

УДК 631.5275 (571.1)

ПРОБЛЕМА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СОВРЕМЕННЫЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ЕЕ ОЦЕНКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

¹В.П. Шаманин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹А.Ю. Трущенко, кандидат сельскохозяйственных наук¹А.В. Пинкаль, кандидат сельскохозяйственных наук¹Д.В. Пушкарев, аспирант¹И.В. Потоцкая, кандидат сельскохозяйственных наук²А.И. Моргунов, представитель Турецкого отделения CIMMYT¹Омский государственный аграрный университет
им. П. А. Столыпина²Представительство CIMMYT в Турции

E-mail: vpshamanin@rambler.ru

Ключевые слова: яровая пшеница, сорта, линии, урожайность, засухоустойчивость, климатические параметры

Реферат. Приведены данные анализа изменчивости основных климатических параметров, их сопряженности с урожайностью, апробированы современные методы оценки засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири. Приведены результаты по среднесуточной температуре и сумме осадков по декадам на основе данных ГМС Омска за период 1971–2014 гг. В связи с тенденцией к потеплению климата засушливость его в условиях южной лесостепи Западной Сибири возрастает, особенно в мае и июне. Проведен расчет сопряженности климатических показателей с урожайностью яровой пшеницы на сортоучастках степной зоны Омской области. По результатам изучения сортов в 2012–2014 гг. на госсортоучастках степной зоны Омской области выделен сорт Павлоградка, который в условиях очень сильной засухи 2012 г. имел прибавку урожайности к стандарту более 5 ц/га. Установлена средняя отрицательная связь между температурой растений в фазе цветения и колошения и урожайностью зерна изученных сортов яровой мягкой пшеницы, а также средняя отрицательная связь между температурой растений и оценкой засухоустойчивости. Измерение температуры растений в определенные фазы развития может служить косвенным признаком при отборе на засухоустойчивость. Показана оценка количества зеленой поверхности конкретного сорта с помощью прибора Green Seeker в разные фазы развития растений. Проведенные исследования направлены на разработку стратегии дальнейшей селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири.

Глобальное изменение климата, резкое повышение температуры воздуха и уровня концентрации углекислого газа в атмосфере внесут определенные изменения в национальные селекционные программы в ближайшие 50 лет [1, 2]. Ориентация в процессе селекции только на высокий потенциал продуктивности способствовала снижению устойчивости сортов к неблагоприятным воздействиям внешней среды. Разница между максимальной и минимальной урожайностью по годам может достигать у интенсивных сортов 100–150% [3].

Современные сорта яровой мягкой пшеницы имеют потенциал урожайности более 6 т/га, однако уровень реализации генетического потенциала сортов мягкой яровой пшеницы в производственных условиях в разных агроклиматических зонах Западной Сибири весьма низкий – в пределах 1,5

т/га и значительно варьирует по годам за счет громадных потерь урожайности под влиянием неблагоприятных биотических и абиотических факторов [4, 5]. Дальнейшее увеличение урожайности будет происходить благодаря повышению устойчивости растений к стрессовым факторам, и селекция на стабильность будет преобладающей [6]. При этом стратегия селекции на ближайшие десятилетия должна учитывать возможное негативное влияние погодных условий на урожайность яровой пшеницы, особенно вследствие потепления климата.

Цель исследований – выявить тенденцию изменчивости основных климатических параметров, их сопряженность с урожайностью и апробировать современные методы оценки засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для характеристики агрометеорологических условий использовали материалы наблюдений ГМС Омска за период 1971–2014 гг. Данные по урожайности сортов яровой мягкой пшеницы по сортоучасткам получены из материалов Государственной комиссии по Омской области.

Изучены следующие агрометеорологические параметры: среднесуточная температура воздуха, средняя минимальная и средняя максимальная температуры воздуха, сумма осадков. Классификация влагообеспеченности определена по показателю ГТК: ГТК > 1,50 – избыточная влагообеспеченность; от 1,50 до 1,41 – повышенная; 1,40–1,11 – оптимальная; 1,10–0,76 – недостаточная; 0,75–0,61 – слабая засуха (низкая влагообеспеченность); 0,60–0,41 – средняя засуха; 0,40–0,21 – сильная засуха; < 0,20 – очень сильная засуха [7]. 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. На 47 сортах ПСИ и 49 сортах и линиях питомника КАСИБ 14 на опытном поле ОмГАУ определяли температуру листовой поверхности с помощью инфракрасного термометра LT300 по методике, рекомендованной CIMMYT [8].

