УДК 633.11:631.55:581.19

DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, научный сотрудник, зав. лабораторией биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

Е. В. Ионов, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора по науке, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;

В. Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Представлены результаты изучения урожайности и качества зерна образцов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона «засушник». Целью исследований было изучение влияния условий выращивания на формирование урожайности и качества зерна образцов озимой пшеницы. Максимальную урожайность в условиях модельной засухи «засушник» сформировали образцы Шеф (295,0 г/м²), Жаворонок (282,0 г/м²), Вольный Дон (280,8 г/м²), что свидетельствует о повышенном уровне засухоустойчивости данных генотипов. Увеличение содержания белка в опыте по сравнению с контролем составило от 20,8% (Аскет) до 47,2% (Донская степь). Зафиксировано увеличение количества клейковины в опыте по сравнению с контролем от 28,5% (Вольный Дон) до 54,7% (352/11) и одновременно установлено снижение качества белка и клейковины. В условиях модельной засухи отмечено значительное снижение натурной массы образцов. Выделены генотипы, которые в условиях жесткой засухи сформировали натурную массу зерна на уровне 3-го класса качества (не менее 730 г/л): Аскет (730 г/л), Амбар (732 г/л), Этюд (736 г/л), Лучезар (744 г/л) и 1377/06 (743 г/л). Был проведен корреляционный анализ, в результате которого определено изменение взаимосвязей между урожайностью и признаками качества под влиянием условий выращивания.

Ключевые слова: озимая пшеница, массовая доля белка в зерне, количество клейковины, натурная масса, урожайность, число падения.

THE EFFECT OF GROWING CONDITIONS ON PRODUCTIVITY AND KERNEL QUALITY OF WINTER SOFT WHEAT SAMPLES

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, researcher, head of the laboratory of bio-chemical assessment of breeding material and grain quality, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

E. V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences, deputy director on Science, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;

V. L. Gaze, junior researcher of the laboratory of plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The paper presents the study results of yield and grain quality of winter soft wheat samples in the conditions of the provocative background "zasushnik". The purpose of the research was to study the effect of growing conditions on the formation of productivity and grain quality of winter wheat samples. The maximum productivity in the conditions of the simulative drought "zasushnik" was shown by the samples 'Shef' (295.0 g/m²), 'Zhavoronok' (282.0 g/m²), 'Volny Don' (280.8 g/m²), which indicates an increased level of drought tolerance of these genotypes. The increase of protein percentage in comparison with the control variety ranged from 20.8% ('Asket') to 47.2% ('Donskaya Step'). There was also gluten amount increase in the experiment in comparison with the control variety from 28.5% ('Volny Don') to 54.7% ('352/11') and at the same time there was a decrease in protein and gluten quality. Under conditions of a simulative drought, there was a significant decrease in the natural mass of the samples. There were identified such genotypes that, under severe drought conditions, formed a natural grain mass at the level of 3rd quality class (not less than 730 g/l) as 'Asket' (730 g/l), 'Ambar' (732 g/l), 'Etud' (736 g/l), 'Luchezar' (744 g/l) and '1377/06' (743 g/l). There was carried out a correlation analysis which allowed determining a change in the correlation between productivity and quality traits under the effect of growing conditions.

Keywords: winter wheat, mass fraction of protein in kernels, gluten amount, nature weight, productivity, falling number.

Введение. Центральное место в решении сложных задач современного растениеводства, связанных с устойчивым ростом его производства, занимает создание и широкое использование высокопродуктивных, с хорошим качеством зерна, устойчивых к стрессовым факторам сортов озимой пшеницы – основной зерновой культуры (Глуховцев и др., 2015).

Особенностью погодных условий южной зоны Ростовской области являются резкие колебания температуры и неравномерное распределение осадков в период вегетации озимой пшеницы. Для растений данного вида осадки наиболее важны в период колошения – восковой спелости, когда закладывается будущий урожай и формируется качество зерна. Создание и внедрение в производство сортов, дающих наибольшую отдачу по урожайности и качеству зерна при резко изменяющихся метеоусловиях, является важной задачей сельскохозяйственной науки.

Для оптимизации селекционного процесса наряду с прямой полевой оценкой адаптивности селекцион-

ного материала к неблагоприятным факторам внешней среды целесообразно проводить дополнительные исследования образцов озимой пшеницы в условиях модельной засухи.

