

Модель сорта озимой мягкой пшеницы для почвенно-климатических условий Беларуси и потенциал ее реализации

Т. В. Мельникова, научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Дата поступления статьи в редакцию 18.01.2024)

В работе представлены результаты комплексного изучения хозяйственно ценных признаков коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы и корреляционной зависимости их с урожайностью. Обоснованы оптимальные значения морфологических показателей растения, соответствующие модели перспективного сорта озимой мягкой пшеницы для почвенно-климатических и агротехнологических условий Республики Беларусь. В процессе изучения коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения были выделены сорта, обладающие отдельными или комплексом хозяйственно ценных признаков, которые рекомендуются в качестве родительских форм для создания нового сорта озимой мягкой пшеницы.

The paper presents the results of a comprehensive study of economically important traits of winter soft wheat accessions and their correlation with yield, and substantiates the optimal values of morphological parameters of a plant corresponding to the model of a promising variety of winter soft wheat for soil and climate and agrotechnical conditions of the Republic of Belarus. In the process of studying the accessions of various ecological and geographical origin the varieties with individual traits or a set of economically important traits were identified; they were recommended to be used as parent forms for creating a new variety of winter soft wheat.

Введение

В селекционной работе важно иметь представление о конечном результате своего труда, об «идеальном сорте», «модели», которая, обладая определенными качественными характеристиками, морфологическими и физиолого-биохимическими признаками и свойствами, способна обеспечить формирование предельно возможного уровня реализации потенциала продуктивности и других ценных хозяйственно-биологических параметров в заданных агроэкологических и производственных условиях [1]. Данная модель должна основываться на уже достигнутом уровне селекционной проработки культуры, принимать во внимание современные исследования и обосновываться, исходя из почвенно-климатических и агротехнологических условий возделывания и направления использования. Принимая

во внимание утверждение, что фенотип растения является результатом реализации генотипа в определенных условиях среды [2], направление селекционной работы необходимо ориентировать на максимальное использование сортом благоприятных факторов и придание ему устойчивости к тем экологическим стрессорам, которые в данной агроэкологической зоне лимитируют величину и качество урожая в наибольшей степени [3].

Н. И. Вавилов указывал на необходимость учитывать огромное число специфических признаков (для пшеницы был приведен 41 признак) [4]. О важности создания и обоснования моделей сортов указывается в работах многих исследователей [5–9]. Для почвенно-климатических и агротехнологических условий Беларуси модели сортов озимой пшеницы разработаны И. К. Коптиком и К. В. Колядой [10, 11]. Отдельные параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры сортов для условий Республики Беларусь

Признак	Модель по И. К. Коптику			Модель по К. В. Коляде
	среднеинтенсивного сорта	интенсивного сорта	высокоинтенсивного сорта	
Урожайность, ц/га	85–90	90–100	101–110	80–100
Продуктивная кустистость, шт.	1,8–2,0	1,9–2,2	2,3–2,5	1,8–2,0
Высота растений, см	85–90*	80–88*	75–80*	90–110
Число колосков в колосе, шт.	17–18	18–19	19–20	17–18
Число зерен в колосе, шт.	37–44	45–50	52–60	36–44
Число зерен в колоске, шт.	2,3–2,4	2,5–2,7	2,8–3,0	2,2–2,4
Масса зерна с колоса, г	1,4–1,8	2,0–2,5	2,3–3,0	1,8–2,0
Масса 1000 зерен, г	41–44	45–50	45–50	41–45
Содержание белка в зерне, %	11,0–12,0	12,0–13,0	12,0–13,0	13,0–14,5
Содержание клейковины в зерне, %	24,0–26,0	25,0–28,0	25,0–28,0	28,0–32,0
Перезимовка, баллов	Уровень контрольного сорта			7,0
Устойчивость к:				
полеганию, баллов	9,0	9,0	9,0	н/д
мучнистой росе, баллов	8,0–9,0	7,0	9,0	7,0
снежной плесени, баллов	н/д	н/д	н/д	н/д
септориозу колоса, баллов	7,0	7,0	8,0–9,0	н/д

* Длина стебля, см.

