

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3- 23-33

УДК 633.14:631.52

ИЗМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТониКИ РАСТЕНИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ

В.В. ЧАЙКИН, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-2447-9944

А.А. ТОРОП, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. ТОРОП, доктор биологических наук

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА», E-mail: niich1c@mail.ru

Изменение архитектоники растения рассматривается в центре в качестве основного направления в селекции озимой ржи на современном этапе. В результате использования источников доминантной короткостебельности устойчивость создаваемых сортов к полеганию увеличилась на 37,0 %, а реальная урожайность – на 17,2 %. У сортов ржи традиционного морфотипа основным фотосинтезирующим органом является стебель. Для сохранения присущего растениям фотосинтетического потенциала на первом этапе были созданы сорта устойчивые к листовым болезням, а в последующем были сформированы крупнолистные популяции и сорта. Чтобы придать последним устойчивость к засухе, использовали формы с эректоидной ориентацией листьев. В результате проведенной работы происходил постепенный рост урожайности и устойчивости к полеганию. Но при этом происходил и постепенный рост напряженности донорно-акцепторных отношений между вегетативной массой побега и наливающимся зерном. Сделан вывод, что для стабильности уровня урожая потенциал продуктивности акцептора (колоса) должен соответствовать потенциальным возможностям побега – донора пластических веществ, необходимых для формирования высокопродуктивного колоса. Количество продуктивных побегов и продуктивность побега (колоса), наиболее часто определяющие уровень урожайности, являются признаками-антагонистами. Поэтому перспективные ценозы могут быть представлены как высокорослыми (порядка 100 см) растениями с крупными листьями и колосьями, так и короткостебельными растениями с менее продуктивным колосом.

Ключевые слова: озимая рожь, селекция, архитектоника растения и посева, «зеленая революция», короткостебельность, ориентация листьев, перспективные ценозы.

CHANGE OF PLANT ARCHITECTONICS AS A DIRECTION IN BREEDING OF WINTER RYE

V.V. Chaikin, ORCID 0000-0003-2447-9944 E-mail: niich1c@mail.ru

A.A. Torop, E.A. Torop

FSBSI «V.V. DOKUCHAEV FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER, VORONEZH»

Abstract: *Change of plant architectonics is considered as the main direction in the selection of winter rye at the Center at the present time. The use of dominant short-stem sources has resulted in an increase in lodging resistance of the developed varieties by 37.0% and an increase in actual yield by 17.2%. In rye varieties of traditional morphotype, the main photosynthetic organ is the stem. In order to preserve the inherent photosynthetic potential of the plants, varieties resistant to leaf diseases were developed in the first phase, followed by development of large-leaf populations and varieties. To impart drought tolerance to the latter, forms with an erectoid leaf orientation were used. As a result of this work, there was a gradual increase in yield and lodging resistance.*

But there was also a gradual increase of donor-acceptor relations between the vegetative mass of the shoot and the maturing grain. It has been concluded that for the stability of the yield level, the productivity potential of the acceptor (spike) must correspond to the potential capabilities of the shoot - the donor of plastic substances necessary for the formation of a highly productive spike. The number of productive shoots and the productivity of the shoot (spike), the most common determinants of the yield level, are antagonistic traits. Therefore, promising cenoses can be represented by both high (of about 100 cm) plants with large leaves and spikes, and short-stemmed plants with a less productive spike.

Keywords: winter rye, selection, plant and sowing architectonics, «green revolution», short-stemness, leaf orientation, promising cenoses.

Введение

В основе «зеленой революции», произведенной Н. Борлаугом, лежит изменение архитектоники растения. Это направление в селекции по своей эффективности не уступает использованию гетерозиса, а объединение их в перспективе должно быть особенно эффективным [4].

В отечественной селекции растений высокая результативность этого направления особенно наглядно показана работами академика П.П. Лукьяненко, его учениками и последователями [3]. Благодаря в основном изменению архитектоники растения, горох из экстенсивной низкоурожайной культуры превратился в высокоурожайную и высокотехнологичную [5, 6]. То же наблюдается и в селекции гречихи [15].

В селекции озимой ржи несовершенство архитектоники растения в свое время послужило одной из причин существенного сокращения ее посевных площадей. Длинный стебель был причиной полегания ее посевов, что затрудняло уборку урожая и приводило к существенным его потерям. Такие сорта нецелесообразно было размещать на повышенных агрофонах, и заложенные в сорте потенциальные возможности оставались нереализованными.