В «АНЦ «Донской» создан провокационный фон «засушник», где сорта озимой пшеницы изучают в контрастных условиях по влагообеспеченности и температурному режиму. Целью исследований было изучение влияния условий выращивания на формирование урожайности и качества зерна образцов озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2017–2018 гг. в качестве объекта исследований использовали 9 сортов и 4 перспективные линии. В условиях модельной засухи «засушник» растения озимой пшеницы до четвертого этапа органогенеза (закладка и формирование колосковых бугорков) выращивали в одинаковых условиях, как в контроле, так и в опыте. После наступления четвертой фазы доступ осадков к растениям в опыте

прекращали (30% ПВ и ниже), а в контроле развитие растений осуществляли при оптимальном увлажнении (70% ПВ, полив). Максимальная температура воздуха за период вегетации зафиксирована в пределах 33–39 °С (конец мая – июнь).

Учет урожая, фенологические наблюдения проводили в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» по методике В. В. Маймистова (1984).

Качество зерна определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской» согласно общепринятым методикам и ГОСТ.

Результаты и их обсуждение. На урожайность сортов в зонах рискованного земледелия значитель-

ное влияние оказывают условия выращивания. Наибольший ущерб посевам озимой пшеницы наносят почвенные и воздушные засухи, охватывающие почти ежегодно значительную часть площадей. Засуха вызывает резкое снижение урожайности и валовых сборов зерна (Сухоруков, 2014).

Влияние условий выращивания в условиях жесткой засухи (опыт) было значительным. В среднем за годы исследований установлено варьирование урожайности в опыте от 210,9 г/м² (1377/06) до 295,0 г/м² (Шеф). При оптимальном увлажнении (контроль) урожайность изменялась от 318,8 г/м² (1232/13) до 470,2 г/м² (Донская степь). Снижение урожайности в опыте по сравнению с контролем отмечено от 15,7% (1232/13) до 48,6% (352/11) (рис. 1).

Рис. 1. Урожайность образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 1. Productivity of winter soft wheat samples (2017–2018)

Максимальную урожайность в условиях абиотического стресса сформировали образцы Шеф (295,0 г/м²), Жаворонок (282,0 г/м²), Вольный Дон (280,8 г/м²), что свидетельствует о повышенном уровне засухоустойчивости данных генотипов.

Неблагоприятные условия (обезвоживание и перегрев) в период формирования и созревания зерна оказывают негативное влияние на качество урожая.

Важным признаком, от количества и качества которого зависят питательные свойства и хлебопекарные достоинства сортов пшеницы, является массовая доля белка в зерне.

Исследованиями многих ученых установлено, что, когда созревание зерна проходит при дефиците влаги и высокой температуре воздуха, формируется более высокое содержание белка, чем при оптимальных условиях.

Определено, что массовая доля белка в условиях провокационного фона «засушник» при оптимальных условиях выращивания (контроль) варьировала от 13,2% (Краса Дона и Вольный Дон) до 15,1% (Шеф) (рис. 2).

Рис. 2. Массовая доля белка в зерне образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 2. Mass fraction of protein in kernels of winter soft wheat samples (2017–2018)

В условиях жесткой засухи (опыт) установлено изменение значений признака «массовая доля белка» от 16,2% (Аскет) до 20,2% (352/11). Увеличение содержания белка в опыте по сравнению с контролем составило от 20,8% (Аскет) до 47,2% (Донская степь). Выделен сорт Шеф, который сформировал в контроле количество белка на уровне 1 класса качества.

Отбор селекционных образцов по признаку «массовая доля белка» эффективно проводить в оптимальных по увлажнению условиях, так как при засухе

слабо проявляются сортовые различия по данному признаку (содержание белка у всех образцов высокое).

Количество клейковины – важный показатель качества зерна, в значительной степени влияющий на качество конечных продуктов муки и хлебобулочных изделий.

Значения признака «количество клейковины» в оптимальных условиях варьировали от 20,9% (Вольный Дон) до 27,8% (Шеф) (рис. 3).

Рис. 3. Количество клейковины в зерне образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 3. Gluten amount in in kernels of winter soft wheat samples (2017–2018)

В условиях засухи количество клейковины было более высоким по сравнению с оптимальными условиями (29,3–37,6%). Превышение этого показателя варьировало от 28,5 до 54,7%. Такое существенное увеличение клейковины не является положительным фактом, так как в условиях засухи формируется очень крепкая неэластичная клейковина с низкими реологическими свойствами, что отрицательно влияет на объемный выход хлеба. Высокое содержание клейковины (более 32%) приводит к снижению хлебопекарных свойств, однако такие образцы могут быть использованы в качестве улучшителя для образцов со слабой клейковиной.

