

Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области

© 2020. В. А. Сапега¹ ✉, Г. Ш. Турсумбекова²

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень, Российская Федерация

Цель исследований – оценка допущенных к использованию 10 сортов яровой мягкой пшеницы и 5 перспективных сортов яровой твердой пшеницы российской селекции по урожайности и параметрам адаптивности за 2015-2018 гг. на основе результатов их испытания в южной лесостепной зоне Тюменской области. Продуктивный и адаптивный потенциал сортов определяли по методике Л. А. Животкова с соавторами, среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А. А. Rossielle, J. Hemblin, изменчивость урожайности – по методике Б. А. Доспехова, индекс условий среды и экологическую пластичность сортов – по S. A. Eberhart, W. A. Russell, общую адаптивную способность сортов – по А. В. Кильчевскому, Л. В. Хотылевой. Наиболее сильная вариабельность индексов условий среды в годы испытания сортов выявлена у среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы – от -1,08 (2017 г.) до 1,26 (2018 г.). Лучшими сортами яровой мягкой пшеницы по средней урожайности признаны Тюменская юбилейная (среднеранний, 3,06 т/га) и Авиада (среднеспелый, 2,86 т/га), а у яровой твердой – Омский изумруд (3,52 т/га). В благоприятных условиях 2018 г. на основе определения доли урожайности сортов относительно среднесортовой наибольший потенциал урожайности яровой мягкой пшеницы выявлен у сортов Тюменская юбилейная (среднеранний, 111,5 %), Авиада (среднеспелый, 108,9 %) и яровой твердой пшеницы – Омская степная (105,7 %). В неблагоприятных условиях 2017 г. высокая адаптивность отмечена у сортов яровой мягкой пшеницы Екатерина (среднеранний, 118,7 %), Икар (среднеспелый, 105,0 %) и яровой твердой пшеницы Омская степная (105,8 %). Все изученные сорта независимо от видовой принадлежности обладали значительной изменчивостью урожайности. Большинство сортов характеризовались как пластичные (b_i равно или близко единице). Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов яровой мягкой пшеницы Новосибирская 15 (среднеранний, $b_i = 1,11$) и Авиада (среднеспелый, $b_i = 1,21$), а у яровой твердой пшеницы – Омский корунд ($b_i = 1,14$). Лучшими по стабильности у яровой мягкой пшеницы были сорта Екатерина (среднеранний, $S_i^2 = 1,20$), Тюменская 29 (среднеспелый, $S_i^2 = 0,03$), а у яровой твердой – Жемчужина Сибири ($S_i^2 = 0,84$). По общей адаптивной способности у яровой мягкой пшеницы выделились сорта Тюменская юбилейная (среднеранний, ОАС = 0,32), Авиада (среднеспелый, ОАС = 0,07), а у яровой твердой – Омский изумруд (ОАС = 0,26). На основе комплексной оценки по урожайности и параметрам адаптивности лучшими сортами яровой мягкой пшеницы признаны Екатерина (среднеранний) и Авиада (среднеспелый), а яровой твердой пшеницы – Омская степная.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L. *Triticum durum* Desf., средняя урожайность, изменчивость урожайности, параметры адаптивности

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности: работа выполнена в рамках личной инициативы.

Для цитирования: Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):114-123. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123>

Поступила: 06.03.2020

Принята к публикации: 09.04.2020

Опубликована онлайн: 21.04.2020

Yield, ecological plasticity and stability of spring soft and durum wheat varieties in the southern forest steppe of Tyumen region

© 2020. Valery A. Sapega¹ ✉, Galina Sh. Tursumbekova²

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

²State Agrarian University of Northern Zauria, Tyumen, Russian Federation

The aim of the research is the assessment of 10 varieties of spring soft wheat approved for use, and 5 promising varieties of spring durum wheat of Russian selection according to yield and adaptability parameters for 2015-2018 on the basis of the results of the test carried out in the southern forest steppe zone of the Tyumen region. Productive and adaptive potential of the varieties was determined by the method of L.A. Zhivotkov co-authored, the average yield in contrast conditions – by the equations of A.A. Rossielle, J. Hemblin, the yield variability – by the method of B.A. Dospekhov, the environmental condition index and ecological plasticity of varieties – by S.A. Eberhart, W.A. Russell, the general adaptive ability of the varieties – by the method of A.V. Kilchevsky, L.V. Hotyleva. The strongest variability of indexes of environmental conditions during the years of testing of the varieties was found in middle-early varieties of spring soft wheat, from -1.08 (2017) to 1.26 (2018).