Стремление повысить устойчивость ржи к полеганию за счет укорочения стебля, из-за существования довольно тесной положительной корреляции между длиной стебля и продуктивностью колоса [9], приводило к созданию более устойчивых к полеганию, но недостаточно урожайных сортов. Включение в гибридизацию относительно короткостебельных сортов западноевропейской селекции позволяло создавать популяции с лучшей устойчивостью к полеганию, но, как правило, недостаточно зимостойкие [8].

Значительные перспективы появились в нашей стране только при использовании в селекции новых источников короткостебельности (коллекционный образец ВИР к-10028 и мутант ЕМ-1), обнаруженных профессором В.Д. Кобылянским. Эти образцы являются носителями доминантного гена-супрессора *Hl (Ddw 1)* с широким спектром плейотропии.

Степень плейотропного действия гена *Hl* в значительной степени определяется генетической средой, в которой он действует [2, 7]. В частности, при скрещивании этих источников короткостебельности с разными сортами у гибридов F_1 может наблюдаться как промежуточное наследование высоты, так и сверхдоминирование. Это в равной степени относится и к продуктивности растения, и к ее элементам.

Ценной особенностью указанных источников короткостебельности является то, что их использование позволяет получить лучший по устойчивости к полеганию материал без ухудшения устойчивости к таким важным абиотическим факторам, как засуха и неблагоприятные условия зимовки. Этим обусловлено довольно широкое использование их в селекции ржи в нашей стране и в настоящее время.

Цель работы – показать эффективность изменения архитектоники растения в селекции озимой ржи и наметить перспективные направления в дальнейших исследованиях.

Материал и методы исследований

Исходным материалом для селекции послужила популяция, созданная путем объединения и последующего свободного переопыления большого (более 20) количества

простых гибридов, полученных от скрещивания длинностебельных сортов с источниками доминантной короткостебельности, и примерно такого же количества потомств короткостебельных растений от неконтролируемого переопыления. Учитывая генетические особенности указанных источников короткостебельности (устойчивости к полеганию), использованием такой популяции можно добиться желаемых результатов быстрее и проще.

В дальнейшем при создании нового материала для селекции использовали разработанные в лаборатории оригинальные способы [14].

Полученные результаты и обсуждение

На основе популяции с широкой генетической основой, созданной с использованием гена доминантной короткостебельности, за короткое время (всего за четыре года) был создан сорт Таловская 12. Он превосходил распространенные в регионе сорта харьковской селекции по устойчивости к полеганию в среднем на 1,21 балла (37,0%) и благодаря этому был лучше сорта-стандарта Харьковская 60 по урожайности в среднем за 8 лет на 17,2%. В отдельные годы, когда наблюдалось сильное полегание, его превышение над стандартом по урожайности достигало 42-68% (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели сорта Таловская 12 в конкурсном испытании в сравнении со стандартом

	Урожайность, т/га			Устойчивость к полеганию, 1-5 баллов		
	Харьковская 60	Таловская 12	отклонение	Харьковская 60	Таловская 12	отклонение
1976	4,10	4,50	0,40	2,85	3,64	0,79
1977	3,73	4,22	0,49	3,35	4,39	1,04
1978	6,54	6,63	0,09	3,30	4,47	1,17
1979	7,42	7,53	0,11	3,57	4,62	1,05
1980	3,77	6,22	2,45	3,08	4,76	1,68
1981	5,50	6,14	0,64	3,92	4,54	0,62
1982	4,69	6,66	1,97	2,58	4,78	2,20
1983	5,69	6,69	1,00	3,54	4,63	1,09
Среднее	5,18	6,07	0,89	3,27	4,48	1,21
в %	100	117,2	17,2	100	137,0	37,0

По результатам государственных испытаний новый сорт был рекомендован для возделывания в 5 областях РСФСР и Эстонской ССР. Потенциал урожайности в этих условиях достиг 7,5 т/га, а в производственных – 6 т/га. В дальнейшем на его основе был создан целый ряд коммерческих сортов.

Для повышения устойчивости селекционируемого материала к полеганию, в последующем нами использовались созданные в лаборатории собственные источники устойчивости – прочностебельную популяцию 52 (П-52) и полукарликовую популяцию 57 (П-57). Это позволило существенно улучшить это свойство у сортов последних сроков селекции (табл. 2).