Считается, что чем ниже температура растений на делянке, тем выше их засухоустойчивость, что, предположительно, связано со степенью развития и конфигурацией корневой системы. Кроме оценки растений с помощью инфракрасного термометра также была проведена оценка количества зеленой массы с помощью прибора Green Seeker. Измерения проводили в четыре срока – 27 июня (кущение–выход в трубку),

8 июля (колошение–цветение), 23 июля (молочная спелость) и 5 августа (тестообразная спелость). Расчёты проведены с использованием пакета стандартных прикладных статистических программ Microsoft Excel [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Расчеты данных Омской ГМС за период с 1971 по 2014 г. показали, что каждые 10 лет температура воздуха достоверно увеличивалась на 0,3°C и в целом возросла на 1,34°C. В среднем за 43 года среднегодовая температура воздуха составила +1,88°C. Среднегодовая сумма осадков за этот период не изменилась.

Ранее по результатам расчета коэффициента детерминации (r^2) параметров климатических факторов в Омском регионе нами было показано достоверное повышение средней минимальной и максимальной температуры воздуха [10]. Возрастание средней минимальной и средней максимальной температуры воздуха, безусловно, связано с общим потеплением климата, при этом количество осадков остается прежним. В такой ситуации вполне логично предположить, что вероятность засушливых лет будет увеличиваться.

На рис. 1 представлена диаграмма, на которой показана доля лет за 43 года с различной влагообеспеченностью за период вегетации яровой пшеницы в степной зоне Омской области. Данные свидетельствуют, что практически каждый второй год является в различной степени засушливым от недостаточной влагообеспеченности (25%) до слабой и средней засухи (22%). Учитывая, что с потеплением климата доля засушливых лет будет возрастать, селекция пшеницы на засухоустойчивость в регионе становится наиболее актуальной.

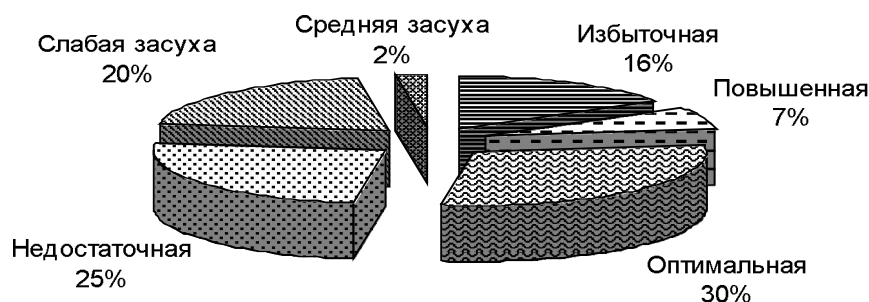


Рис. 1. Диаграмма влагообеспеченности периода вегетации яровой пшеницы в степной зоне за 1971–2014 гг. (Павлоградская ГМС)

Анализ ГТК по месяцам периода вегетации пшеницы от посева (май) до восковой и полной спелости (август) показал, что недостаточная влагообеспеченность (ГТК 1,10–0,76) за анализируемый период очень часто отмечалась во все

месяцы: в мае – 23 % лет, в июне – 25, июле – 20, в августе – почти 30 % лет. Сильная и очень сильная засуха начинается в мае и захватывает все месяцы. Особенно снижается ГТК в июне (рис. 2).

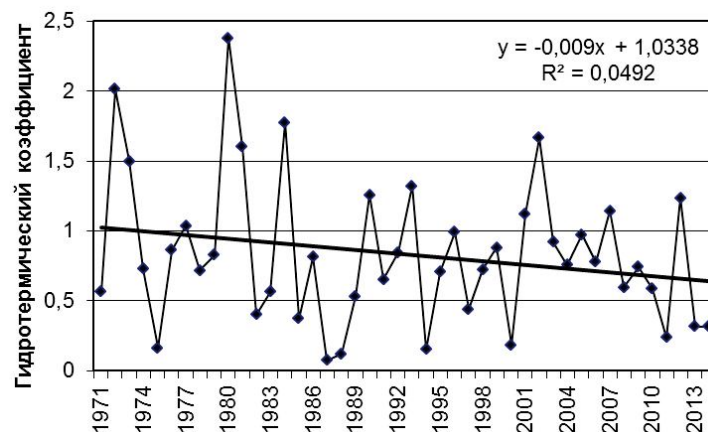


Рис. 2. Динамика изменения ГТК в июне за период 1971–2013 гг.

