Список литературы

1. Выгодно ли выращивать сахарную свеклу в Казахстане / официальный сайт 2016 / https://www.inform.kz/ru/vygodno-li-vyraschivat-saharnuyu-sveklu-v-kazahstane_a2982838.
2. Государственная программа развития агропромышленного комплекса РК на 2017–2021 годы <http://mgov.kz/ru/aza-stan-respublikasynty-a-k-damytydy-2017-2021-zhyldar-a-arnal-an-memlekettik-ba-darlamasy>
3. Роик Н.В., Бех Н.С., Коцар М.А., Бойко И.И. Оценка и отбор холодостойких форм сахарной свеклы с использованием культуры *in vitro* // Сахарная свекла. – 2016. – № 9. – С. 11–13.
4. Murashiga, T., Skoog F. A Revised medium for Rapid growth and Bio Assays with tobacco culture, *Physiol. Plantarum*, 1962, vol. 15, pp. 473–497 DOI 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

DOI 10.18699/GPB2020-03

Характеристика синтетических и диких форм пшеницы в яровом и озимом варианте:

1. Морфология (УПОВ), NDVI, урожайность

Абугалиева А.И., д.б.н., профессор; Кожяхметов К.К., д.б.н.

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Алмалыбак, Казахстан.

e-mail: kiz_abugaliyeva@mail.ru

*Сформирована коллекция по признаку озимость/яровость, охватывающая формы, как альтернативные, так и промежуточные (факультативные) по объектам: дикие сородичи; линии пшенично-чужеродных гибридов пшеницы; сорта (*T. aestivum*). Сравнение по формуле UPOV одного и того же генотипа в яровой и озимой репродукции позволило констатировать их неоднозначность. Для большинства генотипов усиление степени выраженности морфологических признаков отмечено в озимой репродукции. Генотипы выделялись по NDVI и в яровом и озимом варианте посева: Жетысу х *T. timopheevii*; (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-9 и (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-6 как материал для генетического изучения системы *Vrn* генов. Максимальное значение NDVI из сородичей и видов пшеницы отмечено для *T. timopheevii* в озимом варианте, *T. militinae* и *T. kiharae* в яровом варианте посева. Прогностическое преобладание озимого варианта над яровым по урожайности подтверждается на уровне существенной разницы для ряда генотипов от 9,7 ц/га до 27,0 ц/га. Дикие сородичи характеризуются синхронностью урожайности и элементов продуктивности в обоих вариантах озимом и яровом.*

Ключевые слова: шеница, виды, пшенично-чужеродные формы, факкультативные генотипы, NDVI, урожайность, идентификация УПОВ.

Characteristics of synthetic and wild forms of wheat in spring and winter form: 1. Morphology (UPOV), NDVI, productivity

Abugaliyeva A.I., Kozhakhmetov K.K.

Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almalybak, Kazakhstan.

e-mail: kiz_abugaliyeva@mail.ru, kenebai.kozhakhmetov@mail.ru

The facultative wheat collection has been formed on the basis of objects: wild relatives; lines of wheat-alien wheat hybrids, triticale and varieties (T.aestivum). A comparison using the UPOV formula of the same genotype in spring and winter reproductions should confirm their ambiguity. For most genotypes, an increase in the severity of morphological characters occurs in winter reproduction. In spring and winter sowing, NDVI numbers of Zhetysu x T. timopheevii were allocated according to NDVI; (Bezostaya 1 x T. militinae) x T. militinae-9 and (Bezostaya 1 x T. militinae) x T. militinae-6 as material for the genetic study of the Vrn gene system. The maximum NDVI value from wheat species differed for T. timopheevii in the winter reproduction and T. militinae and T. kiharae in the spring variant of sowing.

Key words: wheat-egilops and wheat-wild forms, wheat species, facultative, NDVI, productivity, UPOV identification.

