

## СПОНТАННОЕ ПЕРЕКРЕСТНОЕ ОПЫЛЕНИЕ ОЗИМОЙ ГЕКСАПЛОИДНОЙ ТРИТИКАЛЕ

В.С. РУБЕЦ, В.В. ПЫЛЬНЕВ, О.В. МИТРОШИНА, А.В. ШИРОКОЛАВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Изучена спонтанная гибридизация современных сортов гексаплоидной тритикале с тритикале, пшеницей и рожью как при наличии собственной пыльцы, так и при ее отсутствии. Показано, что при искусственном опылении стерильных отдаленных гибридов тритикале завязываемость зерен выше, чем при спонтанном опылении ветром, но всхожесть при этом снижается. Для семеноводства наименьшую опасность представляют отдаленные гибриды тритикале с диплоидной рожью.*

*Ключевые слова: отдаленные гибриды тритикале, завязываемость зерен, спонтанная гибридизация, сортовые качества, завязываемость семян.*

Считается, что тритикале склонна к факультативному перекрестному опылению как с другими сортами этой культуры, так и с родительскими видами (пшеницей и рожью) [6, 8, 10, 12, 16, 17]. Такое явление затрудняет селекционную и семеноводческую работу с тритикале, поскольку приводит к нестабильности полученных сортообразцов и биологическому засорению сортовых посевов. Эти выводы были получены на начальных этапах работы с культурой тритикале [11, 12]. Однако быстрая эволюция этой культуры приводит к созданию новых сортов тритикале, обладающих совершенно иными признаками и свойствами, в т.ч. и теми, которые касаются биологии цветения. Так, показано, что при внутрисортных отборах происходит отбор генотипов с повышенной склонностью к самоопылению [9], а отбор на повышенную озерненность колоса приводит к одновременному отбору растений с предпочтением автогамии по сравнению с аллогамией [2, 4].

Нормы пространственной изоляции, установленные для семеноводческих посевов тритикале в настоящее время, составляют 150 м [3]. При этом, до конца не выяснены вопросы, связанные со склонностью современных сортов тритикале к спонтанной гибридизации. Установление степени ксеногамии позволит увеличить эффективность селекционной и семеноводческой работы с тритикале [15].

Наша работа посвящена выяснению склонности ряда современных сортов озимой гексаплоидной тритикале к спонтанной внутривидовой и межродовой гибридизации.

### Материал и методика

Исследования проводили на кафедре селекции и семеноводства полевых культур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2011-2012 гг. Посевы располагались на полях селекционной станции имени П.И. Лисицына. Агротехника — общепринятая для зоны.

Метеорологические условия лет проведения опытов резко различались. В оба года начало цветения приходилось на III декаду мая, в течение которой была отмечена засуха на фоне повышенных среднесуточных температур. В фазу полного цветения (I декада июня) в 2011 г. отмечена жесткая засуха на фоне высоких среднесуточных температур, а в 2012 г. — обильные осадки (количество осадков составило 235% от среднеголетних данных) на фоне близких к среднеголетним среднесуточных температур.

В эксперимент были включены сортообразцы озимой гексаплоидной тритикале различного происхождения: Валентин (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), линия 21759/97 и Водолей (ДЗНИИСХ, Ростовская обл.), Fidelio (Польша), Ставропольский 2 (Ставропольский НИИСХ). Сорты различались по времени наступления фазы цветения: очень ранний — л. 21759/97; ранний — Валентин; поздние — Ставропольский 2 и Fidelio. Эти сорта использовали в качестве материнских форм.

В качестве опылителей использовали среднеранний сорт Водолей с доминантными морфологическими признаками — красной окраской колоса и опушением колосковых чешуй, сорт озимой диплоидной ржи Саратовская 6 (НИИСХ Юго-Востока) и сорт озимой тетраплоидной ржи Верасень (Беларусь), сорта озимой пшеницы — Московская 39 (Московский НИИСХ «Немчиновка») и Гармония (Беларусь).

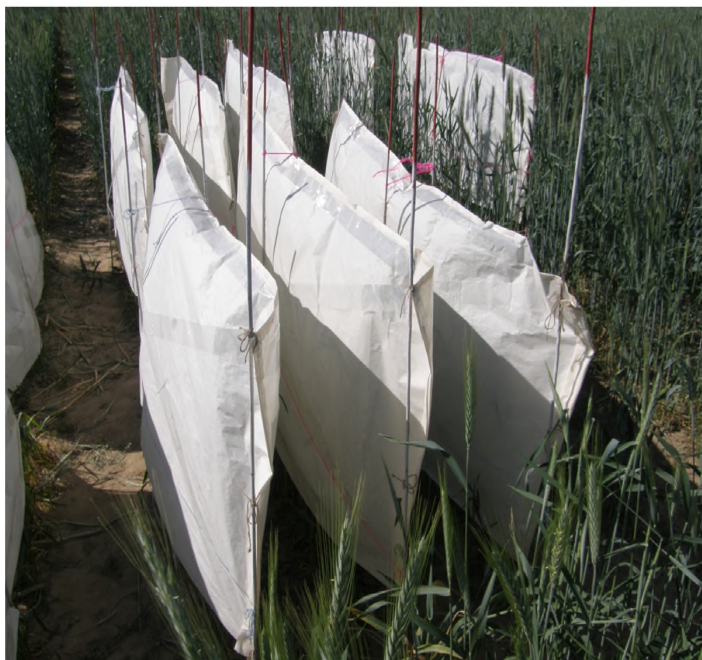
Опытные образцы были высеяны чередующимися рядами (материнский сорт: опылитель) длиной 1,5 м.

