

interspecies hybridization of diploid samples of *Avena strigosa* (AsAs), which were relatively resistant to blight, and varieties of the hexaploid species *Avena sativa* (AACDD), 79 cross combinations were obtained. 99 hybrid embryos were cultivated in in vitro embryoculture. As a result of studying the created initial material economically important, early ripening interspecies oat samples - 47-7, 47-9, 48-5, 49-11 and 106-6 with high yield and grain quality, tolerant to blight were identified. They are studied in the breeding process.

УДК 633.112.9:«324»:631.559

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И КОРРЕЛЯЦИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЕЕ СТРУКТУРЫ У БЕЛОРУССКИХ И РОССИЙСКИХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО

С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, **В.Н. Бушневич**, **Е.И. Позняк**, кандидаты
с.-х. наук, **М.М. Лаптенюк**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Дата поступления статьи в редакцию 29.02.2024)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В результате изучения белорусских и российских сортов тритикале озимого выделены источники, достоверно превышающие контроль по урожайности зерна, числу зерен в колосе, массе зерна с колоса, массе 1000 зерен и их сочетанию в комплексе для целенаправленного использования в селекционных программах. Установлены корреляции между урожайностью зерна и элементами ее структуры для сортов белорусской и российской селекции.

Введение

Главный критерий при оценке вновь создаваемых сортов – урожайность зерна. Поэтому основным направлением в селекции любой культуры является постоянное повышение генетического потенциала продуктивности и уровня его реализации в производстве [1–2].

Селекционная работа, независимо от своего направления, невозможна без изучения генетически разнообразного материала, с целью выделения источников и доноров хозяйственно ценных признаков и свойств и дальнейшего их использования в гибридизации [3–6], так как 50 % успеха в селекции обеспечивается генофонд растений [2].

Условия произрастания оказывают существенное влияние на выраженность количественных признаков растений [7]. Поэтому создание новых высокопродуктивных сортов тритикале озимого, адаптированных к местным условиям, невозможно без изучения закономерностей изменчивости хозяйственно полезных признаков в почвенно-климатических условиях региона, где ведется селекция культуры.

Материал и методика проведения исследований

Исследования по изучению 18 отечественных и 15 российских сортов коллекции тритикале озимого (*Triticosecale* Witt.) проводили в 2021–2023 гг. в условиях центральной части Беларуси на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимические показатели пахотного горизонта: pH_{KCl} – 5,8–6,2, подвижный P₂O₅ – 262–338 мг/кг, обменный K₂O – 200–300 мг/кг почвы, гумус – 2,0–2,2 %. Предшественник – овес.

Минеральные удобрения (P₈₀K₁₂₀) вносили осенью под вспашку. Гербицид Кугар (1,0 л/га) применяли осенью. Весной после возобновления вегетации проводили подкормку азотными удобрениями в дозе 60 кг д.в./га + 30 кг д.в./га в фазу начала выхода в трубку.

В качестве контроля использовали отечественный сорт тритикале озимого *Динамо*.

Анализ урожайности и элементов, ее составляющих, проводили в сравнении с контролем в соответствии с методическими указаниями ВИР [8].

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались. Эпифитотия снежной плесени в 2021 г. существенно повлияла на перезимовку некоторых сортов тритикале озимого. Однако в результате оптимального количества влаги и температурного режима во второй-третьей декадах мая их состояние значительно улучшилось.

Вегетационный период 2022 г. был самым оптимальным для получения максимальной урожайности зерна. Высокая влагообеспеченность способствовала формированию и сохранению до самой уборки максимальной продуктивной кустистости растений за все годы исследований

Наиболее экстремальным для роста и развития растений был период вегетации 2023 г. Отсутствие осадков и высокая температура воздуха в течение мая – середины июня привели к снижению урожайности зерна сортов тритикале за счет сброса продуктивной кустистости. Однако достаточная влагообеспеченность в период формирования и налива зерна способствовала образованию самого высокого числа зерен в колосе, массы зерна с колоса и массы 1000 зерен.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате трехлетних исследований у сортов коллекции тритикале озимого выявлена дифференциация по урожайности зерна. Так, в условиях 2023 г. величина данного показателя в среднем и у российских и у белорусских сортов была самой низкой – 55,5 и 57,7 ц/га. В оптимальных условиях 2022 г. она была выше на 56,8 и 65,7 % и составила – 87,0 и 95,6 ц/га соответственно.