Широкая адаптация пшеницы в мире основана на значительной аллельной вариабельности 3-х групп генов требовательности к яровизации (*Vrn*), отзывчивости на фотопериод (*Ppd*) и собственно скороспелости (*Eps*) [цит., 1]. Наиболее важные из генов адаптивности – это гены отзывчивости на яровизацию (*Vrn*-гены), доминантные аллели которых определяют не только тип развития (яровость), но и скороспелость. Генотипы ряда местных сортов яровой мягкой пшеницы Казахстана идентифицированы по системе *Vrn*-генов [2, 3], в том числе и с использованием анеуплоидного анализа [1]. Природно-климатические условия Юга – Востока Казахстана дают возможность культивирования пшеницы различного типа развития (яровые, факкультативные, озимые).

М.А. Есимбековой [1] определены группы спелости *Vrn* 1–3 генотипов на Юго-востоке Казахстана при сопоставлении с местными стандартами: ранняя – *Vrn* 1133, St – Казахстанская 4; средне-ранняя – *Vrn* 11, 33, 1133 (фотонейтральный генофон), *Vrn* 1122 (независимо от генофона), St – Казахстанская 3; средняя – *Vrn* 11, 33, 2233 (фотонейтральный генофон), *Vrn* 2233, 1133 (фоточувствительный генофон), St – Казахстанская 10; поздняя – *Vrn* 22 (фотонейтральный генофон), *Vrn* 11, 33 (фоточувствительный

генофон); факультативная – *Vrn 22* генотип (фоточувствительный генофон).

С продвижением озимой пшеницы (как более продуктивной) на Север РК важны новые резервы и источники адаптивности и урожайности, в т.ч. по сочетанию типа развития, фоточувствительности (*Vrn*, *Ppd*).

С этой точки зрения, дикие сородичи представляют собой модельный объект по изучению генетической структуры признака озимость/яровость и перекрывают размах изменчивости по этому признаку для условий Казахстана.

Цель исследований: Изучение основ продуктивности и адаптивности синтетической пшеницы в зависимости от образа жизни (озимость/яровость) на фоне диких сородичей.

Материалы и методы. Объектом исследований выделены: 1) линии пшенично-чужеродных гибридов как переходной «мост» и отдельный объект селекции; 2) виды пшеницы *T. militinae* и *T. timopheevi*, *T. kiharae*; 3) сорта-стандарты пшеницы (*T. aestivum*); 4) представители *Triticosecale* в яровом и озимом варианте одновременно.

Закладка опытов, посев, фенонаблюдения, учеты, ведение отборов и браковки, анализ продуктивности проводились согласно «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1985, 2002) в 2-х полевых повторениях на делянках 5 м².

Фенотипирование проведено NDVI-измерением светоотражения вегетативной массой в красной и ближней инфракрасной области спектра на приборе Green Seeker [4];

- идентификация новых форм по морфологическим признакам по критериям степени их выраженности относительно сортов-анализаторов международной системы UPOV по 26 признакам морфологии.

Результаты и обсуждение. Сформирована коллекция образцов, представляющих собой формы и озимого, и ярового типа среди сортов, синтетиков озимых (13 из 48), яровых (9 из 43), диких сородичей – виды пшениц и эгилопсы (7 из 18), тритикале (4 из 10).

В литературе отмечена обширная информация по сортам-факультатам мягкой пшеницы, существует глобальная программа СИММИТ. Однако такой объект как синтетические и интрогрессивные формы, дикие сородичи является оригинальным и недостаточно изученным.

Интрогрессивные формы пшеницы были неразличимы по 8 признакам. Оригинальными (только в единственном числе) выявлены генотипы: (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-9 по признаку: растение: встречаемость с наклонным флажком степень выраженность – 7 баллов; генотип Эритроспермум 350 х *T. militinae* по показателю: ости: антоциановая окраска кончиков со степенью выраженности – 5 баллов; для генотипа (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-6 по показателю: зерновка – окрашивание фенолом со степенью выраженности – 1 балл.

