

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) =Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина (междисциплинарный). – 2023. -№ 1 (116). - С.21-33.

doi.org/ 10.51452/kazatu.2023.1(116).1286

УДК 633.111.1

**РАННЕЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКА КОРОТКОСТЕБЕЛЬНОСТИ И ДЛИНЫ  
КОЛЕОПТИЛЯ МЕЖСОРТОВЫМИ ГИБРИДАМИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ  
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

*Зотова Людмила Петровна*

*PhD*

*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: lupezo\_83@mail.ru*

*Серета Татьяна Григорьевна*

*Научный сотрудник отдела селекции и семеноводства*

*ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция им.А.Ф.Христенко»*

*Карагандинская обл., Бухар-Жырауский р-н, с.Центральное*

*E-mail: sereda\_t@bk.ru*

*Гаджимурадова Айсарат Махмудовна*

*Научный сотрудник*

*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: aisarat3878@mail.ru*

*Лянг Чен*

*Государственная лаборатория биологии стресса*

*сельскохозяйственных культур в засушливых районах*

*Агрономический колледж Северо-Западного университета*

*Янлин, Шэньси, Китай*

*E-mail: chenliang9117@nwfufu.edu.cn*

*Жирнова Ирина Александровна*

*Ассистент*

*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: ira777.89@mail.ru*

*Ильасова Диана Жасулановна*

*Студент 4 курса*

*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: ilyasova.2001@mail.ru*

**Аннотация**

Важным урожайным свойством пшеницы является длина видоизмененного первичного листа, колеоптиля. Длинный колеоптиль предпочтительнее в регионах выращивания пшеницы, где преобладают засушливые периоды вегетации и практикуется глубокий посев и, так как именно он осуществляет защитную функцию при прорастании семян. Центральный и Северный регионы Казахстана являются основными производителями пшеницы. В последние годы, в условиях изменяющегося климата, особенно актуальным стало получение устойчивых к засухе, полеганию, новых сортов. При отборе перспективных гибридов немаловажным аспектом является определе-

ние длины колеоптиля. Данный показатель будет определять глубину заделки семян и их полевою всхожесть. В нашем исследовании проводили оценку биометрических показателей высоты растений и длины колеоптиля коллекции зарубежных и казахстанских сортов, в течение 5 лет. После отбора наиболее устойчивых к засухе, продуктивных сортов, устойчивых к полеганию, из 127 сортов отобрано 24 родительских формы для проведения скрещивания. По результатам скрещивания получено 167 гибридов, из которых, по вышеуказанным признакам, отобрали 18 образцов для изучения раннего наследования признака короткостебельности и длины колеоптиля. В результате выделено 3 гибридные формы, где высота соломины составляла от 41 см до 62,5 см (среднее значение для двух изучаемых регионов) при этом длина колеоптиля составила 5,12-5,26 см. При указанной высоте соломины показатель длины колеоптиля является оптимальным для исследуемых областей.

**Ключевые слова:** пшеница; *Triticum aestivum*; гибриды; короткостебельность; колеоптиль.

### Введение

Колеоптиль играет важную роль в укоренении пшеницы (*Triticum aestivum* L.), так как он переносит молодой росток от зародыша к поверхности почвы, защищая его от механического воздействия слоя почвы. Колеоптиль также определяет максимальную глубину посева семян пшеницы. Приблизительно 37% посевных площадей пшеницы, в развивающихся странах, приходится на полусасушливые и засушливые районы, и по сравнению с регионами с более высоким уровнем осадков пшеница в этих засушливых регионах часто высевается глубже, чтобы обеспечить семена достаточным количеством влаги для их прорастания. Однако, при глубоком посеве короткие колеоптили не могут в полной мере выполнить свою защитную функцию и росток вынужден пробиваться самостоятельно, что делает всходы слабыми и изреженными. Поэтому сорта пшеницы с длинными колеоптилями предпочтительнее для глубокой заделки семян [1].

В условиях ограниченной влаги с высокой потребностью в испарении, всходы пшеницы должны быстро появиться и развить листовую площадь, чтобы обеспечить хороший плотный стеблестой, что в свою очередь, снижает количество колосьев на квадратный метр и, следовательно, урожайность зерна. Защищая формирующийся первый лист, колеоптиль имеет решающее значение для достижения хорошего укоренения, а его длина и взаимодействие с физическими свойствами почвы определяют способность сорта появляться из глубины [2].

Согласно рекомендациям по Северо-Казахстанской области и Центральному региону Казахстана, исходя из фона увлажнения, оптимальная глубина заделки семян яровой пше-

ницы находится в пределах 5-7 см [3]. Более длинные колеоптили выгодны во многих сельскохозяйственных системах по всему миру, особенно там, где требуется глубокий посев во влажную среду, где приняты методы сохранения стерни или где культуры высеваются рано в более теплые почвы. В Австралии ограниченный период, в течение которого культуры могут зацвести и созреть, чтобы урожай был максимальным, поэтому период укоренения и появления всходов, которые основываются на длине колеоптиля, очень важны в данном регионе. У австралийских сортов средняя длина колеоптиля варьирует в пределах 11-12 см. Недостаток поверхностной влаги в засушливых регионах во время короткого оптимального посевного окна побуждает фермеров сеять глубоко, но если колеоптиль короткий, первый лист может не появиться или может быть поврежден, что приведет к плохому стеблестою и снижению урожайности [4].

Многие современные сорта не подходят для глубокого посева из-за их коротких колеоптилей, а низкое увлажнение почвы усугубляет это, вынуждая заглублять наибольшую глубину. «Длинноколеоптильные» пшеницы дадут производителям больше возможностей для глубокого посева, но в настоящее время отсутствие знаний о генах, условиях наследования признака, определяющих рост колеоптиля, и эффективных инструментов в селекции не позволяет селекционерам использовать этот важный признак [5]. Снижение урожайности в условиях недостатка влаги, представляет собой проблему во всем мире, где выращивают пшеницу, и, по прогнозам, «длинноколеоптильные» пшеницы помогут смягчить ограничения

на более глубокую заделку семян, вызванные внедрением новых методов управления и изменением климата.