На рис. 3 представлены данные по вкладу различных факторов в урожайность яровой мягкой пшеницы на сортоучастках степной зоны Омской области за 1971–2013 гг. Как видно из диаграммы, доля сорта в общей изменчивости урожайности зерна в степи составила 35 %, что свидетельствует о значительных различиях между испытанными за указанный выше период сортами по отношению к негативным факторам степной зоны и, прежде всего, к засухе. На данное обстоятельство указы-

вает также высокий вклад фактора взаимодействия «сорт × годы» в общее варьирование урожайности зерна пшеницы, который составил 59 % от общей дисперсии. За анализируемый период установлено, что в условиях южной лесостепи, где более благоприятные по влагообеспеченности условия по сравнению со степной зоной, отмечается общий прогресс в селекции пшеницы, о чем свидетельствуют линия тренда роста урожайности и достоверный коэффициент детерминации.

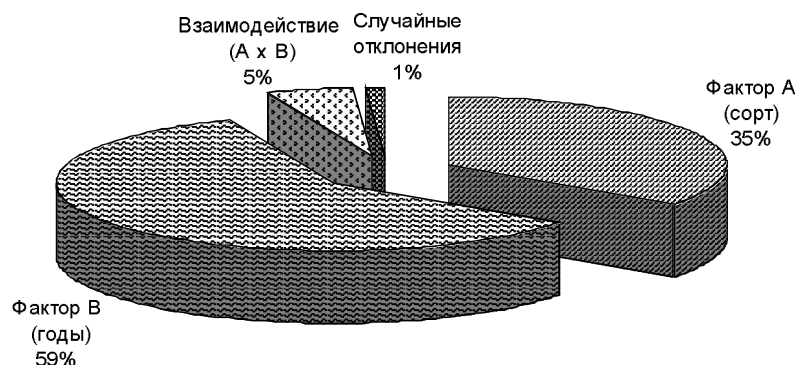


Рис. 3. Относительный вклад факторов изменчивости в общее варьирование урожайности зерна в степной зоне Омской области (1971–2013 гг.)

Данные сортоиспытания яровой пшеницы на сортоучастках степной зоны, наоборот, показывают, что за последние почти 40 лет существенного роста урожайности не выявлено. На Павлоградском ГСУ коэффициент детерминации не имеет существенного значения, а на самом южном сортоучастке Омской области, где госсортоиспытание пшеницы проводится в наиболее засушливых условиях, линия тренда достоверно идет вниз ($r^2=0,211$). Следовательно, в целом по

испытанным сортам яровой пшеницы прогресса по засухоустойчивости за последние 43 года не достигнуто. Лишь немногие из передаваемых на ГСИ сортов достоверно превосходят по урожайности стандарты на сортоучастках степной зоны Омской области. Одним из новых сортов, который с 2015 г. включен в Госреестр по Западно-Сибирскому региону, является сорт Павлоградка. За годы сортоиспытания (2012–2014 гг.), из которых в 2012 г. проявилась очень сильная засуха,

Прибавка урожайности сорта яровой мягкой пшеницы Павлоградка на ГСУ Омской области
в 2012–2014 гг., ц/га

Госсортоучасток	По пару		По пшенице	В среднем	Максимальная
	1-й срок посева	2-й срок посева			
Южная лесостепная зона					
Москаленский		3,0	3,4	3,2	5,5
Щербакульский		2,4	1,8	2,1	7,1
В среднем		2,7	2,6	2,6	
Степная зона					
Павлоградский	1,8	2,1	2,0	2,0	3,5
Русско-Полянский		1,5	1,7	1,6	3,0
Черлакский	2,2	5,1	3,7	3,7	5,6
В среднем	2,0	2,9	2,5	2,4	
По области в среднем	2,0	2,8	2,6	2,5	

сорт яровой мягкой пшеницы имел достоверное превышение по урожайности зерна как по пару, так и по предшественнику «зерновые культуры» (таблица).