The varieties of spring soft wheat Tyumenskaya Yubileynaya (middle-early, 3.06 t/ha) and Aviada (middle-season, 2.86 t/ha), and of spring durum wheat – Omsky izumrud (3.52 t/ha) were recognized the best in terms of average yield. In the favorable conditions of 2018, on the basis of determination of the percentage of yield of varieties relative to the average among the varieties, the largest productive potential of spring soft wheat varieties was revealed in Tyumenskaya Yubileynaya (middle-early, 111.5 %), Aviada (middle-season, 108.9 %) and spring durum wheat – Omskaya stepnaya (105.7 %). In the unfavorable conditions of 2017, high adaptability was observed in spring soft wheat varieties Ekaterina (middle-early, 118.7%), Ikar (middle-season, 105.0 %) and spring durum wheat – Omskaya stepnaya (105.8 %). Regardless of the specie, all studied varieties had significant yield variability. The most of the varieties were characterized as plastic (b_i is equal to or close to 1). Strong responsiveness to change of conditions is determined in spring soft wheat varieties Novosibirskaya 15 (middle-early, $b_i = 1.11$) and Aviada (middle-season, $b_i = 1.21$), and in spring durum wheat Omsky korund ($b_i = 1.14$). The varieties of spring soft wheat Ekaterina (middle-early, $S_i^2 = 1.20$), Tyumenskaya 29 (middle-season, $S_i^2 = 0.03$) and spring durum wheat Zhemchuzhina Sibiri ($S_i^2 = 0.84$) were the best in terms of stability. The varieties of spring soft wheat Tyumenskaya Yubileynaya (middle-early, $GAA = 0.32$), Aviada (middle-season, $GAA = 0.07$) and the spring durum wheat Omsky izumrud ($GAA = 0.26$) were the best according to the general adaptive ability. The varieties of spring soft wheat Ekaterina (middle-early) and Aviada (middle-season) and spring durum wheat Omskaya stepnaya were recognized as the best on the basis of the complex assessment of yield and adaptability parameters.

Keywords: *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf. average yield, variability of productivity, adaptability parameters

Acknowledgments: the research was carried out on the personal initiative.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Yield, ecological plasticity and stability of varieties of spring soft and durum wheat in the southern forest steppe of the Tyumen region. *Agrarnaya nauka Evro Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(2):114-123. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123>

Received: 06.03.2020

Accepted for publication: 09.04.2020

Published online: 21.04.2020

В структуре площади посева зерновых культур в Сибирском регионе преобладает яровая пшеница, которая возделывается на площади более 6 млн га, что составляет 72 % от площади посева всех зерновых [1]. В Тюменской области в среднем за 2013-2017 гг. площадь посева яровой пшеницы составила 408,9 тыс. га (59,1 % от площади зерновых), а урожайность – 1,92 т/га.

В культуре яровой пшеницы распространено два вида: мягкая (*Triticum aestivum* L.), мука которой характеризуется высокими хлебопекарными качествами, и твердая (*Triticum durum* Desf.) – с повышенным содержанием белка в зерне, используемая для изготовления высококачественных макарон. По сравнению с яровой мягкой пшеницей, яровая твердая предъявляет более высокие требования к плодородию, чистоте и структуре почвы. Она в меньшей степени, чем мягкая пшеница, устойчива к весенним заморозкам, почвенной засухе из-за менее развитой корневой системы, но лучше переносит воздушную засуху¹.

В основе производства растениеводческой продукции лежит сорт, на долю которого в повышении урожайности приходится от 50 до 70 %. При этом значительный вклад в прирост урожайности дают эффекты генотип-средового взаимодействия [2, 3, 4].

Резкая континентальность климата Западной Сибири определяет неустойчивость зерно-

вого производства в данном регионе. Дальнейшее повышение урожайности зерновых культур и, в частности яровой пшеницы, должно базироваться здесь на внедрении сортов, устойчивых к стрессовым факторам [5, 6]. Повышение уровня урожайности и ее стабильности возможно только при одновременном возделывании целого спектра разнообразных по биологическим особенностям, но высокоадаптированных сортов, которые способны обеспечить высокую и устойчивую продуктивность в различных условиях среды [7, 8, 9, 10, 11].

В Западной Сибири в последние годы создан и внедрен в производство целый ряд высокоурожайных сортов яровой пшеницы, но лишь часть из них сочетают высокую урожайность с устойчивостью к стресс-факторам [12]. По Тюменской области на 2018 год допущено к использованию 16 сортов яровой мягкой пшеницы, из них 7 среднеранних и 7 средне-спелых. Сорта яровой твердой пшеницы, допущенных к использованию, не имеется. Небольшой набор ее сортов ежегодно испытывается в условиях южной лесостепи на Бердюжском ГСУ. При решении вопроса о допуске к использованию сортов яровой твердой пшеницы наряду с урожайностью большое внимание уделяется показателям качества зерна, которые не всегда соответствуют требуемым стандартам, что и сдерживает допуск сортов к использованию.

¹Растениеводство. Г. С. Посыпанов [и др.]. М.: КолоС, 2006. 612 с.

В связи с вышеизложенным актуальным является комплексная оценка сортов как в селекционном процессе, так и госсортоиспытании по урожайности и параметрам адаптивности. Впервые в условиях южной лесостепи Тюменской области проведена сравнительная оценка сортов яровой мягкой и твердой пшеницы по урожайности, экологической пластичности и общей адаптивной способности.

Цель исследования – дать комплексную оценку сортам яровой мягкой пшеницы различных групп спелости, сортам яровой твердой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности на основе результатов их испытания в различные по условиям годы, и выделить лучшие сорта в условиях южной лесостепи Тюменской области.

