

Изменчивость высоты растений гибридных форм яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) как способ их адаптации в различных эколого-географических условиях

Е.И. Рипбергер¹, Н.А. Боме¹, Д. Траутц²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия

² Университет прикладных наук города Оснабрюк, Оснабрюк, Германия

Представлены результаты двух летних исследований (2013–2014 гг.) гибридных форм (F_4 , F_5) мягкой яровой пшеницы по изменчивости высоты растений в трех географических пунктах, находящихся в России (Тюменская область) и Германии (земля Баден-Вюртемберг, земля Нижняя Саксония) и значительно различающихся по почвенно-климатическим условиям. Дана характеристика территорий исследования по тепло- и влагообеспеченности в период вегетации растений яровой пшеницы. На основе гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК) выявлены различия между пунктами по степени увлажненности и засушливости в течение двух вегетационных сезонов (2013–2014 гг.). Показано, что реакция гибридов на меняющиеся факторы окружающей среды по признаку «высота растений» была неоднозначной. Среди проходивших испытание гибридных форм преобладала средняя степень изменчивости ($CV = 11–25\%$) данного признака. Выявлены гибридные комбинации, характеризовавшиеся наибольшим размахом варьирования длины главного побега. Морфотип гибридов был представлен низко- и среднерослыми растениями. Установлено, что в условиях достаточного увлажнения гибриды формировали более высокие растения. С использованием трехфакторного дисперсионного анализа определен вклад основных факторов (пункт, год, генотип) в формирование высоты растений. Отмечена значительная доля влияния экологических условий каждого пункта в общей фенотипической изменчивости изучаемого признака. Выделены гибридные формы (♀Hybrid × ♂Лютесценс 70 и ♀Cara × ♂Скэнт 3) с менее выраженными различиями по высоте растений и высокой устойчивостью к полеганию. Высота растений рассматривается как один из показателей, характеризующий экологическую пластичность генотипов в контрастных почвенно-климатических условиях.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; высота растений; экологические факторы.

Variability of the height of plants of hybrid forms of spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) under different ecological and geographical conditions

E.I. Ripberger¹, N.A. Bome¹, D. Trautz²

¹ Tyumen State University, Tyumen, Russia

² University of Osnabrueck, Osnabrueck, Germany

The results of two-year research (2013–2014) of the variability of plant height in spring common wheat hybrid forms (F_4 , F_5) in three geographical localities, including Russia (Tyumen region) and Germany (Baden-Württemberg and Lower Saxony), which differ considerably in soil and climatic conditions, are presented. These three localities also differ in temperature and availability of water during the growing seasons of spring wheat. Differences between the geographical points in water supply and aridity during two growing seasons (2013–2014) were assessed on the basis of G.T. Selyaninov's hydrothermal coefficient (HTS). The height of plants of different hybrids showed different responses to differences in environmental factors. Hybrids demonstrated a moderate degree of height variability ($CV = 11–25\%$). Hybrid forms characterized by the largest range in plant height within a locality were identified. The morphotypes of the hybrids were presented by undersized and moderately sized plants. It was found that hybrids formed higher plants under conditions of sufficient moisture. The contributions of the major factors (point, year, a genotype) to the formation of the height of plants were investigated by three-way analysis of variance. The results of this analysis demonstrated that the environmental conditions were responsible for the largest proportion of the explained variation of the variable under study (plant height). Two hybrid forms (♀Hybrid × ♂Lutescens 70 and ♀Cara × ♂Skent 3) with the least expressed variation in plant height and the highest lodging resistance were identified. Height of plants is considered one of the indicators characterizing

the environmental plasticity of genotypes under different soil and climatic conditions.

Key words: *Triticum aestivum* L.; plant height; environmental factors.

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ?

Рипбергер Е.И., Боме Н.А., Траутц Д. Изменчивость высоты растений гибридных форм яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) как способ их адаптации в различных эколого-географических условиях. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015;19(2):185-190.

HOW TO CITE THIS ARTICLE?

Ripberger E.I., Bome N.A., Trautz D. Variability of the height of plants of hybrid forms of spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) under different ecological and geographical conditions. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(2):185-190.