Таблица 2

Устойчивость к полеганию сортов разных сроков селекции, балл

Сорт	Год				Средняя
	2011	2013	2014	2015	
Харьковская 55	3,94	4,21	3,82	2,20	3,54
Таловская 15	4,12	4,92	4,43	2,20	3,92
Таловская 33	4,03	5,00	4,67	2,20	3,98
Таловская 41	4,47	5,00	4,94	3,60	4,50
Таловская 44	4,62	5,00	4,89	3,90	4,60

У сортов ржи традиционного морфотипа основным фотосинтезирующим органом, снабжающим колос метаболитами, является стебель [12]. Поэтому его укорочение отрицательно сказывается на продуктивности колоса. Чтобы сохранить необходимый уровень метаболитов, основными поставщиками их в этом случае должны стать листья, прежде всего. Так как увеличение интенсивности фотосинтеза листьев проблематично [11], можно использовать другие возможности, в частности увеличить площадь фотосинтезирующей поверхности, придав им устойчивость к болезням или увеличить их размеры. Нами были использованы обе возможности. Придание селективируемому материалу устойчивости к болезням, позволило существенно увеличить продуктивность колоса короткостебельных форм (табл. 3).

Исследования, проведенные на модельных популяциях, показали (табл. 4), что по мере снижения высоты растения увеличивается теснота связи массы зерна с колоса с площадью листьев. В длинностебельных популяциях связь массы зерна с колоса с площадью верхних листьев отсутствует и появляется, постепенно усиливаясь, по мере снижения высоты растения.

Таблица 3

Характеристика созданного селекционного материала по устойчивости к болезням и другим важным признакам (1994-1996 гг.)

Изученный материал	Естественный фон			Искусственный инфекционный фон					
	урожайность, т/га	устойчивость к:		поражение:			масса, г		озерненность колоса, %
		полеганию, 1-5 баллов	засухе, 1-5 баллов	ржавчиной, 0,0-3,6 баллов	мучнистой росой, 0,0-3,6 баллов	зерна с 1 колоса	1000 зерен		
				бурой				стеблевой	
Таловская 15	5,0	4,96	3,31	3,15	3,11	0,60	1,09	26,0	65,2
Таловская 29	5,16	4,87	3,33	1,32	1,26	0,40	1,62	33,5	67,5
Новый	5,08	5,00	3,70	1,65	1,52	0,50	1,60	33,7	68,5

Существование такой связи позволяет создавать короткостебельные формы ржи с высокопродуктивным колосом и на их основе получать высокопродуктивные сорта. Такая возможность показана на примере озимой пшеницы [1] и ярового ячменя [13].

Таблица 4

Характеристика модельных популяций, различающихся по высоте растений

Признак	Номер популяции			
	1	2	3	4
Высота, см	129,0 ± 1,8	119,8 ± 1,2	110,4 ± 2,5	107,5 ± 2,1
Масса зерна с колоса, г	2,65 ± 0,08	2,45 ± 0,06	2,68 ± 0,11	2,40 ± 0,10
Площадь 2-х верхних листьев, см ²	30,7 ± 1,1	32,7 ± 1,4	29,5 ± 1,3	29,8 ± 1,1
Площадь флагового листа, см ²	9,5 ± 0,5	10,8 ± 0,6	9,6 ± 0,6	10,0 ± 0,5
Коэффициент корреляции массы зерна с колоса с площадью верхних листьев в популяциях	0,058	0,413	0,501	0,639

Но ни в исходном, ни в коллекционном материалах, крупнолистных форм ржи не существовало, они очень редко, в виде отдельных растений, встречались в некоторых популяциях. Для их выделения использовали специальный способ, разработанный в нашей лаборатории. Из таких единичных растений была сформирована Популяция 54. Она существенно превышала стандарт по площади ассимилирующей поверхности в фазах колошения и налива зерна (табл. 5). Популяции 56 и 57 в период колошения не имели существенных преимуществ по этому показателю над стандартом. Их преимущество было явным в фазе налива зерна.

Таблица 5

Площадь ассимилирующей поверхности и содержание хлорофилла в листьях (1998-1999 гг.)

Популяция	Фаза развития растений			
	колошение		налив зерна	
	площадь, см ²	содержание хлорофилла, мг/г сухого вещества	площадь, см ²	содержание хлорофилла, мг/г сухого вещества
Таловская 15 (стандарт)	59,0 ± 1,7	2,05	17,6 ± 2,3	0,87
Популяция 54	77,7 ± 2,3	1,62	29,5 ± 1,3	1,10
Популяция 56	60,0 ± 1,7	2,48	25,4 ± 1,5	1,19
Популяция 57	62,4 ± 1,8	2,00	37,0 ± 1,3	1,20
НСР _{0,05}		0,26		0,23

По данным В.И. Бабенко, М.Л. Махновской и А.Я. Пушкаренко [1], сорта озимой пшеницы с большой площадью ассимиляционной поверхности более урожайны, особенно в благоприятных условиях, но менее засухоустойчивы. Чтобы устранить этот недостаток нами были созданы крупнолистные формы с эректоидной ориентацией листьев. Как показали результаты исследований, выполненных на модельных растениях, они имеют явные преимущества над другими формами растений, в том числе и над крупнолистными платофиллами (табл. 6). В дальнейшем это было подтверждено при испытании сортов с подобной архитектоникой [14].

