24

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТИМЕНТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

ЗАХАРОВА Надежда Николаевна, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

ЗАХАРОВ Николай Григорьевич, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

Приводится сравнительная характеристика 16 сортов озимой мягкой пшеницы, возделываемых в Ульяновской области, по урожайности и различным показателям экологической адаптивности: величине реализации потенциала урожайности, пластичности, стабильности, гомеостатичности, стрессоустойчивости, коэффициенту адаптивности. Установлено влияние на величину урожайности зерна озимой мягкой пшеницы внешних условий (77,8 %), сорта (2,7 %) и взаимодействия факторов (13,3 %)

Введение. Адаптивный потенциал сорта определяет возможность реализации его продукционного потенциала, уровень урожайности в конкретных агроэкологических условиях.

В ходе Государственного сортоиспытания, проводимого в различных регионах страны, дается всесторонняя оценка созданного сортового разнообразия возделываемых культур, выявляются наиболее урожайные сорта, ценные по качеству продукции и другим хозяйственно-полезным показателям с целью их районирования и внедрения в производство на той или иной территории, т.е. устанавливается приспособленность нового сорта к возделыванию в определенных почвенно-климатических условиях.

Известно, что даже в отдельности территории многих субъектов РФ, входящих в регион государственного сортоиспытания, характеризуются значительной пестротой почвенно-климатических условий [10, 12]. В пределах одного района или хозяйства средовые условия (сочетание почвенно-климатических и технологических условий) могут складываться также различным образом. В связи с этим некоторые ученые перед проведением сортосмены рекомендуют закладывать в своих хозяйствах малые сортоиспытания [3].

Оценка показателей экологической адаптивности сортов сельскохозяйственных культур позволяет получить необходимую информацию при формировании оптимальной сортовой структуры посевов исходя из особенностей конкретной почвенно-климатической зоны, отдельного района и хозяйства и используемых технологий [9, 11].

Целью проведенных исследований являлась оценка адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья по различным статистическим параметрам, рассчитанным по показателю «урожайность зерна».

Методика исследований. Материалом для исследований послужили 16 сортов озимой мягкой пшеницы, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Средневолжскому региону [2]. Перечень сортов приведен в табл. 2. Сорта изучались на делянках 4,5 м² в 4-кратной повторности. Норма высева – 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Предшественник – чистый пар. Стандартом в сортоиспытании озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области в годы проведения исследований был принят сорт Волжская К.

Учитываемый показатель — урожайность зерна. Урожайные данные обработаны методами дисперсионного и вариационного анализов по Б.А. Доспехову [4]. Пластичность изучаемых сортов (bi) и стабильность (Sd^2) оценивались по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [15], показатель реализации потенциала урожайности — по Э.Д. Неттевич [7], гомеостатичность (Hom) — по В.В. Хангильдину [13], стрессоустойчивость — по А.А. Rossielle, J. Hemblin [16], коэффициент адаптивности — по Л.А. Животкову и др. [5].

Метеорологические условия в годы проведения исследований носили разнообразный характер – от близких к среднемноголетним значениям (2012 г.) до засушливых (2013, 2014, 2015 гг.) и достаточно увлажненных (2011, 2016 гг.), что позволило дать более объективную оценку изучаемым сортам.

Результаты исследований. Для установления доли вкладов генотипа (сорта), внешних условий (год) и взаимодействия между ними в фенотипическую изменчивость, выражаемые в показателе «урожайность зерна», был проведен двухфакторный дисперсионный анализ, который позволил выявить высокие достоверные различия между сортами, условиями вегетационного периода и эффектом их взаимодействия (табл. 1).

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что средние квадраты фактора А (год) значительно превосходят средние квадраты фактора В (сорт). Анализ доли вклада отдельных факторов показал, что основное влияние на урожайность оказывает фактор А - 77,8 %. Это говорит о преобладающей доле средовых эффектов по годам испытания и о значимости их влияния на фенотипическую изменчивость результирующего показателя. Роль сорта как отдельного фактора в формировании урожайности озимой пшеницы оказалась невелика и составила всего 2,7 %, что указывает на слабую экологическую защищенность исследуемого сортимента озимых пшениц и в связи с этим на необходимость контроля параметров адаптивности в селекционном процессе культуры с целью повышения адаптивного потенциала создаваемых сортов. Вклад в итоговый показатель совместного действия факторов А и В составил 13,3 %. Это свидетельствует о резерве дальнейшего повышения урожайности озимой пшеницы, которое возможно, например за счет разработки сортовых агротехнологий, использования принципа

«агроэкологической адресности» при размещении сортов.