Изучение реакции культурных растений на различное сочетание и действие экологических факторов приобретает все больший интерес у исследователей-селекционеров. Это объясняется возможностью оценить адаптивный потенциал и отобрать генотипы по комплексу селекционно-ценных признаков для определенных эколого-географических условий. Особое внимание испытанию генотипов в различных средах уделено в работах А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой (1989, 1997), в которых отмечено, что в основе адаптивной селекции лежит взаимодействие генотипа и среды. В условиях глобального изменения климата и его региональном проявлении остается актуальной проблема создания, изучения и выделения генетического материала, обладающего высокой экологической пластичностью и стабильностью проявления признаков, влияющих прямо или косвенно на продуктивность культурных растений в агроценозах (Жученко, 2001; Корзун, Бруйло, 2011; Ермакова и др., 2013). Цель нашего исследования – изучение экологической изменчивости гибридных (F_4 , F_5) форм мягкой яровой пшеницы по признаку «высота растений» в различных эколого-географических условиях.

Материалы и методы

Объектами исследования послужили четыре гибридные комбинации (F_4 , F_5) мягкой яровой пшеницы: ♀Сага × ♂Скэнт 1, ♀Сага × ♂Лютеценс 70, ♀Hybrid × ♂Лютеценс 70 и ♀Сага × ♂Скэнт 3. Гибридные формы получены нами в 2009 г. методом гибридизации с использованием неполных диаллельных скрещиваний. Гибридизация включала в себя: кастрацию колоса материнского растения, изоляцию колоса и опыление пылью отцовского растения с последующей изоляцией (Дорофеев и др., 1990). В течение трех вегетационных периодов (2010–2012 гг.) гибриды прошли полевое испытание и отбор по селекционно-ценным признакам в сравнении с исходными сортами на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета.

Экологическое испытание проводилось в 2013–2014 гг. в рамках международного проекта SASCHA (sustainable land management and adaptation strategies to climate change for the Western Siberian corn-belt), направленного на разработку стратегий адаптации сельскохозяйственной зоны Западной Сибири к изменениям климата в сочетании с быстрым социально-экономическим развитием.

Испытание генотипов проводили в трех географических пунктах: Россия, Тюменская область, г. Тюмень, Нижнетавдинский район, биостанция «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета (57°20'56.36" с.ш., 66°03'23.87" в.д.); Германия, земля Баден-Вюртемберг, г. Швебиш-Гмюнд, экспериментальный участок Вальдорфской школы (48°47'16.94" с.ш., 9°49'20.89" в.д.); Германия, земля Нижняя Саксония, г. Оснабрюк, опытная станция Института прикладных наук «Waldhof» (52°19'21.74" с.ш., 8°2'21.96" в.д.). При испытании гибридных форм в качестве стандартов использовались сорта мягкой яровой пшеницы, рекомендованные для выращивания в каждой эколого-географической зоне: Россия, Тюменская область – Новосибирская 15, Иргина; Германия, Баден-Вюртемберг – Aschby, Scirocco; Германия, Нижняя Саксония – Eminent, Granus. Пункты исследований существенно различались по географическому расположению, климатическим и эдафическим условиям (табл. 1).

Закладку опытов, учеты и наблюдения во всех пунктах исследования проводили по единой методике, составленной с использованием методических указаний Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (Градчанинова, 1987) и Б.А. Доспехова (1985). Измерение высоты растений во всех пунктах испытания выполняли в фазу колошения пшеницы.

Источник характеристики метеорологических условий – официальные сайты и метеостанция, расположенная в непосредственной близости от опытного участка «Waldhof» (Погода и климат; Proplanta. Das Informationszentrum für die Landwirtschaft; Umweltanalytische Produkte GmbH). Для оценки степени увлажненности и засушливости вегетационного периода рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова со следующей шкалой классификации условий увлажнения территории: ГТК > 1,6 – избыточное увлажнение; ГТК = 1,6–1,3 – влажность; ГТК = 1,3–1,0 – слабая засушливость; ГТК = 1,0–0,7 – засушливость; ГТК = 0,7–0,4 – высокая засушливость; ГТК < 0,4 – засуха (Белов, Смирнова, 2006; Методы оценки ..., 2012). Пункты испытаний отличались по гидротермическому режиму в годы исследований.