Таблица 6

Продуктивность колоса у растений озимой ржи, различающихся по величине и ориентации листьев, г

А Ориентация листьев	В Площадь листа	С Год		Среднее по фактору:	
		2005	2006	А (НСР ₀₅ = 0,16)	В (НСР ₀₅ = 0,16)
Платофиллы	Обычная	2,22	2,33	2,62	2,39
	Увеличенная	2,93	2,98		3,09
Эректоиды	Обычная	2,25	2,74	2,86	
	Увеличенная	3,09	3,37		
Среднее по фактору С (НСР ₀₅ = 0,16)		2,62	2,86		

Поиск перспективных для селекции форм нами был проведен среди принципиально нового селекционного материала, созданного нами. Изучение этого материала в течение трех лет позволило выделить из него наиболее ценные по продуктивности образцы (табл. 7).

Продуктивность новых морфотипов озимой ржи, 2010-2012 гг.

№ п/п	Название	Масса зерна с делянки 1 м ² , г
1	2	3
1	Саратовская 7 х (Саратовская 6 устойчивая к мучнистой росе)	344,2 ± 47,8
2	<i>Таловская 33 прочностебельная</i>	285,5 ± 62,5
3	<i>ПЭК, группа эректоидов</i>	406,7 ± 53,3
4	<i>ПЭК, группа высокоозернённых</i>	444,8 ± 44,7
5	<i>ПЭК, группа карликов</i>	422,8 ± 59,0
6	<i>Популяция 57, отбор короткостебельных</i>	297,8 ± 24,8
7	Таловская 33, отбор на весеннем посеве в засуху	450,2 ± 58,2
8	Таловская 36, отбор на весеннем посеве в засуху	440,0 ± 57,7
9	<i>Крупнолистные платофиллы</i>	421,7 ± 56,6
10	Крупнолистные эректоиды	374,5 ± 22,6
11	Неэректоиды	399,7 ± 37,4
12	<i>Очень крупнолистные платофиллы</i>	404,8 ± 36,7
13	Эректоиды с Популяции 399 с групповой устойчивостью к патогенам	431,7 ± 57,1
14	Короткостебельные крупнолистные платофиллы	384,5 ± 51,5
15	Крупно- и очень крупнолистные эректоиды	387,0 ± 31,3
16	Короткостебельные крупнолистные эректоиды	361,2 ± 33,8
17	Короткостебельные эректоиды	390,0 ± 27,6
18	<i>Короткостебельные платофиллы</i>	427,5 ± 47,1
19	Платофиллы из популяции 399 с групповой устойчивостью	339,7 ± 13,8
20	<i>Популяция с широким гофрированным листом</i>	312,0 ± 26,6
21	«Идеатип»	338,3 ± 37,0
22	Эректоиды с широким флаговым листом	376,7 ± 47,7
23	<i>Популяция с четко выраженной эректоидностью</i>	262,2 ± 25,0
24	Эректоиды с широким гофрированным листом	350,8 ± 39,3
25	Эректоиды крупно- и широколистные	334,2 ± 54,4
26	<i>Платофиллы крупнолистные</i>	424,0 ± 50,6
27	Таловская 41 (стандарт)	340,2 ± 22,0
НСР ₀₅		89,8

При рассмотрении названий выделившихся образцов видно, что в группе как высокопродуктивных, так и низкопродуктивных встречаются разные по архитектонике. Поэтому представляет интерес установить какое влияние на продуктивность и ее элементы оказывают те или иные особенности строения растений. Для этого нами было изучено 29 вариантов морфологии растения.

Результаты их сравнительного изучения позволят более обоснованно подходить к выбору перспективного направления для дальнейшего совершенствования архитектоники ржаного растения, пригодной для создания сортов с повышенным потенциалом продуктивности и адаптивности.

При группировке сходных между собою морфотипов установлено, что на уровне одиночных растений, а точнее побегов, **короткостебельность** не имеет явных преимуществ относительно отдельно взятых элементов продуктивности. Эти формы имеют более мелкое зерно и менее продуктивный колос. Они отличаются худшей эффективностью работы

листьев, но имеют несколько лучшее значение $K_{хоз.}$ и явно лучшие значения широко используемых в международной селекционной практике селекционных индексов – финно-скандинавского, мексиканского и индекса перспективности.