В 2011 г. в фазу колошения у всех колосьев материнских форм были прокастрированы все цветки, а все остальные побеги удалены для предотвращения самоопыления. Затем на два смежных ряда (прокастрированную материнскую форму и опылитель) были надеты большие изоляторы из пергамента (150 x 90 x 15 см), закреплены при помощи металлических тычин на концах рядов (рис. 1). Эти изоляторы были убраны только по окончании цветения тритикале, т.е. примерно через 3 недели. Таким способом была обеспечена возможность перекрестного опыления между опытными образцами. В целом для этого опыта было прокастрировано 440 колосьев и 14413 цветков.

После уборки прокастрированных материнских колосьев была определена завязываемость гибридных зерен. Полученные семена высеяны вручную в поле.

В 2012 г. были проведены возвратные скрещивания стерильных растений полученных отдаленных гибридов тритикале с другими сортами тритикале (беккроссы). Это делалось для восстановления фертильности отдаленных гибридов. В нашем случае преследовались две цели: оценить завязываемость и жизнеспособность полученных зерен у отдаленных гибридов тритикале при искусственном опылении нормальной пылью тритикале и получить семена гибридов для их использования в селекционном процессе, поскольку опытные сорта ржи и пшеницы обладают многими хозяйственно полезными признаками, которые хотелось бы передать тритикале. Часть колосьев была изолирована до цветения для того, чтобы проверить способность отдаленных гибридов завязывать семена в результате самоопыления. Остальные колосья были оставлены без воздействия для проверки завязываемости зерен у гибридов от ветроопыления.

После созревания все колосья отдаленных гибридов были убраны вручную, определены завязываемость зерен при спонтанном опылении ветром, при искусственном опылении пылью тритикале и при изоляции отдельных колосьев. Полученные семена были взвешены и просеяны через решета с различными размерами ячеек



**Рис. 1.** Вид больших пергаментных изоляторов в поле

для того, чтобы определить, насколько велика вероятность их попадания в семенное зерно при машинной очистке семян тритикале. Затем все полученные семена были высеяны вручную в поле. Была определена их всхожесть.

Для оценки способности сортов к спонтанной гибридизации при наличии собственной пыльцы, в 2011 г. часть материнских растений тритикале была оставлена без кастрации и без изоляции. После созревания их колосья разделили на 3 части (низ, середина и верх). В каждой части были выделены зерновки из первых, вторых, третьих и четвертых цветков в колоске. Полученные семена были высеяны отдельно по частям колоса и цветкам в поле для оценки наличия возможных спонтанных гибридов в зависимости от положения цветков в колосе. В 2012 г. было подсчитано общее число полученных растений и число нетипичных для сортообразца растений, которые мы считали результатом спонтанной гибридизации. Был определен процент внутривидовых и отдаленных гибридов в разных частях колоса и цветках.

## **Результаты и обсуждение**

### *Спонтанное переопыление сортов озимой тритикале с другими сортами и видами*

В нашем опыте большинство материнских сортов обладали рецессивным признаком — белым колосом, только у сорта *Fidelio* колос красный. Материнские сорта были лишены возможности самоопыления, поскольку все цветки были прокастрированы. Поэтому они вынуждены принимать пыльцу тех видов, которые будут им пред-

ложены. Еще одно ограничение накладывает время цветения. Ведь рыльца прокастрированных цветков остаются жизнеспособными только в течение ограниченного периода времени. Поэтому, если время цветения форм не совпадает, то перекрестное опыление будет затруднено. Если такое явление имеет место в полевых условиях, где все растения имеют собственную пыльцу то, скорее всего, перекрестное опыление не произойдет. Однако и это должно быть изучено, поскольку в производстве возделывают сорта разных групп спелости. Что касается видов, то считается, что раньше всех зацветает рожь, потом пшеница, затем — тритикале. Таким образом, имеется возможность некоторого временного разграничения цветения, что, возможно, снижает риск спонтанной гибридизации между видами.

При использовании в качестве опылителя другого сорта тритикале линия 21759/97 и сорт Валентин при изоляции с сортом Водолей показали одинаковую завязываемость зерен — 55% (табл. 1). Это — средняя для тритикале завязываемость при гибридизации. Однако сорт Ставропольский 2 в аналогичных условиях завязал только 8% зерен с вариациями от 1 до 14%. Причин такой низкой завязываемости может быть несколько. Во-первых, Ставропольский 2 и Водолей различаются по высоте — первый примерно на 20-30 см выше. Во-вторых, фаза цветения у сорта Водолей наступила на 4-5 дней раньше, чем у сорта Ставропольский 2. Однако у сорта Валентин и линии 21759/97 время цветения наступило на 3-4 дня раньше, чем у сорта Водолей, при этом завязываемость зерен высокая. По всей видимости, здесь большое значение имеет высота растений — л. 21759/97 и Валентин несколько ниже