В условиях 2021 г. минимальная урожайность зерна была получена у отечественных сортов *Атлет 17* и *Прометей* из-за их низкой перезимовки (на уровне 3–4 баллов) в результате сильного поражения снежной плесенью (на уровне 7–8 баллов). Максимальное значение величины данного показателя (более 100,0 ц/га) было отмечено в 2022 г. у *Торнадо* и *Аркус* (Россия), *Березино*, *Антось*, *Звено*, *Прометей*, *Атлет 17* и *Благо 16* (Беларусь).

В среднем за анализируемый период урожайность зерна у 6 отечественных и 6 российских сортов была достоверно выше контроля *Динамо* (70,9 ц/га) (таблица 1). Следует отметить, что из них в первую очередь в качестве источников высокой продуктивности необходимо использовать сорта *Кастусь* ($V=11,9\%$) (Беларусь), *Аргус* ($V=14,0\%$) и *Трибун* ($V=15,4\%$) (Россия) со средней изменчивостью урожайности зерна как наиболее адаптированные к местным почвенно-климатическим условиям.

Выявлено, что число зерен в главном колосе в годы исследований (2021 г., 2022 г. и 2023 г.) в среднем по выборке у отечественных сортов коллекции тритикале озимого было достоверно выше (61,3; 58,4 и 70,7 шт.), чем у российских (49,9; 50,5 и 63,6 шт.).

В 2023 г. величина данного показателя практически у всех изучаемых сортов была очень высокой ($>58,0$ шт.) [9] и варьировала от 53,6 шт. у *Торнадо* (Россия) до 92,3 шт. у *Медео* (Беларусь). Исключение составили 3 российских сорта (*Торнадо*, *Гольдвар* и *Форте*).

В среднем за три года очень высокое число зерен в колосе (59,3–74,6 шт.) сформировали практически все отечественные (исключение составили *Ковчег* (51,7 шт.) и *Авеню* (54,9 шт.)) и три российских сорта – *Богуслав* (59,2 шт.), *Торнадо* (63,1 шт.) и *Хлебобор* (65,0 шт.). Величина данного показателя в среднем у 8 белорусских и 2 российских сортов коллекции была достоверно выше, чем у контроля *Динамо* (61,3 шт.) (таблица 1).

Наиболее стабильная озерненность колоса была отмечена у сортов *Форте* ($V=3,91\%$) (Россия), *Антось* ($V=2,0\%$), *Прометей* ($V=2,3\%$), *Импульс* ($V=5,1\%$), *Экватор* ($V=6,1\%$), *Динамо* ($V=6,8\%$), *Амулет* ($V=7,7\%$) и *Кастусь* ($V=7,8\%$) (Беларусь).

В среднем по выборке сорта российской селекции в годы исследований (2021–2023) характеризовались более высокой массой 1000 зерен (43,9; 46,6 и 56,7 г), чем белорусские (38,9 40,9 и 52,5 г). В условиях 2023 г. величина данного показателя была максимальной и варьировала у сортов из России от 48,5 (*Хлебобор*) до 61,4 г (*Рамзай*), а из Беларуси – от 45,1 (*Кастусь*) до 62,1 г (*Экватор*).

В среднем за 3 года у 88,9 % отечественных сортов масса 1000 зерен была средней (39–46 г) [9] и у 11,1 % – высокой (47–55 г). У сортов из России прослеживалась противоположная закономерность. У 73,3 % из них масса 1000 зерен была высокой и у 16,7 % – средней. У сортов коллекции тритикале озимого *Кастусь*, *Эра*, *Славко*, *Импульс*, *Медео*, *Руно* (Беларусь), *Хлебобор* (Россия) величина данного показателя была достоверно ниже, чем у контроля *Динамо*.

