

3. Штефан, Г.И. Изучение мирового генофонда яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана / Г.И. Штефан // Сборник научных трудов XI Международной генетико-селекционной школы семинара СибНИИРС. – Новосибирск, 2013. – С. 299–304.

4. Сокурова, Л.Х. Поиск источников ценных признаков в генофонде проса из коллекции ВИР/ Л.Х. Сокурова // Роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития сельскохозяйственного производства. – Орел: ПФ «Картуш», 2009. – С. 148–152.

5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов; 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

SOURCES OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN THE OATS COLLECTION

A.A. Trushko, S. P. Khaletsky

The article presents the results of studying oats accessions from the world collection in order to identify the sources of economically important traits (yield, weight of 1000 grains, number of grains in a panicle, plant height, protein content, hull content, resistance to diseases and lodging, early ripeness) for the use in the breeding process in Belarus. Collection variety accessions of oats are identified and proposed as potential sources of economically important traits of oats, which are high yielding, short-stalked, with a high mass of 1000 grains, resistant to crown rust (7–8 points), with high protein content in grain and low hull content.

УДК 633.112.9«324»:631[526.3+559]

ОТЗЫВЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

*Н.П. Шишлова, кандидат биол. наук, В.Н. Бушневич, кандидат с.-х. наук,
В.Н. Безлюдный, кандидат биол. наук*

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 21.02.2020)*

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *В статье представлены результаты сравнительного анализа элементов продуктивности и физико-химических показателей сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале, выращиваемых по обычной и интенсивной технологиям возделывания. В зависимости от реакции на интенсификацию выделили три группы образцов с положительной, нейтральной и отрицательной отзывчивостью. Оценили количественные признаки групп и достоверность их взаимосвязей с урожайностью.*

Введение. Применение дополнительных элементов технологии возделывания – протравителей, удобрений, микроэлементов, фунгицидов и др., способствует более полной и качественной реализации биологического потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур и, в частности, тритикале [1].

Интенсивный уровень выращивания повышает устойчивость к ряду болезней и ослабляет давление стрессовых абиотических факторов.

Средняя урожайность образцов озимого тритикале в питомнике конкурсного сортоиспытания за последние 10 лет (2010–2019 гг.) составила 66,1 – на обычном и 73,3 ц/га – интенсивном фонах возделывания с разницей в 7,2 ц/га или 10,9 %. Максимальная прибавка урожайности на интенсивном фоне относительно обычного отмечалась в 2010 г. (26,7 %), минимальная – в 2016 г. (1,7 %).

Сравнительный анализ урожайности, полученной на обычном и интенсивном фонах выращивания, выявил дифференциацию образцов озимого тритикале по величине и направлению отклика на изменение агрофона. Реакцию (отзывчивость) генотипов на интенсификацию технологии возделывания можно условно разделить на положительную, нейтральную и отрицательную, что соответствует реакции интенсивного, полуинтенсивного и экстенсивного типов сортов [2].

Целью исследований являлся анализ биометрических, технологических и биохимических показателей групп образцов озимого тритикале с различной отзывчивостью на интенсификацию выращивания, а также выявление достоверных корреляционных зависимостей между урожайностью этих групп и определяющими ее количественными признаками.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служили сорта и сортообразцы озимого гексаплоидного тритикале (X *Triticosecale* Wittm. & A. Camus, 2n=42) отечественной селекции из питомника конкурсного сортоиспытания. Образцы выращивали по обычной и интенсивной технологиям возделывания в трех рендомизированных повторениях с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на гектар. Фосфорно-калийные удобрения в дозе $P_{80}K_{120}$ вносили осенью под основную обработку почвы, азотные (карбамид) – весной в 2 приема: N_{60} – при возобновлении вегетации и N_{30} – в начале выхода в трубку (стадия 31 по Цадоксу). При интенсивном уровне возделывания применяли дополнительную дозу азотных удобрений N_{30} – при появлении флагового листа (стадия 37), а также микроэлементы Cu и Mn (50 г/га) – в виде некорневых подкормок в стадии 31; регуляторы роста и фунгициды – в стадиях 31 и 37 по Цадоксу.

