

ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Шаманин В.П.¹, Моргунов А.И.², Петуховский С.Л.¹, Трущенко А.Ю.¹,
Потоцкая И.В.¹, Краснова Ю.С.¹, Каракоз И.И.¹, Пушкарёв Д.В.¹

¹ФГБОУ Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия (644008, г. Омск, Институтская площадь, 1), vpshamin@rambler.ru;

²Представительство CIMMYT в Турции, Анкара, a.morgounov@cgiar.org

Приведены данные анализа изменения максимальной и минимальной среднесуточной температуры воздуха и среднемесячного количества осадков почти за пятидесятилетний период (1961–2009 гг.) в Омском регионе. Также приведены результаты по среднесуточной температуре и сумме осадков по декадам, на основе данных ГМС Омска за период 1971–2013 гг. Определена тенденция изменения климатических факторов в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Проведен расчет сопряженности климатических показателей с урожайностью яровой пшеницы в конкурсном сортоиспытании ОмГАУ и на Москаленском ГСУ. Показано снижение общего уровня урожайности сортов яровой пшеницы в связи с потеплением климата и, как следствия, увеличением интенсивности поражения и частоты появления эпифитотийных лет. Проведенные исследования направлены на разработку стратегии дальнейшей селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири.

Ключевые слова: яровая пшеница, урожайность, климатические факторы, коэффициент детерминации, южная лесостепь.

CLIMATE GETTING WARMER AND SPRING BREAD WHEAT YIELD IN THE SOUTHERN FOREST CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

Shamanin V.P.¹, Morgunov A.I.², Petukhovskiy S.L.¹, Truschenko A.Y.¹,
Pototskaya I.V.¹, Krasnova Y. S.¹, Karakoz I.I.¹, Pushkarev D.V.¹

¹Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia (644008, Omsk, Institutskaya square, 1), vpshamin@rambler.ru;

²CIMMYT-Turkey, Ankara, Turkey, a.morgounov@cgiar.org

Data of the analysis of change of maximum and minimum temperatures and average monthly precipitations almost are presented from 1961–2009 in Omsk region. Results of average daily temperature and precipitations amount on decades are presented on the basis of Omsk hydrometeorological service data from 1971–2013. The tendency of climatic factors change in the southern forest conditions of Western Siberia. Calculation of climatic indicators connection with productivity of spring wheat is carried out in Yield Trial nursery of OSAU and Moskalenskiy State Yield Trial. Decrease of yield level of spring wheat varieties and climate getting warmer were positively correlated with intensity of defeat and frequency the of epiphytoty years. The conducted researches are directed on development of further breeding strategy of spring bread wheat in the conditions of Western Siberia.

Keywords: spring wheat, yield, climatic indicators, parameters, coefficients of determination, southern-forest steppe.

Введение

Яровая пшеница в Западной Сибири и Северном Казахстане высевается на площади около 20 млн га. Современные сорта в условиях производства способны давать в благоприятные годы зерна до 3–4 т/га и выше. Реальная средняя урожайность коммерческих сортов в областях Западной Сибири находится в пределах 1,2–1,4 т/га и значительно варьирует по годам за счет громадных потерь их потенциала под влиянием неблагоприятных биотических и абиотических факторов, а также потепления климата [6]. В последнее десятилетие много дискуссий ведется по вопросу потепления климата в целом на Планете и в отдельных регионах мира, даются различные прогнозы о последствиях повышения температуры и ее влияния

на хозяйственно-ценные признаки пшеницы. Глобальное изменение климата, резкое повышение температуры воздуха и уровня концентрации углекислого газа в атмосфере безусловно внесут изменения в национальные селекционные программы в ближайшие 50 лет [8,10].

Результаты анализа изменения климата за последние 50 лет в Омском регионе представлены в данной статье. Исследования выполнены совместно с доктором Моргуновым А.И. (СИММУТ).