Т а б л и ц а 1

**Завязываемость зерен в колосе озимой тритикале  
при спонтанном переопылении прокастрированных растений, 2011 г.**

| Сорт с прокастрированными цветками | Опылитель          | Число прокастрированных цветков | Число завязавшихся зерен | Завязываемость, % |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Линия 21759/97                     | Водолей            | 2034                            | 1112                     | 55                |
|                                    | Саратовская 6 (2х) | 1460                            | 98                       | 7                 |
|                                    | Верасень (4х)      | 1390                            | 515                      | 37                |
|                                    | Московская 39      | 258                             | 58                       | 22                |
|                                    | Гармония           | 324                             | 0                        | 0                 |
| Валентин                           | Водолей            | 546                             | 304                      | 55                |
|                                    | Саратовская 6 (2х) | 610                             | 124                      | 20                |
|                                    | Московская 39      | 1270                            | 169                      | 13                |
|                                    | Гармония           | 152                             | 3                        | 2                 |
| Ставропольский 2                   | Водолей            | 1632                            | 127                      | 8                 |
|                                    | Верасень (4х)      | 1740                            | 186                      | 11                |
| Fidelio                            | Московская 39      | 2997                            | 652                      | 22                |
| Итого                              | —                  | 14413                           | —                        | —                 |

опылителя (на 10-15 см). Поскольку растения были изолированы пергаментными изоляторами, пыльца могла перемещаться только сверху вниз. Возможно, этим можно объяснить столь различные результаты, полученные при внутривидовой гибридизации. Имеется еще одна возможная причина низкой завязываемости зерен в комбинации Ставропольский 2 x Водолей. В создании сорта Ставропольский 2 принимала участие рожь Державина [7]. При использовании нами этого сорта ранее в качестве опылителя во внутривидовых скрещиваниях также наблюдался невысокий процент завязываемости зерен.

Таким образом, спонтанная гибридизация между современными сортами озимой гексаплоидной тритикале возможна, а ее успех зависит от множества причин — генетического сходства сортов тритикале, высоты растений сортов, совпадения времени их цветения.

При оценке возможности спонтанной гибридизации тритикале с диплоидной рожью Саратовская 6 линия 21759/97 зацвела одновременно с рожью, поэтому у нее были самые благоприятные условия для спонтанной гибридизации с ней. Было получено 7% завязавшихся зерен. Сорт Валентин показал еще более высокую завязываемость зерен — 20%. Ставропольский 2 вообще не завязал ни одного зерна. Все полученные зерна были высеяны в поле для окончательной проверки их гибридной природы. В 2012 г. оказалось, что большинство растений, полученных от комбинации Валентин x Саратовская 6, не являются гибридными. Поэтому их исключили из дальнейшего эксперимента.

Использование в качестве опылителя тетраплоидного сорта озимой ржи Верасень показало, что все сорта тритикале довольно легко скрещиваются с ней: у линии 21759/97 завязываемость была 37, а у сорта Ставропольский 2 — 11%. И это — несмотря на значительно более поздние сроки начала цветения ржи — оно совпало с сортом Ставропольский 2.

Подводя итог, можно сказать, что современные сорта озимой гексаплоидной тритикале скрещиваются с тетраплоидной рожью значительно лучше, чем с диплоидной, что вполне согласуется с ранее полученными данными [5, 14].

Использование в качестве опылителя мягкой пшеницы показало наличие высокой завязываемости зерен, если опылителем был сорт Московская 39 (у сорта Валентин завязываемость 14, у линии 21759/97 — 22 и у сорта Fidelio — 22%), и низкого — если опылителем был сорт Гармония (у сорта Валентин — 2, у линии 21759/97 и сорта Ставропольский 2 — 0%). Причем у сорта Fidelio завязываемость колебалась от 9 до 36% в разных изоляторах. При этом завязавшиеся зерновки были абсолютно нормальной формы, соответствующей зерну тритикале, хорошо выполнены, но по размерам — очень маленькими — около % от обычного размера зерна тритикале. Во всех остальных случаях (даже и при внутривидовой гибридизации) зерновки были деформированными и щуплыми.

Оба сорта пшеницы по высоте превосходили тритикале (за исключением сорта Ставропольский 2). Зацвели они почти на неделю позже линии 21759/97 и сорта Валентин, почти на уровне со Ставропольским 2.

Такие разные результаты говорят о хорошей межродовой скрещиваемости сорта Московская 39 и плохой — сорта Гармония.

В 2012 г. нами были проведены скрещивания этих сортов с различными сортами диплоидной ржи. Завязываемость гибридных зерен у Московской 39 составила 10, а у Гармонии — 4,5%. Известно, что скрещиваемость с другими родами у пшеницы мягкой обусловлена двумя рецессивными генами *kr1* и *kr2* (Кролов, 1970,

цит. по [6]). Сорт с обоими доминантными генами практически не скрещивается с рожью. Наличие одного или другого генов в генотипе определенного сорта пшеницы приводит к его большей или меньшей скрещиваемости. Сорта пшеницы с генотипом *Kr1Kr1Kr2Kr2* имеют завязываемость гибридных зерен до 10% [6]. В нашем случае это сорт Гармония. Если завязываемость при отдаленных скрещиваниях находится в пределах 10-30%, то сорт имеет генотип *Kr1Kr1kr2kr2* (в нашем случае это — Московская 39).