Незначительная изменчивость массы 1000 зерен была отмечена только у сорта *Рамзес* (Россия) ($V=8,6\%$), у всех остальных изучаемых сортов изменчивость данного признака варьировала от средней (*Динамо* ($V=10,1\%$) (Беларусь)) до значительной (*Торнадо* ($V=24,8\%$) (Россия)).

Масса зерна с колоса является интегральным показателем количества зерен в колосе и массы 1000 зерен. В годы исследований и в среднем за 3 года величина данного показателя у изучаемых групп сортов находилась в пределах

Таблица 1 – Характеристика сортов коллекций трипикале озимого по урожайности зерна и элементам продуктивности колоса (2021–2023 гг.)

Сорт	Урожайность, ц/га				Число зерен в главном колосе, шт.				Масса зерна с главного колоса, шт.				Масса 1000 зерен, г			
	Lim	$\bar{X}$	V, %		Lim	$\bar{X}$	V, %		Lim	$\bar{X}$	V, %		Lim	$\bar{X}$	V, %	
1	2	3	4		5	6	7		8	9	10		11	12	13	
Белорусские сорта																
Михась	64,7-94,6	76,7	20,6		52,4-73,1	62,7	16,5		2,53-4,07	3,10	27,1		41,0-59,3	47,4	21,8	
Кастуць	73,0-91,3	80,5	11,9		68,7-78,9	72,4	7,8		2,41-3,64	2,86	23,8		31,0-45,1	36,6	20,5	
Ангось	42,6-104,1	69,0	45,9		59,5-61,8	60,4	2,0		2,55-3,34	2,84	15,4		39,7-56,4	46,6	18,7	
Прометей	31,3-109,5	71,5	54,8		57,8-60,4	59,3	2,3		2,28-3,52	2,75	24,6		40,2-58,7	47,3	21,1	
Импульть	52,4-88,9	65,8	30,5		67,0-74,2	70,8	5,1		2,42-3,37	2,74	20,0		34,5-50,3	41,3	19,7	
Эра	42,3-74,3	63,6	29,0		47,6-74,5	62,5	21,9		1,80-3,49	2,42	38,5		32,4-45,6	38,1	17,7	
Амудет	61,8-85,9	71,5	17,8		58,6-67,0	61,5	7,7		2,30-3,55	2,83	22,9		39,5-52,4	44,5	15,6	
Руно	65,4-75,0	71,0	7,1		54,3-77,2	64,2	18,3		2,03-4,06	2,91	35,7		38,0-52,1	43,1	18,2	
Динамо	55,6-95,4	70,9	30,2		58,2-66,1	61,3	6,8		2,41-2,63	2,49	4,9		40,7-49,3	44,3	10,1	
Благо 16	60,1-113,0	78,4	38,3		61,3-81,8	70,5	14,8		2,71-4,33	3,29	27,3		38,3-53,2	44,8	17,1	
Ковчег	46,3-89,2	66,5	32,4		46,5-58,0	51,7	11,3		2,01-2,98	2,39	21,8		40,1-49,8	45,5	10,8	
Березино	41,0-103,1	70,2	44,5		52,7-67,8	59,3	13,0		2,03-3,49	2,65	28,5		38,9-53,8	45,1	17,3	
Аглет 17	27,1-112,3	68,5	62,3		53,4-68,7	60,8	12,6		2,34-3,12	2,71	14,4		41,8-50,9	45,7	10,2	
Звено	53,0-105,0	74,7	36,2		56,0-70,9	64,3	11,8		2,58-3,91	3,10	23,0		39,4-52,8	45,8	14,7	
Славко	56,8-95,4	72,7	27,8		64,5-80,7	74,6	11,8		2,30-3,52	2,81	22,5		35,0-46,6	39,1	16,6	
Медео	62,1-95,6	73,9	25,5		56,4-92,3	69,0	29,2		2,27-4,75	3,26	40,4		34,4-52,2	42,9	20,8	
Экватор	57,8-95,3	79,0	24,3		55,3-62,3	58,4	6,1		2,50-3,89	3,03	22,6		46,0-62,1	51,6	17,7	
Авенно	55,6-92,8	70,8	27,5		46,3-66,4	54,9	18,8		2,02-3,68	2,59	36,3		37,6-54,5	44,6	19,8	
Российские сорта																
Торнадо	48,2-105,3	77,7	36,8		53,6-70,3	63,1	13,6		2,80-3,87	3,24	17,3		37,6-61,3	48,4	24,8	
Трибун	65,3-78,5	74,6	15,4		47,0-69,2	55,3	21,8		2,04-4,55	3,00	45,2		44,1-59,0	49,9	15,9	
Алтек	59,8-69,6	66,3	8,5		38,9-66,3	48,8	31,1		1,86-4,30	2,76	48,7		48,0-59,6	52,6	11,8	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кроха	40,0-91,9	69,0	38,4	45,6-58,8	50,5	14,3	2,33-3,73	2,84	27,1	50,0-60,2	53,8	10,4
Донслав	28,0-75,0	59,3	45,7	48,0-69,6	56,3	20,7	2,08-3,75	2,65	36,1	38,5-52,5	45,8	15,3
Пилигрим	52,8-83,3	67,1	22,9	39,5-60,0	47,7	22,7	1,71-3,36	2,38	36,5	43,5-57,5	49,7	14,4
Рамзай	53,4-83,7	69,8	21,9	48,4-66,8	56,9	16,3	2,37-4,11	2,99	32,5	45,8-61,4	51,0	17,6
Хлебобороб	53,9-90,2	74,4	25,0	53,8-78,2	65,0	19,0	2,17-4,13	3,06	32,4	34,9-48,5	42,6	16,4
Рамзес	49,8-74,8	64,7	20,4	42,1-64,2	52,9	20,9	1,98-3,26	2,42	30,1	42,2-49,6	45,2	8,6
Атаман Платов	51,5-97,5	77,0	30,4	50,2-65,1	57,1	13,1	2,76-3,89	3,16	20,1	50,0-60,7	53,8	11,1
Тихон	55,3-99,5	71,7	33,8	42,9-62,9	51,4	19,7	2,04-3,43	2,61	28,0	45,2-55,4	49,1	11,2
Богуслав	46,5-97,7	70,5	36,5	52,6-66,4	59,2	11,7	2,10-3,50	2,64	28,5	38,9-54,1	44,3	19,2
Форте	48,5-85,3	62,5	31,9	53,6-57,9	56,0	3,9	2,36-3,54	2,83	22,2	41,9-55,6	47,2	15,6
Гольдвар	57,6-91,8	75,1	22,8	45,3-54,6	48,9	10,3	2,23-3,49	2,65	27,3	46,7-57,9	51,9	10,9
Аргус	83,4-106,0	91,3	14,0	41,6-60,0	51,0	18,0	1,85-3,33	2,45	31,8	39,0-56,8	50,4	19,6

