

Оценка селекционных образцов озимой мягкой пшеницы по параметрам экологической адаптивности

А. С. Будько, научный сотрудник, Э. П. Урбан, доктор с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 16.12.2021)

В статье представлены результаты оценки сортообразцов озимой мягкой пшеницы по параметрам экологической адаптивности в условиях Республики Беларусь. Выделены ценные сортообразцы экстенсивного и интенсивного типа, которые в зависимости от уровня интенсификации технологии возделывания обеспечивали наибольшую эффективность. Установлено, что генотип оказывает решающую роль в формировании устойчивости растений к условиям окружающей среды. Это говорит о необходимости включения выделенных экологически пластичных и стабильных сортообразцов в селекционные программы, а также передачи их в государственное сортоиспытание.

Введение

Вклад климата в общую дисперсию урожайности в Республике Беларусь составляет от 22 до 81 %. Средний валовой сбор зерна в республике в неблагоприятные по погодным условиям годы снижается до 5,5–6 млн т, а в благоприятные – достигает 9,5 млн т. Потери зерна могут составлять примерно 700 млн долл. США. В связи с глобальным изменением климата повторяемость и продолжительность за вегетационный период засух, волн тепла, высоких температур воздуха и других неблагоприятных погодных явлений непрерывно растет, что оказывает сильнейшее давление на сектор сельского хозяйства [5].

Одной из важнейших характеристик, которым должны соответствовать сорта озимой мягкой пшеницы, является устойчивость к экологическим факторам среды произрастания. Особенно эта проблема актуальна в нынешнее время, когда все чаще возникают агрессивные агроэкологические условия вегетации растений.

Существует множество различных методик оценки экологической пластичности и стабильности [7, 8, 9, 10]. Однако при изучении селекционного материала и новых сортов во времени (разные годы) можно получить информацию о пластичности, которая показывает процесс изменения в структуре и функциях, обеспечивающих выживаемость в варьирующих условиях внешней среды [2, 4].

Таким образом, экологически пластичными будут те сорта, которые имеют биологическую возможность приспосабливаться к условиям среды произрастания.

Климат Беларуси умеренно-континентальный и характеризуется переходом от морского к континентальному. Благодаря этому обеспечивается ускоренная и объективная оценка экологической адаптивности сортообразцов озимой мягкой пшеницы. Такие погодные условия не повторяются, их градации смешаны с эффектом опыта в целом. Если имеются различия показателей сортов по годам, значит есть взаимодействие «сорт – условия

The results of winter soft wheat variety samples evaluation by the parameters of ecological adaptivity under conditions of the Republic of Belarus are presented in the article. The valuable variety samples of the extensive and intensive type which depending on the level of intensification technology of cultivation have provided with the highest efficiency have been isolated. It is determined that the genotype plays a decisive role in the formation of plant resistance to the environmental conditions. It is pointed out on the necessity of inclusion the isolated plastic and stable variety samples in the selection programs and also their transition into State variety testing

среды», которые могут быть проанализированы как дисперсионный комплекс [4].

Целью наших исследований являлась оценка экологической пластичности и стабильности сортообразцов озимой мягкой пшеницы в условиях Республики Беларусь, рассчитанной по параметрам продуктивности.

Условия и объекты исследований

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с содержанием гумуса (по Тюнину) 2,31–2,95 % и кислотностью pH_{KCl} 5,4–5,8; с содержанием подвижных P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) соответственно 213–230 и 268–310 мг/кг почвы. Предшествующей культурой являлся озимый рапс.

Все технологические работы по возделыванию озимой мягкой пшеницы выполняли в соответствии с организационно-технологическими нормативами [6].

Сев проводили высококачественными семенами в I декаде сентября с нормой высева 4,0 млн шт./га всхожих семян сеялкой Wintersteiger по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности с учетной площадью делянки 10 м². Посевной материал обеззараживали протравителем Баритон, КС в норме 1,5 л/т. Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 75 кг/га действующего вещества (д. в.) и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д. в. Азотные удобрения (карбамид) вносили в виде трех подкормок: первая – при возобновлении весенней вегетации пшеницы озимой из расчета 60 кг/га д. в., вторая – в фазе конец кущения – начало выхода в трубку – 50 кг/га д. в. и третья – при появлении флагового листа в дозе 40 кг/га д. в.