Адаптивные свойства сорта обусловливают стабильность производства зерна пшеницы, особенно в неблагоприятные годы [14]. Для характеристики адаптивных свойств изучаемых сортов озимой пшеницы был рассчитан ряд статистических показателей, используемых для оценки и сравнения различных генотипов (сортов) (табл. 2).

Коэффициент вариации (V) и среднее квадратичное отклонение (о) – статистические показатели, характеризующие изменчивость. Урожайность всех сортов озимой пшеницы за исследуемый период варьировала в сильной степени – V более 20 %. Наименьшее значение коэффициента вариации и стандартного отклонения отмечено у сорта Безенчукская 380 (V = 22,4 %, σ = 0,66), а наибольшее – у сорта Ресурс $(V = 50,1 \%, \sigma = 1,56).$

Высокой средней урожайностью за шестилетний период исследований (2011–2016 гг.) в сортоиспытаниях озимой мягкой пшеницы характеризовались сорта Светоч (3,57 т/га), Волжская 100 (3,43 т/га) и стандарт Волжская К (3,40 т/га). На-Таблица 1

Значимость и вклад факторов в формирование урожайности зерна озимой мягкой пшеницы

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{Φ}	$F_{0,05}$	Вклад фактора, %	
Общее	532,96	359	-	-	-	-	
Повторения	1,67	3	0,56	4,72*	2,70	0,3	
Год (А)	414,63	5	82,94	705,4*	2,30	77,8	
Сорт (В)	14,27	14	1,02	8,67*	1,85	2,7	
Взаимодействие (А×В)	70,95	70	1,01	8,62*	1,44	13,3	
Остаток	31,39	267	0,12	-	-	5,9	

^{*} достоверно на уровне вероятности 95 %.

Таблица 2

Показатели адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы, 2011-2016 гг.

Сорт	Урожайность, т/га		Реали-	Стан-	Коэф-				
	сред- няя	лимиты	зация потен- циала уро- жай- ности, %	дар- тное от- кло- нение (о)	фи- циент вари- ации (V), %	Плас- тич- ность (<i>bi</i>)	Ста- биль- ность (<i>Sd</i> ²)	Гомеос- татич- ность (<i>Hom</i>)	Стрессоус- тойчивость, min– max
Волжская К, станд.	3,40	2,12-4,84	70,2	0,99	29,1	0,91	0,18	4,29	-2,72
Волжская 16	3,06	1,31-4,27	71,7	1,05	34,1	0,92	0,77	3,01	-2,96
Волжская 100	3,43	1,71-6,17	55,6	1,53	44,7	1,36	1,35	1,72	-4,46
Волжская С3	3,01	1,75-4,45	67,6	0,94	31,3	0,84	0,39	3,57	-2,7
Безенчукская 380	2,93	2,17-3,82	76,7	0,66	22,4	0,56	0,44	7,88	-1,65
Светоч	3,57	2,07-5,85	61,0	1,29	36,1	1,10	1,57	2,61	-3,78
Санта	3,34	2,43-4,80	69,6	0,90	26,9	0,82	0,18	5,23	-2,37
Pecypc	3,11	1,06-5,21	59,7	1,56	50,1	1,40	1,00	1,49	-4,15
Казанская 285	3,14	1,96-4,53	69,3	0,90	28,6	0,80	0,36	4,26	-2,57
Московская 39	2,91	1,31-4,44	65,5	1,15	39,5	1,01	0,84	2,35	-3,13
Базальт	2,86	1,39-4,78	59,8	1,25	43,7	1,15	0,17	1,93	-3,39
Бирюза	3,09	1,74-4,71	65,6	1,12	36,2	1,03	0,09	2,87	-2,97
Марафон	3,15	1,51-5,85	53,8	1,48	47,1	1,16	3,99	1,54	-4,34
Харьковская 92	3,07	1,49-5,06	60,7	1,31	42,7	1,21	0,11	2,02	-3,57
Мироновская 808	3,11	1,91-4,49	69,3	0,87	28,1	0,73	0,92	4,31	-2,58
Скипетр*	4,04	2,41-5,51	73,3	1,23	30,6	1,06	0,73	4,28	-3,1

* 2013-2016 гг.; здесь и далее.