Анализ литературных данных и многолетних исследований лаборатории озимых зерновых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» показывают, что урожайность сортов озимой пшеницы и ее структурные элементы находятся в сложной зависимости между собой и являются результатом взаимодействия многих факторов внешних условий и генотипических особенностей. Изучение взаимосвязей между морфологическими признаками позволяет спрогнозировать пути повышения эффективности отбора по отдельным признакам.

В связи с этим в коллекционном питомнике нами проведена комплексная оценка 90 образцов озимой мягкой пшеницы с целью изучения характера и силы сопряженности хозяйственно ценных признаков между собой на основе корреляционного и регрессионного анализа и поиск генотипов, близких по своим параметрам к модельному сорту.

Методика и условия проведения исследований

Исследования проводили в 2017–2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», руководствуясь методическими указаниями по изучению мировой коллекции пшеницы [12].

Площадь делянки – 5 м², повторность – двукратная. Предшественник – озимый рапс на семена, норма высева – 400 зерен/м². Почва дерново-подзолистая супесчаная. Агрохимические показатели пахотного слоя: рН(KCl) 5,83–6,03, содержание подвижного Р₂О₅ – 178–254 мг/кг, К₂О – 278–420 мг/кг почвы. Статистическую обработку экспериментального материала осуществляли с использованием ЭВМ и программы MS Excel.

Как отмечал В. А. Кумаков, «при создании модели сорта наиболее правильным и перспективным считается использование базового сорта (контроля), на генотипе которого приводятся уровни признаков и их вклад в сбалансированность генетической системы» [5]. В наших исследованиях в качестве контрольного сорта использовали сорт Элегия (контроль в ГСИ).

Результаты исследований и их обсуждение

Урожайность зерна коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы в среднем за 2018–2020 гг. находилась в пределах 32,7–100,1 ц/га. Контроль Элегия сформировал 88,4 ц/га зерна. Коллекционные образцы Skagen, Samurai, Побак, Платин, Catalus, Dromos, Cubus, Acratos (Германия) и Амелия (Беларусь) превысили контроль на 0,8–11,7 ц/га.

Зимостойкость у образцов озимой мягкой пшеницы в среднем за три года изучения варьировала от 3,1 до 9,0 баллов. У контроля она составила 7,7 баллов. Превысили Элегию по этому показателю 17 образцов. Следует выделить коллекционные образцы Lada odes'ka (Украина), Влади и Немчиновская 40 (Россия), у которых зимостойкость была на уровне 9 баллов. Можно предположить, что вовлечение данных сортов в селекцию позволит создать высокозимостойкий сорт.

Продуктивная кустистость в среднем за годы исследований у растений контрольного сорта составила 5,0 шт., а у изученных нами генотипов озимой пшеницы она изменялась в широком диапазоне – от 1,9 до 5,8 шт., при этом только четыре сорта превысили контроль: Cubus (Германия), Нива Київщини (Украина), Prairie Red и Yumar (США).

Высота растений у образцов варьировала от 60,2 до 108,0 см. У сорта Элегия в среднем за годы исследований она составила 91,9 см. Сорта, показавшие урожайность на уровне 96–115 % к контролю [12], характеризовались высотой растений в диапазоне 73,1–92,7 см.

Количество зерен в главном колосе по результатам изучения изменялось в интервале от 27,1 до 48,9 шт., а 13 сортов превысили контроль (42,4 зерен/колос) по данному показателю. Выделились образцы Skagen, Cubus, Catalus, Побак, Acratos (Германия), Madejka (Украина) и Ода (Беларусь), сформировавшие 45,0 шт. и более зерен в главном колосе.

Количество зерен в колоске у коллекционных образцов варьировало от 1,49 до 2,64 шт. при величине данного показателя у контрольного сорта 2,15 шт. Элегию превысили 34 образца, из которых можно выделить высокоурожайные сорта Skagen, Побак, Catalus, Cubus (Германия), Княгиня Ольга, Ukrainka odes'ka, Viktoria odes'ka (Украина) с числом зерен в колоске на 0,20–0,43 шт. больше, чем у контроля.