Сравнение по формуле UPOV одного и того же генотипа в яровой и озимой репродукции позволило констатировать их неоднозначность по 5–17 признакам системы УПОВ для тритикале Т-989-1 и (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-9 соответственно. Судя по данным результатам один и тот же генотип разного образа жизни по степени выраженности морфологических признаков может быть представлен как отличающийся генотип.

Для большинства генотипов усиление степени выраженности морфологических признаков отмечено в озимой репродукции по признакам: «Растение: (+) (*) встречаемость с наклонным флаговым листом», «Флаговый лист: (*) восковой налет на влагище», «Флаговый лист: (*) восковой налет на листовой пластинке (нижняя сторона)», «Соломина (*) восковой налет на верхнем междоузлии», «Колос: форма (+) (*)», «Колос: (*) плотность», «Нижняя (+) колосковая чешуя: форма плеча (в средней части колоса)» и «Зерновка: окраска (*)» признакам, а в яровой репродукции усиление отмечено по признакам «Время колошения: (*) (первый колосок виден у 50 % растений)» и «Колос (*) восковой налет».

Дальнейший генетический анализ одного и того же образца в двух вариантах (озимый и яровой) позволяет дифференцировать генотипическую и фенотипическую составляющую морфологических признаков.

Впервые в урожае 2016 г. нами [5] в яровом варианте выявлено преобладание видов *T. militinae* и *T. kiharae* по максимальным значениям NDVI в большинстве замеров и фаз развития растений. Однако само значение NDVI значительно ниже, чем в озимом варианте, но более стабильно в процессе динамики, например для *T. militinae*, *T. dicocoides*, *T. polonicum*, *T. turgidum*. Виды *T. timopheevii*, *T. turgidum*, *T. kiharae*, как видно из рисунка и в яровом, и в озимом варианте отличались плавной NDVI кривой с наименьшей реакцией на стрессовые условия. Яровые дикие формы характеризуются более низким уровнем NDVI в сравнении с озимыми на примере различных видов пшениц.

Максимум NDVI в процессе вегетации отмечен для ярового варианта у видов *T. dicocum*, *T. polonicum*, *T. kiharae*, *T. petropavlovskiy* в фазу колошения.

Таким образом, материал представляет широкий спектр изменчивости по озимости-яровости различной степени за пределами классификации казахстанских сортов [5]. В зависимости от генотипа образа жизни различно влияет на NDVI-кривую интрогрессивных форм на яровом и озимом посеве F/S (рис.1).

Рис. 1. Характеристика накопления биологической массы NDVI в процессе вегетации факультативных (F/W и F/S) синтетиков пшеницы и тритикале в озимом и яровом посеве 2019 г.

Одноименные образцы факультативных синтетиков пшеницы, виды пшеницы и тритикале оценены по продуктивности в озимом и яровом варианте (табл. 1). Уровень урожайности варьировал от 45 ц/га (ПЭГ 347 х *T. kiharae*) х Жадыра F/W до 64 ц/га для генотипа 6631 х *T. militinae* в яровом посеве и от 46,8 ц/га Казахстанская 10 х *T. kiharae* из серии F/S до 75,0 ц/га для генотипа (Эритроспермум 350 х *T. kiharae*) х Эритроспермум 350 (F/W) в озимом посеве.

Таблица 1 – Характеристика урожайности факультативных синтетиков (2019 г.) по 5 м²