Цель исследования

Анализ изменчивости основных климатических параметров и их сопряженности с урожайностью яровой пшеницы для разработки дальнейшей стратегии селекции пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Материал и методы исследования

Для характеристики агрометеорологических условий использовались материалы наблюдений ГМС Омска за период с 1961–2013 гг. по южной лесостепи Омской области (III зона). Данные по урожайности сортов яровой мягкой пшеницы предоставлены инспектурой Госкомиссии Омской области по Москаленскому ГСУ. Средняя урожайность яровой пшеницы в Омской области по годам взята из открытых статистических источников. Кроме того, использованы результаты конкурсного испытания в ОмГАУ, полученные доцентом В.П. Пьяновым (кафедра селекции, генетики и физиологии растений).

Изучались следующие агрометеорологические параметры: среднесуточная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$); средняя минимальная и средняя максимальная температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$); сумма осадков (мм). Для характеристики урожайности определялась средняя, максимальная и минимальная урожайность за период испытаний. Рассчитывали коэффициент изменчивости урожайности. При анализе урожайности испытываемые на сортоучастках сорта были распределены по группам спелости на среднеранние, среднеспелые и среднепоздние. Расчёты проводились отдельно по двум срокам посева, предшественник – чистый пар.

Связь урожайности с условиями лет определяли путём расчёта коэффициентов детерминации и корреляции. Тенденции изменения урожайности сортов яровой пшеницы, а также среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков анализировали путём построения линейных трендов. Изменчивость основных агроклиматических параметров, а также урожайности зерновых культур определялась по учебному пособию Б.А. Доспехова (1985). Расчёты проведены с использованием пакета стандартных прикладных статистических программ Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты расчета коэффициента детерминации (r^2) климатических параметров в Омском регионе, который показывает тенденции изменения климата

по временам года. Предполагается, что повышение средней минимальной и максимальной температуры воздуха тесно связано с общим повышением температуры.

Таблица 1

Значения коэффициента детерминации (r^2) климатических параметров на годы и его достоверность для Омского региона за период с 1961–2009 гг.

Временной интервал измерений	Средняя минимальная температура воздуха	Средняя максимальная температура воздуха	Осадки
Среднегодовые данные (календарный год)	0,251***	0,151**	0,012
Средние за зиму	0,050	0,016	0,039
Средние за весну	0,103*	0,087*	0,001
Средние за лето	0,184**	0,023	0,030
Средние за осень	0,121*	0,057	0,025
Средние за апрель	0,012	0,005	0,002
Средние за май	0,142**	0,076	0,0
Средние за июнь	0,094*	0,092*	0,021
Средние за июль	0,027	0,002	0,003
Средние за август	0,177**	0,060	0,0

*, **, *** – достоверность корреляции при $P=95$; 99 и 99,9 %.

Как видно из данных таблицы, за указанный период произошло достоверное увеличение температуры воздуха, о чем свидетельствует коэффициент детерминации на высоком уровне значимости: по показателям средней минимальной температуры воздуха он составил 0,251 (достоверно при $P=99,9$), по показателям средней максимальной температуры воздуха коэффициент детерминации равен 0,151 ($P=99$). Тенденция повышения средней минимальной температуры отмечается в основном в весенний, летний и осенний периоды. Следует отметить, что средняя минимальная температура воздуха увеличивается в большей степени, чем средняя максимальная. Коэффициент детерминации средней максимальной температуры воздуха за весну составил 0,103 ($P=95$), за лето 0,184 ($P=99$) и за осень 0,121 ($P=95$). Весной отмечается достоверное увеличение минимальной температуры воздуха в мае ($r^2=0,142$), летом, соответственно, в августе ($r^2=0,177$) и в июне ($r^2=0,094$). В июне увеличивается как минимальная, так и максимальная температура воздуха ($r^2=0,092$). Данные свидетельствуют, что как средняя минимальная, так и средняя максимальная температура воздуха увеличиваются, что безусловно связано с общим потеплением климата, при этом количество осадков остается прежним. В такой ситуации вполне логично предположить и о том, что вероятность засушливых лет будет направлена в сторону их увеличения.

Как было указано выше, весеннее потепление отмечается в основном за счет повышения температуры в мае. Тренд возрастания показателей минимальной температуры воздуха в мае почти за пятидесятилетний период представлен на рис. 1.

