

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ ТВЁРДОЙ ЯРОВОЙ В ПРОЦЕССЕ СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОУРОЖАЙНЫХ СОРТОВ

М.Г. МЯСНИКОВА, П.Н. МАЛЬЧИКОВ, Е.Н. ШАБОЛКИНА, В.С. СИДОРЕНКО*, Ф.В. ТУГАРЕВА*, М.А. РОЗОВА**, Т.В. ЧАХЕЕВА, В.И. ЦЫГАНКОВ ***

САМАРСКИЙ НИИСХ - ФИЛИАЛ ФГБУН САМАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
* ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

**ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АЛТАЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ»

*** ТОО «АКТЮБИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ»

Отрицательная взаимосвязь урожайности зерна и концентрации белка в нём, проявляющаяся в процессе селекции потенциально продуктивных сортов, может в перспективе привести к снижению питательной и технологической ценности новых сортов пшеницы. В связи с этим, для определения стратегии необходимо чёткое понимание ситуации на конкретном этапе селекции. Цель исследований - оценка результатов селекции пшеницы твёрдой яровой на урожайность и содержание белка в зерне и проведение поиска высокоурожайных, с достаточным уровнем накопления белка в зерне, сортов различных селекционных центров России. Объектами исследований были 9 сортов конкурсного испытания (КСИ) Самарского НИИСХ и 29 сортов и селекционных линий экологического сортоиспытания (ЭСИ) в четырех пунктах, оригинаторами которых были 5 научных учреждений России – НИИСХ Юго-Востока, Самарский НИИСХ, Донской ЗНИИСХ, Омский НИИСХ, Алтайский НИИСХ. Сорты КСИ представляли 4-7 этапы селекции пшеницы твёрдой яровой в Самарском НИИСХ. Сорты ЭСИ также были представлены 4-7 этапами селекции в России и селекционными линиями из НИИСХ Юго-Востока, Самарского и Алтайского НИИСХ.

Получены следующие результаты: 1. Увеличение содержания белка в зерне при сохранении интенсивности и адаптивности продукционного процесса на уровне предыдущих этапов селекции (сорт Солнечная 573). 2. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции не сопровождается снижением содержания белка в зерне (сорт Безенчукская крепость). 3. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции сопровождается значимым снижением содержания белка в зерне (Безенчукская 210). 4. В условиях Барнаула отрицательная взаимосвязь признаков продуктивности и содержания белка в зерне слабее или не столь отчетливо выражена, что проявляется в межсортной вариации – значительной по урожайности и слабой по концентрации белка.

Ключевые слова: пшеница твёрдая яровая (*Triticum durum* Desf), сорт, селекция, урожайность, накопление белка, влияние среды, влияние генотипа.

Содержание белка в зерне пшеницы твёрдой яровой - важный селекционный признак, определяющий биологическую ценность конечных продуктов и технологические свойства зерна (степень соответствия требованиям промышленной переработки). Изменчивость концентрации белка в зерне отчетливо проявляется по регионам и агротехническим фонам, в условиях динамики факторов среды в период вегетации и по профилю сортовых особенностей. Одновременная реализация двух селекционных целей - увеличение урожайности и концентрации белка в зерне, осложняется необходимостью преодоления отрицательной корреляции между этими признаками. Противоречивость признаков проявилась в условиях продолжительной селекции и значительного генетического улучшения

урожайности зерновых культур. Селекционные мероприятия по преодолению негативной связи предпринимались в ряде программ, особенно в США и Канаде. Эти работы активизировались после идентификации высокобелковых генотипов среди образцов дикой полбы *Triticum dicoccoides*, отличавшихся крупнозёрностью. Изучение такого образца (FA-15-3) из Израиля позволило маркировать ответственный за высокое содержание белка локус *QGpc.ndsu-6Bb* на коротком плече 6В хромосомы близ центромеры на участке между средними точками *Xabg387-6B* и *Xmwg 79-6B*, где расположены 11 маркеров [1, 2]. Впоследствии в результате применения маркеров были установлены носители локусов *Gpc* среди диких видов пшеницы, ландрасов, и современных сортов. Наименьшая частота встречаемости этих локусов обнаружена у современных сортов, что объясняется интенсивной селекцией на продукционные свойства растений. Тем не менее, эти данные показывают, что одновременная селекция по этим трудно совместимым признакам «находит» каналы совместной эволюции или позволяет в процессе значительного улучшения урожайности сохранить концентрацию белка в зерне на исходном уровне.