Рост и развитие растений пшеницы на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» проходили в слабо засушливых условиях вегетационных периодов 2013 и 2014 гг., что подтверждается значениями гидротермического коэффициента: 1,19 и 1,23. Сумма активных

Таблица 1. Особенности почвенно-климатических условий пунктов исследований

Признаки	Биостанция «Озеро Кучак»	Экспериментальный участок Вальдорфской школы	Опытная станция «Waldhof»
Удаленность от Тюмени, км	50,00	4 480,23	4 315,38
Высота над уровнем моря, м	61	348	105
Тип климата	Резко континентальный	Умеренный морской	Умеренный морской
Среднегодовая температура воздуха, °С	0,3	8,1	8,6
Среднегодовое кол-во осадков, мм	457	980	746
Тип почвы	Дерново-подзолистая, супесчаная	Темно-серая лесная, тяжелосуглинистая	Темно-серая лесная, легкосуглинистая
Кислотность почвы, ед.	6,6	7,0	7,0
Гумус, %	3,67	4,00	4,00
Содержание макро- и микроэлементов в почве, мг/кг			
нитратный азот	18,80	4,22	11,30
подвижный фосфор	433,30	565,00	1 130,00
Ca	3 362,33	3 100,00	1 630,00
Mg	1 125,37	315,00	62,20
Fe	3 553,51	3 010,00	1 140,00
Cu	55,41	6,51	8,64
Zn	402,52	12,70	17,30

температур выше 10 °С за этот период составила в 2013 г. – 1847,0 °С, в 2014 г. – 1602,0 °С.

Условия вегетации растений в Германии характеризовались избыточным увлажнением на экспериментальном участке Вальдорфской школы в оба года исследований (в 2013 г. ГТК = 2,31; 2014 г. – 2,69) и на опытной станции «Waldhof» в 2014 г.: ГТК = 2,02. Недостаток атмосферной и почвенной влаги отмечался в 2013 г. на опытной станции «Waldhof» (коэффициент естественной влагообеспеченности территории – 0,64). Сумма активных температур выше 10 °С в 2013 и 2014 гг. составила на экспериментальном участке Вальдорфской школы 1985,9 °С и 1781,6 °С, на опытной станции «Waldhof» 1594,2 °С и 1761,4 °С соответственно. Существенное превышение значения данного показателя для нормального роста и развития яровой пшеницы отмечено в вегетационный период 2013 г. на экспериментальных участках биостанции «Озеро Кучак» и Вальдорфской школы – 97,0 °С и 235,9 °С соответственно (сумма активных температур выше 10 °С за период «всходы – созревание» для растений яровой пшеницы, по К.А. Фляксбергеру (1938), в пределах от 1500,0 °С до 1750,0 °С).

Статистическую обработку данных выполняли с использованием табличного процессора Microsoft Excel (Matthdus, Schulze, 2011). О модификационной изменчивости признака «высота растений» пшеницы судили по коэффициенту вариации (CV, %), при этом использовали группы распределения по Г.Ф. Лакину (1990): < 10 % – слабая; 11–25 % – средняя; > 25 % – сильная. Построение диаграмм размаха и трехфакторный дисперсионный анализ проводили с помощью программного обеспечения STATISTICA 6.0 (StatSoft) (Вуколов, 2008; Field et al., 2012).

Результаты и обсуждение

Растения на протяжении вегетационного периода находятся под воздействием и в зависимости от комплекса факторов, положительное либо отрицательное влияние которых, а также реакцию генотипа на отличающиеся условия среды можно выяснить по изменчивости морфологических признаков. В нашем испытании анализ изменчивости признака «высота растений» гибридных (F₄, F₅) форм проведен в трех различных эколого-географических пунктах.

В работах многих авторов (Ведров, 1984; Лихенко, 2004; Шаманин, Трущенко, 2006; Varesel, 2006; Asquaah, 2007; Яковский, 2010) отмечено, что для каждой эколого-географической зоны характерен свой оптимальный экотип высоты растений пшеницы.

В.В. Шелепов с соавт. (2009) подчеркивают, что признак «длина соломины» контролируется у пшеницы сложной системой генов и факторами внешней среды.

В.И. Возиян с соавт. (2014) по результатам испытания 17 сортов озимой пшеницы в течение трех лет в Республике Молдова утверждают, что оценка адаптивных способностей пшеницы по высоте растений является более точной при учете зависимости данного показателя от гидротермических условий и других биотических и абиотических факторов среды.

На длину соломины, по мнению А.И. Носатовского (1950), влияют температура, интенсивность и продолжительность дневного освещения во время формирования междоузлий. Наибольший прирост отмечен при среднесуточной температуре воздуха 24–25 °С, благоприятной для формирования невысоких растений, устойчивых к полеганию. Считается, что среднесуточная температура воздуха составляет от 12 до 16 °С (Носатовский, 1950).