ошибки опыта. Это объясняется тем, что у отечественных сортов число зерен в колосе было достоверно выше, а масса 1000 зерен достоверно уступала российским.

Условия 2023 г. были самыми благоприятными для формирования массы зерна с колоса. Величина данного показателя практически у всех изучаемых сортов тритикале озимого была очень высокой ($>3,3$ г) [9] и варьировала от 3,33 и 3,34 г у *Аргус* (Россия) и *Антось* (Беларусь) до 4,55 и 4,75 г у *Трибун* (Россия) и *Медео* (Беларусь). Исключение составили *Динамо* (2,43 г), *Ковчег* (2,98 г), *Атлет 17* (3,12 г) (Беларусь) и *Рамзес* (3,26 г) (Россия).

В среднем за анализируемый период масса зерна с колоса у контроля *Динамо* составила 2,49 г и была самой стабильной ($V=4,9$ %). Величина данного показателя была достоверно выше у сортов *Кастусь*, *Руно*, *Экватор*, *Михась*, *Звено*, *Медео*, *Благо 16* (Беларусь), *Рамзай*, *Трибун*, *Хлебороб*, *Атаман* *Платов* и *Торнадо* (Россия). Однако изменчивость массы зерна с колоса практически у всех сортов была значительной ($20,1 \geq V \leq 45,2$ %) и только у *Торнадо* (Россия) – средней ($V=17,3$ %) одновременно с высоким абсолютным показателем (3,24 г).