Главная задача современной селекции состоит не в увеличении потолка урожайности, а в том, чтобы снизить потери достигнутого потенциала урожайности современных сортов от воздействия негативных факторов окружающей среды [11, 12]. Например, урожайность зерна сорта ОмГАУ-90 на Щербакульском сортоучастке (южная лесостепь) в 2009 г. составила 67,5 ц/га. В условиях Западной Сибири во влажные годы 30% и более потерь урожая зерна обусловлено болезнями, а в засушливые годы – дефицитом доступной влаги. При селекции на засухоустойчивость одним из важнейших факторов эффек-

тивности является объективная оценка селекционного материала, главным образом с помощью экспресс-методов.

В предварительном сортоиспытании (ПСИ) в 2014 г. было изучено 47 сортов. Средняя температура растений в определенные фазы развития представлена на рис. 4. Наименьшей температурой растений в среднем по опыту была в фазе молочной спелости (23 июля) и составляла 22,7°C, а максимальной – в фазе колошения–цветения (8 июля) – 33,0°C. Наибольшая вариабельность изучаемых сортов по температуре растений наблюдалась в фазе колошения–цветения, коэффициент вариации признака составил 126%, а наименьшая – в фазу кущения–выхода в трубку 27 июня ($C_v=49\%$).

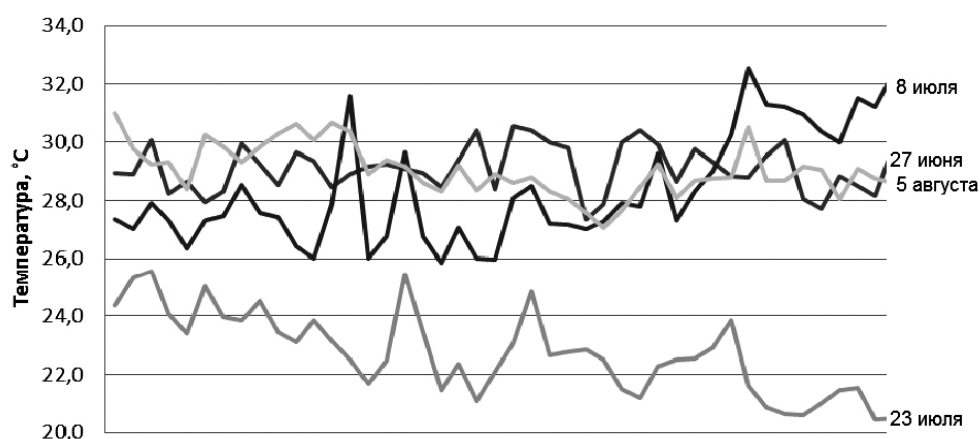


Рис. 4. Температура растений сортов ПСИ в динамике развития

Сопряженность между температурой растений в фазе цветения и урожайностью отрицательная, о чем свидетельствует линия тренда на рис. 5.

В питомнике Казахстано-Сибирской челночной селекции (КАСИБ) в 2014 г. было изучено 49

сортов. При анализе взаимосвязи температуры растений в отдельные фазы развития с урожайностью была выявлена средняя отрицательная связь $r = -0,4$ (уровень значимости 0,27 при $P = 0,05$) в фазе цветения.

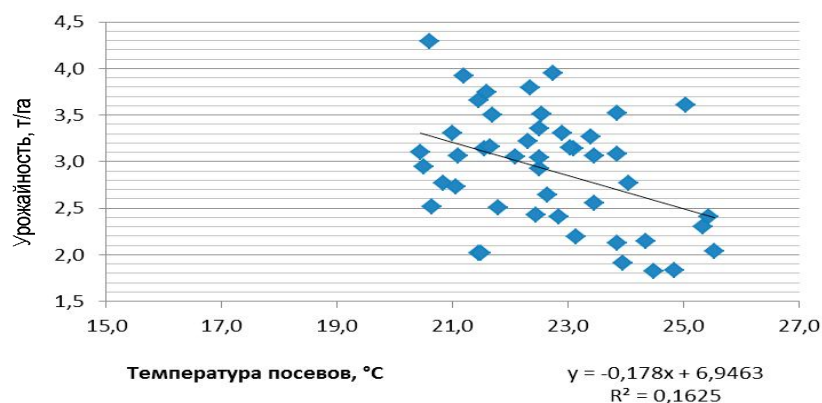


Рис. 5. Связь между температурой растений в фазе цветения и урожайностью в питомнике КАСИБ-14

Наименьшая температура растений в среднем по опыту была отмечена при измерениях в фазе цветения и составляла 21,6°C с минимальным значением 20,6°C и максимальным 23,2°C.