Масса зерна главного колоса у образцов коллекции находилась в пределах от 1,19 до 2,91 г (у Элегии – 2,03 г). По результатам изучения были выделены коллекционные образцы немецкой селекции Catalus, Batis и Cubus с очень большой массой зерна главного колоса (>2,60 г). Полученные данные свидетельствуют о том, что при проведении селекционной работы по данному признаку можно создать сорт с массой зерна главного колоса до 2,90 г.

Масса 1000 зерен у сорта Элегия была на уровне 47,2 г. По коллекции данный показатель варьировал в широком диапазоне – от 36,1 до 52,7 г. За годы изучения 27 коллекционных образцов превысили контроль. Наибольший интерес представляют сорта Catalus, Acratos (Германия), Юнак (Болгария) и Torysa (Словакия), у которых превышение над контролем в среднем за годы исследований составило 3,7–5,5 г.

Длина главного колоса находилась в диапазоне от 7,8 до 11,2 см. Превысили контроль по этому показателю 15 образцов, но наиболее высокие значения были отмечены у сортов Амелия, Ода (Беларусь), Skagen, Batis (Германия) и Мера (Россия). Привлечение данных сортов в селекционный процесс поможет создать сорт с длиной колоса до 11,0 см.

Количество колосков с главного колоса находилось в интервале от 15,1 до 20,6 шт. У контроля Элегии в среднем за годы изучения данный показатель был на уровне 19,7 шт. Анализ признака показал, что 12 образцов превысили контроль по количеству колосков с главного колоса, а восемь из них (Skagen, Samurai, Dromos, Cubus, Acratos, Batis, Этана, Бонанза (Германия), Амелия (Беларусь)) сформировали урожайность выше, либо на уровне Элегии, следовательно, привлечение данных сортов в гибридизацию может увеличить количество колосков колосе до 20,0–20,6 шт.

Полегание растений изучаемого коллекционно-материала озимой мягкой пшеницы по результатам трехлетних исследований варьировало от 5,3 до 8,3 баллов. У 41 образца полегания растений отмечено не было (9 баллов). Среди образцов, выделенных по урожайности, полегания растений во все годы изучения не наблюдалось у Samurai, Catalus, Dromos, Cubus (Германия).

Устойчивость к снежной плесени у коллекционных образцов в среднем ранжировала от 5,7 до 8,2 баллов. Устойчивость выше контроля к данному патогену показали 32 сорта. Можно отметить образцы Odes'ka 267, Ластівка одеська (Украина) и Юнона (Россия). У этих образцов устойчивость к снежной плесени составила 8 баллов.

Устойчивость к мучнистой росе в среднем за годы изучения находилась в пределах 5,7–9,0 баллов. У Элегии данный показатель был на уровне 7,8 баллов. Устойчивость выше контроля показали 37 коллекционных образцов. У сортов Бонанза (Германия), Влади (Россия), Madyarka, Vil'shana (Украина), Княгиня Ольга (Украина) была отмечена устойчивость 9 баллов.

Устойчивость к септориозу колоса у коллекционных образцов в среднем ранжировала от 1 до 9 баллов. Устойчивость выше 7 баллов показали 37 сортов. Выделился сорт отечественной селекции Ода с высоким баллом устойчивости к септориозу колоса (9 баллов).

Количество сырого белка в зерне за три года изучения варьировало от 13,8 до 18,5 %. У контрольного сорта содержание сырого белка составило 14,5 %. Подавляющее большинство образцов (80 %) превысили контроль. Самые высокие показатели по данному признаку были отмечены у Gaoyou 9618, Nurlu 99 и Jing 9428 (Китай).

В среднем за годы изучения коллекции содержание сырой клейковины в зерне было в пределах 28,9–36,7 %. По данному показателю 85 % коллекционных образцов превысили контроль Элегии (31 %). Сортообразцы Yangmai 11, Gaoyou 9618 (Китай), Nurlu 99 (Азербайджан) и PL 145 (США) имели самое высокое содержание сырой клейковины (>36,5 %).