Таблица 2. Высота растений гибридных (F_4 , F_5) форм мягкой яровой пшеницы в трех эколого-географических пунктах исследований, $X \pm Sx$, см

Образец	Биостанция «Озеро Кучак»		Экспериментальный участок Вальдорфской школы		Опытная станция «Waldhof»	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
♀ Cara × ♂ Скэнт 1	41,2 ± 1,7	62,8 ± 2,2	70,0 ± 4,5	96,1 ± 2,2	89,3 ± 1,2	100,7 ± 2,4
♀ Cara × ♂ Лютесценс 70	39,8 ± 1,4	62,4 ± 2,2	61,2 ± 10,7	82,9 ± 2,2	87,5 ± 2,9	95,8 ± 4,6
♀ Hybrid × ♂ Лютесценс 70	48,5 ± 1,5	67,4 ± 2,1	82,5 ± 5,9	85,9 ± 7,3	98,5 ± 3,8	86,4 ± 5,6
♀ Cara × ♂ Скэнт 3	49,4 ± 1,3	62,9 ± 2,0	72,2 ± 3,1	86,3 ± 2,9	93,5 ± 2,7	80,7 ± 4,6

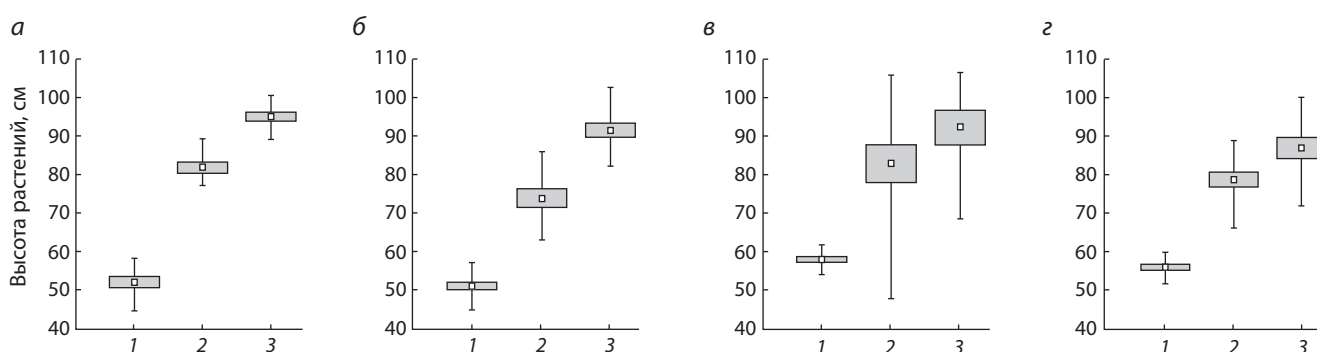


Рис. 1. Изменчивость высоты растений гибридных (F_4 , F_5) форм мягкой яровой пшеницы в трех эколого-географических пунктах исследований, 2013–2014 гг. (результаты получены с помощью теста Тьюки).

Пункты исследований: 1 – биостанция «Озеро Кучак»; 2 – экспериментальный участок Вальдорфской школы; 3 – опытная станция «Waldhof»; а – ♀ Cara × ♂ Скэнт 1; б – ♀ Cara × ♂ Лютесценс 70; в – ♀ Hybrid × ♂ Лютесценс 70; г – ♀ Cara × ♂ Скэнт 3.

Сравнительный анализ и обобщение данных по высоте растений гибридных форм яровой пшеницы в различных экологических условиях (биостанция «Озеро Кучак», экспериментальный участок Вальдорфской школы и опытная станция «Waldhof») в течение двух лет испытаний (2013–2014 гг.) позволили выявить неоднозначную реакцию генотипов на факторы окружающей среды по фенотипическому проявлению признака (табл. 2).

При распределении гибридных комбинаций в соответствии с «Международным классификатором СЭВ рода *Triticum* L.» (1984) на группы выяснилось, что на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» растения всех гибридов были низкорослыми (51–65 см). На экспериментальном участке Вальдорфской школы растения 50 % гибридов ♀ Cara × ♂ Лютесценс 70 и ♀ Cara × ♂ Скэнт 3 отнесены к переходной группе от низкорослых до среднерослых (66–80 см); среднерослыми (81–95 см) были гибриды ♀ Cara × ♂ Скэнт 1 и ♀ Hybrid × ♂ Лютесценс 70, составившие также 50 %. Все гибридные комбинации на опытной станции «Waldhof» характеризовались средней (81–95 см) высотой. Такое распределение может указывать на особенности исследуемых генотипов и их реакцию на различные условия среды.