Наименование образцов (F/S)	Урожайность, ц/га		Отклонение	
	яровой	озимый	2018	2019
1	2	3	4	5
Казахстанская 10 стандарт	42,5±1,5	42,5±1,5	0	0
Казахстанская 10 х <i>T. kiharae</i>	43,0±1,8	47,0±1,9	0,2	4,0
6525 х <i>T. timopheevii</i> (с)	40,0±1,4	57,1±2,4	9,7	9,7
Казахстанская 10 х <i>T. dicoccum</i>	50,3±2,0	53,3±2,1	1,3	3,0
Казахстанская 25 х <i>T. timopheevii</i>	47,5±1,9	50,4±2,0	3,3	2,9
6628 х <i>T. timopheevii</i>	49,2±2,0	51,2±2,0	0,7	2,0
6625 х <i>T. timopheevii</i> -3	47,5±1,9	56,2±2,5	1,2	8,7
6631 х <i>T. militinae</i> -1	48,3±2,0	53,3±2,1	1,4	5,1
6583 х <i>T. timopheevii</i>	47,2±1,7	57,2±2,4	9,6	10,0
F/W				
(Безостая 1 х <i>Aegilops triaristata</i>) х Карлыгаш	35,0±1,5	75,0±2,9	11,7	40,0
Стекловидная 24 х <i>T. timopheevii</i>	37,5±1,6	72,2±3,0	9,0	34,7
(Эритроспермум 350 х <i>T. kiharae</i>) х Эритроспермум 350	55,5 ±1,8	52,0±2,5	27,0	3,5
(Безостая 1 х <i>T. militinae</i>) х <i>T. militinae</i> -6	40,0±1,6	51,4±2,0	6,6	11,4
(Безостая 1 х <i>T. militinae</i>) х <i>T. militinae</i> -9	40,0±1,7	57,5±2,4	18,2	17,5
Эритроспермум 350 х <i>T. militinae</i>	50,0±1,9	50,0±2,3	7,6	0
(ПЭГ 347 х <i>T. kiharae</i>) х Жадыра	25,0±1,4	60,0±2,9	17,8	35,0
Безостая 1 х <i>Ae. cylindrica</i>	37,5±1,9	52,0±2,5	3,3	14,5

1	2	3	4	5
Тритикале				
409-1	57,5±2,5	62,6±3,2	0,2	5,1
989-1	45,0±2,1	70,0±3,4	18,8	25,0
Дикарн				
<i>T. timopheevii</i>	30,2±1,2	31,2±1,3	1,7	1,0
<i>T. militinae</i>	12,4±1,0	15,4±1,2	0,2	3,0
<i>T. dicoccoides</i>	23,7±1,7	31,1±1,8	0,6	7,4
<i>T. kiharae</i>	15,6±1,1	15,7±1,3	0,6	0,1
<i>T. polonicum</i>	30,2±1,8	31,3±1,9	1,4	1,1
<i>T. dicoccum</i>	26,2±1,6	36,7±2,0	0,8	10,5
<i>T. petropavlovsk</i>	20,4±1,4	19,2±1,9	0	1,2

Прогностическое преобладание озимых форм по урожайности подтверждается на уровне существенной разницы для генотипов: 6525 х *T. timopheevii* (с) – 9,7 ц/га; Эритроспермум 350 х *T. militinae* – 7,6 ц/га, (Безостая 1 х *Ae. triaristata*) х Карлыгаш – 11,7 ц/га; Стекловидная 24 х *T. timopheevii* – 9,0 ц/га; (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-9 – 18,2 ц/га; (ПЭГ 347 х *T. kiharae*) х Жадыра – 17,8 ц/га и максимально для номера (Эритроспермум 350 х *T. kiharae*) х Эритроспермум 350 – 27 ц/га.

Дикие сородичи характеризуются синхронностью урожайности и элементов продуктивности в обоих вариантах озимом и яровом (табл. 2). Для отдельных видов характерно усиление признаков в озимом посеве: высота растений для *T. dicoccum*; количество колосков для *T. dicoccoides*; а в яровом посеве отмечено увеличение числа зерен в колосе для *T. petropavlovskiy*, *T. kiharae*, *T. dicoccoides*. Данные факты требуют детализации для каждого вида в зависимости от условий репродукции.