Материал и методы. Объект исследования – 5 среднеранних и 5 среднеспелых допущенных к использованию сортов яровой мягкой пшеницы, 5 перспективных сортов яровой твердой пшеницы, которые испытывались в 2015-2018 гг. в условиях южной лесостепи Тюменской области (IV зона, Бердюжский ГСУ)². По продолжительности вегетационного периода (в среднем за 2015-2018 гг. – 77 сут) мы относим сорта яровой твердой пшеницы к группе среднеспелых (у среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы – 78 сут). В связи с этим при анализе результатов исследования мы будем характеризовать сорта в разрезе двух групп спелости только яровой мягкой пшеницы. Равное количество сортов разных групп взято для исследования с целью повышения достоверности оценки показателей при сравнительной характеристике сортов.

Предшественник в годы испытания – чистый пар. Учетная площадь делянки – 25 м², повторность – 4-кратная, размещение сортов в опыте – рендомизированное. Срок посева – 2-3 декады мая. Нормы высева сортов яровой мягкой и твердой пшеницы – 6 млн всх. семян на 1 га. Элементы технологии – общеприняты при возделывании яровой пшеницы в данной природно-климатической зоне. Они разработаны и рекомендованы научно-исследовательскими учреждениями региона и используются в госсортоиспытании как оптимальные для условий данной зоны.

Оценку продуктивного и адаптивного потенциала сортов яровой пшеницы определяли по методике Л. А. Животкова с соавт. [13], среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А. А. Rossielle, J. Hemblin [14] в изложении А. А. Гончаренко [8]. Изменчивость урожайности определяли по методике Б. А. Доспехова³, а индексы условий среды (I_j), экологическую пластичность и стабильность сортов – на основе математической модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [15]. Общую адаптивную способность (ОАС) сортов яровой пшеницы определяли по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой [16].

Результаты и их обсуждение. Индексы условий среды в годы испытания сортов характеризовались значительной вариабельностью. Независимо от видовой принадлежности и групп спелости наиболее благоприятные условия для роста и развития сортов яровой пшеницы сложились в 2018 г. (индексы условий от 0,92 – яровая твердая пшеница до 1,26 – среднеранние сорта, яровая мягкая пшеница) (табл. 1). Неблагоприятные условия разного уровня, согласно величине индекса, отмечены в 2015, 2016 и 2017 гг. Наиболее жесткими они были в 2017 г. (индекс условий от -0,81 до -1,08 (соответственно среднеспелые и среднеранние сорта яровой мягкой пшеницы).

Характер таких условий сказался на значительной вариабельности урожайности как отдельных сортов, так и среднесортowej урожайности, что является следствием их недостаточной экологической устойчивости. Так, урожайность среднераннего сорта яровой мягкой пшеницы Новосибирская 15 варьировала от 1,31 т/га (2017 г., индекс условий -1,08) до 3,98 т/га (2018 г., 1,26), а среднесортowej урожайность той же группы спелости сортов яровой мягкой пшеницы варьировала от 1,66 т/га (2017 г.) до 4,00 т/га (2018 г.), т. е. она превысила уровень 2017 г. на 2,34 т/га.

В неблагоприятный по погодным условиям год самой низкой урожайностью характеризовались сорта яровой мягкой пшеницы в группе среднеранних – Новосибирская 15 (1,31 т/га), среднеспелых – Омская 36 (1,86 т/га), яровой твердой пшеницы – Омский корунд (2,30 т/га) (табл. 1).

² Выдрин В. В., Федорук Т. К. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2018 год. Тюмень: Тюменский издательский дом, 2018. 91 с.

³ Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО /
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 1 – Оценка урожайности сортов яровой мягкой и твердой пшениц /
Table 1 – Assessment of yield of spring soft and durum wheat varieties

