

СВЯЗЬ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ КОЛОСА С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ
РАСТЕНИЙ ОБРАЗЦОВ × *TRITITRIGIA CZICZINII* TZVEL.О.А. ЩУКЛИНА¹, С.В. ЗАВГОРОДНИЙ¹, А.Д. АЛЕНИЧЕВА¹,
Л.П. ИВАНОВА¹, В.Е. КВИТКО¹, В.В. ПЫЛЬНЕВ², В.П. УПЕЛНИЕК¹¹ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН;² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Меняющиеся климатические условия вызвали повышенное внимание к устойчивым методам ведения сельского хозяйства, к которым относится и создание адаптивных сортов. Межвидовая и межродовая гибридизация позволяет значительно усилить устойчивость новых сортов к абиотическому и биотическому стрессу. Трититригия (×*Trititrigia cziczinii* Tzvel., 1973) – новая зерновая культура, обладающая особенностями и хозяйственно-полезными свойствами, полученными от дикорастущих злаков. Цель исследований заключалась в том, чтобы оценить вклад элементов продуктивности колоса современных образцов трититригии в ее продуктивность. Исследования, проведенные в условиях дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв Московской области (2008–2016 гг.), подтверждают специфические особенности формирования продуктивности образцов трититригии, отличающие ее от пшеницы. Изученные образцы имели длину колоса от 7,9 до 18,3 см, максимальное количество образцов (42,2%) имело длину колоса от 12,0 до 13,9 см. Самое большое количество образцов (21,1%) имело 20,1–20,9 шт. колосков на колос; 32,4% образцов формируют 60,6–69,5 зерновок в колосе; 29 образцов, или 41,4%, в среднем формируют по 1,5–2,0 г зерна с колоса. Исследования показали, что элементы структуры колоса трититригии: длина колоса, количество зерен с колоса, количество и масса зерна с колоса – не имеют прямой положительной связи с продуктивностью. Это может быть связано с вкладом продуктивной кустистости и биологическими особенностями трититригии в виде склонности к генеративному побегообразованию в течение всей вегетации.

Ключевые слова: трититригия, селекция, сорт, пшенично-пырейные гибриды, отдаленная гибридизация.

Введение

Продовольственная безопасность в последнее время является серьезной глобальной проблемой ввиду быстрых темпов роста населения планеты, негативных изменений климата и нарастающих экологических проблем. И если в докладе департамента по экономическим и социальным вопросам Организации Объединенных Наций от 2017 г. была озвучена реальная цифра населения планеты (7,6 млрд чел.), то согласно аналитической записке, подготовленной департаментом в 2022 г., численность населения уже увеличилась почти до 8 млрд чел. Ожидается, что нынешнее население мира достигнет 8,6 млрд к 2030 году и 9,8 млрд – к 2050 году [20, 21].

Одной из наиболее распространенных зерновых культур в мире является пшеница. На долю *Triticum aestivum* L. ($2n = 6x = 42$) приходится 95% мирового

производства пшеницы, а на *T. durum* ($2n = 4x = 28$) – остальные 5% мировых посевных площадей. При этом большая часть посевов пшеницы расположена в малопродуктивных сельскохозяйственных угодьях, которые занимают большую часть глобальной суши и обеспечивают продуктами питания более 50% населения мира [22]. Возделывание на этих территориях адаптивных зерновых культур и их сортов позволит не снижать валовый сбор зерна даже в меняющихся климатических условиях [5, 18]. Наиболее эффективным инструментом увеличения устойчивости зерновых культур к абиотическим и биотическим стрессам является обогащение их генетических ресурсов методом отдаленной гибридизации [1].

Первые гибриды многолетней пшеницы были получены Н.В. Цициным в конце 30-х гг. прошлого столетия [15]. Гибриды, имеющие октоплоидный набор хромосом ($2n = 56$), были описаны им как новый вид пшеницы: многолетняя пшеница (*Triticum agropyrotriticum* Cicin, 1960). Образцы отличались от родительских видов пшеницы морфологическими особенностями, высокой способностью к регенерации (куститься и отрастать после скашивания с образованием колоса), способностью созревать сверху вниз и более высоким содержанием белка и клейковины в зерне [1]. Некоторые образцы имели склонность к многолетнему типу развития.

Исследования Н.В. Цицина послужили толчком к глубокому изучению генетической природы диких сородичей пшеницы и вовлечению их в скрещивание с культурными злаками по всему миру [6, 25].

Латинское название, предложенное Н.В. Цициным, не было принято в научной среде, хотя оно и встречается в международном определителе растений [19, 23, 26]. В зарубежных научных статьях, описывающих результаты подобных исследований, гибриды пшеницы и дикорастущих злаков ($2n = 56$), имеющие характерные признаки, описываются как «Wheat × Wheatgrass Hybrids», или «многолетняя пшеница», без специального термина и латинского названия. В 1973 г. российский ботаник Н.Н. Цвелёв описал новые гибриды *T. aestivum* × *Elytrigia intermedia* как «Пшенице-пырей» (×*Trititrigia cziczinii* Tzvelev) [14]. Это латинское название было принято за основу при регистрации первого сорта трититригии в Государственной комиссии по сортоиспытанию [12]. Поскольку трититригия – молодая в эволюционном смысле культура, ее изучение является актуальной задачей.