В связи с тем что коллекционные образцы, характеризовавшиеся высокими качественными показателями, сформировали низкую урожайность (у высокоурожайных наблюдался «эффект разбавления») и не заслуживают внимания, а между содер-

жанием белка и клейковины в зерне и урожайностью озимой мягкой пшеницей отсутствует положительная корреляционная связь (–0,74 и –0,64 соответственно), в модель сорта не следует закладывать большое увеличение данных показателей. Вполне достаточно для высокоурожайного сорта сохранение содержания сырых белка и клейковины на уровне контрольного сорта. Выделены сорта с урожайностью зерна выше или на уровне Элегии, но превысившие ее по содержанию сырого белка на 0,8–1,8 %, сырой клейковины – на 0,5–3,1 %: Samurai, Платин, Acratos, Batis, Этана, Бононза, Фагус (Германия), Княгиня Ольга (Украина).

Для более целенаправленной оценки исходного материала нами изучен характер и степень проявления связи комплекса морфологических признаков с урожайностью зерна озимой пшеницы путем корреляционного и регрессионного анализа. Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке.



В среднем за годы исследования была отмечена заметная (согласно шкале Чеддока) положительная взаимосвязь между урожайностью зерна и устойчивостью к септориозу колоса ($r = 0,65$), урожайностью зерна и устойчивостью к мучнистой росе ($r = 0,56$), между урожайностью зерна и числом зерен в главном колосе ($r = 0,56$), между урожайностью зерна и продуктивной кустистостью ($r = 0,52$), умеренная положительная – между урожайностью зерна и перезимовкой растений ($r = 0,41$), между урожайностью зерна и массой зерна с главного колоса ($r = 0,40$), между урожайностью зерна и высотой растений ($r = 0,38$). Полученные данные показывают, что в селекционной работе при отборе по вышеперечисленным признакам будет увеличиваться и урожайность зерна. Между урожайностью зерна и массой 1000 зерен связь слабая ($r = 0,26$). Продуктивность колоса формируется за счет количества зерен и их крупности. В результате корреляционного анализа установлено, что масса зерна с главного колоса в большей степени зависела от числа зерен в колосе ($r = 0,65$) и в меньшей – от массы зерновки ($r = 0,49$). Высокая корреляция между урожайностью зерна и числом зерен в колосе свидетельствует о том, что селекция на повышенное количество зерен более эффективна, чем на их крупность, однако излишне уклоняться в сторону увеличения одного из отмеченных признаков не следует, необходимо соблюдать соответствующий баланс. Между числом зерен в главном колосе и числом зерен в колоске характер взаимосвязи был положительный высокий ($r = 0,85$), а между числом зерен в главном ко-

лосе и числом колосков отмечено ее отсутствие ($r = -0,08$).

Регрессионный анализ данных дал возможность определить параметры структурных элементов продуктивности модельного сорта при максимально возможной урожайности. Так, при урожайности зерна 90–100 ц/га продуктивная кустистость должна составлять 3,5–5,0 шт., число колосков в колосе – 19–21 шт., число зерен в главном колосе – 40–50 шт., число зерен в колоске – не менее 2,0 шт., масса зерна с колоса – 2,0–2,6 г, длина колоса – 10,0–11,0 см, масса 1000 зерен – 43–50 г, высота растений – 75–95 см, содержание белка и клейковины – не менее контроля. Должна быть устойчивость к снежной плесени и септориозу колоса, высокая устойчивость к мучнистой росе и условиям перезимовки, к полеганию – очень высокая (таблица 2).

Базисный сорт Элегия уступает модельному сорту по основным хозяйственно полезным признакам. Следует отметить, что в изученном коллекционном материале присутствуют образцы, превосходящие модельный сорт по комплексу признаков. Например, сорт Catalus превосходит базисный сорт по урожайности зерна, продуктивной кустистости, числу зерен в главном колосе, массе зерна с главного колоса, числу зерен в колоске, массе 1000 зерен, содержанию белка и клейковины, устойчивостью к полеганию. Сорта Skagen, Cubus, Acratos (Германия) превысили Элегию по шести признакам, Samurai (Германия) – по пяти, Побак, Dromos, Batis (Германия), Амелия (Беларусь) – по четырем.