Сорт / Variety	Урожайность, т/га / Yield, t/ha					Доля урожайности относительно среднесортной урожайности, % / Percentage of yield relative to the average among the varieties, %			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	$\bar{x}$	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Яровая мягкая пшеница (среднеранние сорта) / Spring soft wheat (middle-early varieties)									
Екатерина / Ekaterina	3,08	2,66	1,97	4,11	2,96	112,0	105,6	118,7	102,8
Ирень / Iren'	2,87	2,38	1,60	3,54	2,60	104,4	94,4	96,4	88,5
Новосибирская 15 / Novosibirskaya 15	2,30	2,33	1,31	3,98	2,48	83,6	92,5	78,9	99,5
Новосибирская 31 / Novosibirskaya 31	2,72	2,17	1,49	3,92	2,58	98,9	86,1	89,8	98,0
Тюменская юбилейная / Tyumenskaya yubileynaya	2,79	3,06	1,92	4,46	3,06	101,4	121,4	115,7	111,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,20	0,19	0,17	0,20	-	-	-	-	-
Среднесортная урожайность, т/га / Average yield among the varieties, t/ha	2,75	2,52	1,66	4,00	2,74	100,0	100,0	100,0	100,0
Индекс условий среды (I _j) / Index of conditions of the environment (I _j)	0,01	-0,22	-1,08	1,26	-	-	-	-	-
Яровая мягкая пшеница (среднепоздние сорта) / Spring soft wheat (middle-season varieties)									
Авиада / Aviada	2,67	2,62	1,97	4,16	2,86	97,8	99,6	99,5	108,9
Икар / Ikar	2,90	2,70	2,08	3,65	2,83	106,2	102,7	105,0	95,5
Омская 36 / Omskaya 36	2,55	2,72	1,86	3,82	2,74	93,4	103,4	93,9	100,0
Тюменская 29 / Tyumenskaya 29	2,67	2,54	1,94	3,73	2,72	97,8	96,6	98,0	97,6
Чернява 13 / Chernyava 13	2,88	2,57	2,04	3,74	2,81	105,5	97,7	103,0	97,9
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,21	0,20	0,19	0,21	-	-	-	-	-
Среднесортная урожайность, т/га / Average yield among the varieties t/ha	2,73	2,63	1,98	3,82	2,79	100,0	100,0	100,0	100,0
± к среднесортной урожайности среднепоздних сортов, т/га / ± to average yield of middle-early varieties), t/ha	-0,02	0,11	0,32	-0,18	-	-	-	-	-
Индекс условий среды (I _j) / Index of conditions of the environment (I _j)	-0,06	-0,16	-0,81	1,03	-	-	-	-	-
Яровая твердая пшеница / Spring durum wheat									
Жемчужина Сибири / Zhemchuzhina Sibiri	3,41	2,86	2,39	4,20	3,22	95,8	99,6	98,8	100,5
Омский изумруд / Omskiy izumrud	4,20	3,54	2,47	3,87	3,52	118,0	123,3	102,1	92,6
Омский корунд / Omskiy korund	3,50	2,50	2,30	4,24	3,14	98,3	87,1	95,0	101,4
Омская степная / Omskaya stepnaya	3,40	2,96	2,56	4,42	3,34	95,5	103,1	105,8	105,7
Омская янтарная / Omskaya yantarnaya	3,29	2,51	2,39	4,16	3,09	92,4	87,4	98,8	99,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,23	0,20	0,18	0,22	-	-	-	-	-
Среднесортная урожайность, т/га / Average yield, among the varieties t/ha	3,56	2,87	2,42	4,18	3,26	100,0	100,0	100,0	100,0
± к среднесортной урожайности, т/га / ± to average yield, t/ha:									
среднепоздних сортов / middle-early varieties,	0,81	0,35	0,76	0,18	-	-	-	-	-
среднепоздних сортов / middle-season varieties	0,83	0,24	0,44	0,36	-	-	-	-	-
Индекс условий среды (I _j) / Index of conditions of the environment (I _j)	0,30	-0,39	-0,84	0,92	-	-	-	-	-

Нами выявлен высокий потенциал урожайности большинства изученных сортов. Наиболее высокая урожайность яровой мягкой пшеницы отмечена у сортов Тюменская юбилейная (среднеранний, 4,46 т/га) и Авиада (среднеспелый, 4,16 т/га), яровой твердой – Омская степная (4,42 т/га).

Наиболее высокой средней урожайностью за 2015-2018 гг. у среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы характеризовался Тюменская юбилейная (3,06 т/га), у среднеспелых – Авиада (2,86 т/га), а яровой твердой пшеницы – Омский изумруд (3,52 т/га) (табл. 1). Низкая средняя урожайность яровой пшеницы соответствующих групп отмечена у сортов Новосибирская 15 (2,48 т/га), Тюменская 29 (2,72 т/га) и Омская янтарная (3,09 т/га).

Сравнение среднесортовой урожайности яровой мягкой пшеницы различных групп спелости в годы с различным характером условий показало, что в худших (по индексу) условиях 2016 и 2017 гг. среднеранние сорта уступали среднеспелым соответственно на 0,11 и 0,32 т/га, а в благоприятных условиях 2018 г. более высокая урожайность отмечена у среднеранних сортов (4,00 т/га). В условиях, близких к среднепогодным показателям погодных условий по температурному режиму и сумме осадков вегетационного периода, что соответствует 2015 г., среднесортовая урожайность яровой мягкой пшеницы двух групп спелости находилась практически на одном уровне (2,75 т/га среднеранние сорта и 2,73 т/га среднеспелые сорта) (табл. 1).

Среднесортовая урожайность яровой твердой пшеницы, по данным наших исследований, превысила таковую урожайность как среднеранних, так и среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы. Особенно значительное превышение среднесортовой урожайности выявлено в 2015 г., в условиях близких к средним многолетним показателям погодных условий – на 0,81 т/га по сравнению со среднеранними сортами и на 0,83 т/га – среднеспелыми. Более высокой среднесортовой урожайностью яровая твердая пшеница, по сравнению с мягкой, характеризовалась также и в неблагоприятных по индексу условиях 2016 и 2017 гг.

По величине средней урожайности в опыте лучшими были сорта яровой твердой пшеницы (3,26 т/га), а урожайность среднеранних и среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы находилась на одном уровне

(2,74 т/га среднеранние сорта и 2,79 т/га среднеспелые) (табл. 1).

Ценной характеристикой сортов в процессе их испытания является оценка потенциала урожайности в благоприятных условиях и уровня адаптивности – в жестких путем определения доли урожайности сорта в сравнении со среднесортовой урожайностью [13].