Таблица 2 – Характеристика продуктивности диких форм пшеницы в яровом и озимом посеве

Наименование образцов	Образ жизни	Высота растений, см	Длина главного колоса, см	Количество колосков, шт.	Число зерен в главном колосе, шт.	Масса зерна с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г
<i>T. timopheevii</i>	яровой	110,2±8,1	6,0±0,5	16,2±1,0	31,6±2,9	4,8±0,4	44,3±1,9
<i>T. timopheevii</i>	озимый	133,1±9,2	7,1±0,5	18,0±1,1	32,2±3,2	4,5±0,4	39,2±2,0
<i>T. militinae</i>	яровой	111,1±8,2	5,0±0,4	18,0±1,1	44,1±3,8	4,7±0,4	40,0±2,4
<i>T. militinae</i>	озимый	113,0±8,1	5,0±0,4	20,0±1,2	38,4±3,5	2,8±0,3	41,7±2,5
<i>T. dicoccoides</i>	яровой	133,1±9,2	14,3±0,9	20,0±1,4	57,2±4,8	5,6±0,4	50,0±2,8
<i>T. dicoccoides</i>	озимый	130,1±9,3	14,0±1,0	26,1±1,5	42,2±3,9	5,0±0,5	36,4±3,0
<i>T. dicoccoides</i>	озимый	122,0±8,9	15,1±1,0	20,0±0,9	40,1±3,7	4,7±0,4	35,0±3,0
<i>T. kiharae</i>	яровой	116,2±8,0	11,3±0,8	16,0±1,0	46,2±4,0	2,7±0,3	50,0±3,7
<i>T. kiharae</i>	озимый	121,0±7,8	12,0±0,9	16,0±1,0	24,2±2,0	2,5±0,2	38,1±3,0

Выводы. Сформирована коллекция по признаку озимость/яровость по объектам: дикие сородичи; линии пшенично-чужеродных гибридов пшеницы; сорта *T. aestivum* и *T. Triticosecal*. Сравнение по формуле UPOV одного и того же генотипа в яровой и озимой репродукции позволило констатировать их неоднозначность. Для большинства генотипов усиление степени выраженности морфологических признаков отмечено в озимой репродукции.

В яровом и озимом варианте посева выделялись по NDVI номера Жетысу х *T. timopheevii*; (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-9 и (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-6 как материал для генетического изучения системы Vrn генов. Максимальное значение NDVI из сородичей и видов пшеницы отличался вид *T. timopheevii* в озимом варианте, *T. militinae* и *T. kiharae* – в яровом варианте посева.

Прогностическое преобладание озимого варианта над яровым по урожайности подтверждается на уровне существенной разницы для ряда генотипов от 9,7 ц/га до 27,0 ц/га.

Дикие сородичи характеризуются синхронностью урожайности и элементов продуктивности в обоих вариантах озимом и яровом.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке проекта МОН РК: №AP05134334 «Физиологические, биохимические и молекулярные основы продуктивности и адаптивности пшеницы с участием гермоплазмы диких сородичей в зависимости от образа жизни и генов яровизации (Vrn)».

Список литературы

- 1 Есимбекова М.А. Генетические ресурсы мягкой пшеницы для селекции на адаптивность и продуктивность: Дисс.докт.биол.наук. – Алматы, 2010. – 248 с.
- 2 Джалпакова К.Д., Гончаров Н.П., Берсимбаев Р.И. Генетический контроль типа развития у сортов мягкой пшеницы Казахстана // Генетика. – 1996. – Т. 32, № 1. – С. 73–78.
- 3 Goncharov N.P. Response to vernalization in wheat: Its quantitative or qualitative nature // Cereal Res. Comm. – 2004. – Vol. 32, № 3. – P. 323–330.
- 4 Verhulst N., Govaerts B. The normalized difference vegetation index (NDVI) GreenSeeker TM handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management. Part A.: Concepts and case studies. CIMMYT, Mexico, 2010.
- 5 Абугалиева А.И., Моргунов А.И., Масимгазиева А.С., Кожахметов К. Характеристика интрогрессивных форм мягкой пшеницы с участием диких сородичей методом NDVI для отбора на адаптивность и продуктивность в озимом и яровом посеве // Генофонд и селекция растений: материалы IV Межд. науч-практ. конференции (4–6 апреля 2018 г., Новосибирск, Россия). – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2018. – С. 4–8.