Формы с эректоидной ориентацией листьев имеют явные преимущества по устойчивости к полеганию, немного лучше по продуктивности колоса, имеют несколько мельче зерно и ниже значение $K_{хоз.}$. Их листовая поверхность работает менее эффективно. Но селекционные индексы у них значительно лучше.

Явным преимуществом обладают **крупнолистные формы**. Они, за счет более крупного зерна, имеют высокопродуктивный колос. Для них характерна высокая устойчивость к полеганию, лучшие значения селекционных индексов, особенно мексиканского, но эффективность использования листовой поверхности у них самая низкая.

Все лучшие особенности указанных форм желательно иметь в одном сорте. Мы попытались их объединить, свободно переопылив источники этих признаков в одной искусственно созданной популяции. В одном варианте основу составила Популяция 56 с эректоидной ориентацией листьев, а во втором – полукарликовая популяция 57. В результате селекционной проработки в первом случае был получен сорт Таловская 41, а во втором – Таловская 44. Потенциал обеих сортов превышает 9,4 т/га. Первый сорт по результатам государственного сортоиспытания был рекомендован для возделывания в пяти регионах страны, а второй – в одном (Средневолжском) регионе.

Расчеты коэффициентов корреляции между урожайностью и ее отдельными элементами у сортов Таловская 15 и Саратовская 5, произрастающих в течение многих лет в разнообразных условиях, показали (табл. 8), что в подавляющем большинстве случаев урожайность достоверно (при $P \geq 0,95$) коррелировала с количеством побегов (особенно продуктивных) на единице площади и массой зерна с одного колоса. Довольно часто она коррелировала и с урожаем надземной массы посева, которая, по существу, является производной указанных выше двух элементов.

Таблица 8

Количество значимых (при $P \geq 0,95$) коэффициентов корреляции урожайности с ее элементами, %

Элемент продуктивности	По сводным данным	По сортам	
		Т -15	С - 5
Количество всходов	13,6	11,6 ± 4,88	17,4 ± 7,90
Доля сохранившихся растений	36,4	37,2 ± 7,37	39,1 ± 10,17
Количество растений	15,2	18,6 ± 5,93	13,0 ± 7,01
Доля продуктивных растений	1,5	2,3 ± 2,29	4,3 ± 4,23
Количество продуктивных растений	43,9	41,9 ± 7,52	43,5 ± 10,34
Общее количество побегов	68,2	69,8 ± 7,00	69,6 ± 9,59
Доля продуктивных побегов	19,7	18,6 ± 5,93	13,0 ± 7,01
Количество продуктивных побегов	86,4	90,7 ± 4,43	78,3 ± 8,00
Количество цветков в колосе	39,4	37,2 ± 7,37	39,1 ± 10,17
Озерненность колоса	30,3	34,9 ± 7,27	21,7 ± 8,60
Количество зерен в колосе	43,9	39,5 ± 7,45	56,5 ± 10,34
Масса зерновки	27,3	23,3 ± 6,45	26,1 ± 9,16
Масса зерна с колоса	59,1	55,8 ± 7,57	52,2 ± 10,42
Продуктивная кустистость	31,8	37,2 ± 7,37	17,4 ± 7,90
$K_{хоз.}$	25,8	23,3 ± 7,45	26,1 ± 9,16
Урожай надземной массы	47,0	53,5 ± 7,61	43,5 ± 10,34

Произведение количества продуктивных побегов и продуктивности побега (массы зерна с одного колоса) определяет уровень урожайности. С переходом селекции озимой ржи на короткостебельную основу существенно увеличилась густота продуктивного стеблестоя:

количество продуктивных побегов у сорта Таловская 15 больше, чем у Харьковской 55 на 16,9% (табл. 9). Увеличение реальной продуктивности колоса было меньше почти в два раза, а потенциальная даже уменьшилась на 4,4%. Но в процессе селекции до последнего времени происходил постепенный стабильный прирост потенциальной продуктивности колоса. По густоте продуктивного стеблестоя подобной закономерности не наблюдалось. Добиться одновременного увеличения как густоты продуктивного стеблестоя, так и продуктивности колоса, вероятно, довольно трудно. Как видно на приведенном ниже рисунке, между этими элементами продуктивности существует явная отрицательная корреляция. При этом между продуктивностью колоса и высотой существует, как указывалось выше, положительная корреляция. При этом между продуктивностью колоса и высотой существует, как указывалось выше, положительная корреляция.

Таблица 9

Особенности формирования ценоза у сортов разных сроков селекции, (2011, 2013-2015 гг.)