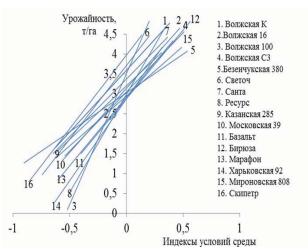
именьшая средняя урожайность отмечена у сорта Базальт – 2,86 т/га. Сорт Скипетр является высокоурожайным за четырехлетний период исследований по результатам 2013–2016 гг. – его средняя урожайность составила 4,04 т/га (табл. 2). Озимая пшеница Волжская 100 в сортоиспытаниях показала максимальную урожайность (6,17 т/га, 2016 г.), что указывает на высокий продукционный потенциал данного сорта.

Относительно высокая реализация потенциальной урожайности озимой мягкой пшеницы у сортов Безенчукская 380 (76,7 %), Волжская 16 (71,7 %), Скипетр (73,3 %), и Волжская К (70,2 %), среди которых два последних являются высокопродуктивными. Низкими значениями анализируемого показателя характеризовались сорта Марафон и Волжская 100 — реализация потенциальной урожайности составила 53,8 и 55,6 % соответственно.

Согласно методике S.A. Eberhart и W.A. Russell [15], коэффициент регрессии (bi) характеризует среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, показывает его пластичность и дает возможность прогнозировать изменения исследуемого признака в рамках изучаемых условий [15]. Чем выше значение коэффициента (bi > 1), тем большей отзывчивостью на изменение условий среды обладает тот или иной генотип. Высокопластичные сорта с bi > 1 показывают свое преимущество при благоприятных условиях выращивания. Они требовательны к условиям агротехники, формируя при этом высокий урожай. Их относят к сортам интенсивного типа.

Высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания в исследованиях характеризовались сорта озимой пшеницы Ресурс (bi = 1,40), Волжская 100 (bi = 1,36) и Харьковская 92 (bi = 1,21) (см. рисунок, табл. 2).

Варианса стабильности признака (Sd^2) показывает, насколько надежно сорт соответствует той пластичности, которую оценил коэффициент регрессии bi. Чем ближе Sd^2 к 0, тем меньше отли-



Линии регрессии по показателю «урожайность» для сортов озимой мягкой пшеницы на индексы условий среды

чаются эмпирические значения признака от теоретических, расположенных на линии регрессии [8]. В связи с этим наиболее ценными являются те сорта, у которых bi > 1, а Sd^2 стремится к 0. Они отзывчивы на улучшение условий и характеризуются стабильной урожайностью. К таким сортам из перечисленных выше пшениц относится Харьковская 92, сочетающая и высокую пластичность, и высокую стабильность (bi = 1,21 и $Sd^2 = 0,11$).

Менее ценны сорта Ресурс и Волжская 100 с высокими показателями коэффициента регрессии (bi = 1,40 и bi = 1,36 соответственно) и дисперсии ($Sd^2 = 1,00$ и $Sd^2 = 1,35$ соответственно), так как у них высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожайности.

Коэффициент регрессии на уровне единицы имеют сорта озимой пшеницы полуинтенсивного типа Скипетр (bi=1,06), Бирюза (bi=1,03) и Московская 39 (bi=1,01). Для них характерно полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания. При этом у сорта Бирюза отмечена высокая стабильность урожайности ($Sd^2=0,09$).

Среди исследуемого сортимента озимых пшениц также хорошим сочетанием пластичности и стабильности характеризовались Базальт (bi = 1,15, $Sd^2 = 0,17$) и Волжская К (bi = 0,91, $Sd^2 = 0,18$).

При $\dot{b}i$ < 1 сорта считают низкопластичными, так как они слабо откликаются на улучшение условий выращивания. К их числу относятся Волжская СЗ (bi = 0,84), Санта (bi = 0,82), Казанская 285 (bi = 0,80), Мироновская 808 (bi = 0,73). Наименьшая пластичность установлена у сорта Безенчукская 380 – bi = 0,56 (см. рисунок).