Цель исследований – оценка результатов селекции пшеницы твёрдой яровой на урожайность и содержание белка в зерне, и проведение поиска высокоурожайных, с достаточным уровнем накопления белка в зерне, сортов различных селекционных центров России.

Материал и методы исследований

Объектами исследований были 9 сортов конкурсного испытания (КСИ) Самарского НИИСХ и 29 сортов и селекционных линий экологического сортоиспытания (Безенчук, Курган, Барнаул, Актюбинск), оригинаторами которых были 5 научных учреждений России, – НИИСХ Юго-Востока, Самарский НИИСХ, Донской ЗНИИСХ, СибНИИСХ, Алтайский НИИСХ. Сорты КСИ представляли этапы селекции твёрдой пшеницы в России: Харьковской 46 (4 этап), Безенчукская 139 (5 этап), Безенчукская 182 (6 этап), Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская Нива, Безенчукская крепость, Безенчукская 210 (7 этап). Эксперимент в КСИ проведен в течение 8 лет (2011-2018 гг.). Сорты ЭСИ также были представлены этими этапами селекции: Харьковская 46 и Безенчукская 139 (4-5 этапы соответственно), Безенчукская 182, Саратовская золотистая, Жемчужина Сибири, Алтайская Нива, Алтайский янтарь, Омский корунд (6 этап), Безенчукская 205, Краснокутка 13, Донская элегия, Безенчукская нива, Безенчукская 209, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Луч 25, Памяти Янченко, Солнечная 573, Оазис, Безенчукская крепость, Золотая (7 этап) и селекционные линии Д2098, 98с-08 (НИИСХ Юго-Востока), 1368д-18, 1477д-4 (Самарский НИИСХ), Гордеиформе 677 (Алтайский НИИСХ). В обсуждении использованы данные по урожайности и содержанию белка, полученные при изучении сортов и селекционных линий на экспериментальном поле в Орле (ВНИИЗБК) в 2015 году. Стандартом по содержанию белка был сорт Харьковская 46, который является одним из самых высокобелковых сортов в течение всего периода его изучения на сортоучастках и в селекционных лабораториях с момента его районирования в 1957 году. Возможно, это свойство сорт унаследовал от образца *T.dicocum* и определяется наличием генов *Gpc*.

Условия полевых экспериментов по экологическим пунктам хорошо характеризуются уровнем урожайности, которая варьировала от 13,3 ц/га до 39,5 ц/га, что позволило оценить накопление белка в зерне в зависимости от формирования генотипических различий по потенциалу продуктивности, т.е. отзывчивости исследуемого признака на условия среды. Сильное влияние стрессовых факторов имело место в Безенчуке в 2018 году. Стрессовые факторы со средним негативным эффектом действовали в Безенчуке (2015-2016 гг.) и Актюбинске (2016 г.), равное влияние стрессовых и благоприятных факторов отмечено в Кургане (2014-2015 гг.) и в Барнауле (2016 г.), благоприятные условия наблюдались в Барнауле (2014-2015 гг.) и в Безенчуке (2014, 2017 г.), с уровнем урожайности в среднем по эксперименту – 13,3 ц/га, 15,5 ц/га, 14,7 ц/га, 21,4 ц/га, 23,4 ц/га, 23,7 ц/га, 35,0 ц/га, 39,5 ц/га, 28,2 ц/га соответственно по порядку экопунктов, представленных выше. Содержание белка в

зерне варьировало от 15,4% до 18,0%, по среднему значению всех генотипов в каждом из 10-и экспериментов, Величина признака у Харьковской 46 изменялась от 16,0% до 18,4%.

В КСИ Самарского НИИСХ с 2011 по 2018 гг. средняя урожайность изученных сортов варьировала по годам от 10,4 ц/га в 2018 году до 35,3 ц/га в 2017 году. По сортам урожайность изменялась от минимального значения – 8,2 ц/га в 2018 г. у Харьковской 46 до 37,4 ц/га в 2017 году у Безенчукской крепости. Максимальная концентрация белка в зерне – 18,2% по эксперименту в среднем по всем сортам наблюдалась в 2011 году, минимальная – 15,1% – в 2016 году. Максимальное накопление белка в зерне отмечено у сорта Безенчукская крепость - 19,0% в 2018 году, минимальное – у сорта Безенчукская 210 – 14,0% в 2016 году.