Целью исследований являлся анализ элементов структуры колоса образцов трититригии современной коллекции отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН для выявления особенностей формирования ее продуктивности.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в отделе отдаленной гибридизации ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН в 2008–2016 гг. Почва опытных участков – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая: содержание гумуса составляет 1,9–2,0%; подвижного P_2O_5 (по Кирсанову) – 12–18 мг на 100 г почвы; обменного K_2O (по Маслову) – 15–23 мг на 100 г почвы; pH солевой вытяжки – 5,9–6,1.

Объектами исследований являлись образцы трититригии (×*Trititrigia cziczinii* Tzvelev.) ($2n = 56$) из коллекции отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН, полученные методом отдаленной гибридизации в разные годы. Всего было изучено 70 образцов. Площадь опытной делянки в коллекционном питомнике составляла 1 м², повторность 3-кратная. Закладку полевых опытов, проведение учетов и наблюдений осуществляли по общепринятым методикам для озимой пшеницы. Анализ структуры урожая проводился в пробных снопах, отобранных с центральной части делянки с площади 0,25 м² в фазу восковой спелости зерна. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализа посредством пакета программы Excel [4].

Метеорологические условия в годы проведения исследований были разными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Для оценки увлажнения в течение вегетационного весенне-летнего периода трититригии использовали ГТК (гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова) – комплексный условный показатель увлажнения (рис. 1).

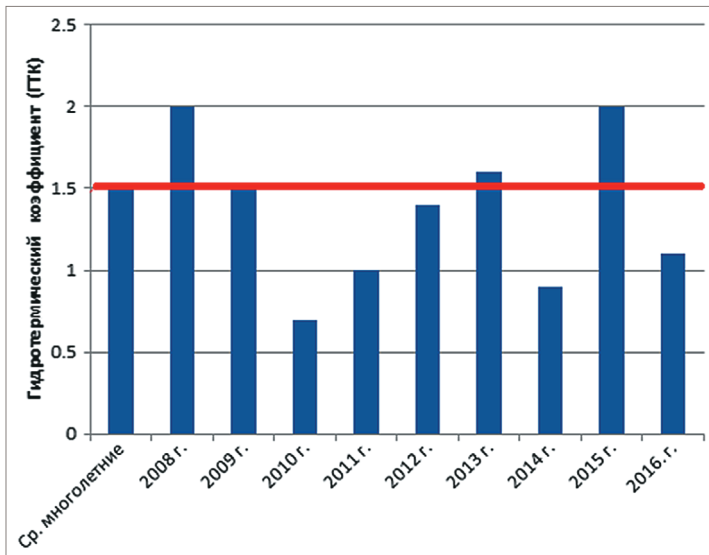


Рис. 1. Гидротермические коэффициенты вегетационных периодов трититригии за 2008–2016 гг.

При изучении коллекции трититригии отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН в качестве стандарта был выбран сорт Отрастающая 38. Он был включен в Государственный реестр селекционных достижений как сорт зернокармальной пшеницы [16]. Однако этот образец имеет октоплоидный набор хромосом ($2n = 56$) и является трититригией ($\times Trititrigia$).

Результаты и их обсуждение

Изучение корреляционных зависимостей продуктивности растения и различных элементов структуры урожая являются весьма важными для селекции [3, 9, 17]. Особенности строения колоса трититригии обусловлены ее пшенично-пырейным происхождением. Основным показателем выступает плотность колоса, так как трититригия унаследовала от пырея не только длину колоса, но и его рыхлость [13]. Изучаемые образцы имели длину колоса от 7,9 (№ 249) до 18,3 см (№ 1777). Коэффициент вариации (V) составил 18,1%.

По результатам измерений все образцы были разбиты на группы от 7 до 19 см с шагом 1 см. Образцы, имеющие длину колоса от 12,0 до 12,9 см и от 13,0 до 13,9 см, вошли в две самые крупные группы с равным количеством: по 15 шт., или по 21,1%. Наименьшее количество линий (по 1 образцу) характеризовалось коротким колосом до 8–9 см (№ 249, № 71). Одна линия (№ 1777) имела длину колоса 18,3 см. У сорта-стандарта Отрастающая 38 длина колоса в среднем за все годы изучения составила 13,3 см. Этот сорт входит в одну из самых крупных групп по показателю «Длина колоса».

Корреляционная зависимость между длиной колоса и урожайностью образцов трититригии не была отмечена ($r = -0,02$). При расчете средней урожайности всех линий, входящих в ту или иную группу по длине колоса, были получены результаты,

свидетельствующие о том, что при длине колоса 14,0–14,8 см формируется самая высокая средняя урожайность. Однако разница в урожайности отдельных образцов расходилась почти в два раза (1,28–3,86 т/га).

Таким образом, в формировании продуктивности зерна трититригии длина колоса не играет ключевой роли, так как колос у этой культуры, несмотря на то, что является более длинным, чем колос у большинства сортов озимой пшеницы, в то же время более рыхлый [15]. В связи с этим для оценки вклада элементов продуктивности в урожайность необходимо оценивать колос трититригии по ряду других показателей, в том числе по числу колосков, числу и массе зерна с одного колоса.

Число колосков в колосе определяет потенциально возможный уровень урожайности сорта, который будет реализован в том случае, если большая часть цветков в колоске будет оплодотворена [5]. Пределы изменчивости образцов трититригии по числу колосков в колосе составляли от 14,4–15,5 шт. (у образцов № 107 и № 4009 соответственно) до 23,6–23,9 шт. (у образцов № 1689 и № 1 533 соответственно) при V = 10% (рис. 2).