Коэффициент вариации признака также зависел от фазы развития и максимальным был в фазу цветения (157%), а минимальным – в фазу колошения (49%).

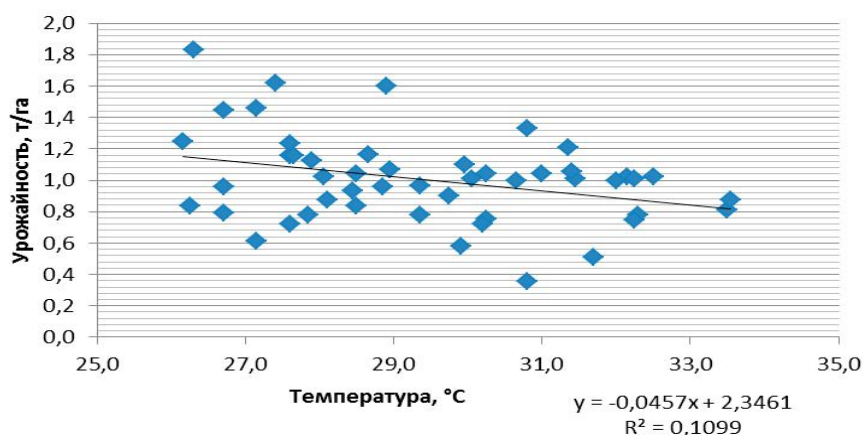


Рис. 6. Корреляция между температурой растений в фазе колошения и урожайностью зерна у сортов и линий пшеницы в питомнике КАСИБ

При изучении взаимосвязи температуры растений с урожайностью в фазе колошения была выявлена средняя отрицательная связь $r = -0,33$

(уровень значимости 0,27 при $P = 0,05$) с температурой растений (рис. 6).

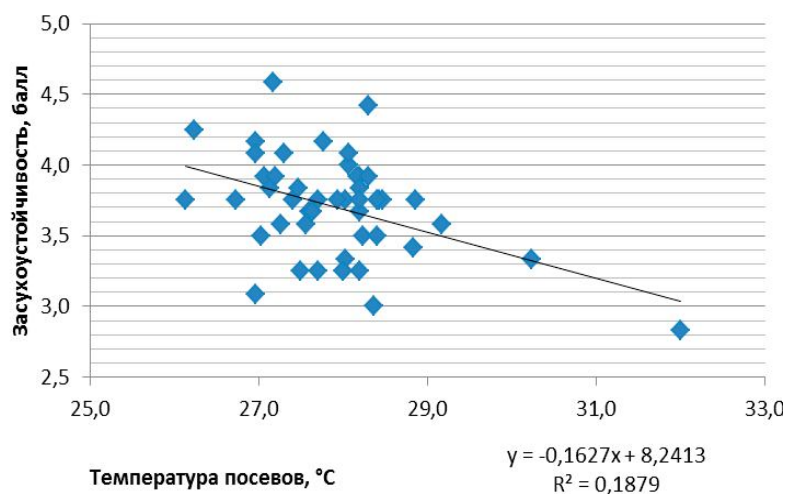


Рис. 7. Связь температуры растений в фазе молочной спелости и засухоустойчивости в питомнике КАСИБ-14

При изучении взаимосвязи температуры растений в фазе молочной спелости с полевой оценкой засухоустойчивости была выявлена средняя отрицательная связь $r = -0,43$ (уровень значимости 0,27 при $P = 0,05$) (рис. 7).

В этой связи измерение температуры растений в определенные фазы развития может служить косвенным признаком при отборе на засухо-

устойчивость: чем ниже температура, тем выше засухоустойчивость сорта или линии.

Кроме оценки растений с помощью инфракрасного термометра также была проведена оценка количества зеленой поверхности конкретного сорта с помощью прибора Green Seeker. Результаты взаимосвязи двух показателей отображены на рис. 8.