Содержание белка в зерне определялось в лаборатории технологического сервиса и массовых анализов Самарского НИИСХ по Кьельдалю и общепринятым прописям.

Полевые эксперименты проведены в соответствии с требованиями методики полевого эксперимента [3]. В блоке ЭСИ во всех пунктах проведены на делянках 10,0 м², в 3-4-х повторениях с рендомизированным размещением делянок по блокам. В КСИ Самарского НИИСХ на делянках 25,0 м² – в 4-5-и кратной повторности в рендомизированных блоках.

Результаты исследований

Двухфакторный дисперсионный анализ данных ЭСИ позволил разделить общую дисперсию признака «содержание белка в зерне» на значимые эффекты генотипов, среды (год, пункт) и их взаимодействия (табл.1).

Таблица 1

Дисперсия содержания белка в зерне пшеницы под влиянием среды и генотипа по данным ЭСИ в Безенчуке, Барнауле, 2014-2016 гг., Кургане, 2014-2015 гг., Актюбинске, 2016 г, Безенчуке, 2017 г.

| Факторы дисперсии | SS | Fкр | Доля изменчивости, % |
|---------------------------|-------|---------|----------------------|
| (А) Генотип | 145,2 | 266,5* | 18,6 |
| (В) Среда (год, экопункт) | 326,4 | 2096,6* | 41,9 |
| (А*В) Взаимодействие | 302 | 69,3* | 38,8 |
| (А+АВ) Суммарный эффект | 447,2 | | 57,4 |
| Случайные факторы | 5,12 | | 0,7 |

Значительная часть дисперсии – 41,9% определялась эффектами среды, что выше уровня влияния генотипа в 2,2 раза и практически соответствует влиянию эффектов генотип-средовых взаимодействий. Совместное влияние генотипа и генотип-средовых взаимодействий определяло 57,4% от общего варьирования. Очевидно, что изученный набор генотипов, в представленных средах, содержит существенное сортовое разнообразие по концентрации белка, как в среднем по всем средам, так и по средней величине в отдельных средах. В КСИ вклады генотипа и генотип-средовых взаимодействий были меньше в 2-3 раза, чем в ЭСИ при достоверных различиях между сортами, что говорит о стабилизации признака в процессе селекции в условиях Самарского НИИСХ (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсия содержания белка в зерне под влиянием среды и генотипа по данным КСИ, Безенчук, 2011-2018 гг.

| Факторы дисперсии | SS | Fкр | Доля изменчивости, % |
|-------------------------|-------|---------|----------------------|
| (А) Генотип | 33,9 | 257,4* | 11,1 |
| (В) Среда (год) | 161,9 | 1406,7* | 53,0 |
| (А*В) Взаимодействие | 37,4 | 40,6* | 12,2 |
| (А+АВ) Суммарный эффект | 71,3 | | 23,3 |
| Случайные факторы | 1,2 | | 0,4 |

Общая закономерность отрицательной корреляции урожайности и белковости, подтверждается в наших экспериментах на уровне значимости 0,01% в 6-и из 10-и полевых опытов в ЭСИ и в 4-х опытах КСИ на уровне 0,01% и 0,05% (табл. 3, 4). Тенденция отрицательной взаимосвязи содержания белка и элементов продукционного процесса (К.хоз – доля зерна в надземной массе растений, масса 1000 зерен), наиболее значимых в селекции на урожайность, наблюдалась в КСИ.

Таблица 3

Генотипические коэффициенты корреляции урожайности и содержания белка в зерне по годам и экопунктам, ЭСИ, 2014-2017 гг.

| Экопункты, годы | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| Без. 2014 | Курган 2014 | Барн 2014 | Без. 2015 | Курган 2015 | Барн. 2015 | Без. 2016 | Курган 2016 | Актюб. 2016 | Без. 2017 |
| -0,54* | 0,01 | -0,23 | -0,47* | -0,52* | -0,02 | -0,76* | -0,69* | -0,67* | -0,14 |

*коэфф.корреляции $\geq 0,47$ значимы на 1,0% уровне; Сокращения: Без-Безенчук; Барн – Барнаул; Актюб. – Актюбинск.