Таким образом, целью данного исследования было проведение анализа высоты растений родительских форм зарубежной и казахстан-

### Материалы и методы

Исследования проводились в период с 2018 по 2022 год на базе КХ «Нива» (Северный Казахстан) и ТОО «Карагандинская сельскохозяйственная опытная станция им.А.Ф.Христенко» (Центральный Казахстан). Всего проанализировано 124 сорта пшеницы и 167 гибридов. Из них по фенологическим показателям были отобраны 23 родительских формы, отличающиеся по высоте растения.

#### Растительный материал

В качестве родительских форм были выбраны полукарликовые сорта пшеницы китайской селекции (Хп03, Хп04, Хп08, Хп09, Хп10, Хп13), австралийской селекции (Gladius, RAC 875, Wyalkatchem, Kite), африканской селекции (ММФ-044), а также российской селекции (Саратовская 66, Лютесценс 141) и казахстанской селекции (Эритроспермум 35, Тәуелсіздік 20, Астана, Акмола 2, Асыл сапа, Актюбинка, Шортандинская 2007, Шортандинская 2012, Шортандинская 2017, Карабалыкская 25).

Гибридизацию проводили «ТВЭЛ»-методом Н.Борлауга ограничено свободного опыления [6].

#### Измерение длины coleoptilia

Для измерения длины coleoptilей 15 семян одинакового размера каждого сорта без

физических повреждений помещали в середину влажной бумаги для проращивания на расстоянии около одного сантиметра друг от друга зародышем вниз. Затем бумагу для проращивания складывали вертикально пополам, поместив семена в складку, сложенную пополам снова складывали по горизонтали четыре раза и помещали в пластиковый лоток с отверстиями в основании для стока лишней воды. Затем пластиковые лотки помещали в полностью затемненную коробку и выдерживали в ростовой камере при постоянной температуре 22°C. Через 10 дней регистрировали среднюю длину coleoptilia 10 случайно выбранных проростков с точностью до миллиметра от основания семени до верхушки coleoptilia. Регистрировали процент всхожести всех линий. Опыт повторяли 3 раза [7].

#### Погодные условия

Погодные условия в Центральном и Северном Казахстане отличаются по показателям среднемесячных температур и осадков, особенно в период вегетации. На рисунках 1-4 представлены данные по температуре и осадкам за 2022 год в сравнении с многолетними показателями.

#### Погодные условия

Погодные условия в Центральном и Северном Казахстане отличаются по показателям среднемесячных температур и осадков, особенно в период вегетации. На рисунках 1-4 представлены данные по температуре и осадкам за 2022 год в сравнении с многолетними показателями.

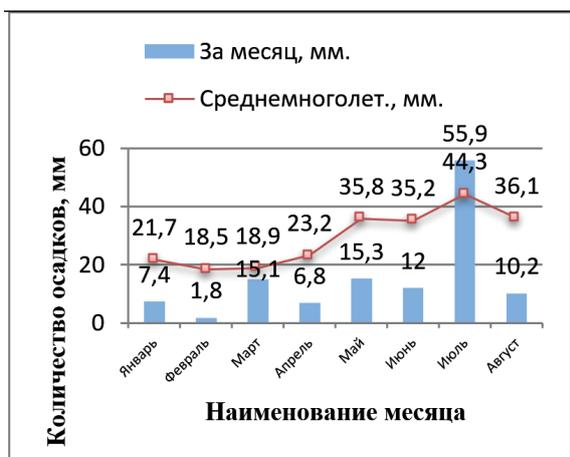


Рисунок 1 - Показатель среднемесячного (2022) и среднемноголетнего количества осадков в Центральном Казахстане

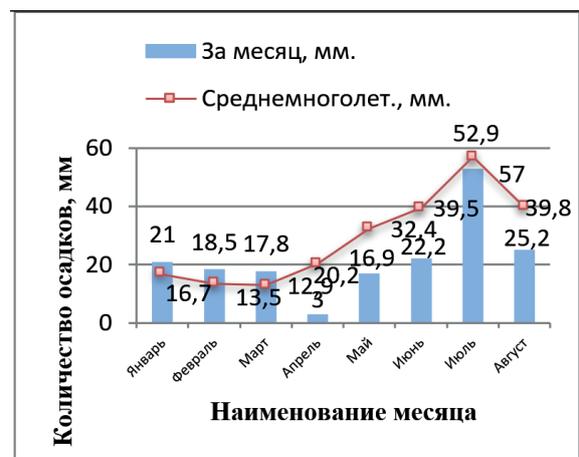


Рисунок 2 - Показатель среднемесячного (2022) и среднемноголетнего количества осадков в Северном Казахстане

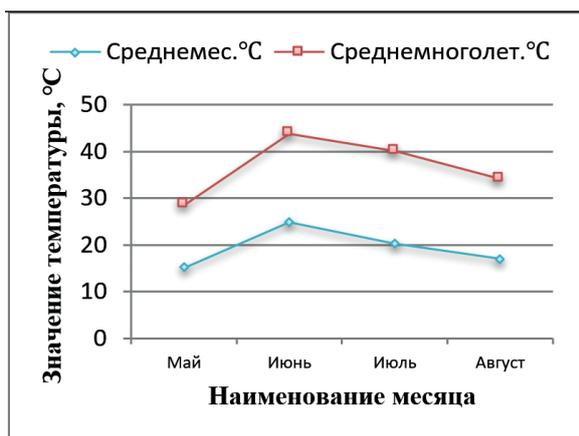


Рисунок 3 - Показатель среднемесячной (2022) и среднемноголетней температур в Центральном Казахстане

Среднемесячные показатели количества осадков в Центральном Казахстане за 2022 год значительно ниже среднемноголетних показателей. Общее количество осадков за 2022 год составило 102,6 мм, что на 109,2 мм меньше среднемноголетнего показателя. Только в июле выпало на 11,6 мм больше осадков по сравнению с многолетними показателями. Температурные показатели за период с января по август 2022 года не значительно отличались от среднемноголетних показателей, за период вегетации в июне среднемесячная температура была выше среднемноголетних показателей на 6°С. Суммарно температура составила 52,1°С за 2022 год, когда как среднемноголетний показатель составлял 36,3°С.