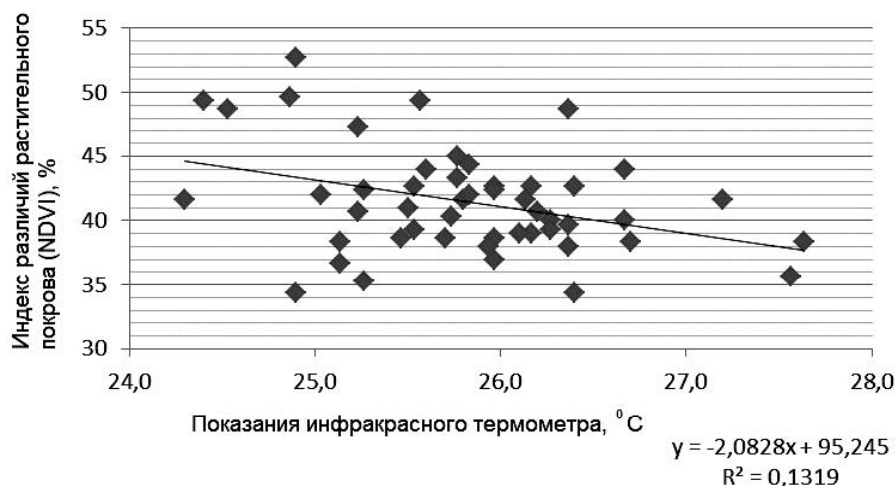


Рис. 8. Взаимосвязь показателей инфракрасного термометра и Green Seeker

В результате исследований была обнаружена слабая отрицательная связь, $r = -0,36$ (уровень значимости 0,27 при $P = 0,05$), т.е. чем выше температура растений, тем ниже показатель количества вегетативной массы на делянке.

Таким образом, предварительный анализ данных экспресс-методов в полевых условиях свидетельствует о возможном их использовании для оценки засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири.

ВЫВОДЫ

1. Анализ изменения климатических факторов и многолетних результатов сортоиспытания яровой пшеницы свидетельствует о необходимости повышения засухоустойчивости создаваемых сортов и стабильности урожая по годам, особенно в степной зоне. В условиях Западной Сибири практически каждый второй год является засушливым в различной степени. В связи с тенденцией к потеплению климата засушливость климата возрастает, особенно в мае и июне, о чем свидетельствует достоверное снижение показателя ГТК за последние 43 года.

2. Типичная для Западной Сибири засуха в первый период вегетации становится еще более жесткой. Почти в 25% лет в июне наблюдается сильная и очень сильная засуха. Среди новых со-

ртов выделен сорт Павлоградка, который в условиях очень сильной засухи 2012 г. имел прибавку урожайности по отношению к стандарту более 5 ц/га.

3. Применение экспресс-методов с использованием современных приборов позволило выявить определенную связь между температурой растений и урожайностью пшеницы. Установлена средняя отрицательная связь между температурой растений в фазе цветения и колосшения и урожайностью зерна изученных сортов яровой мягкой пшеницы. Температура растений в фазу молочной спелости находится в средней отрицательной связи с оценкой засухоустойчивости ($r = -0,43$) – чем ниже температура сорта, тем выше была оценка по засухоустойчивости (в баллах).

4. Установлена слабая отрицательная связь между температурой растений и показателем прибора Green Seeker ($r = -0,36$) – чем меньше температура растений, тем выше показатель прибора, косвенно отражающий количество вегетативной массы на делянке.