По данным наших исследований, в наиболее благоприятных условиях 2018 г. лучшими по потенциалу урожайности яровой мягкой пшеницы были сорта Тюменская юбилейная (среднеранний, 111,5 %) и Авиада (среднеспелый, 108,9 %), а яровой твердой – Омская степная (105,7 %). В наиболее неблагоприятных условиях 2017 г. высоким потенциалом адаптивности у яровой мягкой пшеницы характеризовались сорта Екатерина (среднеранний, 118,7 %) и Икар (среднеспелый, 105,0 %), а у яровой твердой – Омская степная (105,8 %) (табл. 1). Наиболее ценными при данной оценке будут те сорта, которые одновременно сочетают высокий потенциал продуктивности и адаптивности в контрастных условиях среды. Такой характеристике соответствуют только три сорта из 15-ти изученных – Екатерина, Тюменская юбилейная (среднеранние сорта, яровая мягкая пшеница) и Омская степная (яровая твердая пшеница). У этих же сортов отмечена и наиболее высокая средняя урожайность за 2015-2018 гг. (соответственно 2,96; 3,06 и 3,34 т/га).

В последние годы темпы сортосмены в целом по стране, а также в отдельных регионах возрастают. Так, в Тюменской области за период 1929-2015 гг. произошло шесть сортосмен яровой мягкой пшеницы, каждая из которых обеспечила прирост урожайности на 0,22 т/га [17].

Валовые сборы зерна растут, но медленными темпами и не во всех регионах как следствие недостаточной реализации генетического потенциала сортов, даже в благоприятные годы, из-за низкой их адаптивности. В контрастных условиях среды важна генетическая гибкость сортов, их компенсаторная способность, показателем которой является средняя урожайность в стрессовых и нестрессовых условиях [8]. При оценке яровой мягкой пшеницы за период 2015-2018 гг. лучшим по данному параметру среднеранним сортом был Тюменская юбилейная (3,19 т/га), среднеспелым – Авиада (3,06 т/га), а у яровой

твердой пшеницы – Омская степная (3,49 т/га (табл. 2). Эти же сорта характеризовались и наибольшей максимальной и средней урожайностью. Сорта яровой твердой пшеницы по средней урожайности в контрастных

условиях превышали как среднеранние, так и среднеспелые сорта яровой мягкой пшеницы, что согласуется с вышеприведенным анализом среднесортной урожайности и средней урожайности в опыте.

Таблица 2 – Параметры адаптивности сортов яровой мягкой и твердой пшеницы, 2015-2018 гг. /
Table 2 – Adaptability parameters of spring soft and durum wheat varieties, 2015-2018

<i>Сорт /</i> <i>Variety</i>	<i>Средняя</i> <i>урожайность в</i> <i>контрастных</i> <i>условиях, т/га</i> <i>(Y₁ + Y₂)/2 /</i> <i>Average yield</i> <i>in contrast condi-</i> <i>tions, t/ha</i>	<i>Изменчивость</i> <i>урожайности</i> <i>(коэффициент</i> <i>вариации, C_v), % /</i> <i>Yield variability</i> <i>(coefficient of vari-</i> <i>ation C_v), %</i>	<i>Пластичность</i> <i>(коэффициент</i> <i>регрессии, b_i) /</i> <i>Plasticity</i> <i>(regression</i> <i>coefficient, b_i)</i>	<i>Стабиль-</i> <i>ность</i> <i>(дисперсия,</i> <i>S_i²) /</i> <i>Stability</i> <i>(dispersion,</i> <i>S_i²)</i>	<i>Общая</i> <i>адаптивная</i> <i>способность</i> <i>(OAC) /</i> <i>general adap-</i> <i>tive ability</i> <i>(GAA)</i>
Яровая мягкая пшеница (среднеранние сорта) / Spring soft wheat (middle-early varieties)					
Екатерина / Ekaterina	3,04	30,4	0,89	1,20	0,22
Ирень / Iren'	2,57	31,5	0,80	4,68	-0,14
Новосибирская 15 / Novosibirskaya 15	2,64	44,8	1,11	25,83	-0,26
Новосибирская 31 / Novosibirskaya 31	2,70	39,9	1,03	2,56	-0,16
Тюменская юбилейная / Tyumenskaya yubileynaya	3,19	34,3	1,04	6,99	0,32
Яровая мягкая пшеница (среднеспелые сорта) / Spring soft wheat (middle-season varieties)					
Авида / Avlada	3,06	32,5	1,21	1,38	0,07
Икар / Ikar	2,86	23,0	0,84	1,09	0,04
Омская 36 / Omskaya 36	2,84	29,6	1,05	2,02	-0,05
Тюменская 29 / Tyumenskaya 29	2,84	27,2	0,98	0,03	-0,07
Чернява 13 / Chernyava 13	2,89	25,3	0,92	1,29	0,02
Яровая твердая пшеница / Spring durum wheat					
Жемчужина Сибири / Zhemchuzhina Sibiri	3,30	24,2	0,98	0,84	-0,34
Омский изумруд / Omskiy izumrud	3,34	21,3	0,76	29,78	0,26
Омский корунд / Omskiy korund	3,27	28,7	1,14	2,86	-0,12
Омская степная / Omskaya stepnaya	3,49	24,0	0,99	4,46	0,08
Омская янтарная / Omskaya yantarnaya	3,28	26,5	1,02	4,35	-0,17

Изменчивость урожайности, выраженная через коэффициент вариации, значительная у всех сортов независимо от видовой принадлежности. Наиболее высокий ее уровень выявлен у среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы – от 30,4 % (Екатерина) до 44,8 % (Новосибирская 15) (табл. 2). Наименьшая вариабельность урожайности в среднем за 2015-2018 гг. в группе среднеранних выявлена

у сорта яровой мягкой пшеницы Екатерина (30,4 %), среднеспелых – Икар (23,0 %) и яровой твердой пшеницы – Омский изумруд (21,3 %).