Показатели среднемесячного количества осадков в Северном Казахстане за 2022 год составил 177,5 мм, когда как среднемноголетние показатели составили 232 мм. Максимальное количество осадков выпало в 3 декаде июля

### Результаты

При подборе родительских форм была исследована коллекция яровой мягкой пшеницы в двух различных экологических зонах. Измерение высоты растений родительских форм проводили в течение 5 лет. Данные представлены на рисунке 5 и в таблице 1.



Рисунок 5 – Различие в высоте растений родительских форм и гибридов яровой пшеницы (Северный Казахстан): А - Xn-04 (слева) и Tәuelсіздік 20 (справа); В - WH 143a (слева) WH 132 (справа)

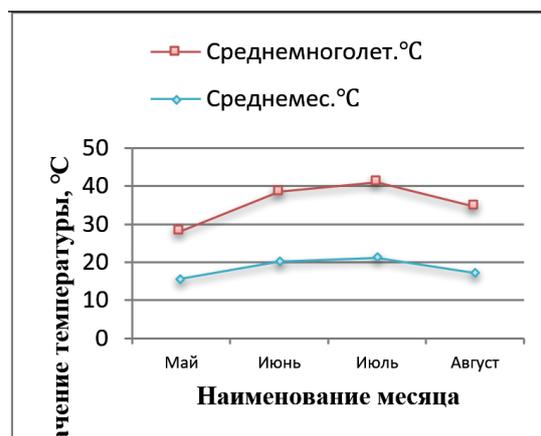


Рисунок 4 - Показатель среднемесячной (2022) и среднемноголетней температур в Северном Казахстане

– 42 мм. Суммарное значение температур за 2022 год в данном регионе составило 56,4°С, при этом среднемноголетний показатель составил 28,3°С.

По итогам за вегетационный период в Центральном Казахстане преобладала засуха, кроме июля, где показатели осадков были выше среднемноголетних показателей. В Северном Казахстане так же был отмечен дефицит влаги и высокие показатели среднесуточных температур в период вегетации. Необходимо отметить, что резкий и длительный недостаток влаги, наблюдался при появлении и формировании всходов в обеих агроэкологических зонах.

*Статистический анализ.* Стандартный статистический анализ результатов проводили с использованием t-критерия Стьюдента (t) и p-значений (p) с применением программы Microsoft Excel 2010. Значение p вычисляли относительно матери и отца гибрида.

Таблица 1 – Высота растений родительских форм различного эколого-географического происхождения в условиях сухостепной зоны Северного и Центрального Казахстана, 2018-2022 гг.

№ п/п	Название	Страна происхождения	Высота, см	
			КХ «Нива», Акмолинская область	ТОО «СХОС им.А.Ф. Христенко», Карагандинская область
1	Xn-03	Китай	53,28±0,08	40,32±0,04
2	Xn-04	Китай	52,94±0,03	48,61±0,08
3	Xn-08	Китай	81,86±0,06	76,28±0,06
4	Xn-09	Китай	83,38±0,05	78,15±0,03
5	Xn-10	Китай	74,96±0,05	72,45±0,04
6	Xn-13	Китай	53,04±0,08	54,58±0,04
7	MMF-044	Африка	53,04±0,06	55,3±0,08
8	Gladius	Австралия	56,12±0,08	47,08±0,03
9	RAC 875	Австралия	51,8±0,08	42,25±0,02
10	Wyalkatchem	Австралия	44,52±0,06	36,81±0,03
11	Kite	Австралия	46,8±0,07	47,12±0,08
12	Эритроспермум 35	Казахстан	95,36±0,06	38,91±0,06
13	Тәуелсіздік 20	Казахстан	80,02±0,06	62,26±0,07
14	Астана	Казахстан	90,92±0,08	49,82±0,08
15	Акмола 2	Казахстан	84,82±0,04	62,07±0,03
16	Асыл сапа	Казахстан	80,78±0,02	81,64±0,03
17	Актюбинка	Казахстан	92,58±0,03	53,38±0,02
18	Шортандинская 2007	Казахстан	73,76±0,06	74,31±0,07
19	Шортандинская 2012	Казахстан	80,52±0,04	71,81±0,04
20	Шортандинская 2017	Казахстан	75,56±0,04	63,92±0,07
21	Карабалыкская 25	Казахстан	86,94±0,05	63,2±0,06
22	Саратовская 66	Россия	96,18±0,07	74,78±0,07
23	Лютесценс 141	Россия	81,68±0,05	74,28±0,08

Отмечены значительные различия в высоте растений родительских форм в зависимости от региона выращивания, что связано с разницей в климатических условиях, количестве осадков. Погодные условия в Карагандинской области характеризуются низким уровнем осадков, чем в Акмолинской области, в период вегетации, что может влиять на отличающиеся показатели высоты родительских форм. Китайские сорта Xn-03, Xn-04, Xn-13 в двух зонах имели высоту от 40 до 54 см, со снижением на 1-13 см в Карагандинской области. Сорта Xn-09 и Xn-10 имели стабильные показатели по высоте рас-