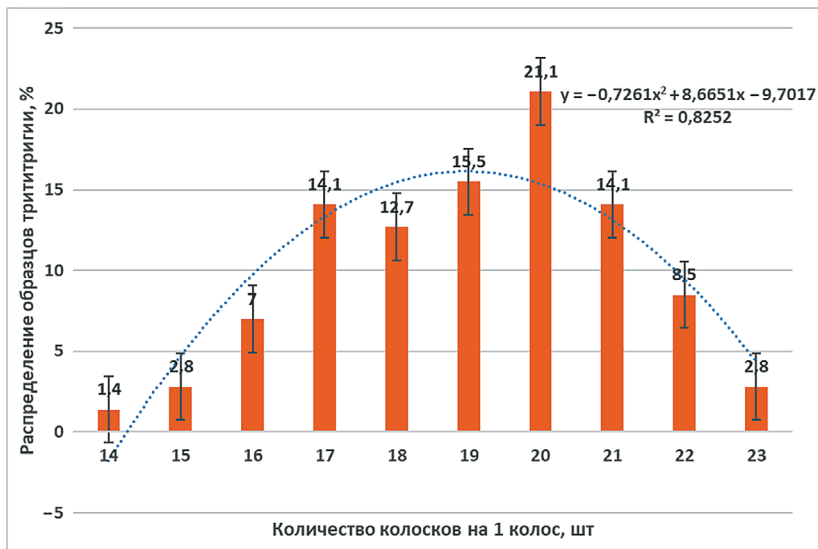


Рис. 2. Распределение образцов трититригии по числу колосков в колосе (2008–2016 гг.), %

Максимальное количество образцов трититригии (15 шт., или 21,1%) имели от 20,1 до 20,9 шт. колосков в колосе. Больше половины образцов имели среднее количество колосков – от 14 до 19 шт. на колос. Это соответствует результатам наблюдений за коллекциями озимой пшеницы в зональных НИИ [10, 11]. Коэффициент корреляции (r) между урожайностью образца и числом колосков в колосе составил –0,04. Наиболее урожайные образцы, № 1546 и № 1805, имели 21,2 и 17,6 колосков на колос. Сорт Отрастающая 38 формировал в среднем 19,8 колосков при урожайности ниже средних значений, а перспективный образец № 5542–17,2 колоска на колос.

Таким образом, количество колосков в колосе имеет значение при получении высокопродуктивных сортов лишь в том случае, если ему соответствуют число завязавшихся зерен в колоске и их масса. Многочисленные исследования подтверждают тот факт, что число зерен в колосе является наиболее значимым признаком, от которого зависит продуктивность новых сортов зерновых культур [7].

В исследованиях, проведенных В.И. Беловым (1982), было установлено, что по числу зерен в колосе образцы трититригии превосходят сорт озимой пшеницы – стандарт того времени Мироновскую 808. При изучении им коллекции трититригии

в 2001–2005 гг. среднее число зерен в колосе составляло от 46,0 шт. (у образца М3202) до 75,0 шт. (линия 70с). У сорта озимой пшеницы Заря, являющегося в то время стандартом, среднее число зерен в колосе находилось в пределах 31,0–47,0 шт. [1].

Наибольшее количество образцов современной коллекции – 23 шт., или 32,4%, формирует 60,6–69,5 зерновок в колосе. Вторая по величине группа составляет 20 образцов, или 28,2% от всех изучаемых в коллекции линий; они формируют в колосе 50,6–59,8 зерновок. В эту группу входят сорт Отрастающая 38 (55,4 зерен) и линия № 5542 (54,0 зерен). В коллекции отмечены образцы с числом зерновок в колосе 41–49,6 шт., а также образцы, в колосьях которых формируется свыше 80 зерновок. Это почти в два раза превышает число зерновок в перспективных сортах еще одной синтетической культуры – озимой тритикале, которая отличается крупностью колосьев и большим числом зерен с колоса [2]. Максимальное число зерен за все время испытаний было получено у образца трититригии № 1699 (97 шт.).

В исследованиях отмечена средняя отрицательная корреляционная зависимость урожайности образцов с числом зерен в колосе ($r = -0,35$). Это связано с тем, что большое число зерен в колосе обычно формируется у образцов, относящихся к пырейно-пшеничному типу, у которых этот признак отрицательно коррелирует с массой зерна с колоса, то есть чем больше зерен по числу, тем они более мелкие. Самая высокая средняя урожайность была выше у образцов, в которых формируется 60,6–69,5 зерен в колосе. В эту группу вошел и образец № 1546, имеющий самую высокую урожайность зерна (4,1 т/га); у него стабильно образуется 64 зерна в колосе. Незначительное увеличение урожайности в образцах, имеющих 90 и более зерен с колоса, связано с единичным количеством образцов, вошедших в эту группу, причем эти образцы имели среднюю для коллекции урожайность – 2,02 т/га.