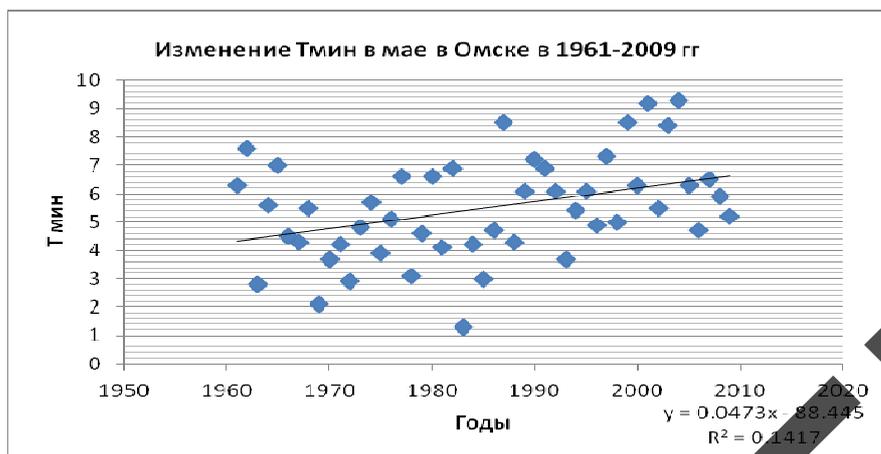


Рис. 1. Изменение T_{мин}. (°C) в мае в Омском регионе за период 1961–2009 гг. (Сопряженность: годы – средняя минимальная температура воздуха в мае равна: R=0,4. Критическое значение R=0,3 при P=95 и R=0,4 при P=99.)

Повышение температуры в мае, с одной стороны, для отрасли растениеводства в условиях Западной Сибири является положительным фактором, так как появляется возможность раньше начинать полевые работы в поле, сорная растительность также раньше прорастет и может быть уничтожена до посева основной культуры.

Однако посев яровой пшеницы в более ранние сроки приводит к снижению урожая. Об этом свидетельствуют данные конкурсного сортоиспытания ОмГАУ за 30 летний период, которые представлены на рис. 2.

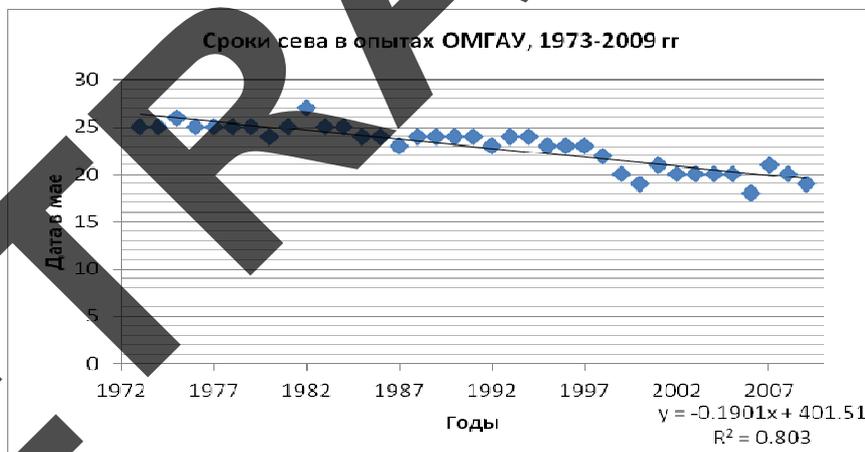


Рис. 2. Изменение урожайности зерна в зависимости от сроков сева яровой мягкой пшеницы. КСИ ОмГАУ (1973–2009 гг.)

(Сопряженность: годы – средняя урожайность зерна в разные сроки сева равна: R=0,9. Критическое значение R=0,3 при P=95 и R=0,4 при P=99.)