Следует отметить, что в оптимальных условиях выращивания (контроль) высокое содержание клейковины (3-й класс качества) отмечено у образ-

цов Шеф (27,8%), Лучезар (23,1%), 1237/13 (23,7%), 1232/13 (23,3%) и 1377/06 (23,1%).

Важным показателем устойчивости сорта к засухе является способность формировать крупное, хорошо выполненное зерно в условиях водного дефицита и температурного стресса.

Натурная масса характеризует крупность и выполненность зерна и является обязательным критерием оценки сорта или партии зерна при определении товарного класса.

Известно, что в условиях засухи формируется щуплое плохо выполненное зерно, что снижает содержание питательных веществ и выход муки.

Установлено снижение натурной массы зерна в условия жесткого водного стресса по сравнению с оптимальными условиями от 8% у сорта Лучезар до 17% у сорта Жаворонок (рис. 4).

Рис. 4. Натурная масса зерна образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 4. Natural weight of in kernels of winter soft wheat samples (2017–2018)

Варьирование значений натурности зерна в оптимальных условиях (контроль) определено от 791 (Вольный Дон) до 834 г/л (Этюд). С такими значениями все образцы относятся к 1-му классу качества по натурной массе (не менее 750 г/л). В условиях засухи значения признака «натурная масса» изменялись от 681 (Жаворонок) до 744 г/л (Лучезар).

Условия модельной засухи значительно повлияли на снижение натурной массы образцов. Выделены генотипы: Аскет (730 г/л), Амбар (732 г/л), Этюд (736 г/л), Лучезар (744 г/л) и 1377/06 (743 г/л), которые сформировали натурную массу зерна в опыте на уровне 3-го класса качества (не менее 730 г/л). Остальные образцы соответствовали требованиям ГОСТ к 4-му и 5-му классам по натурной массе.

Число падения – один из важных и информативных признаков, входящих в ГОСТ 9353-2016, который характеризует состояние крахмала и активность амилолитических ферментов.

Активность амилолитических ферментов зависит от условий, в которых проходит процесс созре-

вания и уборки зерна. Отрицательно на хлебопекарные свойства влияют засуха и переувлажнение. При переувлажнении во время уборки урожая происходит сначала скрытое, а затем явное прорастание зерна в колосе, которое снижает урожайные, семенные и технологические его свойства (Сокол, автореферат диссертации доктора технических наук, 2011).

Высокие значения числа падения, т.е. низкая активность амилолитических ферментов, свидетельствуют о снижении хлебопекарного качества зерна сортов, выращенных в условиях засухи, так как клейковина у таких образцов очень крепкая неэластичная, а хлеб, выпеченный из такой муки, пониженного объема с сухим и крошащимся мякишем.

Выделены образцы, у которых отмечено минимальное повышение числа падения в опыте (в условиях засухи) по сравнению с контролем: 1237/13 (0,5%), 1377/06 (1,0%), Шеф (1,4%), 1232/13 (1,6%), Донская степь (2,0%), Лучезар (3,1%) и Этюд (3,4%) (рис. 5).

Рис. 5. Число падения образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 5. Falling number of winter soft wheat samples (2017–2018)

В селекционной работе для достижения максимального потенциала урожая и качества новых сортов необходимо знать, какие из признаков являются определяющими или лимитирующими в тех или иных условиях. Определение корреляционных связей между признаками качества и урожайностью позволило выявить закономерности формирования количества и качества урожая в зависимости от условий выращи-

вания. Проведенный корреляционный анализ между урожайностью и признаками качества зерна показал, что в оптимальных условиях (контроль) урожайность отрицательно коррелировала с общей стекловидностью ($r = -0,23$), с числом падения ($r = -0,22$), с количеством клейковины ($r = -0,14$), с массовой долей белка ($r = -0,12$) (коэффициенты корреляции слабые и незначимые) (табл. 1).