тений, при этом признак короткостебельности проявлялся больше в условиях Центрального Казахстана. Разница в показателях высоты растений данных сортов составила 5 см и 2,51 см, соответственно. Относительно австралийских сортов значительных различий отмечено не было, сорт Gladius ниже на 7 см, RAC 875 на 9 см, Wyalkatchem на 7,71 см и Kite на 0,32 см ниже у образцов, возделываемых в Карагандинской области. Сорта казахстанской селекции по разному реагировали на выращивание в двух агроэкологических зонах наиболее значительные различия в высоте растений отмечены

у сорта Эритроспермум 35 (на 56,45 см ниже в Карагандинской области), сорт Астана (на 41,1 см ниже в Карагандинской области), сорт Актюбинка (на 39,2 см ниже в Карагандинской области). У сортов Шортандинская 2007, 2012, 2017 не имели значительных различий в высоте, Карабалыкская 25 (ниже на 23,74 см в Карагандинской области). Сорт Акмола 2 на 22,75 см ниже у образцов Карагандинской области. Российские сорта Саратовская 66 и Лютесценс 141 также показали результаты ниже в Карагандинской области на 21,4 и 7,4 см, соответственно.

Данные за период с 2018-2022 гг. были статистически обработаны и выбраны короткосте-

бельные и продуктивные (данные не показаны) сорта в качестве родительских форм для проведения гибридизации. По результатам отбора было выделено 23 родительских форм. Скрещивания представленных комбинаций гибридов проводили в 2020 году. Всего получено 167 гибридов. По высоте растений были отобраны 18 гибридов, показавшие короткостебельность в F1 и в F2 поколениях. Гибриды выращивали на экспериментальных участках КХ «Нива» и ТОО «СХОС им.А.Ф.Христенко».

В таблице 2 указаны данные высоты растений полученных гибридов F2, исследуемых в климатических условиях Центрального и Северного Казахстана.

Таблица 2 – Высота растений межсортных гибридов в условиях сухостепной зоны Северного и Центрального Казахстана, 2020-2022 гг.

№ п/п		Название	КХ «Нива», Акмолинская область	ТОО «СХОС им.А.Ф.Христенко», Карагандинская область
			Высота, см	Высота, см
1.	WH 131	♀ RAC 875 x ♂ Тәуелсіздік 20	38,8±0,09	40,12±0,06
2.	WH 132	♀ Эритроспермум 35 x ♂ Xn-09	66,84±0,09	58,38±0,08
3.	WH 133	♀ Карабалыкская 25 x ♂ MMF-044	45,86±0,06	37,41±0,06
4.	WH 134	♀ Карабалыкская 25 (1) x ♂ Xn-10	46,44±0,08	41,58±0,08
5.	WH 135	♀ Саратовская 66 x ♂ Gladius	62,92±0,05	59,68±0,08
6.	WH 136	♀ Xn-08 (2) x ♂ Шортандинская 2017	62,14±0,03	58,29±0,07
7.	WH 137	♀ Xn-10 x ♂ Астана	64,04±0,08	61,18±0,07
8.	WH 138	♀ Xn-13 x ♂ Акмола 2	56,9±0,05	54,46±0,05
9.	WH 139	♀ Xn-13 (5) x ♂ Wyalkatchem	40,8±0,09	38,24±0,05
10.	WH 140	♀ Xn-09 x ♂ Асыл Сапа	50,62±0,07	47,76±0,08
11.	WH 141	♀ Xn-03 (1) x ♂ Акмола 2	50,5±0,08	49,36±0,07
12.	WH 142	♀ Xn-03 (3) ♂ Актюбинка	53,1±0,08	50,14±0,05
13.	WH 143	♀ Kite x ♂ Астана	47,96±0,06	46,42±0,03
14.	WH 143a	♀ Xn-03 x ♂ Лютесценс 141	37,6±0,08	36,61±0,06
15.	WH 144	♀ Xn-04 (2) x ♂ Шортандинская 2007	35,02±0,07	34,58±0,07
16.	WH 145	♀ Xn-04 (7) x ♂ Актюбинка	44,94±0,08	40,73±0,08
17.	WH 146	♀ Xn-04 (3) x ♂ Лютесценс 141	43,98±0,07	41,37±0,07
18.	WH 147	♀ Xn-04 (2) x ♂ Шортандинская 2012	42,78±0,03	45,49±0,06

Согласно данным таблицы 2 видно, что высота полученных гибридов в двух агроэкологических зонах не значительно отличается. Однако засушливый климат Карагандинской области, как и в случае родительских форм, влияет на высоту растений пшеницы. В среднем высота меньше в Карагандинской области

по сравнению с Акмолинской областью от 0,9 до 18%, гибрид WH 147 выше на 6%. Так отбор производили по признаку низкорослости гибридов, у 22% гибридов отмечено частичное доминирование признака полукарликовости, у 77% наблюдалась депрессия признака. *Karim Jamali* в своем исследовании изучал наследо-

вание признака короткостебельности генами семейства *Rht* и взаимосвязь с длиной coleoptily, так у растений с длиной coleoptily от 2,64 до 3,72 и экспрессирующихся генах *Rht1*, *Rht2*, *Rht8*, *Rht9*, высота растений составляла 59,1-91,1 см. В случае наличия рецессивных генов длина coleoptily увеличивалась до 4,28-5,12 см, при этом высота растений составляла 106,2-114,5 см. [8]. В случае полученных гибридов, рано говорить о наследовании признака, так как в последующих поколениях будет происходить расщепление.