При оценке сортов согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [15] определяли их пластичность (коэффициент регрессии), отражающую отзывчивость сортов на изменение условий, и стабильность (дисперсия относительно коэффициента регрессии).

Большинство изученных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы характеризовались как пластичные (коэффициент регрессии равный и близкий единице) – Новосибирская 31, Тюменская юбилейная, Омская 36, Тюменская 29, Черныява 13, Жемчужина Сибири, Омская степная, Омская янтарная. Изменение урожайности данных сортов полностью соответствует изменению условий выращивания. Они лучше адаптированы к разнообразным условиям среды (табл. 2).

Сильная отзывчивость на изменение условий ($b_i \geq 1$) отмечена у сортов яровой мягкой пшеницы Новосибирская 15 (среднеранний, $b_i = 1,11$) и Авиада (среднеспелый, $b_i = 1,21$), яровой твердой пшеницы – Омский корунд ($b_i = 1,14$). Такая реакция на условия среды позволила им сформировать высокую среднюю урожайность. Эти сорта относятся к группе интенсивных, которые максимально реализуют свой генетический потенциал в благоприятных агрометеорологических условиях и при высоком уровне культуры земледелия. Вместе с тем, они значительно снижают урожайность в неблагоприятных условиях, что приводит к ее значительной вариабельности, которая подтверждается представленными коэффициентами вариации.

Сорта яровой мягкой пшеницы Екатерина, Ирень (среднеранние), Икар (среднеспелый) и Омский изумруд (яровая твердая пшеница), слабо отзывчивые на изменение условий ($b_i < 1$). Это сорта полуинтенсивного типа. Они более эффективны при их возделывании на сравнительно низких агрофонах и в природно-климатических зонах с жестким характером агрометеорологических условий, так как в меньшей степени снижают свою урожайность по сравнению с интенсивными сортами.

При разграничении изучаемых сортов по реакции на изменение условий среды нами проверена нулевая гипотеза о равенстве коэффициента регрессии единице. Во всех случаях в наших исследованиях $t_{\phi} < t_{05}$, т. е. полученные данные не противоречат гипотезе о равенстве единице генерального коэффициента регрессии.

Показатель стабильности сильно варьирует в пределах изученных групп сортов и, особенно, среднеранних. В целом более высокие показатели стабильности отмечены у среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы (табл. 2). Лучшими по стабильности у яро-

вой мягкой пшеницы были среднеранний сорт Екатерина ($S_i^2 = 1,20$) и среднеспелый Тюменская 29 ($S_i^2 = 0,03$), у яровой твердой пшеницы – Жемчужина Сибири ($S_i^2 = 0,84$). Очень низкая стабильность выявлена у двух сортов – среднераннего яровой мягкой пшеницы Новосибирская 15 ($S_i^2 = 25,83$) и сорта яровой твердой пшеницы Омский изумруд ($S_i^2 = 29,78$), в первую очередь, как следствие резкого снижения урожайности в жестких, согласно индексу, условиях 2017 г. Следует отметить, что нет прямой зависимости при сравнении показателя стабильности со средней урожайностью сортов в контрастных условиях, ее изменчивостью и отзывчивостью сортов на изменение условий. Это указывает на то, что данные параметры контролируются различными генетическими системами, а также на то, что, в частности, такой важный статистический параметр, как коэффициент вариации, не может быть абсолютным мерилем при оценке стабильности урожайности сортов в селекционном процессе и сортоиспытании.

Общая адаптивная способность (ОАС) сортов характеризует их способность формировать высокий уровень урожайности в разнообразных условиях среды [16]. У большинства изученных нами сортов, независимо от их видовой принадлежности, данный показатель характеризуется низкой величиной. Наиболее высокие значения ОАС сортов яровой мягкой пшеницы в группе среднеранних отмечены у Тюменская юбилейная (ОАС = 0,32), среднеспелых – Авиада (ОАС = 0,07), яровой твердой пшеницы – Омский изумруд (ОАС = 0,26) (табл. 2). У данных сортов средняя урожайность за 2015-2018 гг. выше средней урожайности в опыте. Среди выделенных сортов с высоким показателем общей адаптивной способности наибольшую ценность представляет Омский изумруд, так как у данного сорта высокое значение ОАС сочетается со сравнительно высокой урожайностью в годы испытания и низкой ее изменчивостью. Наиболее низкие значения ОАС сортов яровой мягкой пшеницы выявлены у Новосибирская 15 (среднеранний, ОАС = -0,26), Тюменская 29 (среднеспелый, ОАС = -0,07), яровой твердой пшеницы – Омская янтарная (ОАС = -0,17).

Комплексная оценка сортов по урожайности и параметрам адаптивности за 2015-2018 гг. позволила заключить, что лучшими

сортами яровой мягкой пшеницы были Екатерина (среднеранний) и Авида (среднеспелый), яровой твердой пшеницы – Омская степная.

Выводы.

1. Наиболее высокой как средней урожайностью за 2015-2018 гг., так и средней урожайностью в контрастных условиях у яровой мягкой пшеницы характеризовался среднеранний сорт Тюменская юбилейная (соответственно 3,06 и 3,19 т/га) и среднеспелый – Авида (соответственно 2,86 и 3,06 т/га).