Таким образом, успех спонтанного скрещивания между тритикале и пшеницей мягкой в большей степени зависит от генотипа пшеницы.

*Анализ растений отдаленных гибридов F1 тритикале,  
полученных от различных вариантов переопыления ее с другими видами*

При отсутствии собственной пыльцы сорта озимой гексаплоидной тритикале способны завязывать зерна при опылении другими сортами тритикале, ржи и пшеницы. При этом разные сорта тритикале показывают неодинаковые результаты.

Тетраплоидная рожь скрещивается с тритикале лучше, чем диплоидная. Успех скрещивания с пшеницей зависит, по-видимому, от генотипа сорта пшеницы и особенностей сорта тритикале.

Растения, выросшие в 2012 г. из завязавшихся под большими групповыми изоляторами зерен, не все оказались отдаленными гибридами. В таблице 2 представлены комбинации, в которых 100% растений оказались гибридными.

Фенотип отдаленных гибридов F1 тритикале с рожью несет в себе промежуточные признаки (рис. 2): растения высокорослые, колос длинный, в колосках 2-4 цветка, как у тритикале, колосковые чешуи по размерам ближе к ржаным (намного уже, чем у тритикале). Растения были стерильны, поэтому у них было отмечено вторично хазмогамное цветение в течение длительного времени (около 2 недель) (рис. 3). Поскольку воздух в этот период насыщен пылью тритикале, то вероятность завязывания зерен от спонтанного опыления велика. Тем более, что в 2012 г. в это время наблюдались благоприятные для открытого цветения и перекрестного опыления метеорологические условия (высокая облачность, высокая влажность воздуха и умеренная температура).

Однако на практике завязываемость зерен у гибридов F1 тритикале с диплоидной рожью оказалась весьма низкой — около 0,1% (табл. 2), с тетраплоидной рожью несколько выше — 2,5%. Для проверки способности гибридов F1 завязывать зерна от самоопыления на часть колосьев до цветения были надеты индивидуальные изоляторы. Гибриды с диплоидной рожью не завязали в них ни одного зерна, с тетраплоидной рожью завязываемость составила 0,6%. Это согласуется с литературными данными [5, 14].

Все полученные зерна были шуплые, деформированные, неполноценные, некоторые проросли в колосе (рис. 4). В начале сентября 2012 г. они были высеяны в поле. Всхожесть семян, полученных от гибридов тритикале с диплоидной рожью оказалась равна нулю, тогда как у гибридов с тетраплоидной рожью всхожесть составила 11,9% (табл. 2). Это не согласуется с литературными данными, где отмечается более высокая всхожесть спонтанно завязавшихся зерен у гибридов тритикале с диплоидной рожью [5, 14]. Но поскольку в нашем эксперименте было получено всего 7 зерен, то, возможно, их оказалось слишком мало, чтобы среди них оказались жизнеспособные.





л.21759/97 × Саратовская 6 (2x)



л.21759/97 × Верасень (4x)

**Рис. 2.** Морфологические признаки гибридов F1 тритикале с рожью (слева — тритикале, справа — рожь, посередине — гибриды)



л.21759/97 × Саратовская 6 (2x)



л.21759/97 × Верасень (4x)

**Рис. 3.** Вторично хазмогамное цветение гибридов F1 тритикале с рожью

**Завязываемость зерен у отдаленных гибридов F1 тритикале при спонтанном ветроопылении, 2012 г.**

| Сорт тритикале | Опылитель               | Общее число цветков, шт. | Число завязавшихся зерен | Завязываемость, % | Число всходов, шт. | Всхожесть, % |
|----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Линия 21759/97 | Рожь Саратовская 6 (2х) | 6543                     | 7                        | 0,1               | 0                  | 0,0          |
|                | Рожь Верасень(4х)       | 8409                     | 210                      | 2,5               | 25                 | 11,9         |
|                | Пшеница Московская 39   | 2089                     | 67                       | 3,2               | 12                 | 18,5         |
| Валентин       | Пшеница Московская 39   | 7550                     | 265                      | 3,5               | 27                 | 10,2         |
| Fidelio        | Пшеница Московская 39   | 6692                     | 342                      | 5,1               | 49                 | 14,3         |



л.21759/97 × Саратовская 6 (2х)



л.21759/97 × Верасень (4х)

**Рис. 4.** Зерновки, завязавшиеся у гибридов F1 тритикале с рожью от спонтанного ветроопыления (слева — гибридные зерна, справа — линия 21759/97)

По фенотипу гибриды F1 тритикале с мягкой пшеницей приближались к пшенице (рис. 5). Высота их растений не превышала родительские формы, колос был относительно короткий и рыхлый (как у пшеницы мягкой), колосковые чешуи по форме и ширине приближались к пшеничным (шире, чем у тритикале, почти равны цветковым чешуям). Растения были стерильны, цвели вторично хазмогамно (рис. 6). При изоляции некоторое число зерен завязалось от самоопыления только у комбинации Fidelio x Московская 39 (завязываемость 0,3%). Завязываемость зерен от спонтанного опыления ветром у отдаленных гибридов, где материнскими сортами тритикале были линия 21759/97 и Валентин, была 3,2 и 3,5% соответственно (табл. 2), с Fidelio — несколько выше (5,1%). Причина такого явления неясна. Ранее проведенные исследования выявили наличие 2R/2D замещения у линии 21759/97. Сорта Fidelio и Валентин имеют геном, характерный для гексаплоидной тритикале (AABBRR) [1]. Вероятно, имеются сортовые особенности тритикале, приводящие