В Западной Сибири в большинстве лет наблюдается раннелетняя (июньская) засуха, от которой в большей степени страдают посевы пшеницы ранних сроков сева. Это связано с тем, что критическая фаза развития растений в период дифференциации колоса (начало выхода в трубку) совпадает с пиком высоких температур в середине июня, в результате чего ростовые процессы ускоряются и формируется меньшее количество колосков по сравнению

с потенциальными возможностями сорта. При посеве в более поздние сроки (после 20 мая) критическая фаза совпадает с более благоприятными условиями для роста и развития растений, когда нет экстремально высоких температур. Однако в годы, когда в июле возрастает температура, то урожайность и поздних сроков бывает низкая. Коэффициент корреляции между максимальными температурами воздуха в июле и урожайностью отрицательный и равен $-0,6$ (достоверен при $P=99$). Такие годы в Западной Сибири исключение, в основном июль с умеренными температурами и с осадками. Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 1, увеличение температуры в июле не отмечается. В июне же, наоборот, отмечена тенденция увеличения минимальной и максимальной температуры воздуха. Учитывая данную ситуацию, вероятность снижения урожайности в ранние сроки сева выше, чем при поздних посевах.

Возрастание минимальной температуры воздуха в августе не вызывает опасения, так как на поздних сроках сева в этот период происходит налив и созревание зерна яровой мягкой пшеницы, что может способствовать формированию более полновесных семян.

Вышеприведенные данные температуры и осадков отражают тенденцию изменения климатических факторов в целом по региону. Однако Омская область имеет 4 агроклиматические зоны – от зоны подтайги и до степи, климат этих зон существенно различается. Поэтому для разработки стратегии селекции наибольший интерес представляют данные по конкретной зоне. В частности нами проведен анализ по южной лесостепной зоне, где и проводятся основные селекционные работы на опытном поле ОмГАУ им. П.А. Стальпина.

В табл. 2 приведены данные Омской ГМС и корреляция среднесуточной температуры воздуха с годами за период 1971–2013 гг. (за 43 года) по декадам каждого месяца. Данные табл. 2 показывают, что в условиях южной лесостепи во второй декаде мая и в первой декаде августа отмечается достоверное повышение среднесуточной температуры воздуха. Это согласуется с данными повышения средней минимальной температуры воздуха в целом по региону, приведенными в табл. 1.

Таблица 2

Корреляция среднесуточной температуры (x) воздуха с годами (y) по декадам периода вегетации пшеницы (данные за период 1971–2013 гг.)

Месяц	Декада	r xy	Среднесуточная температура воздуха, °C (в среднем за 43 года)
Май	1	0,0	10,2
	2	0,3*	12,5
	3	0,2	13,6
Июнь	1	0,1	16,1
	2	-0,2	18,5

	3	0,0	19,5
Июль	1	-0,2	19,7
	2	0,2	19,4
	3	0,1	19,3
Август	1	0,3*	17,7
	2	0,0	17,3
	3	0,2	14,9
Сентябрь (за 42 года)	За месяц	0,2	10,6

Критическое значение коэффициента корреляции при $P=95$ равно 0,3; при $P=99$ – 0,4.

В целом по региону осадки, как уже отмечалось выше, остаются без изменения (табл.1). В условиях южной лесостепи только в третьей декаде августа отмечен достоверный умеренный рост осадков (табл. 3).

Таблица 3

Сопряженность между суммой осадков (x) и годом (y) по декадам каждого месяца в период вегетации яровой мягкой пшеницы за 43 года (по данным Омской ГМС, 1971–2013 гг.)

Месяц	Декада	r _{xy}	Сумма осадков, мм (в среднем за 43 года)
Май	1	0,1	9,7
	2	-0,1	9,5
	3	0,1	14,1
Июнь	1	0,0	14,1
	2	-0,1	18,5
	3	0,0	21,1
Июль	1	0,2	18,7
	2	0,1	22,5
	3	-0,1	21,3
Август	1	0,0	22,7
	2	-0,1	15,3
	3	0,3*	16,6
Сентябрь (за 42 года)	За месяц	-0,2	31,4

Критическое значение коэффициента корреляции при $P=95$ равно 0,3.

На рис. 3 наглядно видно динамику изменчивости суммы осадков в 3 декаде августа за период с 1971 по 2013 г. Увеличение количества осадков в данный период может негативно повлиять на качество урожая и будет способствовать развитию болезней, связанных с поражением колоса (фузариоз колоса, инзимиомикозное истощение семян и др.). Учитывая, что инфекция стеблевой ржавчины заносится поздно, то осадки в третьей декаде августа будут способствовать повышению ее вредоносности. Особенно будут подвержены поражению позднеспелые сорта яровой мягкой пшеницы. В этой связи стратегия селекции должна быть направлена на создание более скороспелых сортов, полное созревание которых завершается во второй декаде августа.