Итак, одним из важных условий для хороших показателей всхожести, роста и развития пшеницы имеет правильно подобранная глуби-

на заделки семян при посеве. В условиях Центрального и Северного Казахстана с учетом климатических особенностей оптимальной является глубина заделки 5-6 см. Данная глубина благоприятна для набухания влагой семян и появления своевременных дружных всходов. На показатель всхожести в первую очередь влияет длина coleoptily сорта/гибрида. Для дальнейшего отбора перспективных гибридов и родительских форм, и их использования в двух агроэкологических зонах проводили измерение длины coleoptily.

Ниже на рисунке 5 показаны данные по разнице coleoptily.

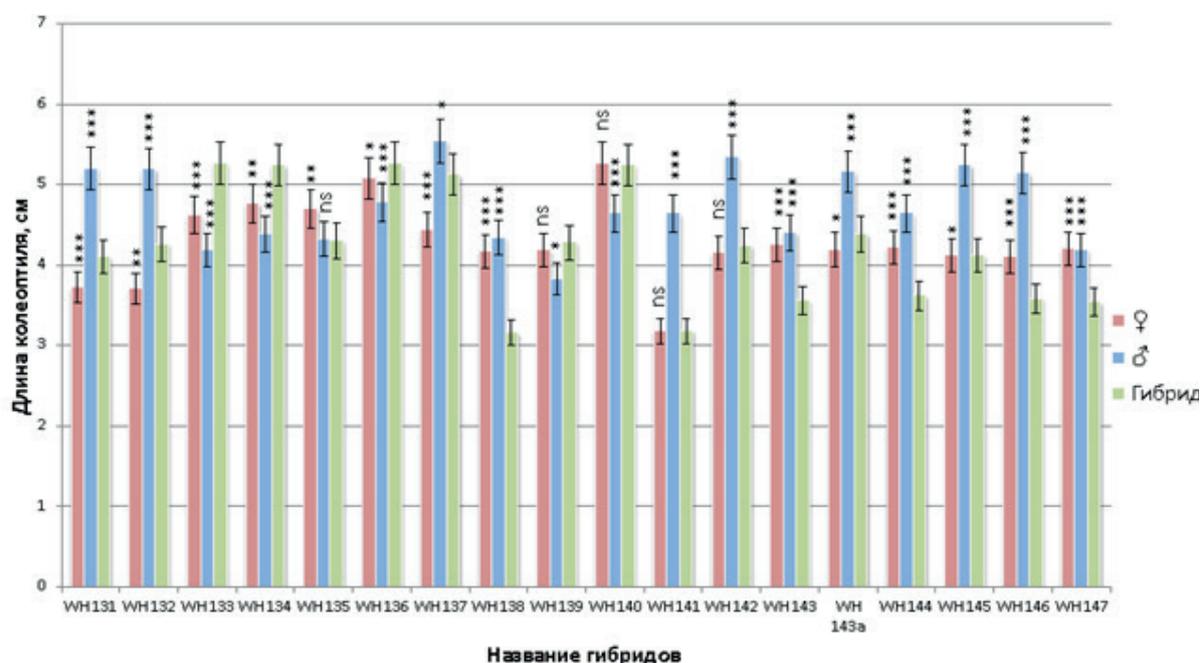


Рисунок 6 - Длина coleoptily родительских и гибридных форм яровой мягкой пшеницы (\*\*\*) $p < 0,001$ , (\*\*) $p < 0,01$ , (\*) $p < 0,05$ , (ns) $p > 0,05$ )

Согласно проведенным исследованиям, у 18 отобранных гибридов наблюдались значительные различия в длине coleoptily по сравнению с материнской и отцовской формой. Только у гибридов WH133, WH134, WH136, WH140 средняя длина coleoptily больше 5 см, что составило 27,8% от общего количества гибридов, у 38,9% гибридов длина coleoptily более 4 см, у 33,3% гибридов более 3 см. Частичное доминирование признака отмечено у гибридов WH131, WH132, WH135, WH137, WH140, WH141, WH142, WH143а, WH145, полное доминирование признака отмечено у гибридов WH133, WH134, WH136, WH139. Депрессия признака наблюдалась у гибридов

WH138, WH143, WH144, WH146, WH147. Согласно литературным данным, длина coleoptily в засушливом австралийском климате обычно варьирует от 5,1 до 6,8 см.[9], когда как у китайского сорта Chinese spring – 4,77 см, при высоте растения 106 см. Среди озимых сортов пшеницы длина coleoptily варьирует от 49,4 до 111 мм [10].

Таким образом, по длине coleoptily наиболее перспективными для получения сортов и дальнейшего их возделывания в условиях засушливого климата Северного и Центрального Казахстана являются гибриды WH133, WH134, WH136, WH137, WH140, длина coleoptily у которых 5 см и более.

### Заключение

Наблюдение за ростом родительских форм  
Наблюдение за ростом родительских форм в двух различных агроэкологических зонах в течение 5 лет, дали достоверные данные по характеру проявления признака полукарликовости у сортов зарубежной селекции, а также показали характер влияния на все формы условий засухи, характерной для Центрального и Северного регионов страны. Отобранные из 124 сортов полукарликовые и полнорослые сорта устойчивые к условиям возделывания в засушливом климате двух регионов страны, 23 сорта использовали для получения гибри-

### Обсуждение

Внедрение высокоурожайных полукарликовых сортов пшеницы в начале 1960-х породило «зеленую революцию». Снижение высоты у полукарликовых сортов было связано с мутациями в Rht-B1 (Rht1) или Rht-D1 (Rht2) гены, которые снижают выработку или восприятие гиббереллина, важного гормона роста растений. Эти гены вызывают накопление белков DELLA, подавляющих рост, в результате чего полукарликовые растения сопротивляются полеганию. Одним из основных признаков, обуславливавших увеличение урожайности пшеницы в прошлом, была высота растений, которая систематически снижалась в результате интрогрессии генов Rht [11].

