

was the most in zero versions, which is due to the incorrect water permeability of the first structures and The tendency to increase the level of optimal density of substances in zero working volumes from a loose, slightly compacted composition of 1.19-1.23 g/cm³ to a density of 1.32-1.39 g/cm³, especially in zero working volumes, has been partially preserved. The yield of spring wheat and spring barley grain is within 28.4-38.9 C/ha for a boiled crop, spring barley of the Simbat Variety, the high yield of spring barley is a promising number when plowing 20-22 CM, and zero processing is only 2.5 and 1.5 c/ha. Based on the two-factor analysis of ANOVA, the share of varieties in the formation of productive grain of spring wheat and spring barley depended on the year of study and was within 40.9-62.2%, and the share of participation in development methods was 22.4-32.2%. The formation of productivity largely depended on the studied crops and varieties, attendance only increased over the years, which depends on the weather conditions during the growing season of the studied crops.

Key words: zero tillage, spring barley, spring wheat, yield, soil structure

МРНТИ 68.35.03

DOI <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/566>

Ш.С. Рсалиев, Р.А. Урозалиев, Б.А. Айнебекова, С.А. Аширбаева,
А.К. Абдикадырова, Р.К. Ибадуллаева, Ф.Р. Эбугали*

*Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, село
Алмалыбак, Алматинская область, Казахстан*

*E-mail: shynbolat63@mail.ru; urazaliev@mail.ru; bakyt.alpisbay@gmail.com;
ashirbaeva54@mail.ru; akbope81.kz@mail.ru; rakhila.ibadullaeva@mail.ru; g_97.02@mail.ru*

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация

Погодные аномалии последних лет показывают, что в Казахстане повышению устойчивости растений к температурным стрессам следует уделять особое внимание. В статье приведены сведения об изменениях погодно-климатических условий в озимосеющих регионах Казахстана. В Алматинской области за 2021-2023 годы отмечено повышение температуры воздуха во время вегетационного периода на 1,73-2,60 °С по сравнению с среднемноголетними данными. В регионе в течение вегетации растений наблюдается уменьшение количества осадков и выпадение дождей отличается неравномерностью. Описаны основные показатели засухоустойчивости у современных сортов озимой пшеницы и методы их изучения. На основе литературных данных и собственных исследований установлено влияние параметров флагового листа (длина, ширина, площадь), скручивания листьев во время засухи, замедление старения растений «Stay-green», опущенности и воскового налета растений на засухоустойчивость озимой пшеницы. Оценены сорта озимой пшеницы по показателям продуктивности в условиях природной засухи. Отмечено, что в связи с потеплением климата в регионе необходимо продолжить исследования засухоустойчивости озимой пшеницы по признакам кустистость, вегетационный период, высота растений, длина верхнего междоузлия стебля, площадь флагового листа, скручивание листьев, восковой налет, а также по NDVI индексу растений во время засухи.

Ключевые слова: озимая пшеница; изменение климата; засуха; показатели засухоустойчивости; скручивание листьев; NDVI индекс; селекция на засухоустойчивость.

Введение

Засуха является одним из серьезных абиотических стрессовых факторов, возникающих в сельском хозяйстве многих стран мира. В агрономии это климатическое явление представляет собой не только недостаток воды, но и сложное сочетание температурного стресса, недостатка влаги, сухости воздуха (суховей) и других факторов. По продолжительности засуха может быть кратковременной и длительной, характеризующейся разной степенью интенсивности. Ожидается, что изменение климата приведет к повышению температуры в будущем, что может привести к сокращению производства сельскохозяйственных культур во многих ключевых регионах. Анализ погодно-климатических условий за последние годы в сравнении с многолетними данными местности показывает, что особенностью изменения климата является высокий температурный режим в вегетационный период возделываемых культур по годам [1].

Пшеница является культурой, наиболее чувствительной к изменению климата, и поэтому более глубокое знание и понимание агрономической взаимосвязи между погодными условиями и урожайностью пшеницы имеет решающее значение для прогнозирования и реагирования к будущему повышению температуры. По времени возникновения выделяют три типа засухи: весенняя, летняя и осенняя. Весенняя засуха характеризуется сухими ветрами при сравнительно невысоких температурах воздуха. Летняя засуха характеризуется низкой относительной влажностью воздуха, высокой температурой и большой испаряемостью. Осенняя засуха отличается повышенной температурой, отсутствием дождей, пересыханием почвы на глубину посева семян озимой пшеницы. Изменение климата, в том числе высокая температура, оказывает пагубное влияние на продуктивность пшеницы, и модельные исследования предсказывают более частые периоды сильной жары в будущем. Рост пшеницы может быть нарушен высокими дневными и ночными температурами на любой стадии развития, особенно на стадии налива зерна.