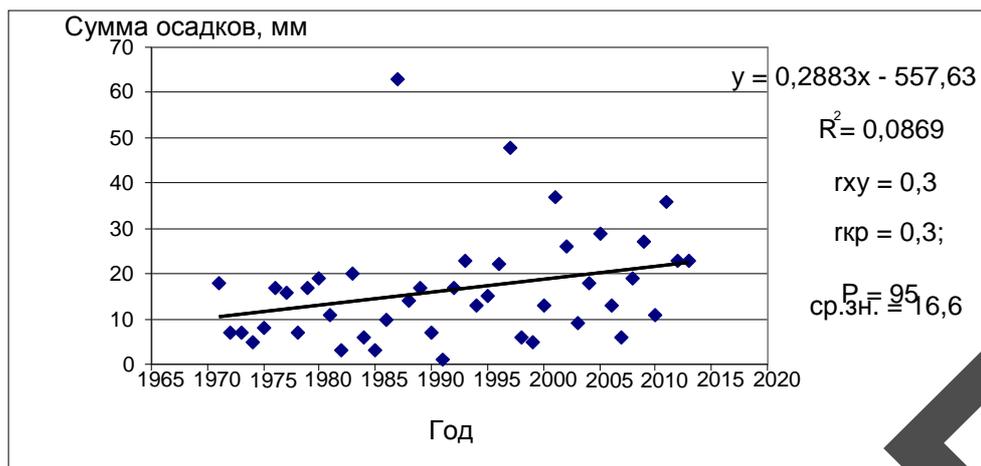


Рис. 3. Динамика изменчивости суммы осадков в 3 декаде августа за 43 года (по данным Омской ГМС, 1971–2013 гг.)

Тенденция потепления климата способствует повышению инфекционной нагрузки на посевы пшеницы, в связи с увеличением интенсивности поражения и частоты появления эпифитотийных лет. Это приводит к снижению общего уровня урожайности сортов яровой пшеницы. Убедительным доказательством являются результаты испытания сортов ОмГАУ на государственном сортоучастке в течение ряда лет. Как в первом, так и во втором сроках сева по всем сортам отмечается тенденция снижения урожайности. Данные по испытанию среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы ОмГАУ на Москаленском ГСУ по срокам сева представлены на рис. 4–5.

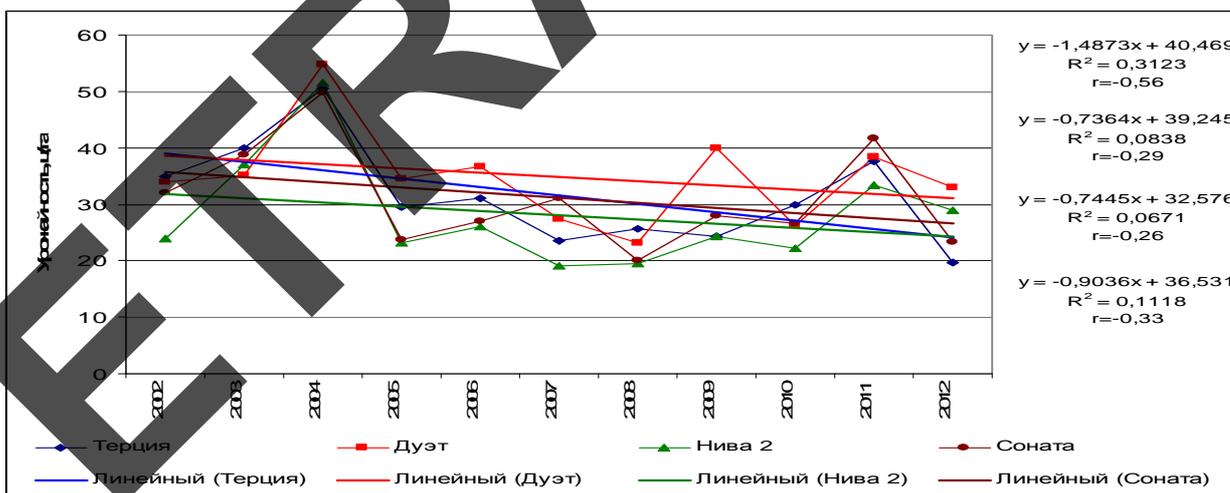


Рис. 4. Динамика изменчивости урожайности среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы на Москаленском ГСУ в первом сроке сева за период 2002–2012 гг.