Таблица 2 – Модель перспективного сорта озимой мягкой пшеницы и источники признаков для ее реализации

Признак	Элегия (ГСИ)	Элегия, (наши исследования)	Расчетные параметры модели	Источники признака
Урожайность, ц/га	71,7–84,3	88,4	90–100	Skagen, Samurai, Побак, Платин, Catalus, Dromos, Cubus, Acratos, Амелия
Продуктивная кустистость, шт.	3,2	5,0	3,5–5,0	Cubus, Нива Київщини, Prairie Red, Yumar
Высота растений, см	78,3	91,9	75–95	Skagen, Samurai, Побак, Платин, Catalus, Dromos, Амелия, Acratos
Число колосков в колосе, шт.	21,0	19,7	19–21	Skagen, Samurai, Dromos, Cubus, Acratos, Амелия, Batis, Этана, Бонанза
Число зерен в колосе, шт.	43,4	42,4	40–50	Skagen, Cubus, Catalus, Побак, Acratos, Madejka, Ода
Число зерен в колоске, шт.	2,1	2,15	2,0–2,5	Skagen, Побак, Catalus, Cubus, Княгиня Ольга, Ukrainka odes'ka, Viktoria odes'ka
Масса зерна с колоса, г	2,1	2,03	2,0–2,6	Catalus, Batis, Cubus
Длина колоса, см	9,5	9,4	10,0–11,0	Амелия, Ода, Skagen, Batis, Мера
Масса 1000 зерен, г	40,2	47,2	43–50	Catalus, Acratos, Юнак, Torysa
Содержание белка в зерне, %	14,3	14,5	14,5–16,0	Samurai, Платин, Acratos, Batis, Этана, Бонанза, Фагус, Княгиня Ольга
Содержание клейковины в зерне, %	33,7	31,0	31,0–34,0	
Перезимовка, баллов	7,0	7,7	7,0–8,0	Lada odes'ka, Влади, Немчиновская 40
Устойчивость к:				
полеганию, баллов	9,0	9,0	9,0	Samurai, Catalus, Dromos, Cubus
мучнистой росе, баллов	н/д	7,8	8,0–9,0	Бонанза, Влади, Madyarka, Vil'shana, Княгиня Ольга
снежной плесени, баллов	н/д	7,2	7,0	Odes'ka 267, Ластівка одеська, Юнона
септориозу колоса, баллов	н/д	6,3	7,0–8,0	Ода

Заключение

Повышение урожайности зерна у новых сортов будет вестись в основном за счет увеличения продуктивной кустистости, количества зерен с колоса при повышении устойчивости к мучнистой росе и септориозу

колоса. С учетом оптимальных параметров основных элементов продуктивности озимой мягкой пшеницы составлена модель сорта в соответствии с установленными почвенно-климатическими условиями в регионе. Так, при урожайности зерна 90–100 ц/га продуктивная кустистость должна составлять 3,5–5,0 шт., число