1. Коэффициенты корреляции при оптимальном увлажнении** 1. Correlation coefficients in the conditions of optimum moisture **

Признак	Натурная масса, г/л	Общая стекловидность, %	Массовая доля белка, %	Количество клейковины, %	Число падения, с	Урожайность, г/м ²
Натурная масса, г/л	1,00	0,27	0,27	0,41	0,10	0,08
Общая стекловидность, %	—	1,00	0,63*	0,47	0,27	-0,23
Массовая доля белка, %	—	—	1,00	0,76*	0,12	-0,12
Количество клейковины, %	—	—	—	1,00	0,17	-0,14
Число падения, с	—	—	—	—	1,00	-0,22
Урожайность, г/м ²	—	—	—	—	—	1,00

* значимо на 5%-ном уровне, ** влажность почвы 70 % ПВ

Установлены значимые положительные взаимосвязи между количеством клейковины и массовой долей белка ($r = 0,76$) и между массовой долей белка и общей стекловидностью ($r = 0,63$).

В условиях абиотического стресса (опыт) определены отрицательные незначимые взаимосвязи урожайности с массовой долей белка ($r = -0,41$), с натурной массой ($r = -0,19$), с количеством клейковины ($r = -0,16$) (табл. 2).

2. Коэффициенты корреляции в условиях недостаточного увлажнения**

2. Correlation coefficients in the conditions of insufficient moisture **

Признак	Натурная масса, г/л	Общая стекловидность, %	Массовая доля белка, %	Количество клейковины, %	Число падения, с
Натурная масса, г/л	1,00	0,07	0,16	0,37	-0,28
Общая стекловидность, %	—	1,00	-0,63*	-0,67*	0,55*
Массовая доля белка, %	—	—	1,00	0,69*	-0,55*
Количество клейковины, %	—	—	—	1,00	-0,60*
Число падения, с	—	—	—	—	1,00
Урожайность, г/м ²	—	—	—	—	—

Значимые отрицательные взаимосвязи установлены между общей стекловидностью и массовой долей белка ($r = -0,63$), общей стекловидностью и количеством клейковины ($r = -0,67$) и между числом падения и массовой долей белка ($r = -0,60$) и количеством клейковины ($r = -0,55$).

Определены значимые положительные взаимосвязи между массовой долей белка и количеством клейковины ($r = 0,69$) и между числом падения и общей стекловидностью ($r = 0,55$).

В результате проведенных исследований установлены следующие тенденции:

- в условиях жесткого водного стресса наблюдается увеличение массовой доли белка и клейковины в зерне, но одновременно отмечается снижение качества этих показателей;

- происходит снижение натурной массы зерна и существенное повышение значений числа падения, что оказывает негативное влияние на технологические и хлебопекарные свойства зерна и муки.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что на формирование урожайности

и качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы значительное влияние на провокационном фоне «засушник» оказывают условия выращивания.

Максимальную урожайность в условиях засухи по сравнению с оптимальными условиями выращивания сформировали образцы Шеф (295,0 г/м²), Жаворонок (282,0 г/м²), Вольный Дон (280,8 г/м²), что свидетельствует о повышенном уровне засухоустойчивости данных генотипов.

В условиях жесткого водного стресса наблюдалось увеличение массовой доли белка и клейковины в зерне, однако при этом качество этих показателей снижается. Снижается также натурная масса зерна, но происходит существенное повышение значений числа падения, что оказывает негативное влияние на технологические и хлебопекарные свойства зерна и муки.

Выделены образцы с сочетанием максимальных значений признаков качества Шеф, Аскет, Жаворонок, Донская степь, Лучезар, Этюд и линия 1232/13, которые рекомендуем использовать как исходный материал в селекции на качество зерна.

Библиографические ссылки

1. Глуховцев В. В., Маслова Г. Я., Китлярова Н. И., Абдюраев М. Р. Влияние агроэкологических факторов на продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы в условиях лесостепи Самарской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2(52). С. 36–39.

2. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Результаты селекции озимой пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессорам // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5-3. С. 1153–1156.

References

1. Gluhovcev V. V., Maslova G. Ya., Kitlyarova N. I., Abdryaev M. R. Vliyanie agroekologicheskikh faktorov na produktivnost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenicy v usloviyah lesostepi Samarskoj oblasti [Influence of agroecological factors on the grain productivity and quality of winter wheat varieties in the conditions of the forest-steppe of the Samara region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 2(52). S. 36–39.

2. Suhorukov A. F., Suhorukov A. A. Rezul'taty selekcii ozimoy pshenicy na ustoj-chivost' k abioticheskim stressoram [Results of winter wheat breeding on resistance to abiotic stressors] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2014. T. 16, № 5-3. S. 1153–1156.

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.