Коэффициент корреляции (r) между средней длиной колоса каждого образца и числом зерен в колосе составил 0,31. Это говорит о том, что несмотря на более рыхлое строение колоса трититригии, чем у других зерновых культур, длина колоса имеет достаточно существенное значение для получения большого числа зерен в колосе. Возрастание этого показателя у трититригии при увеличении его значения подтверждается высоким коэффициентом аппроксимации ($R^2 = 0,56$). Максимальное число зерновок в колосе (более 90 шт.) было образовано при максимальной его длине (более 17 см). Образцы, имеющие длину колоса от 10 см до 14 см, формируют примерно одинаковое число зерновок – 59,5–62,0. Образцы, имеющие длину колоса 15–17 см, формируют 65,8–74,3 зерновки. Большое число зерен в колосе позволяет максимально использовать потенциал культуры для увеличения коэффициента размножения.

П.П. Лукьяненко отмечал, что выход зерна с 1 колоса является одним из ценнейших показателей высокой продуктивности сорта, и селекция перспективных сортов должна быть направлена на отбор лучших линий по этому признаку [8].

Вариабельность (V) массы зерна с колоса у изучаемых сортообразцов трититригии составила 34%. Размах варьирования наблюдался в пределах от 1,27 г у образца № 169 до 2,9 г у образца № 1748 (рис. 3).

В группу сортов с массой зерна с колоса до 1,5 г вошло наименьшее количество образцов – 4 шт. У максимального количества образцов (29 шт., или 41,4%) масса зерна с колоса за все годы исследований составила 1,5–2,0 г. Большую группу (37,1% от общего числа) составляют образцы с массой зерна с колоса 2,0–2,5 г.

Исследования показали, что образцов, стабильно формирующих свыше 2,5 г зерен в колосе, в коллекции имеется 11 шт. (15,7%). Однако эти образцы имеют низкую среднюю урожайность из всех изученных групп – 1,62 т/га. Скорее всего это связано с поздним сроком созревания ввиду высокой интенсивности роста вегетативной массы. Таким образом, для создания высокопродуктивных сортов трититригии необходимо отбирать образцы с массой зерен с колоса 2,0–2,5 г.

При изучении образцов трититригии из современной коллекции размах вариации по признаку масса 1000 зерен составил от 26,1 (образец № 6606) до 40,6 г. (образец № 8290). В среднем образцы имеют массу 1000 зерен 33,2 г. Коэффициент вариации (V) – 11% (рис. 4).

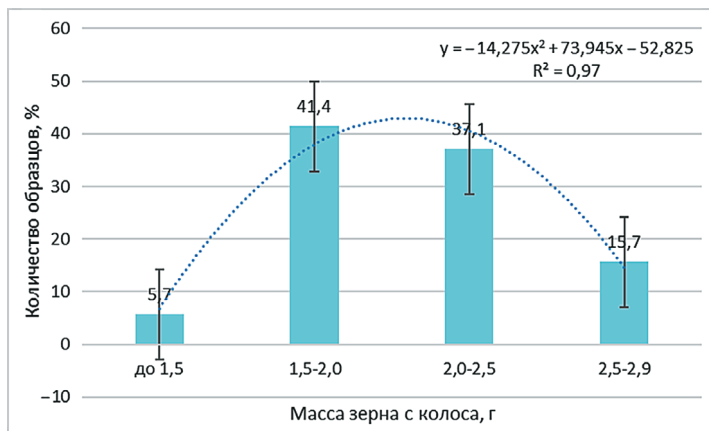


Рис. 3. Распределение образцов трититригии по массе зерна с колоса (2008–2016 гг.)

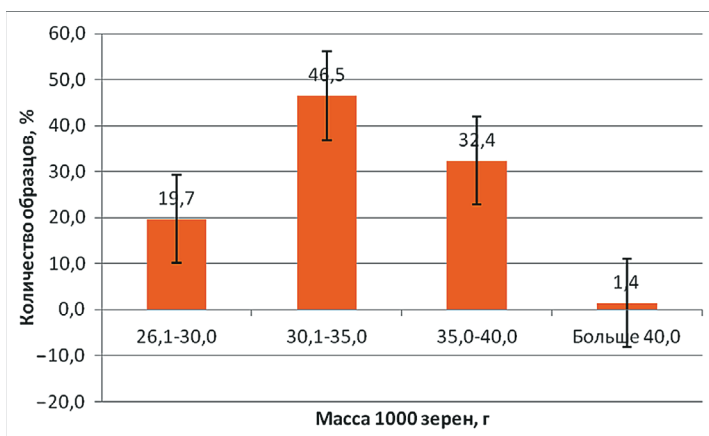


Рис. 4. Распределение образцов трититригии по массе зерна с колоса (2008–2016 гг.)

33 образца, или 46,5% от общего числа, в коллекции имеют массу 1000 зерен 30,0–35,0 г. Средняя урожайность образцов из этой группы составляет 2,11 т/га. В эту группу входит зернокармовой сорт Отрастающая 38, масса 1000 зерен которого составила 31 г. В коллекции есть образцы, имеющие массу 1000 зерен 35–40 г; их количество составляет 32,4% от общего числа образцов. Средняя урожайность образцов из этой группы составила 2,27 т/га. Перспективный образец № 5542 имеет массу 1000 зерен 35 г и входит в эту группу.

Исследования показали отсутствие корреляционной зависимости между массой 1000 зерен и урожайностью образцов ($r = 0,06$). Возможно, это связано с тем, что часть образцов имеет пырейно-пшеничный тип строения колоса, в котором формируется более мелкое зерно, чем у сортов озимой пшеницы, но при этом такие линии обладают более высокой продуктивной кустистостью, благодаря которой формируется большая биомасса [1].