На основе результатов, полученных с помощью теста Тьюки (рис. 1), было выявлено, что растения изученных гибридов в условиях Западной Сибири в среднем на 30 см были ниже по сравнению с растениями тех же гибридов в Германии. В среднем за два года (2013–2014 гг.)

на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» гибриды имели высоту растений 54,3 см и слабую изменчивость признака ($CV = 10,29\%$). На экспериментальном участке Вальдорфской школы и опытном участке «Waldhof» изучаемый признак и его варибельность были выше – 79,6 см ($CV = 15,43\%$) и 91,6 см ($CV = 12,19\%$) соответственно.

Норма реакции гибридных форм на различающиеся условия среды по признаку «высота растений» была не одинакова. Наибольший размах варьирования был отмечен у гибридной комбинации ♀ Hybrid × ♂ Лютесценс 70 на экспериментальном участке Вальдорфской школы (60,1 см) и опытном участке «Waldhof» (42,5 см). Гибридная комбинация ♀ Cara × ♂ Скэнт 1 характеризовалась самым низким размахом варьирования в Германии (15,6 см – на экспериментальном участке Вальдорфской школы и 19,0 см – на опытном участке «Waldhof») и самым высоким – на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» – 19,5 см (рис. 1). Широкий размах варьирования признака «высота растений» у гибридных комбинаций в различных условиях испытания, вероятно, связан с разнообразием экологических факторов географических пунктов и адаптивными механизмами гибридных форм.

А.С. Северцов (1987) выделил два способа приспособления популяции к разнообразию экологических факторов и колебаниям условий среды: генетический и фенотипический полиморфизм. Первый характеризуется

узкой нормой реакции, а второй – широкой. Под нормой реакции понимались уже сложившиеся пределы адаптивного реагирования генотипа.

Анализ средних за два года исследований значений гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова по географическим пунктам в период от посева до колошения растений гибридных (F₄, F₅) форм показал, что условия экспериментального участка биостанции «Озеро Кучак» характеризовались как слабо засушливые (ГТК = 1,13). В Германии на экспериментальном участке Вальдорфской школы (ГТК = 2,09) и опытной станции «Waldhof» (ГТК = 1,82) данные показатели были близки, условия характеризовались избыточным увлажнением. Изученные гибриды при достаточном увлажнении в эколого-географических пунктах Германии формировали более высокие растения, чем в слабо засушливых условиях на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак». Даже высокое содержание нитратного азота (18,80 мг/кг) в почвах экспериментального участка, расположенного в Тюменской области, не компенсировало недостатка влаги по сравнению с опытными станциями в Германии. Вероятно, наиболее благоприятными для роста и развития растений являются условия с оптимальным сочетанием экологических факторов.

Существенные различия гибридных форм по высоте растений в Германии и Западной Сибири могут быть вызваны контрастностью почвенных и метеорологических факторов, а также особенностями географического расположения.

Сравнение гибридных форм по данному признаку в вегетационные периоды 2013 и 2014 гг. показало, что в условиях 2014 г. растения характеризовались как более высокорослые; изменчивость признака была средней (CV₂₀₁₃ = 12,44 % и CV₂₀₁₄ = 13,06 %) (рис. 2).

Различий по высоте растений в среднем за два года в пунктах изучения не обнаружено у гибридных форм ♀Hybrid × ♂Лютеценс 70 и ♀Сага × ♂Скэнт 3. Наиболее существенные отличия установлены для гибридов ♀Сага × ♂Скэнт 1 и ♀Сага × ♂Лютеценс 70 (рис. 2).

Проведение трехфакторного дисперсионного анализа позволило нам судить об изменчивости высоты растений и выделить долю вклада основных факторов, оказывающих воздействие на формирование данного признака.