Валентин × Московская 39



Fidelio × Московская 39

**Рис. 5.** Морфологические признаки гибридов F1 тритикале с пшеницей (слева — тритикале, справа — пшеница, посередине — гибриды)



Валентин × Московская 39



Fidelio × Московская 39

**Рис. 6.** Вторично хазмогамное цветение гибридов F1 тритикале с пшеницей

к их различной способности к спонтанной гибридизации с пшеницей. Вероятно, здесь также, как и у пшеницы, имеет место аллельное состояние генов нескрещиваемости (они локализованы в 5А и 5В хромосомах, которые имеются у гексаплоидных тритикале).

Завязавшиеся от спонтанного опыления зерна были различны по внешнему виду (рис. 7). Единичные зерна выглядели нормально развитыми и хорошо выполненными, большинство были щуплыми, недоразвитыми, многие проросли в колосе. Все полученные зерна были высеяны в поле в 2012 г. Их всхожесть варьировала от 10,2 до 18,5% у различных комбинаций (табл. 2).



Валентин × Московская 39



Fidelio × Московская 39

Рис. 7. Зерновки, завязавшиеся у гибридов F1 тритикале с пшеницей от спонтанного ветроопыления (слева — гибридные зерна, справа — тритикале)

Для восстановления фертильности отдаленных гибридов тритикале нами были осуществлены в 2012 г. беккроссы их с различными сортами тритикале (табл. 3).

В целом оказалось, что при искусственном опылении стерильных растений завязываемость зерен выше, чем при спонтанном опылении ветром. Это не согласуется с литературными данными [13]. Так, у комбинации Fidelio x Московская 39 при беккроссировании пылью различных сортов тритикале завязываемость зерен варьировала от 4,1 до 9,5%. В целом по всем беккроссам с этой комбинацией завязываемость была 5,6% (при спонтанном опылении — 5,1%) (табл. 2, 3).

У комбинации Валентин x Московская 39 значения завязываемости колебались в пределах 3,6-5,2%. В целом по всем беккроссам она составила 4,7% (при спонтанном опылении — 3,5%).

У комбинации л.21759/97 x Верасень завязываемость у различных беккроссов изменялась от 4,2 до 5,6%. При спонтанном опылении она составила 2,5%.

У комбинации л.21759/97 x Саратовская 6 завязываемость варьировала в пределах 0,4-1,3%, а при спонтанном опылении — 0,1%. Это наиболее низкие значения завязываемости зерен у отдаленных гибридов независимо от варианта опыления.

Однако всхожесть была выше у зерен, завязавшихся при спонтанном опылении ветром, чем при искусственном опылении пылью тритикале, за исключением комбинации с диплоидной рожью (табл. 2, 3).

Для оценки выполненности зерен, полученных при спонтанном опылении отдаленных гибридов F1 в 2012 г., они были просеяны через набор решет с различными размерами ячеек (табл. 4). У тритикале зерновки обычно крупные (масса 1000 зерен около 50 г), поэтому для их механизированной очистки используют решета с размерами ячеек 2,4 x 20 мм и 2,5 x 20 мм. В нашем эксперименте оказалось, что наиболее щуплые зерновки сформировались у отдаленных гибридов F1 тритикале с диплоидной рожью (табл. 4): сход с сита с самыми крупными ячейками составил всего 7,1%. При этом масса 1000 зерен равнялась 14,3 г.

Таблица 3

**Завязываемость зерен у гибридов F1 тритикале при искусственном беккроссировании их другими сортами тритикале (%), 2012 г.**

| Комбинация                      | Опылитель  | Число цветков, шт. | Число зерен, шт. | Завязываемость, % | Число всходов, шт. | Всхожесть, % |
|---------------------------------|------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| л.21759/97 x Саратовская 6 (2х) | л.21759/97 | 1614               | 7                | 0,4               | 3                  | 42,9         |
|                                 | Валентин   | 394                | 5                | 1,3               | 1                  | 20,0         |
|                                 | Сотник     | 326                | 2                | 0,6               | 0                  | 0,0          |
| В целом по всем беккроссам      |            | 2334               | 14               | 0,6               | 4                  | 28,6         |
| л.21759/97 x Верасень (4х)      | 563h       | 252                | 14               | 5,6               | 1                  | 7,1          |
|                                 | 565h       | 284                | 12               | 4,2               | 1                  | 8,3          |
| В целом по всем беккроссам      |            | 536                | 26               | 4,9               | 2                  | 7,7          |
| л.21759/97 x Московская 39      | л.21759/97 | 404                | 27               | 6,7               | 3                  | 11,1         |
|                                 | Валентин   | 626                | 54               | 8,6               | 1                  | 1,8          |
| В целом по всем беккроссам      |            | 1030               | 81               | 7,9               | 4                  | 4,9          |
| Валентин x Московская 39        | Гермес     | 1142               | 55               | 4,8               | 4                  | 7,3          |
|                                 | л.21759/97 | 824                | 30               | 3,6               | 2                  | 6,7          |
|                                 | Валентин   | 1106               | 58               | 5,2               | 1                  | 1,7          |
| В целом по всем беккроссам      |            | 3072               | 143              | 4,7               | 7                  | 4,9          |
| Fidelio x Московская 39         | л.21759/97 | 644                | 29               | 4,5               | 3                  | 10,3         |
|                                 | Валентин   | 700                | 29               | 4,1               | 3                  | 10,3         |
|                                 | Гермес     | 440                | 42               | 9,5               | 1                  | 2,4          |
| В целом по всем беккроссам      |            | 1784               | 100              | 5,6               | 7                  | 7,0          |