Таблица 4

Генотипические коэффициенты корреляции концентрации белка в зерне с признаками продуктивности, КСИ, Самарский НИИСХ, Безенчук, 2011-2018 гг.

| Признак | Годы | | | | | | | |
|---------|-------|---------|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Урожай | -0,64 | -0,91** | -0,87** | -0,59 | -0,76* | -0,76* | -0,30 | -0,13 |
| К.хоз | -0,51 | -0,43 | -0,68* | 0,34 | -0,58 | -0,69* | 0,05 | 0,02 |
| M1000 | -0,46 | -0,81** | -0,41 | 0,67* | -0,42 | -0,44 | -0,27 | 0,35 |

Примечание: *значимо на 5,0%, **значимо на 1,0% уровне; сокращения: К.хоз – доля зерна в надземной массе растения; M1000 – масса тысячи зерен.

Тем не менее, содержание белка в зерне у всех изученных сортов в ЭСИ и в КСИ (табл.5, б.) соответствовало параметрам (13,0-16,0%), требуемым для производства высококачественной макаронной продукции [4]. Средние значения признака изменялись в зависимости от сорта, пункта и года изучения - в ЭСИ от 14,0% (Безенчукская 205, Безенчук, 2016 г.) до 20,9 % (Омский изумруд, Безенчук, 2015 г.), в КСИ от 19,0% у сорта Безенчукская крепость в 2018 году, до 14,0% у сорта Безенчукская 210 в 2016 году.

В ЭСИ в среднем по всем пунктам и годам содержание белка в зерне только у сорта Солнечная 573 было достоверно выше, чем у Харьковской 46. У 18 сортов из 29 изученных в ЭСИ концентрация белка в зерне незначительно отличалась от Харьковской 46. Это были сорта, созданные в Поволжье: Безенчукская 139, Безенчукская степная, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Саратовская золотистая, Краснокутка 13, Д2098. В эту же группу входит сорт Донская элегия – селекции АНЦ «Донской» и все сорта из Западной Сибири.

Значимое снижение содержания белка в зерне относительно Харьковской 46 в ЭСИ показали сорта: Безенчукская 182, Безенчукская 205, Безенчукская Нива, Безенчукская 210, Безенчукская 209, Луч-25, 98с-08, Золотая и 1477Д-4, относящиеся к 7 - последнему этапу селекции. В тоже время по содержанию белка в зерне за три года (2014-2016) испытаний всего набора генотипов блока ЭСИ в условиях Барнаула достоверных различий не обнаружено ($m=2.99\%$, $Ff<Ft$). Преимущество Солнечной 573 (оригинатор Алтайский НИИСХ) над Харьковской 46, составившее здесь 7,1 относительных процента, также было недостоверным.

Урожайность зерна и содержание белка в нём в питомнике ЭСИ пшеницы твёрдой яровой (2014-2017 гг.).