Большинство полукарликовых сортов, выращиваемых во всем мире, имеют относительно короткие coleoptiles из-за наличия генов карликовости Rht-B1b и Rht-D1b. Эти гены кодируют мутантные белки DELLA, которые являются негативными регуляторами роста с большим отрицательным влиянием на длину coleoptiles, что связано с плохой выживаемостью в полевых условиях. Несмотря на это, в нескольких исследованиях были обнаружены вариации длины coleoptiles у полукарликовых пшениц, что позволяет предположить, что локусы, увеличивающие длину coleoptiles, могут быть выбраны для полукарликовых сортов. *Genqiao Li* с соавт. Проводили полногеномное ассоциированное исследование 893 китайских сортов и исторических сортов с использованием 5011 маркеров однонуклеотидного полиморфизма (SNP) восьми QTL для длины coleoptiles. Из них QTL, QCL.stars-1BS1, QCL.stars-2DS1, QCL.stars-4BS2 и QCL.stars-5BL1, являются новыми благоприятными

дов. Из 167 полученных гибридов по признаку короткостебельности выделено 18 образцов для дальнейшего изучения. В ходе исследований были отобраны гибриды WH133, WH134, WH136, WH137, WH140, средняя длина coleoptiles у которых была 5,12-5,26 см. Данный признак наследовался частично или полностью у трех гибридов WH133, WH134, WH136. Данные гибриды отобраны для дальнейшего изучения, как перспективный материал в селекции яровой мягкой пшеницы по длине coleoptiles и высоте растений.

локусами длины coleoptiles, а более благоприятные аллели значительно связаны с более длинным coleoptilem, что позволяет предположить, что пирамидирование QTL является эффективным подходом для увеличения длины coleoptiles пшеницы [12].

Полукарликовые сорта пшеницы устойчивы к полеганию, что позволяет вносить большее количество удобрений, и имеют улучшенный индекс урожая по сравнению с сортами стандартной высоты из-за повышенного распределения ассимилятов по репродуктивным органам, что приводит к большему количеству плодовых соцветий на колосок. Тем не менее, полукарликовые сорта не пользуются популярностью среди фермеров в некоторых средиземноморских регионах с низким уровнем осадков из-за их относительно плохого и/или медленного появления всходов с большой глубины заделки семян. *Brett A. Ford* с соавт. в своем исследовании описывают механизм снижения высоты, который может генерировать новое генетическое разнообразие для полукарликовости пшеницы путем сочетания повышенной экспрессии с мутациями специфических аминокислотных остатков в *GA2oxA9* [14]. *William D. Bovill* с соавт. показали, что locus на хромосоме 1AS (*Lcol-A1*) увеличивает длину coleoptiles у пшеницы, который идентифицировали с помощью группового сегрегационного анализа с доказанной эффективностью, что locus *Lcol-A1* связан с повышенным выходом из глубины в присутствии и в отсутствие обычных генов карликовости Rht [13].

Так как, одним из основных агротехнических приемов, снижающих воздействие засухив определенных агроэкологических зонах,

является глубина заделки семян, первоочередным показателем для отбора у гибридов является важное урожайное свойство, длина coleoptilia, которая позволит производить посев на глубину до 7-8 см, что характерно для двух исследуемых регионов. А оценка гибридов на раннем этапе (F2) и их родительских форм позволит проследить наследование признаков короткостебельности, длины coleoptilia и продуктивности и выявить перспективный ис-

ходный материал, адаптированный к определенным агроэкологическим зонам.

Данное исследование было проведено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта молодых ученых №AP13067944 «Молекулярное SNP-маркирование мягкой пшеницы по генам TaGW, TaGS и Rht на крупнозерность и устойчивость к полеганию» 2022-2024 гг.

### Список литературы

- 1 Jennifer Pumpa, Peter Martin, Frank McRae and Neil Coombes Coleoptile length of wheat varieties [Текст] / NSW Department of Primary Industries. – 2013. – P.1-5.
- 2 Rebetzke G.J., Zheng B., Chapman S.C. Do wheat breeders have suitable genetic variation to overcome short coleoptiles and poor establishment in the warmer soils of future climates? [Текст] / Functional Plant Biology 43. – 2016. – P. 961-972.
- 3 Куришбаев А.К., Айтуганов К.К., Нукешев С.О. Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Северо-Казахстанской области в 2020 году [Текст] / - Нур-Султан, КазАТУ им. С. Сейфуллина. – 2020. – С. 65.
- 4 Flohr B.M., Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in South-Eastern Australia [Текст] / Flohr B.M., Hunt J.R., Kirkegaard J.A., Evans J.R. // FieldCropRes. – 2017. – Vol. 209. – P.108.
- 5 Sidhu Jagdeep Singh, Genome-Wide Association Study Uncovers Novel Genomic Regions Associated with Coleoptile Length in Hard Winter [Текст] / Sidhu Jagdeep Singh, Singh Dilkaran, Gill Harsimardeep Singh, Brar Navreet Kaur, Qiu Yeyan, Halder Jyotirmoy, Al Tameemi Rami, Turnipseed Brent, Sehgal Sunish Kumar // Wheat Frontiers in Genetics. – 2020. – Vol.10.
- 6 Borlaug N.E. Wheat breeding and its impact on world food supply [Текст] / Borlaug N.E. / WheatGenet. Symp. – 1980. – P. 36.
- 7 ГОСТ 12.37-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян
- 8 Jamali K.D., Arain S. Coleoptile length studies in semi-dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.) with different dwarfing genes [Текст] / Jamali K.D., Arain S. / Nuclear Institute of Agriculture (NIA) Tando Jam Pakistan. – 2008.
- 9 Jennifer Pumpa, Peter Martin, Frank McRae and Neil Coombes Coleoptile length of wheat varieties [Текст] / NSW Department of Primary Industries. – 2013. – P.1-5.
- 10 Guttieri M. J., Variation for grain mineral concentration in a diversity panel of current and historical Great Plains hard winter wheat germplasm [Текст] / Guttieri M. J., Baenziger P. S., Frels K., Carver B., Arnall B., Waters B. M. // CropSci. –2015. –Vol. 55. –P. 1035-1052. doi: 10.2135/cropsci2014.07.0506
- 11 Appels R. The International Wheat Genome Sequencing Initiative (IWGSC). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. [Текст] / Appels R. / Science. – 2018.
- 12 Li G., Bai G., Genome wide association study reveals genetic architecture of coleoptiles length in wheat. [Текст] / Li G., Bai G., Carver B.F., Elliott N.C., Bennett R.S., Wu Y., Hunger R., Bonman J.M., Xu X. // TheorApplGenet. – 2017. – Vol.130. – P. 391-401.
- 13 Ford B.A., Rht18 semi dwarf wheat is due to increased GAoxidaseA9 expression and reduced GA content [Текст] / Ford B.A., Foo E., Sharwood R., Karafiatova M., Vrána J., MacMillan C., Nichols D.S., Steuernagel B., Uauy C., Doležel J., Chandler P.M., Spielmeier W. // PlantPhysiol. – 2018. – Vol.177. – P. 168-80.