В.В. Хангильдиным и др. в качестве параметра адаптивности предложен показатель гомеостатичности (*Hom*) [13]. Гомеостаз представляет собой систему адаптивных реакций, обеспечивающих стабилизацию определенного потенциала урожайности в широких границах условий среды. Гомеостатичный генотип способен к меньшему снижению урожая при ухудшении условий выращивания. Чем выше гомеостатичность, тем меньше вариабельность урожайности сорта.

В проведенных исследованиях максимальная гомеостатичность и наименьшая вариабельность урожайности отмечена у сорта Безенчукская 380 (Hom=7,88 и V=22,4%). Гомеостатичностью на уровне стандарта Волжская К (Hom=4,29) или несколько выше его характеризуются сорта озимой пшеницы Санта (Hom=5,23), Казанская 285 (Hom=4,26), Мироновская 808 (Hom=4,31), Скипетр (Hom=4,28). Наименьшая гомеостатичность у сортов Ресурс (Hom=1,49) и Марафон (Hom=1,54).

Для оценки адаптивных свойств сортов различных сельскохозяйственных культур исполь-



зуют также показатель стрессоустойчивости [1]. Чем меньше разрыв между минимальной и максимальной урожайностями (min – max), тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей [16]. Наибольшей стрессоустойчивостью в сортоиспытаниях характеризовался сорт Безенчукская 380 (min – max = -1,65), а наименьшей – сорта Волжская 100 (min – max = -4,46) и Марафон (min – max = -4,34).

Общепринятым критерием адаптивности считается уровень урожайности в разных по времени и пространстве условиях среды [6, 14]. Л.А. Животковым с соавт. была предложена методика, согласно которой урожайность изучаемых сортов сопоставляется не со стандартом, а со средней урожайностью сортоиспытания [5]. В данном случае величина «среднесортовой урожайности» выражает общую норму реакции определенной совокупности сортов на факторы внешней среды в каждом конкретном году. Реакция же отдельного сорта на сложившиеся условия вегетационного периода может быть определена при отношении его урожайности к среднесортовому значению. Коэффициенты адаптивности на уровне 1,0 и выше во все годы сортоиспытаний озимой пшеницы имели только 3 сорта: Волжская К (0,98–1,17), Санта (0,97–1,35) и Скипетр (0.98-1.47) (табл. 3), что свидетельствует об их хорошей приспособленности к агроэкологическим условиям зоны проведения исследований.

Остальные сорта озимой пшеницы, согласно данной методике, характеризовались более низкими адаптивными свойствами. Дважды за шестилетний период испытаний сорта Безенчукская 380, Марафон, Мироновская 808 имели коэффициенты адаптивности меньше 1. Сорта Волжская 100, Волжская С3, Ресурс, Казанская 285, Московская 39, Бирюза, Базальт, Харь-

ковская в большинстве годов исследований уступали по урожайности среднесортовым ее значениям, а их коэффициенты адаптивности соответственно были меньше 1.

Заключение. Использование различных методик определения адаптивных свойств позволяет дать сортам озимой мягкой пшеницы всестороннюю оценку, спрогнозировать возможное их поведение в различных агроэкологических условиях.

Дифференцированный подход при подборе сортов озимой пшеницы с учетом оценки их экологической адаптивности дает возможность в максимальной степени использовать имеющийся почвенно-климатический потенциал хозяйства, района, региона в целом, что будет способствовать дальнейшему росту урожайности культуры и ее стабильности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции омского АНЦ / П.Н. Николаев [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. $2019. -N^{\circ}180$ (1). С. 38-43.
- 2. Государственный реестр селекционных достижений. Режим доступа: http://reestr.gossort.com/reestr.
- 3. Давыдова Н.В., Малько А.М. Свобода выбора: актуальные сорта // Новое сельское хозяйство. − 2012. N° 2. C. 52–55.
- 4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- 5. Животков Л.А. Морозова З.А., Секутаева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. $1994.-N^2 2.-C.3-6.$
- 6. Захарова Н.Н., Захаров Н.Г. Экологическая адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. -2015. № 1(29). С. 15-21.