колосков в колосе – 19–21 шт., число зерен в главном колосе – 40–50 шт., число зерен в колоске – 2,0–2,5 шт., масса зерна с колоса – 2,0–2,6 г, длина колоса – 10,0–11,0 см, масса 1000 зерен – 43–50 г, высота растений – 75–95 см, содержание белка и клейковины – не менее контроля. Сорт должен быть устойчивым к снежной плесени и септориозу колоса, высокоустойчивым к мучнистой росе и условиям переэмоции, устойчивость к полеганию – очень высокая. Спроектированная модель не является окончательной (неизменной) и может корректироваться при смене лимитирующих факторов, сдерживающих проявления генотипа в конкретных условиях среды. Также в результате проведенных исследований выделены источники исходного материала по комплексу хозяйственно ценных признаков, которые следует использовать в качестве родительских форм при создании высокоурожайного сорта озимой пшеницы для условий Республики Беларусь: по урожайности зерна – Skagen, Samurai, Побак, Платин, Catalus, Dromos, Cubus, Acratos (Германия) и Амелия (Беларусь); по продуктивной кустистости – Cubus (Германия), Нива Київщини (Украина), Prairie Red, Yumar (США); по зимостойкости – Lada odes'ka (Украина), Влади и Немчиновская 40 (Россия); по числу колосков в колосе – Skagen, Samurai, Dromos, Cubus, Acratos, Batis, Этана, Бонанза (Германия), Амелия (Беларусь); по числу зерен в главном колосе – Skagen, Cubus, Catalus, Побак, Acratos (Германия), Madejka (Украина) и Ода (Беларусь); по числу зерен в колоске – Skagen, Побак, Catalus, Cubus (Германия), Княгиня Ольга, Ukrainka odes'ka, Viktoria odes'ka (Украина); по массе зерна с главного колоса – Catalus, Batis, Cubus (Германия); по массе 1000 зерен – Catalus, Acratos (Германия), Юнак (Болгария), Torysa (Словакия); длине главного колоса – Амелия, Ода (Беларусь), Skagen, Batis (Германия), Мера (Россия); с высоким содержанием белка и клейковины – Samurai, Платин, Acratos, Batis, Этана, Бонанза, Фагус (Германия), Княгиня Ольга (Украина); с высокой устойчивостью к мучнистой росе – Бонанза (Германия), Влади (Россия), Madyarka, Vil'shana (Украина), Княгиня Ольга (Украина); к септориозу колоса –

Ода (Беларусь); к снежной плесени – Odes'ka 267, Ластівка одеська (Украина) и Юнона (Россия); к полеганию – Samurai, Catalus, Dromos, Cubus (Германия). По комплексу признаков (4 и более) выделены Catalus, Skagen, Cubus, Acratos, Samurai, Побак, Dromos, Batis (Германия), Амелия (Беларусь).

Литература

1. Ковтун, В. И. Модель сорта пшеницы мягкой озимой интенсивного типа для условий Юга, Юго-Востока и Центрально-Черноземной зоны России / В. И. Ковтун, Л. Н. Ковтун // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2022. – № 1 (15). – С. 13–22.
2. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 327 с.
3. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство. Эколого-генетические основы / А. А. Жученко. – Кишинев, 1990. – 567 с.
4. Вавилов Н. И. Научные основы селекции / Н. И. Вавилов. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. – 246 с.
5. Кумаков, В. А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы / В. А. Кумаков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 268 с.
6. Ковтун, В. И. Селекция высокоадаптивных сортов озимой мягкой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России / В. И. Ковтун. – Ростов, 2002. – 318 с.
7. Хангильдин, В. В. Системный анализ теории селекции и прикладные аспекты генетики, цитологии и биотехнологии сельскохозяйственных растений / В. В. Хангильдин. – Одесса: ВСГИ, 1988. – С. 78–90.
8. Бороевич, С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич. – М.: Колос, 1984. – 344 с.
9. Фолтын, Й. Модель сорта (идеотип) пшеницы / Й. Фолтын // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 1980. – № 2. – С. 54–57.
10. Коптик, И. К. Оптимальные параметры морфотипов сортов озимой пшеницы для почвенно-климатических регионов Беларуси / И. К. Коптик // *История Академии аграрных наук Республики Беларусь*. – 2000. – № 4. – С. 44–48.
11. Коледа, К. В. Морфологические признаки и биологические особенности озимой мягкой пшеницы как составляющие параметры модели сортов интенсивного типа / К. В. Коледа, Е. К. Живлюк // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО «Гродненский государственный аграрный университет»*. – Гродно, 2003. – Т. 1, Ч. 1. – С. 305–307.
12. Унифицированный классификатор пшеницы *Triticum L.* / Ф. И. Привалов [и др.] // РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2012. – 57 с.