Для общей оценки образцов коллекции по всем изучаемым критериям были выбраны по 5 лучших образцов: по урожайности, длине колоса, числу колосков с колоса, количеству и массе зерен с колоса. С учетом того, что некоторые образцы были лучшими

по нескольким показателям, всего получилось 16 образцов. Для сравнения их характеристик в итоговую таблицу был добавлен сорт-стандарт Отрастающая 38, а также линии № 3202, № 12 и № 26, которые проходили конкурсное сортоиспытание в разное время (табл.).

Таблица

Характеристика лучших образцов трититригии по урожайности и элементам структуры колоса (2008–2016 гг.)

Образец трититригии	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерен с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, т/га
Отрастающая 38	13,3	19,8	55,4	1,72	31,0	1,83
ЗП26	12,2	16,9	53,4	1,70	31,9	2,11
3202	14	21,8	53,3	1,94	36,5	2,68
12	13,5	17,7	63,6	2,03	32,0	3,31
47	17,5	22,3	86,3	2,84	32,9	1,03
70	14,3	22,5	71,0	2,88	30,1	3,86
90	17,6	18,5	80,0	2,82	35,2	1,15
161	13,4	18,4	61,2	2,44	39,8	3,33
226	10,6	20,2	78,0	2,13	27,3	3,50
1508	15,1	21,1	74,0	2,86	38,7	2,02
1514	17,7	21,6	68,5	2,33	34,1	2,09
1546	9,6	21,1	64,0	1,72	26,9	4,10
1748	12,9	20,9	77,0	2,90	37,6	1,56
1777	18,3	20,3	90,6	2,73	30,1	2,02
1805	12,4	17,6	54,6	1,98	36,2	3,88
1877	11,9	18,8	58,0	1,66	28,7	3,00
1879	11,8	19,7	41,0	1,44	35,2	3,00
2087	13,1	19,6	65,0	2,11	32,4	3,10
5542	10,8	17,2	54,0	1,89	35,0	3,63
5787	9,5	20,1	57,0	1,86	32,6	3,63
Корреляция с урожайностью (r)	-0,71	-0,20	-0,48	-0,48	-0,27	-
Корреляция с массой 1000 зерен (r)	0,24	-0,12	-0,15	0,30	-	-0,27

Длина колоса выбранных образцов составила от 9,5 (образец № 5787) до 18,3 см (образец № 1777); число колосков с колоса – от 16,9 (образец ЗП26) до 22,5 (образец № 70); число зерен с колоса – от 41,0 (образец № 1879) до 90,6 шт. (образец № 1777); масса зерна с колоса – от 1,44 (образец № 1879) до 2,90 г (образец № 1748); масса 1000 зерен – от 26,9 (образец № 1546) до 39,8 г (образец № 161); урожайность – от 1,03 (образец № 47) до 4,10 т/га (образец № 1546).

Результаты корреляционного анализа подтверждают полученные данные. Образец № 1879 имеет минимальное число зерен в колосе (41,0 шт.) и минимальную массу зерна с колоса (1,44 г), но при этом обладает достаточно высокой массой 1000 зерен (35,2 г) и урожайностью зерна 3 т/га. Образец № 1777 имеет максимально возможную длину колоса (18,3 см), число зерен в колосе (90,6 шт.), но при этом среднее значение массы – 1000 зерен (30,1 г), в связи с чем средняя урожайность составляет 2,02 т/га. В то же время образец № 70, который показал высокие значения числа зерен в колосе (71,0 шт.) – одно из лучших значений массы зерна с колоса (2,88), имея среднюю длину колоса 14,3 см и среднюю массу 1000 зерен 30,1 г, был одним из лучших по урожайности: 3,86 т/га.

Выводы

Наиболее сильная отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,71$) была отмечена между длиной колоса и урожайностью. Это говорит о том, что чем колос длиннее и более рыхлый, тем ниже урожайность зерна, и показывает морфологические особенности колоса трититригии и формирования продуктивности растения. Сильные отрицательные корреляционные связи были получены между числом зерен в колосе массой 1000 зерен и урожайностью ($r = -0,48$ в обоих случаях).

Таким образом, формирование высокой урожайности зерна трититригии в разных образцах происходит за счет разных элементов продуктивности колоса. Образец № 70 формирует урожайность зерна на уровне 3,86 т/га за счет высокой массы зерен с колоса (2,88 г) и массы 1000 зерен (30,1 г); образец № 1546 (урожайность – 4,10 т/га) имеет плотный колос с 21 колоском и средние показатели структуры; образец № 1805 (урожайность – 3,88 т/га) формирует высокую массу 1000 зерен, но при этом остальные показатели структуры имеет на среднем уровне. Эти данные свидетельствуют о специфических особенностях формирования признаков продуктивности и урожайности у трититригии в отличие от наиболее распространенных видов пшеницы.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН «Гибридизация у растений в природе и культуре: фундаментальные и прикладные аспекты» № Госрегистрации 122042500074–5.