Таблица 4

**Сход с решет с различным размером ячеек зерен, полученных от спонтанного опыления отдаленных гибридов тритикале в 2012 г., %**

| Показатели             |          | Гибридные комбинации            |                            |                            |                          |                         |
|------------------------|----------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                        |          | л.21759/97 x Саратовская 6 (2х) | л.21759/97 x Верасень (4х) | л.21759/97 x Московская 39 | Валентин x Московская 39 | Fidelio x Московская 39 |
| Размер ячеек решет, мм | 2,0 x 20 | 78,6                            | 96,3                       | 95,7                       | 92,0                     | 97,1                    |
|                        | 2,2 x 20 | 50,0                            | 90,6                       | 95,5                       | 89,4                     | 92,0                    |
|                        | 2,5 x 20 | 7,1                             | 74,4                       | 79,9                       | 72,7                     | 73,9                    |
| Масса 1000 зерен, г    |          | 14,3                            | 36,2                       | 31,2                       | 31,4                     | 34,8                    |

Для всех остальных гибридов получены примерно одинаковые результаты: сход с сита с ячейками размером 2,5 x 20 мм варьировал в пределах 72,7-79,9%, масса 1000 зерен — в пределах 31,2-36,2 г.

Таким образом, при спонтанном завязывании зерен у гибридов F1 тритикале с пшеницей мягкой и тетраплоидной рожью формируются довольно крупные зерновки, которые при машинной очистке вполне могут попасть в семенное зерно и привести к снижению сортовой чистоты посевов тритикале. Наименьшую опасность представляют гибриды с диплоидной рожью, большая часть семян которых элиминируется при уборке (их трудно вымолачивать из-за чрезвычайной щуплости) и очистке.

#### *Спонтанная гибридизация тритикале с другими сортами и видами при наличии собственной пыльцы*

Среди растений материнской линии 21759/97 были отмечены морфологически нетипичные растения. Большинство нетипичных растений имели красную окраску колоса. Очевидно, что это результат спонтанной гибридизации белоколосой материнской линии с красноколосым сортом Водолей (табл. 5).

Часть нетипичных растений имели характерный фенотип отдаленных гибридов с рожью (высокорослы, узкие колосковые чешуи промежуточной ширины, мужски стерильны, цвели вторично хазмогамно и завязали единичные деформированные зерна).

Из таблицы 5 видно, что линия 21759/97 склонна к спонтанной гибридизации как с другим сортом тритикале, так и с рожью при наличии собственной пыльцы. При этом самый высокий процент спонтанной внутривидовой гибридизации (3,2%) отмечен для верхней части колоса (2,6% — для средней, 1,7 — для нижней).

Как известно, наиболее развитыми в колоске являются первый и второй цветки, которые в большинстве случаев цветут открыто. Однако, по нашим данным, самый высокий процент спонтанных внутривидовых гибридов наблюдался у третьих цветков в верхней части колоса и у четвертых — в средней. Объяснений такого явления может быть несколько. Во-первых, различие во времени цветения сортообразцов тритикале — более поздний сорт Водолей зацвел, когда у л. 21759/97 уже в большинстве случаев отцвели первые и вторые цветки в колосе. Во-вторых, верхние цветки в колоске часто имеют слабо развитые пыльники, поэтому цветут открыто [10]. В-третьих, отмечена асинхронность в развитии мужских и женских гаметофитов в цветке тритикале [10]. В-четвертых, верхние цветки обычно формируют мало зерен. Поэтому создается впечатление высокой степени спонтанной гибридизации. В целом по колосу у линии 21759/97 было отмечено 2,3% спонтанных внутривидовых гибридов. Такое биологическое засорение способно снизить сортовую чистоту посева сразу до 97,7%, что соответствует требованиям только категории РСт.