14 Bovill W.D., Increase in coleoptile length and establishment by Lcol-A1, a genetic locus with major effect in wheat. [Tekst] / Bovill W.D., Hyles J., Zwart A.B. et al. // BMC PlantBiol 19. – 2019. – P. 332.

## References

1 Jennifer Pumpa, Peter Martin, Frank McRae and Neil Coombes Coleoptile length of wheat varieties [Tekst] / NSW Department of Primary Industries. – 2013. – P.1-5.

2 Rebetzke G.J., Zheng B., Chapman S.C. Do wheat breeders have suitable genetic variation to overcome short coleoptiles and poor establishment in the warmer soils of future climates? [Tekst] / Functional Plant Biology 43. – 2016. – P. 961-972.

3 Kurishbayev A.K., Aituganov K.K., Nukeshev S.O. Recommendations for carrying out spring field work in the North Kazakhstan region in 2020 [Text] / Nur-Sultan, KazATU named after S. Seifullin. – 2020. – P. 65.

4 Flohr B.M., Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in South-Eastern Australia [Tekst] / Flohr B.M., Hunt J.R., Kirkegaard J.A., Evans J.R. // Field Crop Res. – 2017. – Vol. 209. – P.108.

5 Sidhu Jagdeep Singh, Genome-Wide Association Study Uncovers Novel Genomic Regions Associated with Coleoptile Length in Hard Winter [Tekst] / Sidhu Jagdeep Singh, Singh Dilkaran, Gill Harsimardeep Singh, Brar Navreet Kaur, Qiu Yeyan, Halder Jyotirmoy, Al Tameemi Rami, Turnipseed Brent, Sehgal Sunish Kumar // Wheat Frontiers in Genetics. – 2020. – Vol.10.

6 Borlaug N.E. Wheat breeding and its impact on world food supply [Tekst] / Borlaug N.E. // WheatGenet. Symp. – 1980. – P. 36.

7 ГОСТ 12.37-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян.

8 Jamali K.D., Arain S. Coleoptile length studies in semi-dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.) with different dwarfing genes [Tekst] / Jamali K.D., Arain S. // Nuclear Institute of Agriculture (NIA) Tando Jam Pakistan. – 2008.

9 Jennifer Pumpa, Peter Martin, Frank McRae and Neil Coombes Coleoptile length of wheat varieties [Tekst] / NSW Department of Primary Industries. – 2013. – P.1-5.

10 Guttieri M. J., Variation for grain mineral concentration in a diversity panel of current and historical Great Plains hard winter wheat germplasm [Tekst] / Guttieri M. J., Baenziger P. S., Frels K., Carver B., Arnall B., Waters B. M. // CropSci. – 2015. – Vol. 55. – P. 1035-1052. doi: 10.2135/cropsci2014.07.0506

11 Appels R. The International Wheat Genome Sequencing Initiative (IWGSC). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. [Tekst] / Appels R. // Science. – 2018.

12 Li G., Genome wide association study reveals genetic architecture of coleoptiles length in wheat. [Tekst] / Li G., Bai G., Carver B.F., Elliott N.C., Bennett R.S., Wu Y., Hunger R., Bonman J.M., Xu X. // Theor Appl Genet. – 2017. – Vol.130. – P. 391-401.

13 Ford B.A., Rht18 semi dwarf is min wheat is due to increased GAoxidaseA9 expression and reduced GA content [Tekst] / Ford B.A., Foo E., Sharwood R., Karafiatova M., Vrána J., MacMillan C., Nichols D.S., Steuernagel B., Uauy C., Doležel J., Chandler P.M., Spielmeier W. // PlantPhysiol. – 2018. – Vol.177. – P. 168-80.

14 Bovill W.D., Increase in coleoptile length and establishment by Lcol-A1, a genetic locus with major effect in wheat. [Tekst] / Bovill W.D., Hyles J., Zwart A.B. et al. // BMC PlantBiol 19. – 2019. – P. 332.

