводящей системы ($r = 0,08$ молочная спелость, $r = 0,11$ восковая спелость).

Определен характер связи площади проводящих элементов верхнего междоузлия с массой колоса в фазах молочной и восковой спелости зерна в условиях засухи. Характер этой взаимосвязи таков, что масса колоса тем выше, чем больше площадь проводящей системы. В фазу восковой спелости зерна корреляционная зависимость между этими признаками у сортов мягкой пшеницы составила $r = 0,97$.

Отмечена слабая корреляционная связь между массой колоса и площадью выполненной части стебля сортов пшеницы в условиях засухи в фазу молочной и восковой спелости зерна ($r = 0,21$ и $r = 0,29$ соответственно).

Литература

1. Пруцков, Ф.М. Озимая пшеница /Ф.М. Пруцков.- М.: Колос, 1970.- 344с.

2. Пушкаренко, А.Я. Морфофизиологическая организация верхних ярусов растений озимой пшеницы/А.Я. Пушкаренко, В.И. Бабенко/Научно-технич. бюл. ВСГИ.– №4(50).– Одесса: ВСГИ, 1983.– 124 с.

3. Пушкаренко, А.Я. Особенности строения проводящей системы у различных сортов озимой пшеницы/А.Я. Пушкаренко/Физиологические аспекты продуктивности и устойчивости озимой пшеницы к стрессовым воздействиям: Сб. науч. тр./ВСГИ.– Одесса, 1984. – С. 101– 107.