Спонтанные отдаленные гибриды с рожью у л. 21759/97 были отмечены только для растений, выросших из первых и вторых цветков колоска верхней трети колоса (табл. 5). Для первых, вторых и третьих цветков колоска в средней и нижней частях колоса отмечена примерно одинаковая вероятность появления спонтанных гибридов с рожью. В нашем случае у линии 21759/97 наблюдался наибольший процент спонтанных гибридов с диплоидной рожью в верхней трети колоса — 7,9% (в целом по колосу 3,2%), с тетраплоидной рожью — в средней трети колоса — 2,8% (в целом

**Процент спонтанных гибридов в непрокастрированных колосьях тритикале  
в зависимости от местоположения цветков в колосе, 2012 г.**

| Местоположение цветков в колосе |          | Гибридная комбинация    |                               |   |                                       |
|---------------------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|
|                                 |          | л.21759/97 x<br>Водолей | л.21759/97 x<br>Верасень (4х) | л.21759/97 x<br>Саратов-<br>ская 6 (2х) | Валентин x<br>Саратов-<br>ская 6 (2х) |
| Верхняя треть<br>колоса         | 1 цветок | 3,1                     | 2,0                           | 9,1                                     | 0,0                                   |
|                                 | 2 цветок | 2,5                     | 1,0                           | 7,3                                     | 0,0                                   |
|                                 | 3 цветок | 7,0                     | 0,0                           | 0,0                                     | 0,0                                   |
| В целом по верхней трети колоса |          | 3,2                     | 1,4                           | 7,9                                     | 0,0                                   |
| Средняя треть<br>колоса         | 1 цветок | 2,2                     | 1,9                           | 3,4                                     | 0,0                                   |
|                                 | 2 цветок | 2,9                     | 6,7                           | 3,2                                     | 0,0                                   |
|                                 | 3 цветок | 1,7                     | 0,0                           | 2,6                                     | 0,0                                   |
|                                 | 4 цветок | 6,2                     | 0,0                           | -                                       | 0,0                                   |
| В целом по средней трети колоса |          | 2,6                     | 2,8                           | 3,2                                     | 0,0                                   |
| Нижняя треть<br>колоса          | 1 цветок | 1,1                     | 2,3                           | 1,0                                     | 0,0                                   |
|                                 | 2 цветок | 2,8                     | 0,0                           | 1,2                                     | 0,0                                   |
|                                 | 3 цветок | 0,3                     | 0,0                           | 0,0                                     | 0,0                                   |
|                                 | 4 цветок | 2,7                     | 0,0                           | 0,0                                     | 16,7                                  |
| В целом по нижней трети колоса  |          | 1,7                     | 1,1                           | 0,9                                     | 0,4                                   |
| По всем 1-м цветкам колоса      |          | 1,9                     | 2,1                           | 3,5                                     | 0,0                                   |
| По всем 2-м цветкам колоса      |          | 2,7                     | 2,6                           | 3,4                                     | 0,0                                   |
| По всем 3-м цветкам колоса      |          | 1,6                     | 0,0                           | 1,4                                     | 0,0                                   |
| По всем 4-м цветкам колоса      |          | 3,8                     | 0,0                           | 0,0                                     | 16,7                                  |
| В целом по колосу               |          | 2,3                     | 1,8                           | 3,2                                     | 0,1                                   |

по колосу 1,8%). В общем, нами не отмечено какой-либо четкой закономерности вероятности появления спонтанных гибридов тритикале с рожью в какой-либо части колоса и колоске.

Для сорта Валентин во всем опыте было отмечено только 1 гибридное растение с фенотипом отдаленного гибрида с рожью — в четвертом цветке нижней трети колоса (табл. 5). Это говорит о более жестком генетическом барьере нескрещиваемости у этого сорта в сравнении с л. 21759/97.



Для обоих сортообразцов тритикале в нашем эксперименте не было зафиксировано ни одного спонтанного гибрида с пшеницей.

Резюмируя сказанное, можно отметить наличие сортовых различий у современных сортов озимой гексаплоидной тритикале по их способности скрещиваться с рожью при наличии собственной пыльцы. В условиях Средней полосы Нечерноземной зоны у л. 21759/97 проявляется высокий уровень спонтанных скрещиваний как с другими сортами тритикале, так и с сортами ржи независимо от их плоидности. Поэтому для получения чистых семян этот образец следует изолировать. Сорт Валентин по времени цветения близок к указанной линии, однако у него не отмечено склонности к спонтанной гибридизации с родительскими видами. Поэтому работу с этим сортом можно вести без пространственной изоляции, не опасаясь за ухудшение его сортовых качеств вследствие биологического засорения. У сорта Ставропольский 2 не было найдено ни одного спонтанного гибрида, что также позволяет вести работу с ним без пространственной изоляции.

### Выводы

1. При отсутствии собственной пыльцы современные сорта тритикале способны завязывать зерна от спонтанного опыления пыльцой других сортов тритикале, а также ржи и пшеницы. При этом имеются сортовые различия.
2. Тритикале лучше скрещивается с тетраплоидной рожью, чем с диплоидной.
3. Отдаленные гибриды тритикале с рожью и пшеницей имеют характерные морфологические отличия от сортов тритикале.
4. При искусственном опылении стерильных отдаленных гибридов тритикале завязываемость зерен выше, чем при спонтанном опылении ветром. Однако всхожесть у спонтанно завязавшихся зерен от ветроопыления выше.
5. Отдаленные гибриды тритикале с тетраплоидной рожью и пшеницей формируют относительно крупные зерна, которые не всегда элиминируются при очистке, и могут вызвать снижение сортовой чистоты посевов тритикале. Наименьшую опасность представляют гибриды тритикале с диплоидной рожью.
6. При наличии собственной пыльцы тритикале способна к спонтанной гибридизации с другими сортами тритикале и рожью. Гибриды с пшеницей не обнаружены.
7. Сорта тритикале с высоким уровнем скрещиваемости с рожью при наличии собственной пыльцы следует возделывать с изоляцией для сохранения их сортовой чистоты.
8. Не выявлено влияния местоположения цветка в колоске и колосе тритикале на уровень спонтанной гибридизации при наличии собственной пыльцы.