Такая же закономерность отмечается и во втором сроке сева.

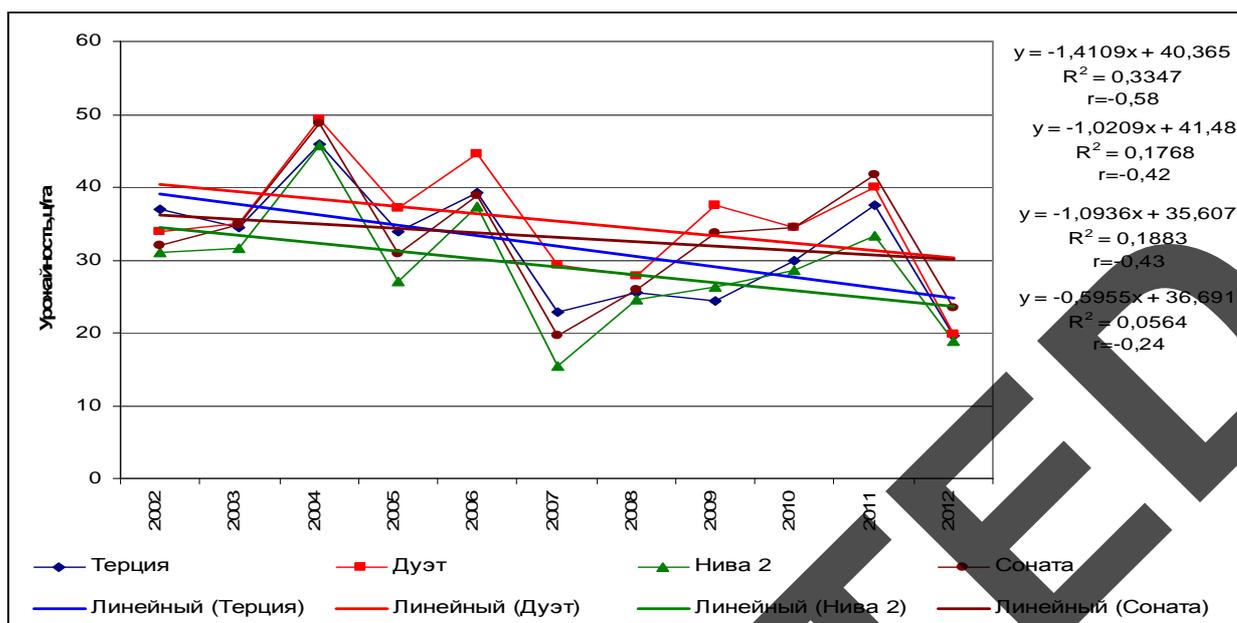


Рис. 5. Динамика изменчивости урожайности среднеспелых сортов яровой мягкой пшеницы на Москаленском ГСУ во втором сроке сева за период 2002–2012 гг.

В табл. 4 показано, что потенциал урожайности сортов ОмГАУ высокий, максимальная урожайность зерна варьировала от 49,8 у Сонаты до 54,8 ц/га у Дуэта. Главная задача современной селекции, по нашему глубокому убеждению, состоит в том, чтобы снизить потери достигнутого потенциала урожайности современных сортов от воздействия негативных факторов окружающей среды.

Из данных таблицы видно, что достоверное снижение общего уровня урожайности за 11 лет испытания отмечено только у сорта Терция. По остальным сортам выявлена лишь тенденция. Терция имела комплексный иммунитет к бурой ржавчине (ген устойчивости Lr Tr) и к мучнистой росе (Pm 4b) на момент передачи ее на государственное испытание в начале 90-х годов прошлого столетия [2].