5. Стратегия селекции, направленная на создание засухоустойчивых сортов, будет способствовать решению проблемы повышения стабильности производства зерна пшеницы в условиях Западной Сибири.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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 [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.akademai.com/content/120427>.
 2. 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*. – Antalya, Turkey, 2013. – P. 217.
 3. Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. – Новосибирск: Гео, 2009. – 427 с.
 4. Андреева З.В., Цильке Р.А. О нереализованном потенциале урожайности зерна мягкой яровой пшеницы в разных агроклиматических зонах Западной Сибири // *Вестн. НГАУ*. – 2011. – № 1 (17). – С. 14–17.
 5. Создание адаптивного селекционного материала яровой мягкой пшеницы с использованием метода челночной селекции СИММИТ / В.П. Шаманин [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 2. – С. 386.
 6. Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине в Западной Сибири: монография / В.П. Шаманин [и др.]. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2015. – 152 с.
 7. Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // *Вестн. Удмурт. ун-та*. – 2012. – Вып. 2. – С. 120–126.
 8. *Physiological Breeding II: A field guide to plant Phenotyping*. – CIMMYT, 2013. – 140 p.
 9. Седловский А.И., Мартынов С.П., Мамонов Л.К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 200 с.
 10. Потепление климата и урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири / В.П. Шаманин [и др.]. // *Современные проблемы науки и образования: Электрон. журн.* – М., 2014. – № 1.
 11. 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.
 12. Селекционно-генетическая оценка популяций яровой мягкой пшеницы сибирского питомника челночной селекции СИММИТ / В.П. Шаманин [и др.]. // *Вавилов. журн. генетики и селекции*. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 585–595.
-
1. 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. <http://www.akademai.com/content/120427>.
 2. 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*. Antalya, Turkey, 2013. pp. 217.
 3. Goncharov N.P., Goncharov P.L. *Metodicheskie osnovy seleksii rasteniy* [Methodical bases of plant breeding]. Novosibirsk: Geo, 2009. 427 p.
 4. Andreeva Z.V., Tsil'ke R.A. *Vestnik NGAU* [Bulletin of NSAU], no. 1 (17) (2011): 14–17.
 5. Shamanin V.P. i dr. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, no. 2 (2012): 386.
 6. Shamanin V.P. i dr. *Selektsiya yarovoy myagkoy pshenitsy na ustoychivost' k steblevoy rzhavchine v Zapadnoy Sibiri* [Breeding of spring wheat for resistance to stem rust in Western Siberia]. Omsk: Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2015. 152 p.
 7. Perevedentsev Yu.P., Sharipova R.B., Vazhnova N.A. *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, Vyp. 2 (2012): 120–126.
 8. *Physiological Breeding II: A field guide to plant Phenotyping*. SIMMYT, 2013. 140 p.
 9. Sedlovskiy A.I., Martynov S.P., Mamonov L.K. *Genetiko-statisticheskie podkhody k teorii seleksii samoopylyayushchikhsya kul'tur* [Genetic and statistical approaches to the selection of the theory of self-pollinating crops]. Alma-Ata: Nauka, 1982. 200 p.
 10. Shamanin V.P. i dr. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya: elektron. zhurnal*. Moscow, no. 1 (2014).
 11. Koval' S.F., Shamanin V.P., Koval' V.S. *Strategiya i taktika otbora v seleksii rasteniy* [Strategy and tactics of selection in plant breeding]. Omsk: Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2010. 228 p.

12. Shamanin V.P. i dr. *Vavilov. zhurnal genetiki i selektsii*, T. 16, no. 1 (2012): 585–595.

**THE PROBLEM OF SPRING WHEAT DROUGHT HARDNESS IN WESTERN SIBERIA AND
MODERN EXPRESS-METHODS OF ITS EVALUATION IN THE FIELD CONDITIONS**

Shamanin V.P., Trushchenko A.Iu., Pinkal A.V., Pushkarev D.V., Pototskaia I.V., Morgunov A.I.

Key words: spring wheat, varieties, lines, crop yield, drought hardness, climate parameters.

Abstract. The article shows the results of analysis of the main climate parameter and their connection with crop yield. The authors tested and applied modern methods of evaluation of spring wheat drought hardness in the conditions of Western Siberia. The authors represent the results on the average daily temperature and total precipitation on the decades based on the data Omsk meteorological station during 1971–2014. The climate in the south forest-steppe of Western Siberia tends to warming especially in May and June. The authors calculated the contingency of climate parameters with spring wheat crop yield on the testing plots of forest steppe in Omsk region. The investigation of varieties on the testing plots of steppe zone in Omsk region in 2012-2014 resulted in outlining the Pavlogradka variety, which had 5 hundredweight/ha crop yield more in the conditions of strong drought. The authors found out the negative correlation between plant temperature in blossom phase and earing phase and crop yield of the investigated crop varieties; average negative correlation between plant temperature and drought hardness evaluation. Measuring of plant temperature in specific phases can serve as a feature for drought hardness. The paper estimates the green surface of concrete variety by means of Green Seeker device in different phases of plant development. The research is aimed at the development of the strategy used for further selection of spring wheat in the conditions of Western Siberia.