Для защиты посевов от сорной растительности осенью применяли гербицид Алистер гранд, МД (в фазе ДК 11–13) в норме 0,7 л/га. Фунгицидную обработку посевов

проводили препаратом Зантара, КЭ в норме расхода 0,8 л/га (в фазе ДК 37–39). Половинную норму (0,2 л/га) ретарданта Моддус, КЭ вносили в фазе ДК 30–31. Для защиты колоса от болезней использовали фунгицид Прозаро, КЭ, опрыскивание проводили (ДК 61–63) с нормой расхода препарата 0,8 л/га.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований (2017–2019 гг.) существенно отличались от среднесуточных значений и между собой. В 2017 г., по данным метеостанции в г. Борисов, погодные условия сложились умеренно теплыми со среднесуточной температурой воздуха за весенне-летний период вегетации (апрель – июль) 14,0 °С при норме 13,6 °С. В сумме атмосферных осадков за этот период выпало в пределах 289,5 мм, что превышало многолетние значения (277,0 мм), однако они характеризовались неравномерностью выпадения. Наибольшим выпадением осадков отличились III декада апреля – I декада мая (206–231 % к норме), III декада июня (148 %) и II–III декады июля (125–206 %).

Апрель 2018 г. выдался очень теплым. Температура воздуха во все декады была выше климатической нормы на 2,0–4,0 °С. В мае и I декаде июня было тепло и сухо. Среднесуточная температура воздуха превышала климатические нормы на 0,6–6,0 °С, а количество осадков составило всего 0–22 мм. Это способствовало быстрому прохождению стадий развития растений, что привело к недобору урожая. Улучшению условий вегетации озимой пшеницы способствовали дожди (53–77 % от нормы), прошедшие во II и III декадах июня, а также избыточное количество осадков в I и II декадах июля (136–189 % от нормы) при средней температуре воздуха 16,2–20,1 °С. Повышенная температура воздуха в конце июля – начале августа, которая сложилась на 2,9–3,1 °С выше нормы, способствовала быстрому и дружному созреванию зерна и проведению уборки в ранние сроки. Количество атмосферных осадков за май – август было ниже среднесуточных значений на 19,6 % при крайне неравномерном их выпадении.

Период роста растений 2019 г. характеризовался еще более нестабильными погодными условиями, чем в 2018 г. Слабое увлажнение почвы в мае и сохраняющийся дефицит осадков большую часть июня вызвал существенное уменьшение содержания влаги в почве и обусловил возникновение почвенной засухи. Из-за высоких температур и недостатка влаги в почве ухуд-

шились условия для формирования и налива колоса озимой пшеницы. В июле преобладала неустойчивая прохладная погода. Средняя температура воздуха за месяц составила +15 °С, что на 2,5 °С ниже климатической нормы. Количество осадков в июле оказалось близким к климатической норме. Количество атмосферных осадков за май – август было выше среднесуточного уровня на 11,8 %, но дожди проходили крайне неравномерно, что привело к дефициту влаги в весенне-летний период.

Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период озимой мягкой пшеницы в 2017 и 2019 г. составил 1,74 и 1,73 соответственно при среднесуточном значении 1,63, что свидетельствует о достаточном увлажнении. В соответствии с ГТК вегетационные периоды сложились крайне благоприятными для роста и развития пшеницы. Однако наибольшая урожайность была получена в 2017 г., так как основное количество осадков выпало в первой половине вегетационного периода, а в 2019 г. – во второй. Условия 2018 г. для роста и развития озимой пшеницы оказались малоблагоприятными, ГТК находился в пределах 1,17, что на 33,8 % ниже среднесуточных значений.

Таким образом, агроклиматические условия в годы исследований отличались многогранностью, что позволило ускоренно и объективно оценить экологическую адаптивность и пластичность сортообразцов озимой мягкой пшеницы.

Для изучения стабильности и пластичности использовали сортообразцы озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания и сорт Элегия, который является контролем (К).