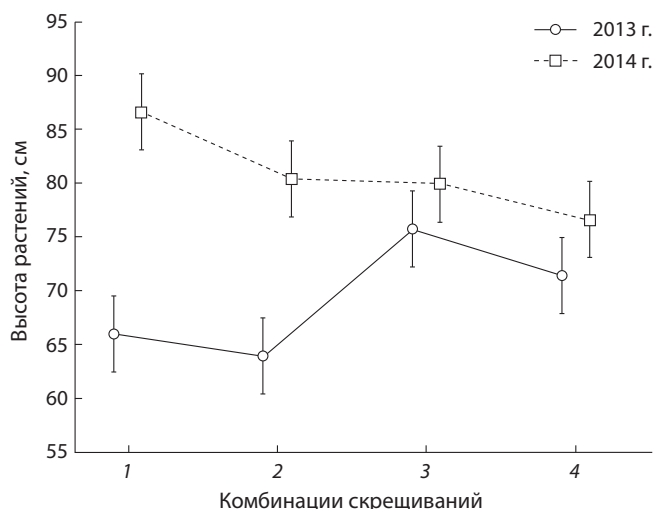


Рис. 2. Изменчивость высоты растений в зависимости от условий вегетационного периода и генотипа, 2013–2014 гг.

Год × генотип (взаимодействие факторов «год» и «генотип»). F(3, 216) = 10,154; p = 0,00000. Представлен 0,95 доверительный интервал. F – критерий Фишера; 1 – ♀ Сага × ♂ Скэнт 1; 2 – ♀ Сага × ♂ Лютеценс 70; 3 – ♀ Hybrid × ♂ Лютеценс 70; 4 – ♀ Сага × ♂ Скэнт 3.

Влияние экологических факторов (пункт), метеорологических условий (годы), а также взаимодействия «год × пункт», «год × генотип» на варьирование признака «длина соломины» высоко достоверно (p < 0,001). Действие генотипических различий достоверно на 5 %-м уровне значимости (p < 0,05). Зависимость изменчивости высоты растений от взаимодействий факторов: «пункт × генотип» и «год × пункт × генотип» статистически не доказана (F_{факт.} < F_{теор.}) (табл. 3).

Отмечены значительные различия факторов по силе влияния. Прежде всего, изменчивость высоты растений была обусловлена особенностями экологических характеристик пунктов исследований (58,70 %). Существенным оказалось влияние случайного фактора – 27,54 %. Значительно меньше доля изменчивости в общем фенотипическом варьировании рассматриваемого признака была связана с условиями вегетации (2013 и 2014 гг.) – 8,19 %, а также взаимодействием данного фактора с «пунктом»

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа по высоте растений

Источник варьирования	Степень свободы, df	Средний квадрат, mS	Критерий Фишера (F _{факт.})
Фактор А (генотип)	3	365	3,72*
Фактор В (пункт)	2	28870	294,27**
Фактор С (год)	1	8052	82,07**
Взаимодействие А × В	6	194	1,97
Взаимодействие А × С	3	996	10,15**
Взаимодействие В × С	2	2489	25,37**
Взаимодействие А × В × С	6	192	1,96
Случайный фактор	216	98	–

Варианса достоверна при: * p < 0,05 и ** p < 0,001.

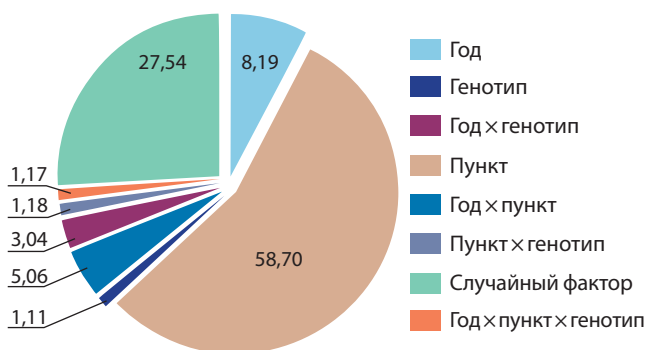


Рис. 3. Доля влияния факторов на изменчивость высоты растений гибридных (F_4 , F_5) форм, % (2013–2014 гг.).

(5,06 %) и «генотипом» (3,04 %). Наименьшее влияние оказывали генотипические различия – 1,11 %. Одновременное действие других факторов на высоту растений было незначительным (рис. 3).

Изучение гибридов в трех пунктах исследования в течение двух лет испытаний по устойчивости растений к полеганию в период «колошение–восковая спелость зерна» показало, что все гибридные формы обладали высокой и очень высокой устойчивостью (7–9 баллов).