Библиографический список

1. Белов В.И., Иванова Л.П., Завгородний С.В., Упелник В.П. Селекционно-генетические ресурсы отрастающих промежуточных пшенично-пырейных гибридов ($2n = 56$) // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2013. – № 4 (199). – С. 49–55.
2. Ворончихин В.В., Пыльнев В.В., Рубец В.С., Ворончихина И.Н. Урожайность и элементы структуры урожая коллекции озимой гексаплоидной тритикале в Центральном районе Нечерноземной зоны // Известия ТСХА. – 2018. – № 1. – С. 69–81.
3. Грабовец А.И., Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Юг», 2007. – 544 с.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 1985. – 352 с.
5. Завгородний С.В., Иванова Л.П., Аленичева А.Д., Щуклина О.А., Квитков В.Е., Клименкова И.Н., Соловьев А.А., Упельник В.П. Морфобиологические и хозяйственно ценные особенности образцов из современной коллекции трититригии (*×Trititrigia cziczinii* Tzvel.) ГБС РАН // Овощи России. – 2022. – № 2. – С. 10–14.
6. Кругин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – № 54 (3). – С. 409–425.
7. Кудряшов И.Н., Беспалова Л.А., Васильев А.В. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов – потомков Безостой 1 по урожайности // Безостая 1–50 лет триумфа: Материалы Международной конференции, посвященной 50-летию создания сорта озимой мягкой пшеницы Безостой 1. – Краснодар, 2005. – С. 169–177
8. Лукьяненко П.П. Селекция высокоурожайных низкостебельных сортов озимой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 1969. – № 4. – С. 483–492.
9. Марченко Д.М., Костылев П.И., Гричаникова Г.А. Корреляционный анализ в селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3. – С. 28–32.
10. Некрасова О.А., Костылев П.И., Некрасов Е.И. Модель сорта в селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 5 (53). – С. 29–32.
11. Самофалов А.П., Подгорный С.В. Исходный материал в селекции озимой пшеницы на продуктивность // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 5. – С. 13–16.
12. Селекционное достижение: Трититригия Памяти Любимовой: пат. № 11203, Российская Федерация: 22.07.2020. / В.И. Белов, С.В. Завгородний; Заявитель и патентообладатель – Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; заявл. 14.01.2019; опубл. 22.07.2020.
13. Упельник В.П., Белов В.И., Иванова Л.П. и др. Наследие академика Н.В. Цицина – современное состояние и перспективы использования коллекции промежуточных пшенично-пырейных гибридов // Вавиловский журнал селекции и генетики. – 2012. – Т. 16, № 3. – С. 667–674.
14. Цвелёв Н.Н., Пробатова Н.С. Злаки России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. – 646 с.
15. Цицин Н.В. Многолетняя пшеница. – М.: Наука, 1978. – 287 с.
16. Цицин Н.В., Любимова В.Ф. Сорт зернокормовой пшеницы Отрастающая 38. – М.: Главный ботанический сад, 1972. – 8 с.
17. Энзекрей Е.С., Щуклина О.А., Завгородний С.В. Влияние метеорологических условий и азотных удобрений на урожайность яровой тритикале сорта Тимирязевская 42 // Зерновое хозяйство. – 2021. – № 2 (74). – С. 88–93.
18. Cui L., Ren Y., Murray T.D., Yan W., Guo Q., Niu Y., Sun Y., Li H. Development of Perennial Wheat Through Hybridization Between Wheat and Wheatgrasses: A Review // Engineering. – 2018. – № 4 (4). – Pp. 1–7.
19. Curwen-McAdams C., Arterburn M., Murphy K., Cai X., Jones S.S. Toward a taxonomic definition of perennial wheat: a new species *×Tritipyrum aaseae* described // Genet Resour Crop Evol. – 2017. – № 64. – Pp. 1651–1659.
20. Department of Economic and Social Affairs of the United Nation // The 2017 revision of world population prospect. Report. – New York: United Nations, 2017. – Report No ESA/P/WP/248.
21. Department of Economic and Social Affairs of the United Nation // Why population growth matters for sustainable development. Report. – New York: United Nations, 2022. – UN DESA Policy Brief № 130.

22. Eswaran H., Beinroth F., Reich P. Global land resources and population-supporting capacity // American Journal of Alternative Agriculture. – 1999. – № 14 (3). – Pp. 129–36.

23. International Plant Names Index. Published on the Internet // The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. – 2022. – 29 September. – URL: <http://www.ipni.org>.

24. Li H., Wang X. Thinopyrum ponticum and Th intermedium: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat // J. Genet. Genomics. – 2009. – № 36 (9). – Pp. 557–565.

25. World Flora Online // Published on the Internet. – 2022. – 28 Sep. – URL: <http://www.worldfloraonline.org>.

RELATIONSHIP OF ELEMENTS OF THE EAR STRUCTURE TO PLANT PRODUCTIVITY OF SAMPLES × TRITITRIGIA CZICZINII TZVEL.