Таблица 4

Характеристика урожайности среднеспелых сортов селекции ОмГАУ (2002–2012 гг.), Москаленский ГСУ

Сорт	Срок посева	Средняя урожайность, ц/га	Коэффициент корреляции с условиями года	Коэффициент вариации, %	Максимальная урожайность, ц/га	Минимальная урожайность, ц/га
Терция	1	31,5	-0,6*	28,0	50,6	19,7
	2	31,9	-0,6*	25,4	46,0	19,7
Дуэт	1	34,8	-0,3	24,2	54,8	23,1
	2	35,4	-0,4	22,8	49,4	19,8
Нива 2	1	28,1	-0,3	33,9	51,6	19,1
	2	29,0	-0,4	28,8	45,7	15,4
Соната	1	31,1	-0,3	28,8	49,8	20,1
	2	33,1	-0,2	25,1	48,8	19,6

гкр=0,6 при P=95 %; гкр=0,7 при P=99 %.

Однако за длительный период возделывания сорта эта устойчивость была потеряна, что и привело к снижению общего уровня урожайности сорта, плюс поражение стеблевой ржавчиной, которая проявилась в последние годы [3,9].

Заключение

Таким образом, проведенный анализ изменения климатических факторов и урожайности сортов пшеницы, созданных в ОмГАУ, свидетельствует о необходимости сохранения достигнутого потенциала урожайности современных сортов от воздействия негативных факторов окружающей среды. В этой связи стратегия селекции должна быть направлена на создание сортов с высокой адаптивностью к биотическим и абиотическим факторам среды, а также на ускорение процесса сортосмены в сельском хозяйстве области.

В последнее десятилетие в ОмГАУ создан принципиально новый исходный материал для селекции по программе КАСИБ с использованием в скрещиваниях сортов СИММИТ и Казахстана [4,5]. С помощью метода молекулярных маркеров идентифицированы гены устойчивости к стеблевой и бурой ржавчине среди перспективных линий [7]. Созданный исходный материал позволит расширить генетическое разнообразие создаваемых современных сортов и сохранить потенциал урожайности от потепления климата в условиях Западной Сибири.

Список литературы

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Коваль С.Ф., Шаманин В.П., Коваль В.С. Стратегия и тактика отбора в селекции растений: монография. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. – 228 с.
3. Шаманин В.П. Селекция яровой мягкой пшеницы к местной популяции и к вирулентной расе Ug 99 стеблевой ржавчины в условиях Западной // Информ. вестн. ВОГиС. – 2010. – Т. 14, № 2. – С. 223–231.
4. Шаманин В.П. Селекционно-генетическая оценка популяций яровой мягкой пшеницы сибирского питомника челночной селекции СИММИТ // Вавил. журн. генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 585–595.
5. Шаманин В.П. Создание адаптивного селекционного материала яровой мягкой пшеницы с использованием метода челночной селекции СИММИТ // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2.
6. Шаманин В.П., Петуховский С.Л. Создание исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2012. – № 6. – С. 10–16.

7. Шаманин В.П. Идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у линий яровой мягкой пшеницы с помощью молекулярных маркеров // Вестник Новосибирского ГАУ. – 2013. – № 2 (27). – С. 43–48.
8. Morgounov A., Abugalieva A., Martynov S. Effect of Climate Change and Variety on Long-term Variation of Grain Yield and Quality in Winter Wheat in Kazakhstan // Electronic Supplementary Material (ESM) associated with this article can be found at the website of CRC at <http://www.akademai.com/content/120427>.
9. Morgounov A. Genetic protection of wheat from rusts and development of resistant varieties in Russia and Ukraine // Euphytica. – 2011. – 179. – P. 297–311.
10. Shamanin V. P. The problem of climate warming and the objectives of spring soft wheat breeding in Western Siberia // International Plant Breeding Congress: Abstract book. – 10–14 November. – 2013. – Antalya, Turkey. – P. 217.

Рецензенты:

Евдокимов М.Г., д.с.-х.н., зав. лабораторией селекции твердой пшеницы, ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, г. Омск.

Ильин В.С., д.с.-х.н., профессор, в.н.с., Сибирский филиал ГНУ Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы, г. Омск.