Признак	Сорт				
	Х-55	Т-15	Т-33	Т-41	Т-44
Высота растения (длина побега), см	115,2	113,6	110,0	101,3	96,6
Количество растений на 1 м ² , шт.	250,8	280,0	236,2	234,0	305,0
Общее количество побегов на 1 м ² , шт.	550,5	605,0	642,8	619,5	630,8
Количество продуктивных побегов на 1 м², шт.	376,0	439,5	468,5	437,2	446,8
Доля продуктивных побегов, %	67,0	69,2	67,3	65,4	69,2
Масса зерна с колоса, г	<u>1,64*</u> 1,26	<u>1,57</u> 1,37	<u>1,79</u> 1,37	<u>1,93</u> 1,39	<u>1,83</u> 1,37
Удельная ценогическая продуктивность, кг/м³	0,924	1,234	1,226	1,315	1,225
К хоз.	0,44	0,49	0,51	0,50	0,49
Количество зерен на 1 м ² , тыс. шт.	16,4	18,1	19,7	19,4	19,2
Коэффициент устойчивости к полеганию	24,3	25,9	26,6	40,2	34,6

**В числителе приведены потенциальные возможности, в знаменателе – их фактические значения.*

По мере укорочения побега увеличивается напряженность донорно-акцепторных отношений между вегетативной массой и наливающимся зерном. Такие сорта формируют высокий урожай только в благоприятных условиях. В неблагоприятных для роста и развития условиях они, из-за недостаточной обеспеченности колоса вегетативной массой, не могут полностью реализовать чрезмерно возросший потенциал колоса (табл. 10). Для стабильности уровня урожая потенциал продуктивности акцептора (колоса) должен соответствовать потенциальным возможностям побега – донора пластических веществ, необходимых для формирования высокопродуктивного колоса

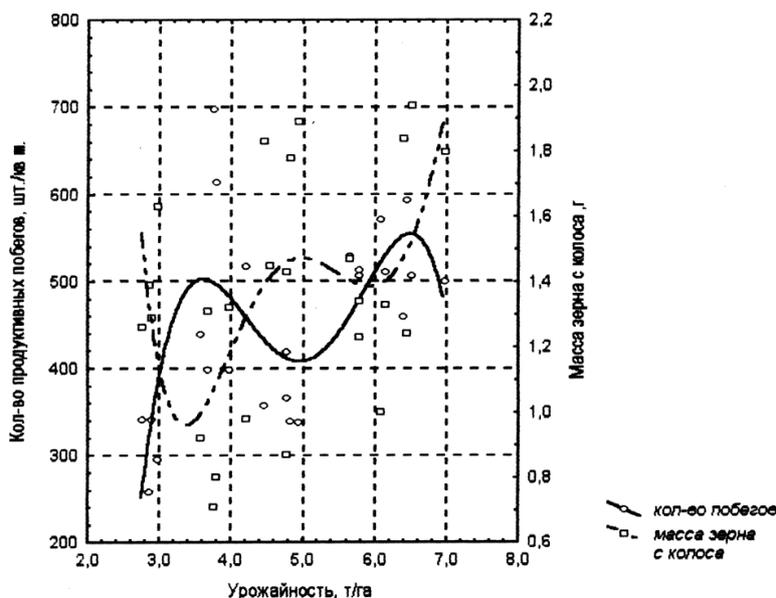


Рис. Изменение количества продуктивных побегов на единице площади и массы зерна с колоса в зависимости от уровня урожайности

Таблица 10

Особенности продукционного процесса изучавшихся сортов в неблагоприятных условиях (2014 г.)

Признак	Сорт				
	X-55	T-15	T-33	T-41	T-44
Масса побега в фазу полного формирования зерна, г	2,01	1,76	1,89	2,03	1,48
Реальная продуктивность, г	0,88	0,83	0,80	0,95	0,93
Потенциальная продуктивность колоса, г	1,46	1,30	1,84	1,76	1,71
Степень реализации потенциала продуктивности колоса, %	60,3	63,9	43,5	54,0	54,4
Коэффициент использования массы побега	43,8	47,2	42,3	45,8	62,8
Коэффициент обеспеченности продуктивности колоса вегетативной массой побега	1,38	1,35	1,03	1,15	0,87

В этих условиях из указанных в таблице 11 вариантов необходимо выбирать компромиссный третий – увеличивать густоту продуктивного стеблестоя и в качестве критерия для отбора использовать урожай надземной биомассы.