Генеральную совокупность образцов озимого тритикале разделили на 3 группы в зависимости от величины и знака изменения урожайности на интенсивном фоне относительно обычной технологии возделывания. Определили биометрические параметры растения, урожайность, массу зерна [3], массу 1000 семян [4], а также содержание в зерне сырого протеина, клейковины и крахмала методом ближней ИК-спектроскопии [5]. Взаимосвязи между показателями изучили с помощью парного и множественного корреляционного анализа, оценили их достоверность и вклад количественных признаков в формирование урожайности групп отзывчивости озимого тритикале.

Результаты исследований и их обсуждение. Максимальная урожайность озимого тритикале в питомнике конкурсного испытания за период с 2017 г. по 2019 г. наблюдалась в 2017 г. и характеризовалась минимальной генотипиче-

ской изменчивостью (таблица 1). В этом же году отмечался наибольший прирост урожайности (15,6 %) за счет положительного отклика на интенсификацию у всех образцов озимого тритикале без исключения. В связи с отсутствием дифференциации по этому критерию, 2017 г. был исключен нами из дальнейшего анализа.

Таблица 1 – Величина и изменчивость показателя урожайности образцов озимого тритикале в питомнике конкурсного сортоиспытания: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Год наблюдения	Количество образцов, шт.	Урожайность, ц/га			Коэффициент вариации, %	
		1	2	± к 1, %	1	2
2016	31	71,6	72,8	+1,7	7,54	8,21
2017	30	93,9	108,8	+15,9	5,47	4,58
2018	31	62,7	68,9	+9,9	14,40	5,74
2019	30	63,1	64,5	+2,2	17,28	12,32

Высокая урожайность озимого тритикале в 2016 г. и, особенно, в 2017 г., во многом обусловлена тем, что на посевах практически не наблюдалось снежной плесени, что обеспечило полную сохранность растений весной. Однако дефицит осадков в конце мая – начале июня 2016 г. привел к угнетению процессов накопления запасных веществ и снижению урожайности, тогда как вегетационный период 2017 г. характеризовался близкими к норме климатическими условиями. В последующие два года наблюдалось поражение посевов озимого тритикале снежной плесенью на уровне 2-3 (2018 г.) и 6–7 баллов (2019 г.). Несмотря на значительную гибель растений озимого тритикале в 2019 г., урожайность в конкурсном сортоиспытании осталась практически на том же уровне, что и в предыдущем году. Связано это с тем, что наблюдавшиеся в первой декаде мая 2019 г. обильные осадки (330 % от нормы) активизировали рост вегетативной массы изреженных посевов, что усилило ассимиляцию запасных веществ.

Применение дополнительных элементов технологии возделывания способствовало увеличению урожайности сортообразцов озимого тритикале в целом, однако между ними наблюдались существенные различия по величине и характеру реакции. В группу со значимой положительной реакцией на интенсификацию по результатам трехлетних наблюдений вошло 42 образца, что составило 46,2 % от объема анализируемой совокупности. Эти образцы озимого тритикале на обычном фоне возделывания характеризовались, как правило, невысокой урожайностью, которая на интенсивном фоне заметно возрастала: в среднем за 3 года прибавка составила 9,7 ц/га или 15,9 % (таблица 2).

Распределение образцов озимого тритикале по группам с нейтральной и отрицательной отзывчивостью было почти равнозначным: 26,3 и 28,5 % соответственно. На урожайность образцов из нейтральной группы изучаемый уровень интенсификации технологии возделывания практически не оказывал влияния. Третья группа образцов характеризовалась высокой урожайностью на

Таблица 2 – Урожайность образцов озимого тритикале по группам отзывчивости на изменение агрофона: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Год наблюдения	Урожайность, ц/га								
	Отзывчивость								
	положительная			нейтральная			отрицательная		
	1	2	± к 1, %	1	2	± к 1, %	1	2	± к 1, %
2016	69,8	77,8	+11,5	71,7	72,0	+0,4	73,4	68,1	-7,2
2018	56,5	69,8	+23,5	68,0	69,1	+1,6	73,6	66,6	-9,5
2019	56,6	64,4	+13,8	64,9	65,0	+0,2	71,0	64,5	-9,2
<i>Среднее</i>	61,0	70,7	+15,9	68,2	68,7	+0,7	72,7	66,4	-8,7

обычном фоне, которая заметно снижалась при переходе к интенсивной технологии: в среднем за 3 года убыль составила 6,3 ц/га или 8,7 %.