Урожайность служила учетным признаком. Данные исследований обрабатывали по методике Eberhart S. A., Russell W. A. (1966) в изложении Зыкина В. З. (1984) [3]. В основе данного метода лежит расчет коэффициента линейной регрессии (b_i), который характеризует экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (S_i^2), что определяет стабильность сорта в различных условиях среды [1, 3].

Результаты исследований и их обсуждение

Рассчитанные параметры стабильности (среднее квадратичное отклонение от линии регрессии) и пластич-



Изучение сортообразцов озимой мягкой пшеницы, питомник конкурсного сортоиспытания



Производственные опыты в "Шипяны-АСК", пшеница озимая мягкая, сорт «Элегия»

ности (коэффициент регрессии) сортообразцов озимой мягкой пшеницы представлены в таблице.

Анализ результатов, полученных за три года исследований показал (таблица), что урожайность изучаемых сортообразцов озимой мягкой пшеницы колебалась от 91,0 до 120,5 ц/га в 2017 г.; от 49,1 до 79,1 ц/га в 2018 г.; от 59,1 до 84,9 ц/га в 2019 г.

Наибольшую урожайность за период исследований показали сортообразцы 1128-4-11 и 1338-1-1, однако наблюдались значительные различия по проявлению этого признака. К примеру, у сортообразца 1128-4-11 урожайность варьировала от 70,9 до 113,1 ц/га, а у образца 1338-1-1 – от 62,6 до 119,3 ц/га. Самую низкую урожайность показали сортообразцы 1328-2-3 (от 57,2 до 109,3 ц/га) и 1202-2 (от 59,0 до 107,4 ц/га).

За годы исследований агрометеорологические условия формировались разнообразно. Исходя из сложившихся внешних условий произрастания, обусловленных гидротермическим режимом, удалось более объективно оценить изучаемые сортообразцы.

Как было установлено, индекс условий среды (\bar{I}_j) по годам изменялся от -22,6 до +31,5. Положительное значение индекса условий среды формируется благодаря более полной реализации потенциальных возможностей генотипов в данных условиях, и, в свою очередь, высокие отрицательные индексы свидетель-

ствуют о низком адаптивном потенциале анализируемых сортообразцов.

Гидротермические условия 2017 г. были наиболее благоприятными для озимой мягкой пшеницы, о чем говорит положительный индекс условий среды – $\bar{I}_j = +25,4$ на обычной технологии возделывания и $\bar{I}_j = +31,5$ на интенсивной. Первая половина вегетационного периода выдалась умеренно теплой и отличалась хорошей влагообеспеченностью. Во время роста и развития растения не испытывали недостатка влаги (ГТК – 1,74 при среднемноголетнем значении 1,63), что позволило собрать рекордные урожаи.

Сравнивая гидротермические условия 2017 и 2019 г., можно заключить, что по ГТК они практически не отличались, однако в 2017 г. основное количество осадков пришлось на первую половину вегетационного периода, а в 2019 г. – на вторую: растения испытывали дефицит влаги в критических фазах развития. Индекс условий среды в 2019 г. оказался отрицательным и составил $\bar{I}_j = -13,3$ на обычной и $\bar{I}_j = -8,4$ на интенсивной технологии возделывания. В сравнении с 2017 г. недобор урожая составил порядка 35 %.

Самые худшие условия для возделывания озимой мягкой пшеницы сложились в 2018 г., что подтверждено высокими отрицательными значениями индекса среды – $\bar{I}_j = -22,6$ на обычной технологии возделывания

Урожайность и параметры экологической стабильности и пластичности сортообразцов озимой мягкой пшеницы (среднее, 2017–2019 гг.)