### Библиографический список

1. *Баженов М.С., Дивашук М.Г., Пыльное В.В., Карлов Г.Л., Рубец В.С.* Изучение образцов озимой тритикале на наличие хромосомных замещений и их связь с устойчивостью к прорастанию на корню // Известия ТСХА. 2011. Вып. 2. С. 20-25.
2. *Высоцкая П.Б., Кривенко А.А., Барыльник К.Г.* Изменение характера цветения у гексаплоидной тритикале в связи с селекцией на зерновую продуктивность // Вавиловские чтения — 2012: Материалы Межд. науч.-практ. конф., посвященной 125-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова. Саратов: Изд-во КУБИК. 2012. 444 с.

3. Инструкция по апробации сортовых посевов. Часть 1 (зерновые, крупяные, зернобобовые, масличные и прядильные культуры). М.: ВНИИТЭИагропром, 1996. 84 с.
4. *Кривенко А.А.* Биология цветения и адаптивная изменчивость пшеницы и тритикале: Автореф. дис.канд. биол. наук. Харьков, 1986. 16 с.
5. *Максимов Н.Г.* Селекционно-генетическая характеристика гибридов гексаплоидной тритикале с диплоидной и тетраплоидной рожью. Генетика гетерозиса растений и экспериментальный мутагенез. 4.2 // Тезисы докладов V съезда генетиков и селекционеров Украины, 1986. С. 124-125.
6. *Махалин М.А.* Межродовая гибридизация зерновых колосовых культур. М.: Наука, 1992. 239 с.
7. *Медведев А.М., Комаров Н.М., Соколенко Н.П., Поспелова Л.С., Браткова Л.Г.* Теоретические и практические результаты работы по созданию тритикале для юга России // Тритикале России. Сб. материалов заседания секции тритикале РАСХН, Ростов-на-Дону. 2008. С. 101-119.
8. *Пыльное В.М., Рыжеева О.П., Кривенко А.А.* Особенности цветения и опыления разных форм озимой тритикале // Репродуктивные процессы и урожайность полевых культур. Одесса: ВСГИ. 1981. С. 17-23.
9. *Рубец В.С., Никитина Е.А., Пыльное В.В.* Особенности опыления сортов гексаплоидной озимой тритикале // АгроXXI. 2011. №7-9. С. 11-13.
10. *Сергеев А.В.* Селекция, семеноводство и возделывание тритикале. М., 1989. 64 с.
11. *Сечняк Л.К., Сулима Ю.Г.* Тритикале. М: Колос, 1984. 317 с.
12. *Симинел В.Д., Кильчевская О.С.* Особенности биологии цветения, опыления и оплодотворения тритикале. Штиинца, 1984. 150 с.
13. *Тимофеев В.Б.* Селекция озимых гексаплоидных тритикале в Краснодарском крае // Тритикале России. Сб. материалов заседания секции тритикале РАСХН, Ростов-на-Дону. 2000. С. 18-29.
14. *Титаренко А.В., Титаренко Л.П., Козлов А.А.* Результативность гибридизации озимой ржи с гексаплоидным тритикале. // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации и увеличении производства зерна и кормов» и секции тритикале отделения растениеводства РАСХН: Ростов-на-Дону. 2010. С. 161-165.
15. *Штилев Н.С.* Методологические основы селекции // Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник научных трудов. Воронеж. 2007. С. 196-198.
16. *Шульдин А.Ф.* Тритикале — новая зерновая и кормовая культура. Киев: Урожай, 1981. 30 с.
17. *Kociuba H', Kramek A.* The analysis of some characteristics of triticale flowering biology suitable for breeding and reproduction of cultivars // Annales Universitatis Mariae Curie — Sklodowska. Agricultura. 2004. vol.59. №1. P. 115-117.

## SPONTANEOUS CROSS POLLINATION OF THE WINTER HEXAPLOID TRITICALE

V.S. RUBETS, V.V. PYLNEV, O.V. MITROSHINA, A.V. SHIROKOLAVA

(RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev)

*Spontaneous hybridization ability of hexaploid triticale varieties with other triticale varieties, soft wheat and rye was studied. It is shown that seed setting is higher when hybrid grains were obtained by controlled pollination compared to spontaneous wind pollination. However, grain*

*germination was lowered when the first method of pollination was used. Triticale varieties differed in their spontaneous hybridization ability. Distant triticale hybrids with diploid rye are characterized by the least deterioration of the varieties quality of hexaploid triticale.*

*Key words: distant triticale hybrids, grain setting in the spike, spontaneous hybridization, varieties quality; seed setting.*

**Рубец Валентина Сергеевна** — к. б. н., доцент кафедры селекции и семеноводства полевых культур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru).

**Пыльнев Владимир Валентинович** — д. б. н., профессор кафедры селекции и семеноводства полевых культур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru.

**Митрошина Ольга Викторовна** — аспирант РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: 976-12-72.

**Широколава Алексей Валерьевич** — аспирант РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: 976-12-72.