При выращивании на обычном фоне образцы интенсивного типа характеризовались более низкими показателями урожайности и сбора сырого протеина, чем образцы других групп (таблица 3).

Образцы из группы с положительной отзывчивостью на интенсификацию формировали меньшее количество продуктивных стеблей на единицу площади и колосков в колосе, особенно при сравнении с образцами экстенсивного типа. Группа с отрицательной отзывчивостью, напротив, характеризовалась высокой урожайностью на обычном фоне, максимальными значениями показателей сбора сырого протеина и количество продуктивных стеблей. Биометрические параметры главного колоса и масса 1000 семян у образцов этой группы были несколько выше, чем у образцов других групп.

Использование дополнительных элементов технологии приводило к увеличению количества продуктивных стеблей, колосков и зерен в главном колосе, а также содержания протеина и клейковины в зерне для всех трех групп образцов озимого тритикале. При этом отмечалось незначительное снижение высоты растения и содержания крахмала. Изменение остальных количественных признаков зависело от группы отзывчивости на интенсивный фон. Для группы с положительной отзывчивостью отмечались максимальные приросты таких показателей как сбор сырого протеина и количество продуктивных стеблей; для нейтральной группы – количество зерен, масса зерна и содержание сырого протеина; для группы с отрицательной реакцией – содержание клейковины.

У группы экстенсивных образцов в отличие от других групп на интенсивном фоне наблюдалось уменьшение таких показателей, как сбор сырого протеина, длина колоса и масса зерна. Также отмечалось значимое снижение массы 1000 семян. Группа образцов с нейтральной отзывчивостью занимала по большинству количественных признаков промежуточную позицию между положительной и отрицательной группами на обоих фонах выращивания.

Вариационный анализ показал, что к наиболее стабильным относились такие признаки озимого тритикале, как высота растения, длина главного колоса,

количество колосков, натура, масса 1000 семян и содержание крахмала ($V < 5\%$). Урожайность, сбор сырого протеина, количество продуктивных стеблей, содержание протеина и клейковины характеризовались более выраженной генотипической изменчивостью независимо от уровня интенсивности технологии возделывания ($V > 10\%$).

Корреляционный анализ взаимосвязей между урожайностью и количественными признаками показал, что большинство из достоверных зависимостей проявилось при анализе группы образцов озимого тритикале с положительной отзывчивостью на интенсификацию.

Урожайность образцов интенсивного типа достоверно положительно коррелировала на обоих фонах выращивания с высотой растения, количеством продуктивных стеблей, количеством зерен в главном колосе и содержанием крахмала; достоверно отрицательно – с содержанием сырого протеина в зерне озимого тритикале (таблица 4). Для этой группы не наблюдалось существенной разницы в величине коэффициентов корреляции между обычным и интенсивным фонами выращивания. Исключение составила взаимосвязь «урожайность – сбор сырого протеина», т.к. на интенсивном фоне она утратила достоверность.