Величина, направление и достоверность корреляционных связей между урожайностью и элементами ее структуры у тритикале озимого изменялись в зависимости от условий вегетации и происхождения сортов (таблица 2).

В оптимальных условиях 2022 г. у отечественных и российских сортов *урожайность* достоверно положительно коррелировала с *массой зерна с главного колоса* ($r=0,6257^{**}$ и $r=0,6784^{**}$). В неблагоприятных условиях 2023 г. связь урожайности с этим признаком снижалась ($r=0,0570$ и $r=0,1420$), а в 2021 г. была отрицательной ($r=-0,0082$ и $r=-0,2002$).

Число зерен в главном колосе у российских сортов положительно и достоверно коррелировало с *массой зерна с главного колоса* во все годы ($r=0,8430^{**}$, $r=0,6076^{**}$ и $r=0,5069^{*}$). У белорусских сортов тритикале озимого наблюдалась иная закономерность. Так, сопряженность между признаками в 2021 г. и 2022 г. была ниже ($r=0,6139^{**}$ и $r=0,2304$), а в 2023 г. была отрицательной ($r=-0,1077$).

Корреляция между *числом зерен в главном колосе* и *массой 1000 зерен* у отечественных и российских сортов была обратной независимо от условий года ($r=-0,3610$, $r=-0,6107^{**}$, $r=-0,3468$ и $r=-0,3585$, $r=-0,5434^{*}$ и $r=-0,5049^{*}$).

В среднем за 3 года достоверная корреляционная зависимость у белорусских сортов была выявлена между парами «урожайность – масса зерна с главного колоса», «число зерен в главном колосе – масса зерна с главного колоса» и «число зерен в главном колосе – масса 1000 зерен». У сортов из России установлена достоверная корреляционная сопряженность между «числом зерен в главном колосе – массой зерна с главного колоса» и «числом зерен в главном колосе – массой 1000 зерен» (таблица 2).

Заключение

На основании изучения белорусских и российских сортов тритикале озимого в контрастных метеорологических условиях центральной части Беларуси выделены достоверно превышающие контроль источники по:

Таблица 2. Корреляции урожайности зерна и элементов ее структуры у белорусских и российских сортов тритикале озимого (среднее за 2021-2023 гг.)

Признак	Урожайность, ц/га	Число зерен в главном колосе, шт.	Масса зерна с главного колоса, шт.	Масса 1000 зерен, г
	Белорусские сорта			
Урожайность, ц/га		0,3547	0,7300**	0,1805
Число зерен в главном колосе, шт.	0,0844		0,5012*	-0,6145**
Масса зерна с главного колоса, шт.	0,1550	0,6836**		0,2327
Масса 1000 зе- рен, г	0,2534	-0,5807*	0,1393	
	Российские сорта			

– урожайности зерна: *Медео, Звено, Михась, Благо 16, Экватор, Кастусь* (Беларусь), *Хлебобор, Трибун, Гольдвар, Атаман Платов, Торнадо, Аргус* (Россия);

– числу зерен в колосе: *Михась, Руно, Звено, Медео, Благо 16, Импульс, Кастусь, Славко* (Беларусь), *Торнадо, Хлебобор* (Россия);

– массе зерна с колоса: *Кастусь, Руно, Экватор, Звено, Михась, Медео, Благо 16* (Беларусь), *Рамзай, Трибун, Хлебобор, Атаман Платов, Торнадо* (Россия);

– массе 1000 зерен: *Ковчег, Атлет 17, Звено, Антось, Прометей, Михась, Экватор* (Беларусь), *Донслав, Форте, Торнадо, Тихон, Пилигрим, Трибун, Аргус, Рамзай, Гольдвар, Ацтек, Кроха, Атаман Платов* (Россия).