O.A. SHCHUKLINA¹, S.V. ZAVGORODNIY¹, A.D. ALENICHEVA¹,
L.P. IVANOVA¹, V.E. KVITKO¹, V.V. PYL'NEV², V.P. UPELNIK¹

(¹N.V. Tsitsin's Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences,

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Changing climatic conditions have led to increased focus on sustainable farming methods, which include the development of adaptive varieties. Interspecific and intergenerational hybridization makes it possible to significantly strengthen the resistance of new varieties to abiotic and biotic stress. Trititrigia (×Trititrigia cziczinii Tzvel., 1973) is a new grain crop with features and economically useful properties derived from wild cereals. The purpose of the research is to evaluate the contribution of ear productivity elements of modern trititrigia samples to its productivity. Studies conducted in the conditions of sod-podzolic heavy loamy soils of Moscow region (2008–2016) confirm the specific features of the formation of productivity of trititrigia samples that distinguish it from wheat. The studied samples had an ear length of 7.9 cm to 18.3 cm, the maximum number of samples (42.2%) had an ear length of 12.0 to 13.9 cm. The highest number of samples (21.1%) had 20.1 to 20.9 spikelets per ear, 32.4% of samples formed 60.6–69.5 grains per ear, 29 samples or 41.4% formed on average 1.5–2.0 g of grains per ear. Studies have shown that the elements of the structure of the ear of trititrigia: the length of the ear, the number of grains per ear, the number and weight of grains per do not have a direct positive relationship with productivity. This may be due to the contribution of productive bushiness and biological features of trititrigia in the form of a tendency to generative shoot formation throughout the growing season.

Key words: chemistry, selection, variety, wheat-wheatgrass hybrids, distant hybridization.

References

1. Belov V.I., Ivanova L.P., Zavgorodniy S.V., Upelniak V.P. Seleksionno-geneticheskie resursy otrastayushchikh promezhutochnykh pshenichno-pyreynykh gibridov (2n=56) [Breeding and genetic resources of regrowth intermediate wheat-rye hybrids (2n=56)]. Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. 2013; 4 (199): 49–55. (In Rus.)

2. Voronchihin V.V., Pyl'nev V.V., Rubets V.S., Voronchihina I.N. Urozhaynost' i elementy struktury urozhaya kollektzii ozimoy geksaploidnoy tritikale v Tsentral'nom rayone Nechernozemnoy zony [Productivity and yield structure elements of a winter hexaploid triticale collection in the Central region of the Non-Chernozem zone]. Izvestiya TSKhA. 2018; 1: 69–81. (In Rus.)

3. *Grabovets A.I., Fomenko M.A.* Ozimaya pshenitsa [Winter wheat]. Rostov-na-Donu. Izd-vo "Yug", 2007: 544. (In Rus.)
4. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experiment methodology (with basics of statistical processing of research results)]. M., 1985: 352. (In Rus.)
5. *Zavgorodniy S.V., Ivanova L.P., Alenicheva A.D., Shchuklina O.A., Kvitkov V.E., Klimenkova I.N., Solov'ev A.A., Upelniak V.P.* Morfobiologicheskie i khozyaystvenno tsennyye osobennosti obraztsov iz sovremennoy kolleksii trititrigii (*×Trititrigia cziczinii* Tzvel.) GBS RAN [Morphobiological and economically valuable features of specimens from the modern trititrigia collection (*×Trititrigia cziczinii* Tzvel.) of N.V. Tsitsin's Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences]. *Ovoshchi Rossii*. 2022; 2: 10–14. (In Rus.)
6. *Krupin P.Yu., Divashuk M.G., Karlov G.I.* Ispol'zovanie geneticheskogo potentziala mnogoletnikh dikorastushchikh zlakov v selektsionnom uluchshenii pshenitsy [Using the genetic potential of perennial wild cereals in the selective improvement of wheat]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2019; 54 (3): 409–425. (In Rus.)
7. *Kudryashov I.N., Besspalova L.A., Vasil'ev A.V.* Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' novykh sortov – potomkov Bezostoy 1 po urozhaynosti [Ecological plasticity and stability of the new Bezosta 1 progeny varieties in terms of yield]. *Bezostaya 1–50 let triumfa. Mat. mezhd. konf., posvyashchennoy 50-letiyu sozdaniya sorta ozimoy myagkoy pshenitsy Bezostoy 1*. Krasnodar. 2005: 169–177. (In Rus.)
8. *Luk'yanenko P.P.* Seleksiya vysokourozhaynykh nizkostebel'nykh sortov ozimoy pshenitsy [Breeding high-yielding, low-stemmed winter wheat varieties]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 1969; 4: 483–492. (In Rus.)
9. *Marchenko D.M., Kostylev P.I., Grichanikova G.A.* Korrelyatsionnyy analiz v selektsii ozimoy pshenitsy (obzor) [Correlation analysis in winter wheat breeding (review)]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2013; 3: 28–32. (In Rus.)
10. *Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I.* Model' sorta v selektsii ozimoy pshenitsy (obzor) [Variety model in winter wheat breeding (review)]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2017; 5 (53): 29–32. (In Rus.)
11. *Samofalov A.P., Podgorniy S.V.* Iskhodniy material v selektsii ozimoy pshenitsy na produktivnost' [Source material in winter wheat breeding for productivity]. *Agrarniy vestnik Urala*. 2014; 5: 13–16. (In Rus.)
12. *Belov V.I., Zavgorodniy S.V.* Seleksionnoe dostizhenie: Trititrigiya Pamyati Lyubimovoy: pat. 11203 Ros. Federatsiya: 22.07.2020. Zayavitel' i patentoobladatel': Glavniy botanicheskiy sad im. N.V. Tsitsina RAN; zayavl. 14.01.2019; opubl. 22.07.2020 [Breeding achievement: Trititrigia memoria Lyubimova: Pat. no. 11203 of the Russian Federation: 22.07.2020. Applicant and patentee is N.V. Tsitsin's Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; appl. 14.01.2019; publ. 22.07.2020]. (In Rus.)
13. *Upelniak V.P., Belov V.I., Ivanova L.P. et al.* Nasledie akademika N.V. Tsitsina – sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya kolleksii promezhutochnykh pshechno-pyreynykh gibridov [Legacy of Academician N.V. Tsitsin – current status and prospects of using the collection of intermediate wheat-grass hybrids]. *Vavilovskiy zhurnal selektsii i genetiki*. 2012; 16 (3): 667–674. (In Rus.)
14. *Tsvelev N.N., Probatova N.S.* Zlaki Rossii [Grains of Russia]. M. tov. nauch.izd. KMK, 2019: 646. (In Rus.)
15. *Tsitsin N.V.* Mnogoletnyaya pshenitsa [Perennial wheat]. M.: Nauka, 1978: 287. (In Rus.)
16. *Tsitsin N.V., Lyubimova V.F.* Sort zernokormovoy pshenitsy Otrastayushchaya 38 [Variety of feed wheat Otrastayushchaya 38]. M.: Glav. bot. sad, 1972: 8. (In Rus.)