Таблица 4 – Корреляционный анализ связей между количественными признаками образцов озимого тритикале по группам отзывчивости на интенсификацию: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Урожайность	Коэффициент парной корреляции (r)					
	Отзывчивость					
	положительная ($n=42$)		нейтральная ($n=24$)		отрицательная ($n=26$)	
	1	2	1	2	1	2
Сбор сырого протеина	0,670**	0,204	0,410*	0,210	0,198	0,196
Высота растения	0,383*	0,442**	0,273	0,472*	0,023	0,331
Количество продуктивных стеблей	0,752**	0,764**	0,498*	0,355	0,184	0,338
Длина главного колоса	0,200	0,015	–0,260	–0,135	–0,090	–0,166
Количество колосков	0,196	0,056	–0,343	–0,114	–0,201	–0,195
Количество зерен	0,351*	0,367*	0,187	0,192	–0,029	–0,148
Масса зерна колоса	0,287	0,232	–0,256	–0,384	–0,232	–0,279
Масса 1000 семян	0,193	–0,173	–0,237	–0,156	–0,358	–0,386
Натура	0,291	0,179	0,059	0,036	–0,070	–0,258
Протеин	– 0,527**	–0,588**	–0,507*	–0,402	–0,407*	–0,431*
Клейковина	0,140	–0,080	–0,088	–0,112	–0,391*	–0,270
Крахмал	0,423**	0,416**	0,404*	0,313	–0,070	–0,210
Количество достоверных зависимостей	6	5	4	1	2	1

* – Достоверно при $P_{0,05}$; ** – при $P_{0,01}$

Для нейтральной группы образцов озимого тритикале достоверные зависимости проявились в основном на обычном фоне выращивания. На интенсивном фоне они сохранили свое направление, но утратили достоверность, за исключением взаимосвязи между урожайностью и высотой растения. Экстенсивная группа образцов озимого тритикале характеризовалась минимальным количеством достоверных связей, которые касались только содержания протеина и клейковины. Отрицательная отзывчивость на интенсификацию сопровождалась изменением направления связей урожайности с количеством зерен, натуры и содержанием крахмала.

Наибольшей достоверностью и стабильностью характеризовалась взаимосвязь между урожайностью и содержанием сырого протеина в зерне озимого тритикале с точки зрения проявления по группам и технологиям возделывания. В целом обычная технология возделывания более благоприятствовала проявлению достоверных зависимостей, чем интенсивная. Связано это, по-видимому, с тем, что интенсификация способствует снижению генотипической изменчивости некоторых количественных признаков озимого тритикале, таких как урожайность, количество продуктивных стеблей и сбор сырого протеина.

Множественный корреляционный анализ показал, что урожайность образцов озимого тритикале интенсивного типа во многом зависела от величины таких морфометрических параметров растения, как высота и количество продуктивных стеблей. Коэффициент детерминации этих признаков составил 65,4 и 58,8 % для обычной и интенсивной технологий возделывания соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Степень влияния биометрических параметров растения на урожайность образцов озимого тритикале: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Коррелирующие признаки	Коэффициент множественной корреляции (R)					
	Отзывчивость					
	положительная		нейтральная		отрицательная	
	1	2	1	2	1	2
Урожайность – высота растения, количество продуктивных стеблей	0,809	0,767	0,615	0,526	0,185	0,377
Урожайность – длина главного колоса, количество колосков и зерен, масса зерна	0,228	0,667	0,612	0,401	0,413	0,325
Урожайность – сумма 6-ти факторов	0,819	0,802	0,712	0,596	0,429	0,413

Влияние высоты растения и количества продуктивных стеблей на урожайность озимого тритикале при анализе групп с нейтральной и отрицательной отзывчивостью постепенно снижается, достигая своего минимума у экстенсивных образцов на обычном фоне выращивания – 3,4 %. Вклад биометрических параметров главного колоса в формирование урожайности образцов тритикале

с положительной отзывчивостью сильно зависел от технологии возделывания. Так, на обычном фоне он был минимальным (5,2 %), а на интенсивном – заметно возрастал (44,5 %). Низкая степень сопряженности изученных признаков с урожайностью наблюдалась для группы образцов с отрицательной реакцией на интенсификацию: биометрические параметры растения не оказывали определяющего влияния на урожайность этих образцов.

В целом, оценивая совокупный вклад факторов в формирование урожайности трех групп образцов озимого тритикале, можно говорить о незначительных различиях между технологиями возделывания и более существенных – между группами отзывчивости. Влияние биометрических параметров на урожайность постепенно снижалось при переходе от интенсивных к экстенсивным образцам озимого тритикале.