2. У яровой твердой пшеницы лучшим по средней урожайности был сорт Омский изумруд (3,52 т/га), а по средней урожайности в контрастных условиях – Омская степная (3,49 т/га).

3. В наиболее благоприятном, исходя из индекса условий, 2018 г. высокий потенциал урожайности в сравнении со среднесортовой урожайностью яровой мягкой пшеницы отмечен у сортов Тюменская юбилейная (среднеранний, 111,5 %) и Авида (среднеспелый, 108,9 %), а яровой твердой пшеницы – Омская степная (105,7 %).

4. В наиболее жестких, исходя из индекса условий, 2017 г. высокая адаптивность выявлена у сортов яровой мягкой пшеницы Екатерина (среднеранний, 118,7 %) и Икар (среднеспелый, 105,0 %), яровой твердой пшеницы – Омская степная (105,8 %).

5. Изменчивость урожайности сортов значительная независимо от изученных видов яровой пшеницы. Наименьший ее уровень

отмечен у сортов яровой мягкой пшеницы Екатерина (среднеранний, 30,4 %), Икар (среднеспелый, 23,0 %), яровой твердой пшеницы – Омский изумруд (21,3 %).

6. Большинство изученных сортов характеризовались как пластичные, изменение урожайности у которых полностью соответствует изменению условий выращивания (b_i равный и близкий единице).

7. Интенсивными сортами, сильно отзывчивыми на изменение условий ($b_i > 1$), признаны у яровой мягкой пшеницы Новосибирская 15 (среднеранний, $b_i = 1,11$) и Авида (среднеспелый, $b_i = 1,21$), а у яровой твердой пшеницы – Омский корунд ($b_i = 1,14$).

8. По стабильности лучшими сортами яровой мягкой пшеницы были Екатерина (среднеранний, $S_i^2 = 1,20$), Тюменская 29 (среднеспелый, $S_i^2 = 0,03$), яровой твердой пшеницы – Жемчужина Сибири ($S_i^2 = 0,84$).

9. Высокой общей адаптивной способностью характеризовались сорта яровой мягкой пшеницы Тюменская юбилейная (среднеранний, ОАС = 0,32), Авида (среднеспелый, ОАС = 0,07), яровой твердой пшеницы – Омский изумруд (ОАС = 0,26).

10. Исходя из комплексной оценки сортов по урожайности и параметрам адаптивности лучшими за 2015-2018 гг. признаны сорта яровой мягкой пшеницы – среднеранний Екатерина и среднеспелый Авида, а у яровой твердой пшеницы – Омская степная.

Список литературы

1. Юшкевич Л. В., Щитов А. Г., Егорова Н. И., Штро Е. В. Совершенствование технологии возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири. Земледелие. 2013; (2): 26-28. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18849346>
2. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Ефимова И. Л., Моринец А. С., Савин И. Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» – важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016;(2(59)):105-121.
3. Новохатин В. В. Научное обоснование первичного и элитного семеноводства зерновых культур. Достижения науки и техники АПК. 2018;(32(9)):40-47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36328730>
4. Dopierala P., Kordas L. The effects of genotype – environment interaction on the yield and its structure in some winter cereals. Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl. 2009;(253):165-173.
5. Агеева Е. В., Лихенко И. Е., Советов В. В. Оценка экологической пластичности сортообразцов мягкой яровой пшеницы питомника Казахстанско-Сибирской сети СИММИТ. Достижения науки и техники АПК. 2018;(32(11)):26-29. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36730419>
6. Сапега В. А. Урожайность, реализация ее потенциала и адаптивность сортов яровой пшеницы. Достижения науки и техники АПК. 2017;(31(10)):49-52. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32301698>
7. Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Пушино: Отдел НТИ ПНЦ РАН. 1994. 148 с.
8. Гончаренко А. А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник Россельхозакадемии. 2005; (6): 49-53.

9. Ayaleh T., Letta T., Abinasa M. Assessment of stability, adaptability and yield performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in South Eastern Ethiopia. *Plant Breeding and Seed Science*. 2013;67(1):3-11. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10129-011-0065-3>
10. Protic R., Todorovic G., Protic N., Djordjevic R., Vicentijevic D., Delic D., Kopanja M., Prodanovic R. Effect of genotype x environment interaction on grain yield of winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013;19(4):697-700. URL: <https://agrojournal.org/19/04-11.pdf>
11. Hassan M. S., Mohamed G. I. A., El-Said R. A. R. Stability analysis for grain yield and its components of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.) under different environments. *Asian Journal of Crop science*. 2013;5: 179-189. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.179.189>
12. Андреева З. В., Цильке Р. А. Влияние экологических факторов на реализацию генетического потенциала сортов мягкой яровой пшеницы в Западной Сибири. *Вестник КрасГАУ*. 2008;(6):27-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12533640>
13. Животков Л. А., Морозова З. А., Секагуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность». *Селекция и семеноводство*. 1994;(2):3-6.
14. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop. Sci*. 1981; (21(6)): 27-29.
15. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci*. 1966; (6(1)): 36-40.
16. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія. 1997. 372 с.
17. Новохатин В. В., Шеломенцева Т. В. Рост урожайности яровой мягкой пшеницы в Северном Зауралье. *Вестник Российской сельскохозяйственной академии*. 2014;(4):14-17.