| Сорт | Урожайность | | Критерий Дункана | Содержание белка | | Критерий Дункана |
|---------------------|-------------|---------|------------------|------------------|---------|------------------|
| | ц/га | % к Х46 | | % | % к Х46 | |
| Х 46 | 22,9 | 100,0 | a-d | 17,16 | 100,0 | f-l |
| Б139 | 23,0 | 100,4 | a-d | 16,74 | 97,5 | a-i |
| Б182 | 24,1 | 105,2 | a-i | 16,45 | 95,8 | a-g |
| СЗ | 22,3 | 97,4 | ab | 17,08 | 99,5 | d-k |
| БС | 27,5 | 120,1 | h-l | 16,69 | 97,3 | a-i |
| ЖС | 25,7 | 111,9 | b-l | 16,74 | 97,5 | a-i |
| Б205 | 26,1 | 114,0 | c-l | 15,99 | 93,2 | a |
| КК13 | 21,2 | 92,5 | a | 16,75 | 97,6 | a-i |
| ДЭ | 27,4 | 119,3 | f-l | 16,52 | 96,4 | a-h |
| БН | 27,5 | 120,0 | g-c | 16,21 | 94,5 | ab |
| Б209 | 24,0 | 104,6 | a-i | 16,09 | 93,8 | a |
| Б210 | 29,2 | 127,3 | l | 16,11 | 93,9 | a |
| БЗ | 27,6 | 120,4 | i-l | 16,67 | 97,1 | a-i |
| Л25 | 25,4 | 110,7 | b-k | 16,48 | 96,1 | a-h |
| Д2098 | 24,2 | 105,6 | a-i | 16,65 | 97,0 | a-h |
| 98с-08 | 25,9 | 113,0 | b-l | 16,49 | 96,1 | a-h |
| ОИ | 26,8 | 117,0 | e-l | 17,66 | 102,9 | kl |
| Г677 | 26,5 | 115,8 | d-l | 17,34 | 101,0 | h-l |
| БК | 28,4 | 123,9 | k-l | 16,99 | 99,0 | b-k |
| Золотая | 28,0 | 122,2 | j-l | 16,09 | 93,7 | a |
| 1368д-18 | 26,0 | 113,6 | b-l | 16,48 | 96,1 | a-g |
| 1477д-4 | 27,7 | 120,6 | i-l | 16,03 | 93,4 | a |
| СА | 23,0 | 100,2 | a-d | 17,63 | 102,7 | j-l |
| С573 | 22,7 | 99,1 | a-c | 17,92 | 104,4 | o |
| П Я | 23,7 | 103,2 | a-f | 17,30 | 100,8 | g-l |
| АН | 24,3 | 105,9 | a-i | 17,07 | 99,5 | c-k |
| АЯ | 25,0 | 108,9 | b-k | 17,09 | 99,6 | e-k |
| ОК | 23,9 | 104,4 | a-i | 16,80 | 97,9 | a-j |
| Оазис | 23,2 | 101,2 | a-e | 17,51 | 102,0 | i-l |
| m% | 4,33 | | | 1,50 | | |
| НСР _{0,05} | 3,05 | 13,60 | | 0,70 | 3,90 | |

Сокращения: Х – Харьковская; Б – Безенчукская; СЗ – Саратовская золотистая; БС – Безенчукская степная; ЖС – Жемчужина Сибири; КК – Краснокутка; ДЭ – Донская элегия; БН – Безенчукская нива; ОИ – Омский изумруд; Г – Гордеиформе; БК – Безенчукская крепость; СА – Салют Алтай; С573 – Солнечная 573; ПЯ – Памяти Янченко; АН – Алтайская нива; АЯ – Алтайский янтарь; ОК – Омский корунд.

Примечание: цифры, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются недостоверно на уровне 5,0% по критерию Дункан.

Таблица 6

Урожайность зерна и содержание белка в нём в питомнике КСИ пшеницы твёрдой яровой (Самарский НИИСХ, 2011-2018 гг.).

| Сорт | Урожайность | | Критерий Дункана | Содержание белка | | Критерий Дункана |
|---------|-------------|---------|------------------|------------------|---------|------------------|
| | ц/га | % к Х46 | | % | % к Х46 | |
| Х 46 | 15,9 | 100,0 | a | 17.4 | 100.0 | de |
| Б139 | 15,4 | 96,4 | a | 17.7 | 102.0 | e |
| Б182 | 17,5 | 109,9 | b | 16.7 | 96.3 | bc |
| БС | 18,8 | 118,2 | cd | 16.8 | 96.9 | bcd |
| ПЧ | 19,0 | 119,3 | d | 16.8 | 96.9 | bcd |
| Марина | 19,3 | 121,0 | d | 16.5 | 95.3 | abc |
| БН | 19,8 | 124,5 | d | 16.0 | 92.4 | a |
| БК | 19,8 | 124,5 | d | 17.1 | 98.4 | cd |
| Б210 | 19,6 | 123,2 | d | 16.3 | 93.9 | ab |
| m% | 1.99 | 6.45 | | 1.16 | 3.20 | |
| НСР0.05 | 1.03 | | | 0.55 | | |

Сокращения: Х – Харьковская; Б – Безенчукская; БС – Безенчукская степная; ПЧ – Памяти Чеховича; БН – Безенчукская нива; БК – Безенчукская крепость.

Примечание: цифры, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются недостоверно на уровне 5,0% по критерию Дункана.