Сортообразец	Урожайность, ц/га						$\sum \chi_i$	χ_i	b_i	S_i^2
	2017 г.		2018 г.		2019 г.					
	I	II	I	II	I	II				
Элегия (К)	106,3	116,3	56,9	60,6	67,3	73,7	481,2	80,2	1,10	12,9
1372	102,9	112,5	64,1	71,9	74,0	61,2	486,6	81,1	0,90	49,9
1339-1-1	113,2	113,6	49,1	67,7	78,1	72,8	494,5	82,4	1,11	49,4
1385	113,9	114,3	50,4	54,7	82,6	65,9	481,8	80,3	1,18	122,3
1172-3-2	101,1	107,7	57,1	65,2	77,5	74,6	483,2	80,5	0,86	27,4
1172-3-1	91,0	111,3	64,5	75,3	59,1	83,5	484,7	80,8	0,75	90,6
1228-4-1	98,2	113,1	64,6	71,6	72,2	84,3	504,0	84,0	0,79	27,6
1228-4-2	111,6	116,1	58,2	71,1	64,8	68,7	490,5	81,7	1,11	8,8
1391	115,5	115,6	62,0	75,0	65,0	71,1	504,3	84,0	1,08	21,2
1338-1-1	110,2	119,3	62,6	79,1	63,8	70,7	505,7	84,3	1,06	34,7
1202-1	110,9	110,9	64,8	78,0	61,7	72,2	498,5	83,1	0,95	40,1
1209-2-1	115,9	120,5	54,7	70,1	70,6	71,7	503,5	83,9	1,21	5,2
1202-2	104,5	107,4	59,0	62,6	60,3	84,6	478,4	79,7	0,94	61,0
1128-4-11	109,5	113,1	65,1	72,9	70,9	78,1	509,6	84,9	0,92	1,8
1328-2-3	105,4	109,3	57,2	64,1	62,1	69,5	467,6	77,9	1,02	3,6
$\sum \chi_i$	1610	1701	890	1040	1030	1102	$\sum_i \sum_j \chi_{ij} = 7373,83$			
χ_i	107,3	113,4	59,4	69,3	68,7	73,5				
\bar{I}_j (индекс среды)	25,4	31,5	-22,6	-12,6	-13,3	-8,4				
HCP _{0,5} технол.	1,99 ц/га		2,53 ц/га		1,18 ц/га		-			
HCP _{0,5} сорт	5,44 ц/га		6,94 ц/га		3,22 ц/га					
HCP _{0,5} част. ср.	7,70 ц/га		9,81 ц/га		4,56 ц/га					

Примечание – Технология возделывания: I – обычная, II – интенсивная.

и $\dot{I}_j = -12,6$ на интенсивной. В сравнении с 2017 и 2019 г. продуктивность агробиоценоза была ниже на 40 % и 20 % соответственно.

Как следует из результатов исследований, изучаемые сортообразцы озимой пшеницы различались не только по уровню проявления признака, но и по реакции на агроклиматические условия.

Нестабильные климатические условия вкупе с недостаточной сбалансированностью адаптивных возможностей используемых сортов и селекционных образцов пшеницы приводят к значительным колебаниям урожайности. Коэффициент линейной регрессии (b_i) урожайности сортов показывает их реакцию на изменение условий выращивания. Чем выше значение коэффициента $b_i > 1$, тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как способны положительно на нее реагировать. В случае $b_i < 1$ сорт слабее реагирует на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов. Такие сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где от них может быть получена наибольшая отдача при минимуме затрат [9].

Коэффициенты линейной регрессии (b_i) и дисперсия (S_i^2) дают наглядную информацию о реакции сортообразцов озимой мягкой пшеницы на изменение условий выращивания.

По наибольшей отзывчивости на улучшение условий среды выделился сортообразец 1209-2-1 ($b_i = 1,21$), это свидетельствует о том, что он относится к интенсивному типу, при этом отличился стабильным поведением, о чем говорит низкое значение коэффициента стабильности ($S_i^2 = 5,2$). Несколько ниже коэффициент линейной регрессии вышел по сортообразцу 1385 ($b_i = 1,18$), при этом он характеризовался чрезвычайно нестабильным поведением, об этом свидетельствует высокое значение коэффициента стабильности ($S_i^2 = 122,3$)

Исследования позволили установить, что к образцам с высокой отзывчивостью на изменение условий произрастания относятся сортообразцы 1339-1-1 и 1228-4-2, их коэффициенты линейной регрессии равны $b_i = 1,11$, однако данные линии имеют значительные отличия по коэффициенту стабильности: $S_i^2 = 49,2$ и $S_i^2 = 8,8$ соответственно. Сортообразцы озимой мягкой пшеницы 1172-3-1 ($b_i = 0,75$) и 1228-4-1 ($b_i = 0,79$) следует отнести к полуинтенсивному типу, так как отличились слабой реакцией на улучшение условий выращивания.