**EARLY INHERITANCE OF THE SHORT-STEM AND COLEOPTILE LENGTH TRAIT  
BY HYBRIDS BETWEEN FOREIGN AND KAZAKH VARIETIES IN THE CONDITIONS  
OF CENTRAL AND NORTHERN KAZAKHSTAN**

*Zotova P. Lyudmila*

*PhD*

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: lupezo\_83@mail.ru*

*Sereda G. Tatyana,*

*Researcher of the Department of Breeding and Seed Production*

*LLP "A.F. Khristenko Agricultural experimental Station "*

*Karaganda region, Bukhar-Zhyrau district, Central village*

*Gajimuradova M. Aissarat*

*Master of technical sciences*

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: aisarat3878@mail.ru*

*Liang Chen*

*State Key Laboratory of Crop Stress Biology in Arid Areas*

*College of Agronomy, Northwest A&F University*

*Yangling, Shaanxi, China*

*E-mail: chenliang9117@nwfau.edu.cn*

*Zhyrnova A. Irina*

*Teacher assistant*

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: ira777.89@mail.ru*

*Ilyasova Zh. Diana*

*4th course student*

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: ilyasova.2001@mail.ru*

**Annotation**

Coleoptile is vital for the successful formation of the crop, and long coleoptiles are preferable in wheat growing regions where deep sowing is practiced and dry growing seasons prevail. The Central and Northern regions of Kazakhstan are the main wheat producers. In recent years, in a changing climate, it has become especially important to obtain drought-resistant, lodging new varieties. In the primary selection, an important aspect is the determination of the length of the coleoptile in hybrids. This indicator will determine the depth of seed sowing and their germination. In our study, a collection of foreign and Kazakhstani varieties was studied, in particular, drought resistance, coleoptile height and length for 5 years. After selecting the most drought-resistant, productive, lodging-resistant varieties, 24 parent varieties were selected from 127 varieties for crossbreeding. According to the results of the crossing, 167 hybrids were obtained, of which, according to the above characteristics, 18 samples were selected to study the early inheritance of the short-stem trait and the length of the coleoptile. As a result, 3 hybrid forms were identified, where the height of the straw ranged from 41 cm to 62.5 cm (the average

value for the two studied regions), while the length of the coleoptile was 5.12-5.26 cm. At the specified height of the straw, the coleoptile length indicator is optimal for the studied areas.

**Key words:** wheat; *Triticum aestivum*; hybrid lines; short-stemmed; coleoptiles.

**ОРТАЛЫҚ ЖӘНЕ СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ  
БИДАЙДЫҢ СОРТ АРАЛЫҚ БУДАНДАРЫМЕН КОЛЕОПТИЛЬДІҢ ҚЫСҚА  
САБАҚТЫЛЫҒЫ МЕН ҰЗЫНДЫҒЫНЫҢ БЕЛГІСІН КЕЛЕСІ  
ҰРПАҚТАРЫНА ҚАЛДЫРУ**

*Зотова Людмила Петровна*

*PhD*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: luprezo\_83@mail.ru*

*Середа Татьяна Григорьевна*

*Селекция және тұқым шаруашылығы бөлімінің ғылыми қызметкері*

*«А.Ф.Христенко атындағы ауыл шаруашылық*

*тәжірибе станциясы» ЖШС*

*Қарағанды облысы, Бұқар Жырау ауданы, Орталы қ.*

*Гаджимурадова Айсарат Махмудовна*

*Техника ғылымдарының магистрі*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: aisarat3878@mail.ru*

*Лянг Чен*

*Құрғақ аудандардағы дақылдардың стресс биологиясының*

*Мемлекеттік негізгі зертханасы*

*Солтүстік-Батыс университетінің агрономиялық колледжі*

*Янлин қ., Шэньси, Қытай*

*E-mail: chenliang9117@nwfufu.edu.cn*

*Жирнова Ирина Александровна*

*Ассистент*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: ira777.89@mail.ru*

*Ильасова Диана Жасулановна*

*4 курс студенті*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: ilyasova.2001@mail.ru*

**Түйін**

Бидайдың маңызды өнімділік қасиеті - түрі өзгергіш бастапқы жапырақтың, колеоптильдің ұзындығы. Бидай өсіретін аймақтарда ұзын колеоптильге артықшылық беріледі, онда құрғақ вегетациялық кезеңдер басым болады және терең себу қолданылады, өйткені ол тұқымның

өнуінде қорғаныс қызметін атқарады. Қазақстанның орталық және солтүстік өңірлері бидайдың негізгі өндірушілері болып табылады. Соңғы жылдары климаттың өзгеруі жағдайында жана сорттардың құрғақшылыққа, тұруға төзімді болу өте өзекті. Бастапқы іріктеу кезінде будандардағы колеоптильдің ұзындығын анықтау маңызды аспект болып табылады. Бұл көрсеткіш тұқымдарды отырғызу тереңдігін және олардың далалық өнгіштігін анықтайды. Біздің зерттеуімізде 5 жыл ішінде шетелдік және қазақстандық сорттар топтамасының өсімдіктердің биіктігі мен колеоптиль ұзындығының биометриялық көрсеткіштері бағаланды. Құрғақшылыққа төзімді, тұруға төзімді өнімді сорттарды таңдағаннан кейін, 127 сорттың ішінен будандастыру жүргізу үшін 24 ата-аналық формалар таңдалды. Будандастыру нәтижелері бойынша 167 гибрид алынды, олардың ішінен жоғарыда көрсетілген белгілер бойынша колеоптильдің қысқа сабағы мен ұзындығы белгісінің ерте тұқым қуалауын зерттеу үшін 18 үлгі алынды. Нәтижесінде 3 гибридті формалар анықталды, мұнда сабанның биіктігі 41 см-ден 62,5 см-ге дейін (зерттелетін екі аймақ үшін орташа мән), ал колеоптильдің ұзындығы 5,12-5,26 см болды. Сабанның көрсетілген биіктігінде колеоптильдің ұзындығы зерттелетін аймақтар үшін оңтайлы болып табылады.

**Кілт сөздер:** бидай; *Triticum aestivum*; гибридті линиялар; қысқа сабақтылық, колеоптиль.