Возможно, что для доказательства достоверности таких различий необходимо проведение более масштабных экспериментов аналогичных по объёму всему блоку ЭСИ. По урожайности зерна в этом пункте за тот же период при средней ошибке опыта 4,40%, сорта достоверно с вероятностью 95,0% различались. Значимое преимущество по урожаю зерна над Харьковской 46 отмечено у сортов: Безенчукская 205, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Омский изумруд, Золотая, 1477Д-4, Оазис. Среди этих сортов четыре – Безенчукская 205, Безенчукская 210, Золотая, 1477Д-4 по содержанию белка в среднем по всему эксперименту блока ЭСИ достоверно уступали Харьковской 46. В связи с этим правомерно предположение, что в условиях Барнаула отрицательная взаимосвязь признаков продуктивности и содержания белка в зерне слабее или не столь отчетливо выражена. В блоке «КСИ» выделился сорт Безенчукская 139, который достоверно превосходил все сорта за исключением сорта Харьковская 46, который в свою очередь по абсолютным значениям концентрации белка в зерне достоверно превысил сорта Безенчукская 182, Марина, Безенчукская Нива, Безенчукская 210. Недостоверные отличия по исследуемому признаку от Харьковской 46 имели сорта Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская крепость. Среди них сорт Безенчукская крепость (7 этап селекции) значимо превосходил Безенчукскую Ниву и Безенчукскую 210. При этом урожай зерна был одинаковым и значимо (на 25,0%) превышал Харьковскую 46. Значительное варьирование содержания белка в зерне в серии опытов по пунктам и годам обнаружено в блоке ЭСИ. Минимальное количество белка (15,1%) накопили сорта в 2017 году в Безенчуке, в этом же пункте в 2015 году было накоплено в зерне и максимальное (18,1%) количество белка. Коэффициент корреляции между содержанием белка в зерне и генотипическим коэффициентом вариации этого признака был отрицательным (-0,36), но недостоверным ($R_{кр} = \sqrt{0,60}$). Увеличение ряда изменчивости включением в него данных по блоку КСИ и данных, полученных в 2018 году в Орле (ВНИИЗБК), усилило эту взаимосвязь до уровня достоверной ($R_g = -0.68; R_{кр}$ вероятностью 99,0% = $\sqrt{0,58}$). Это связано, в основном, с тем, что содержание белка в Орле было в среднем ниже (Орёл – 12,2%), чем в черноземных регионах Поволжья и Сибири (Безенчук, Барнаул, Курган, Актюбинск -15,1-

18,2%), а генотипическое разнообразие (оцененное по CV) было значительно выше (Орёл CVg -10,9), чем в других пунктах (CVg – 2,1-7,0). В связи с этим можно предположить, что отбор по содержанию белка в зерне будет эффективнее в Орле. Тем не менее, все современные сорта, созданные в Барнауле (Алтайский НИИСХ), во всех пунктах испытания по содержанию белка не отличаются от Харьковской 46 и превосходят её по продуктивности в Алтайском регионе. Возможно, что это связано с более жёстким искусственным отбором одновременно по двум признакам и благоприятными для этой селекционной стратегии условиями среды. Большинство алтайских сортов в своей родословной несут существенную часть генплазмы Харьковской 46, Харьковской 51 (имеет аналогичное происхождение с Харьковской 46), сорта Ракета, полученного на основе *Tr.dicocum* и местных сортов Поволжья, Украины, которые также могли иметь гены *Gpc*. Это заключение соответствует отмеченному в литературе факту преимущественно локальной специализации сортов из Барнаула, имеющих хорошую приспособленность к условиям Западной Сибири [5]. Варианты совместной эволюции урожайности зерна и содержания белка в нём в процессе селекции твёрдой пшеницы в России, выявленные в статье, отражены в выводах.

Выводы

1. Увеличение содержания белка в зерне при сохранении интенсивности и адаптивности продукционного процесса на уровне предыдущих этапов селекции (сорт Солнечная 573).
2. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции не сопровождается снижением содержания белка в зерне (сорт Безенчукская крепость).
3. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции сопровождается значимым снижением содержания белка в зерне (сорта Безенчукская Нива, Безенчукская 210).
4. В условиях Барнаула отрицательная взаимосвязь признаков продуктивности и содержания белка в зерне слабее или не столь отчетливо выражена, что проявляется в межсортной вариации – значительной по урожайности и слабой по концентрации белка.