17. Enzekrey E.S., Shchuklina O.A., Zavgorodny S.V. Vliyanie meteorologicheskikh usloviy i azotnykh udobreniy na urozhaynost' yarovoy tritikale sorta Timiryazevskaya 42 [Effect of meteorological conditions and nitrogen fertilisers on the yield of spring triticale variety Timiryazevskaya 42]. Zernovoe khozyaystvo. 2021; 2 (74): 88–93. (In Rus.)
18. Cui L., Ren Y., Murray T.D., Yan W., Guo Q., Niu Y., Sun Y., Li H. Development of Perennial Wheat Through Hybridization Between Wheat and Wheatgrasses: A Review. Engineering. 2018; 4 (4): 1–7.
19. Curwen-McAdams C., Arterburn M., Murphy K., Cai X., Jones S.S. Toward a taxonomic definition of perennial wheat: a new species \times *Tritipyrum aaseae* described. Genet Resour Grop Evol. 2017; 64: 1651–1659.
20. Department of Economic and Social Affairs of the United Nation. The 2017 revision of word population prospect. Report. New York: United Nations; 2017. Report No.: ESA/P/WP/248.
21. Department of Economic and Social Affairs of the United Nation. Why population growth matters for sustainable development. Report. New York: United Nations; 2022. UN DESA Policy Brief No. 130.
22. Eswaran H., Beinroth F., Reich P. Global land resources and population-supporting capacity. American Journal of Alternative Agriculture. 1999; 14 (3): 129–36.
23. IPNI (2022). International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. URL: <http://www.ipni.org> (Access date: 29.09.2022)
24. Li H., Wang X. *Thinopyrum ponticum* and *Th. intermedium*: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat. J. Genet. Genomics. 2009; 36 (9): 557–565.
25. WFO (2022): World Flora Online. Published on the Internet; URL: <http://www.worldfloraonline.org> (Access date: 28.09.2022)

Щуклина Ольга Александровна, старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: oashuklina@gmail.com; тел.: (926) 703–84–93)

Завгородний Сергей Владимирович, научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: zgbsran@yandex.ru; тел.: (499) 390–94–82)

Аленичева Анастасия Дмитриевна, младший научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: alenicheva_a@mail.ru; тел.: (968) 899–48–66)

Иванова Любовь Петровна, научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: gbsran@yandex.ru; тел.: (968) 733–83–56)

Квитко Валерия Евгеньевна, младший научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: lera.kvitko@mail.ru; тел.: (922) 817–68–59)

Пыльнев Владимир Валентинович, профессор, д-р биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Российская федерация (127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: Pyl8@yandex.ru; тел.: (915) 093–07–85)

Упельник Владимир Петрович, директор ГБС РАН, канд. биол. наук, ФГБУН
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (127276,
Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: upelniek@gbsad.ru;
тел.: (903) 517-42-60)

Olga A. Shchuklina, PhD (Ag), Senior Research Associate,
N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences
(4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (926) 703-84-93;
E-mail: oashuklina@gmail.com)

Sergey V. Zavgorodniy, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden
of the Russian Academy of Sciences (4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian
Federation; phone: (499) 390-94-82; E-mail: zgbsran@yandex.ru)

Anastasia D. Alenicheva, Junior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical
Garden of the Russian Academy of Sciences (4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276,
Russian Federation; phone: (968) 899-48-66; E-mail: alenicheva_a@mail.ru)

Lyubov' P. Ivanova, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden
of the Russian Academy of Sciences (4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian
Federation; phone: (968) 733-83-56; E-mail: gbsran@yandex.ru)

Valeriya E. Kvitko, Junior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical
Garden of the Russian Academy of Sciences (4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276,
Russian Federation; phone: (922) 817-68-59; E-mail: lera.kvitko@mail.ru)

Vladimir V. Pyl'nev, DSc (Bio), Professor, Doctor of Biological Sciences, Russian
State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str.,
Moscow, 127434, Russian Federation, phone: (915) 093-07-85; E-mail: Pyl8@yandex.ru)

Vladimir P. Upelniek, Director of N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden
of the Russian Academy of Sciences (4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian
Federation; phone: (903) 517-42-60; E-mail: upelniek@gbsad.ru)