Таблица 11

Варианты значений элементов урожайности сорта озимой ржи с урожайностью зерна 10 т/га при $K_{хоз.} = 0,50$

Количество продуктивных побегов на 1 м ² , шт.	Количество зерен в 1 колосе, шт.	Количество зерен на 1 м ² , тыс. шт.						Масса зерна с 1 колоса, г
		33,3	28,9	25,0	22,2	20,0	18,2	
		Масса 1000 зерен, г						
		30	35	40	45	50	55	
400		83	71	62	56	50	45	2,5
550		60	51	45	40	36	33	1,8
700		47	40	35	31	28	25	1,4

Имеющиеся в лаборатории предварительные экспериментальные данные подтверждают реальность этого направления в селекции ржи.

Выводы

Снижение высоты растения, в результате использования в селекции озимой ржи источников короткостебельности, позволило увеличить устойчивость посева к полеганию на 37,0%, а урожайность зерна – на 17,2%.

Сокращение фотосинтезирующей поверхности при переходе селекции ржи на короткостебельный уровень может быть компенсировано созданием сортов, устойчивых к листостебельным болезням, и/или увеличением площади листьев.

Использование форм ржи с эректоидной ориентацией листьев в пространстве, а также полукарликовых форм в практической селекции позволило создать практически значимые сорта, рекомендованные для применения в производстве.

Крупнолистовые формы ржи с эректоидной ориентацией отличаются наиболее продуктивным колосом.

Продуктивность колоса и густота продуктивного стеблестоя являются признаками-антагонистами, они с большим трудом сочетаются в одном сорте. Проще использовать два варианта: сорт, способный формировать густой продуктивный стеблестой с менее продуктивным колосом, и сорт, имеющий мощный побег с высокопродуктивным колосом и менее густым продуктивным стеблестоем. Но в обоих случаях урожайность надземной биомассы и величина К хоз. должны быть максимально возможными.

Литература

1. Бабенко В.И., Махновская М.Л., Пушкаренко А.Я. Морфологические особенности формирования урожая пшеницы в условиях юга Украины // С.-х. биология. – 1984. – № 2. – С. 43-48.
2. Белько Н.Б. Фенотипический эффект доминантного гена Н1 и влияние генетической среды на его проявление // Сб. научн. трудов института / Белоцерковский с.-х. институт. – 1981. – С. 76-78.
3. Беспалова Л.А. Развитие генофонда как главный фактор третьей зеленой революции в селекции пшеницы // Вестник РАН. – 2015. – Т. 85, № 1. – С. 9-11.
4. Гончарова Ю.К. Генетические основы гетерозиса // Уфа: БашНИИСХ, 2008. – С. 146-156.
5. Зеленев А.Н. Стратегия и тактика современной селекции гороха // Селекция, семеноводство и генетика. – 2015. – № 1. – С. 32-35.
6. Зеленев А.Н., Зеленев А.А. Повышение биоэнергетического потенциала растений – актуальная проблема селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С.9-15.
7. Кедров-Зихман О.О., Шарепов Т.И., Белько Н.Б. Плейотропный эффект доминантного гена карликовости на корреляцию хозяйственно ценных признаков озимой ржи // Генетика продуктивности с.-х. культур. – Минск: Наука и техника, 1978. – С. 27-33.
8. Кондратенко Ф.Т. Селекция озимой ржи на неполегаетость // Селекция и семеноводство. – 1967. – № 2. – С. 48-52.
9. Кондратенко Ф.Т., Гончаренко А.А. Результаты изучения гибридов озимой ржи, полученных с участием мутанта ЕМ-1 // Селекция и семеноводство. – 1974. – № 6. – С. 15-18.
10. Коновалов Ю.Б., Татарина В.В., Хупацария Т.И. Новые морфологические показатели для оценки сортов яровой пшеницы // Доклады ВАСХНИЛ. – 1990. – № 12. – С. 2-4.
11. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.
12. Нальборчик Э. Роль различных органов фотосинтеза в формировании урожая хлебных злаков // Вопросы селекции и генетики зерновых культур. – М., – 1983. – С. 224-230.
13. Патуринский А.В., Кумаков В.А. Сравнительное изучение фотосинтетических показателей сортов пшеницы и ячменя разной продуктивности // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1989. – № 3. – С. 31-36.
14. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А. и др. Практическое использование в селекции озимой ржи способов, позволяющих сочетать в сорте высокую урожайность и адаптивность к условиям среды // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 3. – С. 32-34.
15. Фесенко А.Н., Мазалов В.И., Бирюкова О.В. Сравнительный анализ урожайности сортов гречихи разных лет селекции // Земледелие. – 2017. – № 3. – С. 31-34.