Выводы

1. Анализ урожайности сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале из питомника конкурсного испытания показал, что около половины из них принадлежали к интенсивному типу с ярко выраженной положительной реакцией на интенсификацию технологии возделывания. К этой группе можно отнести новые районированные сорта озимого тритикале *Березино*, *Заречье* и *Устье*. Применение дополнительных элементов интенсификации возделывания в этом случае оправдано существенным ростом урожайности и повышенным сбором сырого протеина.

2. Наиболее мобильной в зависимости от года наблюдения являлась группа с нейтральной реакцией на изменение уровня интенсивности технологии. Составлявшие ее образцы озимого тритикале могли проявлять в отдельные годы как положительную, так и отрицательную отзывчивость на интенсификацию. К этой группе относились сорта озимого тритикале *Атлет-17* и *ИЗС 1*.

3. Образцы с отрицательной отзывчивостью (экстенсивный тип), способные формировать высокие урожаи на обычном фоне, более всего соответствовали требованиям т.н. «sustainable agriculture» [6]. К этой группе, по предварительным оценкам, относились новые сорта озимого тритикале *ИЗС 4* и *ИЗС 5*. Снижение уровня интенсивности технологии их возделывания при условии сохранения высокой продуктивности будет способствовать уменьшению затрат и экологической нагрузки на окружающую среду [7, 8].

Литература

1. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси: монография / Т.М. Булавина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: выпуск первый / Госагропром СССР. – Москва, 1985. – 269 с.
3. ГОСТ 10840-64. Зерно. Методы определения натуры.
4. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
5. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

6. Козлов, В.Е. Пластичность образа жизни у группы озимых образцов пшеницы и тритикале / В.Е. Козлов, В.И. Пономаренко, Е.П. Размахнин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 3. – С. 310-315.

7. Семенов, А.М. Здоровье почвенной экосистемы: от фундаментальной постановки к практическим решениям / А.М. Семенов, А.П. Глинушкин, М.М. Соколов // Известия ТСХА. – 2019. – Вып. 1. – С. 5-18.

8. Ван Мансвелт, Я.Д. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы / Я.Д. Ван Мансвелт, С.К. Темирбекова // С.-х. биология. – 2017. – Т.52, № 3. – С. 478-486.

RESPONSIVENESS OF WINTER TRITICALE ACCESSIONS TO INTENSIFICATION OF CULTIVATION TECHNOLOGY

N.P. Shishlova, V.N. Bushtevich, V.N. Bezliudny

The paper deals with the results of a comparative analysis of the performance and physical and chemical features of varieties and variety accessions of winter triticale cultivated in accordance with common and intensive technology. Three groups of accessions have been identified depending on the reaction to intensification. Quantitative traits of the groups and their relation with yield have been evaluated.

УДК 631.524.86:633.11«321»/«324»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФЕКЦИОННО- ПРОВОКАЦИОННЫХ ФОНОВ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ ФУЗАРИОЗНОЙ И НЕ ФУЗАРИОЗНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Ю.К. Шашко, канд. с.-х. наук, **Г.В. Будевич**, канд. биол. наук, **С.И. Гриб**,
доктор с.-х. наук, **В.Н. Бушневич**, канд. с.-х. наук,
С.И. Гордей, канд. биол. наук, **И.В. Сацюк**, канд. с.-х. наук
(Поступила 25.03.2020)

Рецензент: Бруй И.Г., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлена информация о создании инфекционных и провокационных фонов для оценки селекционного материала озимой и яровой пшеницы на устойчивость к болезням. Показана динамика поражения образцов коллекций за период 2003-2016 гг. Проведен анализ поражения болезнями новых сортов по сравнению с существующими контролем. Обоснована система иммунологической оценки фузариозоустойчивости злаковых культур.

Введение. Одним из важнейших компонентов селекционного процесса является оценка исходного и селекционного материала на устойчивость к болезням. Часто данная оценка проводится на инфекционных и провокационных фонах. Основным преимуществом использования фонов является объективная оценка болезнеустойчивости изучаемых генотипов и значительно меньшая зависимость проявления болезней от складывающихся погодных условий. Ис-