Таблица 3

Коэффициенты адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Урожайность, т/га		Коэффициенты адаптивности						
			0011	0010	2012	2014	2015	2016	
	средняя	лимиты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	лимиты
Волжская К,	3,40	2,12-4,84	1 15	1,17	1,07	1,0	1,17	0,98	0,98-1,17
стандарт	3,40	2,12-4,04	1,15	1,17	1,07	1,0	1,1/	0,70	0,70-1,17
Волжская 16	3,07	1,31-4,27	1,07	0,72	0,97	0,96	1,18	0,86	0,72-1,18
Волжская 100	3,43	1,71-6,17	0,85	0,94	0,93	1,17	1,17	1,24	0,85-1,17
Волжская С3	3,01	1,75-4,45	0,85	0,97	1,14	0,99	0,91	0,90	0,85-1,14
Безенчукская 380	2,93	2,17-3,82	0,93	1,20	0,98	0,96	1,02	0,71	0,71-1,20
Светоч	3,57	2,07-5,85	1,26	1,14	1,32	0,87	1,02	1,18	0,87-1,32
Санта	3,34	2,43-4,80	1,05	1,35	1,16	0,99	0,99	0,97	0,97-1,35
Pecypc	3,11	1,06-5,21	1,19	0,86	0,47	1,08	0,92	1,05	0,47-1,19
Казанская 285	3,14	1,96-4,53	0,94	1,08	1,25	0,97	0,91	0,91	0,91-1,25
Московская 39	2,91	1,31-4,44	1,04	1,12	0,58	0,96	0,85	0,90	0,58-1,12
Базальт	2,86	1,39-4,78	0,92	0,77	0,65	0,97	0,93	0,96	0,65-0,97
Бирюза	3,09	1,74-4,71	1,04	0,96	0,90	1,01	0,93	0,95	0,9-1,04
Марафон	3,15	1,51-5,85	0,54	0,83	1,09	1,08	1,15	1,18	0,54-1,18
Харьковская 92	3,07	1,49-5,06	1,07	0,82	0,76	0,99	0,93	1,02	0,76-1,07
Мироновская 808	3,11	1,91-4,49	1,08	1,06	1,27	0,77	0,98	0,91	0,77-1,27
Скипетр*	4,04	2,41-5,51	-	-	1,47	1,24	0,98	1,11	0,98-1,47

5 2021



- 7. Неттевич Э.Д. Влияние условий возделывания и продолжительности изучения на результаты оценки сорта по урожайности // Вестник РАСХН. - 2001. -Nº 3. – C. 34–38.
- 8. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109–113.
- 9. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617–626.
- 10. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Оценка взаимодействия генотип-среда и гомеостатичность сортов ячменя // Известия ТСХА. - 2013. - Вып. 6. -C. 82-93.
- 11. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и параметров адаптивности сортов озимой пшеницы / Л.А. Кононенко [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 5(11). – С. 55–58.
- 12. Тупицын Н.В. Некоторые аспекты сортовой стратегии на примере Средневолжского региона России // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – Nº 1. – C. 95–97.
- 13. Хангильдин В.В., Шаяхметов И.Ф., Мардамшин А.Г. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшени-

- цы // Генетический анализ количественных признаков растений: сб. ст. – Уфа, 1979. – С. 5–39.
- 14. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов - потомков Безостой 1 по урожайности / Безостая 1 – 50 лет триумфа; И.Н. Кудряшов [и др.] // Сборник материалов конференции. - Краснодар, 2005. – С. 169–177.
- 15. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci., 1966, Vol. 6, No 1, P. 36-40.
- 16. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Sci., 1981. Vol. 21, No. 6, P. 27–29.

Захарова Надежда Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция», Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Россия.

Захаров Николай Григорьевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология», Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Россия.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; Тел.:(8422)55-95-30.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница; сорт; урожайность; экологическая адаптивность; пластичность.

EVALUATION OF INDICATORS OF ECOLOGICAL ADAPTIVITY OF WINTER SOFT WHEAT ASSORTMENT IN THE FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Zakharova Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Agriculture, Crop Production and Selection", Ulyanovsk State Agrarian University,

Zakharov Nikolai Grigoryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Edaphology, Agricultural Chemistry and Agroecology", Ulyanovsk State Agrarian Uni-versity, Russia.

Keywords: winter soft wheat; variety; yield; environmental adaptability; plasticity.

A comparative characteristic of 16 varieties of winter soft wheat cultivated in the Ulyanovsk re-gion is given in terms of yield and various indicators of environmental adaptability: the value of the yield potential realization, plasticity, stability, homeostaticity, stress resistance, adaptability coefficient. The influence of external conditions (77.8%), varieties (2.7%) and interaction of fac-tors (13.3%) on the grain yield of winter soft wheat was established.