Литература

1. Joppa L.R., Cantrell R.G. Chromosome location of genes for grain protein content of wild tetraploid wheat // In: Crop Science, – 1990. – № 30 (5): – P. 1059-1069.
2. Joppa L.R., Du C, Hart G.E., Harland G.A. Mapping gene(s) for grain protein in tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.) using a population of recombinant bred chromosome lines // In: Crop Science, – 1997. – № 37 (5): – P.1586-1589.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // – М.: Колос, – 1979. – 416 с.
4. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы // Саратов, – 2001. – 124 с.
5. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Е.22. – № 8. – С. 939-950.

CHANGE OF PROTEIN CONTENT IN SPRING DURUM WHEAT GRAIN IN THE PROCESS OF BREEDING OF HIGH YIELD VARIETIES

M.G. Myasnikova, P.N. Malchikov, E.N. Shabolkina, V.S. Sidorenko*, F.V. Tugareva*,
M.A. Rozova**, T.V. Chakheeva, V.I. Tsygankov***

SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — A BRANCH OF FSBSI THE
SAMARA SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

*FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER FOR AGROBIOTECHNOLOGY OF ALTAI»

***LLC «AKTOBE AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION», KAZAKHSTAN

Abstract: *The negative relationship between grain yield and protein concentration in it, manifested in the process of breeding potentially productive varieties, may in the long run lead to a decrease in the nutritional and technological value of new wheat varieties. In this regard, to determine the strategy, a clear understanding of the situation at a particular stage of breeding is*

necessary. The purpose of the research was to evaluate the results of breeding durum wheat for yield and protein content in grain and to search for high-yielding varieties of various breeding centers of Russia with a sufficient level of protein accumulation in grain. The objects of research were 9 varieties of competitive strain testing (CST) of the Samara Scientific Research Institute of Agricultural Sciences and 29 varieties and breeding lines of ecological strain testing (EST) in four points, the originators of which were 5 scientific institutions of Russia - the Scientific Research Institute of Agricultural of the South-East, the Samara Scientific Research Institute of Agricultural Sciences, the Don Scientific Research Institute of Agricultural Research, the Omsk Scientific Research Institute of Agriculture, the Altai Scientific Research Institute of Agricultural Sciences. The CST varieties represented 4-7 stages of durum wheat breeding at the Samara Research Institute of Agriculture. Varieties of EST were also represented by 4-7 stages of breeding in Russia and breeding lines from the Institute of Agricultural Research of the South-East, Samara Research Institute of Agriculture and Altai Research Institute of Agriculture. The following results were obtained: 1) an increase in the protein content in grain while maintaining the intensity and adaptability of the production process at the level of the previous stages of breeding (cultivar Solnechnaya 573), 2) a significant and stable improvement in yield properties during the selection process is not accompanied by a decrease in protein content in the grain (cultivar Bezenchukskaya krepost), 3) a significant and stable improvement in crop yields during selection is accompanied by a significant decrease in protein content in grain (varieties Bezenchukskaya niva, Bezenchukskaya 210), 4) in condition Barnaul negative correlation productivity features and the protein content in the grain is weaker or less clearly expressed, resulting in a variation intervarietal – significant in terms of yield and low on protein concentration.

Keywords: durum wheat (*Triticum durum* Desf), variety, breeding, yield, protein accumulation, environmental influence, genotype influence.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11142

УДК 633.11:631.526.32

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ

И.Ю. ИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
А.О. ИВАНОВА, С.В. ИЛЬИНА, аспиранты

ЧУВАШСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО»

E-mail: chniish@mail.ru

В статье представлены результаты исследований за 2016-2018 гг. сортов пшеницы мягкой яровой в коллекционном питомнике Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, полученные из коллекции ВИР. По результатам исследований выявлены перспективные сорта по урожайности и элементам продуктивности в почвенно-климатических условиях южной части Волго-Вятского региона. По урожайности выделены 6 сортов, у которых данный показатель превысил сорт-стандарт от 2,9 до 7,4 ц/га. У изученных сортов определена полная корреляционная связь урожайности от погодных условий региона. Установлены корреляционные взаимосвязи ряда морфологических признаков, определяющих урожайность. Выявлена наибольшая сопряженность ($R > 0,7$) между урожайностью продуктивной кустистостью и массой зерна с колоса. Определено, что максимальная урожайность в опыте у сорта Архат была получена благодаря продуктивной кустистости, длине колоса и массе 1000 семян. Проведенный анализ показал степень влияния