References

1. Babenko V.I., Makhnovskaya M.L., Pushkarenko A.Ya. Morfologicheskie osobennosti formirovaniia urozhaia pshenitsy v us-loviiakh iuga Ukrainy [Morphophysiological features of the formation of wheat yield in the conditions of the south of Ukraine]. *Sel'skokhoziaistvennaia biologia*. 1984. no 2. pp. 43-48.

2. Bel'ko N.B. Fenotipicheskii effekt dominantnogo gena H1 i vliianie geneticheskoi sredy na ego proiavlenie [Phenotypic effect of the dominant H1 gene and the influence of the genetic environment on its manifestation] *Sb. nauchn. trudov instituta*. Belotserkovskii sel'skokhoziaistvennyi institut. 1981. pp. 76-78.
3. Bespalova L.A. Razvitie genofonda kak glavnyi faktor tret'ei zelenoi revoliutsii v selektsii pshenitsy [The development of the gene pool as the main factor of the third green revolution in wheat breeding]. *Vestnik RAN*. 2015. T. 85, no 1. pp. 9-11.
4. Goncharova I.U.K. Geneticheskie osnovy geterozisa [Genetic bases of heterosis] Ufa: BashNIISKH, 2008. pp. 146-156.
5. Zelenov A.N. Strategii i taktika sovremennoi selektsii gorokha [Strategy and tactics of modern pea breeding]. *Selektsiia, semenovodstvo i genetika*. 2015. no 1. pp. 32-35.
6. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Povysenie bioenergeticheskogo potentsiala rastenii – aktual'naia problema selektsii gorokha [Increasing the bioenergetic potential of plants is an urgent problem of pea breeding]. *Zernobobovye i krupianye kul'tury*. 2016. no 4 (20). pp.9-15.
7. Kedrov-Zikhman O.O., Sharepo T.I., Bel'ko N.B. Pleiotropnyi effekt dominantnogo gena karlikovosti na korreliatsiiu khoziaistvenno tsennykh priznakov ozhimoi rzhi [Pleiotropic effect of the dominant gene of dwarfism on the correlation of economically valuable traits of winter rye]. *Genetika produktivnosti s.-kh. kul'tur*. Minsk: Nauka i tekhnika, 1978. pp. 27-33.
8. Kondratenko F.T. Selektsiia ozimoi rzhi na nepolegaemost' [Breeding of winter rye for non-burning]. *Selektsiia i semenovodstvo*. 1967.– no 2.– pp. 48-52.
9. Kondratenko F.T., Goncharenko A.A. Rezul'taty izuchenii gibridov ozimoi rzhi, poluchennykh s uchastiem mutanta EM-1 [The results of studying winter rye hybrids obtained with the participation of the EM-1 mutant]. *Selektsiia i semenovodstvo*. 1974. no 6. pp. 15-18.
10. Konovalov Iu.B., Tatarina V.V., Khupatsariya T.I. Novye morfofiziologicheskie pokazateli dlia otsenki sortov iarovoi pshenitsy [New morphophysiological indicators for assessing spring wheat varieties]. *Doklady VASKHNIL*. 1990. no 12. pp. 2-4.
11. Kumakov V.A. Fiziologicheskoe obosnovanie modelei sortov pshenitsy [Physiological substantiation of models of wheat varieties]. Moskva: Agropromizdat, 1985. 270 p.
12. Nal'borchik E. Rol' razlichnykh organov fotosinteza v formirovanii urozhaiia khlebnnykh zlakov [The role of various organs of photosynthesis in the formation of grain crops]. *Voprosy selektsii i genetiki zernovykh kul'tur*. M., – 1983. pp. 224-230.
13. Paturinskii A.V., Kumakov V.A. Sravnitel'noe izuchenie fotosinteticheskikh pokazatelei sortov pshenitsy i iachmenia raznoi produktivnosti [Comparative study of photosynthetic indicators of wheat and barley varieties of different productivity]. *Sib. vestn. s.-kh. nauki*. 1989. no 3. pp. 31-36.
14. Torop A.A., Chaikin V.V., Torop E.A. et al. Prakticheskoe ispol'zovanie v selektsii ozimoi rzhi sposobov, pozvoliaiushchikh sochetat' v sorte vysokuiu urozhainost' i adaptivnost' k usloviyam sredy [Practical use in breeding winter rye of methods that allow combining high yield and adaptability to environmental conditions in the variety]. *Dostizheniia nauki i tekhn. APK*. 2020. no 3. pp. 32-34.
15. Fesenko A.N., Mazalov V.I., Biryukova O.V. Sravnitel'nyi analiz urozhainosti sortov grechikhi raznykh let selektsii [Comparative analysis of the yield of buckwheat varieties of different years of selection]. *Zemledelie*. 2017. no 3. pp. 31-34.