При расчете среднеквадратичного отклонения (S_i^2) было выявлено, что сортообразцы имеют сильные различия по стабильности. Слабая вариабельность наблюдалась у сортообразцов 1228-4-1 ($S_i^2 = 3,6$), 1209-2-1 ($S_i^2 = 5,2$) и 1228-4-2 ($S_i^2 = 8,8$). Низкие показатели стабильности этих сортообразцов свидетельствуют о том, что при улучшении условий выращивания увеличивается урожайность сортов. Наибольшие колебания урожайности наблюдались у сортообразца 1385, показатель стабильности которого равен $S_i^2 = 122,3$, что свойственно сортам экстенсивного типа.

В условиях нехватки средств на выполнение полного комплекса интенсивной агротехники весьма ценными будут сорта экстенсивного типа, которые дают не самый высокий, но стабильный урожай в изменяющихся условиях окружающей среды. Данными свойствами из ряда изучаемых обладают сортообразцы 1228-4-1, 1172-3-2.

Наиболее ценным из исследуемых сортообразцов озимой мягкой пшеницы можно считать сортообразец 1209-2-1. Данный генотип обладает высокой экологической пластичностью ($b_i = 1,21$) и вместе с тем хорошей стабильностью ($S_i^2 = 5,02$), благодаря этому он ежегодно дает стабильную урожайность зерна независимо от метеорологических условий возделывания.

Выводы

По результатам исследований установлено, что наиболее благоприятными для возделывания озимой мягкой пшеницы сложились агроклиматические условия 2017 г., о чем свидетельствуют высокие положительные значения индекса условий среды – от $\dot{I}_j = 25,4$ до $\dot{I}_j = 31,5$.

Выделены ценные сортообразцы экстенсивного и интенсивного типа, которые в зависимости от уровня интенсификации технологии возделывания обеспечат наибольшую экономическую эффективность.

Установлено, что генотип оказывает решающую роль в формировании устойчивости растений к условиям окружающей среды, это говорит о необходимости включения выделившихся экологически пластичных и стабильных сортообразцов в селекционные программы, а также передачи их в государственное сортоиспытание.

Литература

1. Сравнительная характеристика зерновой продуктивности и параметров адаптивности сортообразцов чумизы / Т. А. Анохина [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2013. – № 2. – С. 69–76.
2. Валежжанин, В. С. Экологическая пластичность и стабильность сортов и линий яровой мягкой пшеницы по урожайности и элементам ее структуры в условиях Приобской лесостепи Алтайского края: дис. ... канд. с.-х. наук / В. С. Валежжанин. – Барнаул, 2012. – 208 с.
3. Зыкин, В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации / В. А. Зыкин, В. В. Мешков, В. А. Сапега. – Новосибирск: Сиб. отд.-е ВАСХНИЛ, 1984. – 24 с.
4. Корзун, А. С. Адаптивные особенности селекции семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О. С. Корзун, А. С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.
5. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь / Мельник В. [и др.] // Отчет о выполнении работ в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт СЕЕФ2016–071-BL). – Минск–Женева, 2017. – 83 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларусі, НПЦ НАН Беларусі по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2012. – 288 с.
7. Пакудин, В. З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений / В. З. Пакудин. – Новосибирск: Наука, 1976. – 189 с.
8. Потанин, В. Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В. Г. Потанин, А. Ф. Алейников, П. И. Стёпочкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Том 18, № 3. – С. 548–552.
9. Удачин, Р. А. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы / Р. А. Удачин, А. П. Головоченко // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 5. – С. 2–6.
10. Чирко, Е. М. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов проса (*Panicum miliaceum*) в условиях юго-западного региона республики / Е. М. Чирко // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2009. – № 3. – С. 49–54.