Таким образом, изучение экологической изменчивости признака «высота растений» гибридных (F_4 , F_5) форм яровой мягкой пшеницы показало, что в условиях слабой засушливости экспериментального участка биостанции «Озеро Кучак» (Россия) гибриды формировали более низкие растения, чем в географических пунктах Германии. Наибольшим размахом варьирования (60,1 см) и коэффициентом вариации ($CV = 22,86\%$) в среднем за два года исследований характеризовался гибрид ♀Hybrid × ♂Лютесценс 70 при выращивании на экспериментальном участке Вальдорфской школы. В основном для изучаемого признака была выявлена средняя степень изменчивости ($CV = 11–25\%$).

Среди проходивших оценку гибридных форм наиболее стабильное проявление признака в меняющихся условиях окружающей среды по данным 2013–2014 гг. наблюдалось у ♀Hybrid × ♂Лютесценс 70 и ♀Сага × ♂Скэнт 3.

На основании трехфакторного дисперсионного анализа были установлены существенная доля изменчивости, обусловленная контрастностью пунктов испытаний (58,70 %), и незначительная зависимость от генотипических различий (1,11 %) исследуемого материала. Отмечена существенная роль абиотических факторов (географического расположения, климатических и эдафических условий) пунктов в изменчивости исследуемого признака.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Белов Н.Ф., Смирнова И.А. Методические указания по дисциплине «Прикладная метеорология – оптимизация управляющих решений» для высших учебных заведений. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006.
- Ведров Н.Г. Селекция и семеноводство яровой пшеницы в экстремальных условиях. Красноярск: Изд-во Красноярск. гос. ун-та, 1984.
- Возиян В.И. Продуктивный и адаптивный потенциал различных сортов пшеницы мягкой озимой и влияние условий среды на его уровень. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2014;1(1):100-105.
- Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL. М.: ФОРУМ, 2008.
- Градчанинова О.Д., Филатенко А.А., Руденко М.И. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л.: ВИР, 1987.
- Дорофеев В.Ф., Лаптев Ю.П., Чекалин Н.М. Цветение, опыление и гибридизация растений. М.: Агропромиздат, 1990.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). М.: Агропромиздат, 1985.
- Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Современные изменения климатических и агрометеорологических характеристик в Пермском крае и возможные вариации продуктивности сельскохозяйственных культур. *Вестник Удмуртского ун-та*. 2013;(2): 104-116.
- Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (экологические основы). М.: Изд-во РУНД, 2001;1:780.
- Кильчевский А.А., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1989.
- Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхнолוגія, 1997.
- Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений. Гродно: Изд-во Гродн. гос. аграр. ун-та, 2011.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990.
- Лихенко И.Е. Селекция яровой мягкой пшеницы для условий Северного Зуралья. Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Тюмень, 2004.
- Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Л.: ВИР, 1984.
- Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет, 2012.
- Носатовский А.И. Пшеница. М.: Сельхозгиз, 1950.
- Погода и климат. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (Дата обращения 4 октября 2014)
- Северцов А.С. Основы теории эволюции. М.: Изд-во МГУ, 1987.
- Фляксбергер К.А. Пшеница. М.: Сельхозгиз, 1938.
- Шаманин В.П., Трущенко А.Ю. Общая селекция и сортоведение полевых культур. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006.
- Шелепов В.В., Чебаков Н.П., Вергунов В.А., Кочмарский В.С. Пшеница: история, морфология, биология, селекция. Мионовка: Миронов. ин-т пшеницы им. В.Н. Ремесло, 2009.
- Яковский А.С. Наследование высоты растений внутривидовых гибридов озимой твердой пшеницы в связи с селекцией на продуктивность. Дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2010.
- Acquaah G. Principles of Plant Genetics and Breeding. Malden.: BLACWELL PUBLISHING, 2007.
- Baresel J.P. Weizenzüchtung für den Ökologischen Landbau: Dissertation TU München D 91. Berlin: Verlag Dr. Köster, 2006.
- Field A., Miles J., Field Z. Discovering statistics using R. L.: SAGE Publications Ltd, 2012.
- Matthäus W.G., Schulze J. Statistik mit Excel: Beschreibende Statistik für jedermann. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011.
- Proplanta. Das Informationszentrum für die Landwirtschaft. available at <http://www.proplanta.de/Agrar-Wetter/Deutschland/> (accessed 10 October 2014)
- Umweltanalytische Produkte GmbH. available at <http://www.upgmbh-logstar.de/> (accessed 10 October 2014)