Высокоурожайные сорта тритикале озимого *Медео, Звено, Михась, Благо 16, Экватор, Кастусь* (Беларусь), *Хлебобор, Трибун, Гольдвар, Атаман Платов, Торнадо, Аргус* (Россия) являются источниками одновременно и других хозяйственно полезных признаков.

В почвенно-климатических условиях центральной части Беларуси у отечественных сортов выявлена более высокая озерненность колоса, а у сортов российской селекции – более высокая масса 1000 зерен.

В среднем за 2021–2023 гг. между основными хозяйственно полезными признаками выявлены достоверные корреляционные связи:

– сильная положительная связь между *урожаем и массой зерна с главного колоса* ($r = 0,7300^{**}$) у белорусских сортов;

– средняя положительная связь между *массой зерна с главного колоса и числом зерен в главном колосе* у белорусских и российских сортов ($r = 0,5012^*$, $r = 0,6836^{**}$);

– средняя отрицательная связь между *массой 1000 зерен и числом зерен в главном колосе* у сортов из Беларуси и России ($r = -0,6145^{**}$, $r = -0,5807^*$).

Литература

1. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – Изд-во РУДН, 2011. – Т. 1. – 780 с.
2. Гриб, С.И. Стратегия и приоритеты селекции полевых культур в Беларуси / С.И. Гриб // Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири: материалы Межд. конф., посвящ. 90-летию академика РАН П.Л. Гончарова и 50-летию СО РАСХН, Красноярск, 23-26 июля 2019 г. / ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН; редкол.: Н.А. Сурина, Н.В. Зобова. – Красноярск, 2019. – С. 23-28.
3. Сравнительная оценка сортов коллекции тритикале озимого селекции сопредельных с Беларусью государств / Е.И. Позняк [и др.] // Тритикале – культура XXI столетия : тезі доповідней Міжнародної науково-практичної конференції 4-6 липня 2017 р. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Український інститут експертизи сортів рослин. – Харків: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – С. 38-39.
4. Вариабельность элементов продуктивности сортов коллекции тритикале озимого в условиях Беларуси / Е.И. Позняк [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Рязань, 18 апреля 2019г. / ФГБОУ ВО РГАТУ ; редкол.: Н.В. Бышов [и др.]. – Рязань, 2019. – С. 323–328.
5. Определение оптимальной высоты растений для селекции тритикале озимого в условиях Беларуси на основе изучения генофонда / С.И. Гриб [и др.] // Земледелие и селекция Беларуси : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию»; под ред. Ф.И. Привалова. – Минск ИВЦ Минфина, 2020. – Вып. 56. – С. 300-305.
6. Скрининг генофонда тритикале озимого для селекции в Республике Беларусь / Е.И. Позняк [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Рязань, 31 марта – 1 апреля 2021г. / ФГБОУ ВО РГАТУ ; редкол.: Д.В. Виноградов [и др.]. – Рязань, 2021. – С. 319–321.
7. Цильке, Р.А. Изменчивость характера наследования количественных признаков у мягкой яровой пшеницы в зависимости от условий вегетации / Р. А. Цильке // Сиб. вестник с.-х. науки. – 1974. – № 2. – С. 31-39.
8. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л.: ВИР, 1987. – 28 с.
9. Унифицированный классификатор тритикале *X Tricoseale Wittm.* / С.И. Гриб [и др.]. – Минск: РУП «НПН НАН Беларуси по земледелию», 2012. – 43 с.

GRAIN YIELD AND CORRELATIONS WITH THE ELEMENTS OF ITS STRUCTURE OF BELARUSIAN AND RUSSIAN VARIETIES OF WINTER TRITICALE

S.I.Grib, V.N. Bushtevich, E.I.Poznyak, M.M.Laptenok

As a result of studying a set of Belarusian and Russian varieties of winter triticale the sources were identified that significantly exceeded the control in terms of grain yield, number of grains per ear, weight of grain per ear, the 1000-grain weight and their combination for targeted use in breeding programs. Correlations were established between grain yield and the elements of its structure for varieties of Belarusian and Russian breeding.