References

1. Yushkevich L. V., Shchitov A. G., Egorova N. I., Shtro E. V. *Sover-shenstvovanie tekhnologii vozdeleyvaniya yachmenya v lesostepi Zapadnoy Sibiri*. [Improvement of the technology of barley cultivation in forest-steppe zone of Western Siberia]. *Zemledelie*. 2013; (2): 26-28. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18849346>
2. Dragavtsev V. A., Dragavtseva I. A., Efimova I. L., Morinets A. S., Savin I. Yu. *Upravlenie vzaimodeystviem «genotip-sreda» – vazhneyshiy ryuchag povysheniya urozhayev sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. [Control of «genotype-environment» interaction is the most important way for increasing the yields of cultivated plants]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;(59):105-121. (In Russ.).
3. Novokhatin V. V. *Nauchnoe obosnovanie pervichnogo i elitnogo semenovodstva zernovykh kul'tur*. [Scientific Substantiation of Primary and Elite Seed-Growing of Cereals]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;(32(9)):40-47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36328730>
4. Dopierala P., Kordas L. The effects of genotype – environment interaction on the yield and its structure in some winter cereals. *Biul. Lnst. Hodowli Aklimat. Rosl*. 2009;(253):165-173.
5. Ageeva E. V., Likhnenko I. E., Sovetov V. V. *Otsenka ekologicheskoy plastichnosti sortoobraztsov myagkoy yarovoy pshenitsy pitomnika Kazakh-stansko-Sibirskoy seti SIMMIT*. [Evaluation of Environmental Plasticity of Spring Soft Wheat Samples from the Nursery of the Kazakhstan-Siberian Network of CIMMYT]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;(32(11)):26-29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36730419>
6. Sapega V. A. *Urozhaynost', realizatsiya ee potentsiala i adaptivnost' sortov yarovoy pshenitsy*. [Productivity, Realization of Potential of Spring Wheat Varieties and Their Adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;(31(10)):49-52. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32301698>
7. Zhuchenko A. A. *Strategiya adaptivnoy intensifikatsii sel'skogo khozyaystva*. [Strategy of adaptive intensification of agriculture]. Pushchino: *Otdel NTI PNTs RAN*, 1994. 148 p.
8. Goncharenko A. A. *Ob adaptivnoy sposobnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur*. [On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties]. *Vestnik Rossel'khozakademii*. 2005; (6): 49-53. (In Russ.).
9. Ayaleh T., Letta T., Abinasa M. Assessment of stability, adaptability and yield performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in South Eastern Ethiopia. *Plant Breeding and Seed Science*. 2013;67(1):3-11. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10129-011-0065-3>
10. Protic R., Todorovic G., Protic N., Djordjevic R., Vicentijevic D., Delic D., Kopanja M., Prodanovic R. Effect of genotype x environment interaction on grain yield of winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013;19(4):697-700. URL: <https://agrojournal.org/19/04-11.pdf>

11. Hassan M. S., Mohamed G. I. A., El-Said R. A. R. Stability analysis for grain yield and its components of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.) under different environments. *Asian Journal of Crop science*. 2013;5: 179-189. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.179.189>
12. Andreeva Z. V., Tsil'ke R. A. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na realizatsiyu geneticheskogo potentsiala sortov myagkoy yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri*. [The influence of environmental factors on the real genetic potential of soft spring wheat varieties in Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2008;(6):27-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12533640>
13. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. *Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu «urozhaynost'»*. [Method to identify of productivity potential and adaptability of the varieties and breeding forms of winter wheat in terms of «yield»]. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994;(2):3-6. (In Russ.).
14. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop. Sci*. 1981; (21(6)): 27-29.
15. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci*. 1966; (6(1)): 36-40.
16. Kil'chevskiy A. V., Khotyleva L. V. *Ekologicheskaya selektsiya rasteniy*. [Ecological plant breeding]. Minsk: *Tekhnologia*, 1997. 372 p.
17. Novokhatin V. V., Shelomentseva T. V. *Rost urozhaynosti yarovoy myagkoy pshenitsy v Severnom Zaural'e*. [Growth of cropping power of common spring wheat in Northern Transurals]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2014;(4):14-17.

Сведения об авторах

✉ **Сапега Валерий Антонович**, доктор с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», ул. Володарского, 38, Тюмень, Тюменская область, Российская Федерация, 625000, e-mail: general@tyuiu.ru, e-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Турсумбекова Галина Шалкаровна, доктор с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», ул. Республики, 7, Тюмень, Тюменская область, Российская Федерация, 625003, e-mail: acadagro@mail.ru, e-mail: galina_tursumbekova@rambler.ru

Information about authors

✉ **Valery A. Sapega**, DSc in Agricultural Science, professor, Tyumen Industrial University, Volodarsky St., 38, Tyumen, Tyumen region, Russian Federation, 625000, e-mail: general@tyuiu.ru, e-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Galina Sh. Tursumbekova, DSc in Agricultural Science, professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University, Respubliki street, 7, Tyumen, Tyumen region, Russian Federation, 625003, e-mail: acadagro@mail.ru, e-mail: galina_tursumbekova@rambler.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author