Методы и материалы

В качестве основного объекта исследований использованы сорта озимой пшеницы, допущенные к возделыванию в Казахстане. Опыты проведены с использованием сортов отечественной селекции – Алмалы, Богарная 56, Вавилов, Димаш, Жетысу, Наз, Сапалы, Стекловидная 24, Фараби, а также зарубежных сортов – Алексейич, Альмира, Ахмат, Безостая 100, Гром (Россия), Евклид (Франция). Также будут использованы семена селекционных, коллекционных питомников КазНИИЗиР и из международных научных центров СИММИТ, ИКАРДА и других организаций.

Полевые опыты заложены в стационаре Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР). Для оценки относительной засухоустойчивости озимой пшеницы использован метод выращивания растений в условиях модельной засухи. К таким условиям относятся опорный пункт «Карой» КазНИИЗиР (жесткая необеспеченная богара) Илийского района Алматинской области. Тип почвы данного опорного пункта – бедный серозем, содержание гумуса – 1,1%, сумма эффективных температур – 3600 °С, годовое количество осадков – 170-210 мм.

Засухоустойчивость генотипов в полевых условиях установлены по абсолютному значению урожайности и признакам продуктивности, а также по степени снижения продуктивности в условиях засухи. Сорта и линии озимой пшеницы изучены по признакам: высота растений, длина последнего междоузлия, параметры флагового листа, индекс NDVI и другие показатели [2]. Скручивание листьев пшеницы оценено по 5-бальной шкале O'Toole et al. [3]. Лабораторная оценка степени засухоустойчивости пшеницы проведена с использованием осмотического раствора сахарозы в пределах 10-20 атм, которая позволяет изучить большего количества селекционного материала [4].

В работе также анализированы принятые уравнения и расчеты для определения засухоустойчивости растений. В настоящее время имеются несколько коэффициентов и индексов устойчивости к засухе. Наиболее используемым показателем в метеорологических

исследованиях является гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) Г.Т. Селянинова, представляющий собой отношение суммы осадков за период не менее месяца к сумме температур выше 10 °С за этот же период, уменьшенной в 10 раз. При этом по данным показателя ГТК исследуемая местность классифицируется по увлажнению: Влажная зона – ГТК в пределах 1,6-1,3; слабо засушливая – 1,3-1,0; засушливая – 1,0-0,7; очень засушливая – 0,7-0,4; сухая – <0,4 [5].

Индекс восприимчивости к засухе (DSI) рассчитан по уравнению Fischer и Maurer [6]. Средняя продуктивность растений (MP) во время засухи и Толерантность (TOL) генотипов к засухе определены по уравнениям Rosielle и Hamblin [7]. Индекс засухоустойчивости (DTI) рассчитан по формуле Fernandez [8], Модифицированный индекс стрессоустойчивости растений (MsSTI) рассчитан по формуле, предложенной Farshadfar и Sutka [9]. Для расчета указанных индексов используются показатели сортов и линий озимой пшеницы в оптимальных и стрессовых условиях, чтобы отделить восприимчивые генотипы от толерантных генотипов. Уравнения для расчета индексов засухоустойчивости, используемые для оценки влияния засухи на урожай и для отбора засухоустойчивых сельскохозяйственных культур, показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Уравнения для расчета засухоустойчивости растений

Индексы	Уравнения	Источник
Гидротермический коэффициент (ГТК)	$ГТК=R \times 10/\Sigma t$	Ionova et al., 2019 [5]
Индекс восприимчивости к засухе (DSI)	$DSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{1 - (Y_{s-} / Y_{p-})}$	Fischer, Maurer, 1978 [6]
Средняя продуктивность растений (MP) во время засухи	$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$	Rosielle, Hamblin, 1981 [7]
Толерантность (TOL) генотипов к засухе	$TOL = Y_p - Y_s$	Rosielle, Hamblin, 1981 [7]
Индекс засухоустойчивости (DTI)	$DTI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(Y_{p-})^2}$	Fernandez, 1992 [8]
Модифицированный индекс стрессоустойчивости (MsSTI)	$MsSTI = \frac{(Y_s)^2}{(Y_{s-})^2} \times DTI$	Farshadfar, Sutka, 2002 [9]

R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10 °С, Σt – сумма температур (°С) за то же время. Y_p – урожайность в оптимальных условиях, Y_s – урожайность в условиях засухи, Y_{p-} – средняя урожайность в оптимальных условиях, Y_{s-} – средняя урожайность в условиях засухи

Результаты и обсуждение

Изменение климата в сторону засушливости. В настоящее время одним из острых экологических проблем является изменение климата в сторону засушливости. Причем в зерносеющих регионах засушливый сезон часто сменяется с влажным, при котором развиваются инфекционные болезни. В связи с этим в крупных селекционных центрах (СИММИТ, ИКАРДА) разрабатываются программы по созданию сортов пшеницы, обладающих одинаковой засухоустойчивостью и иммунитетом к болезням. Засуха является актуальной проблемой для значительной части в Центральной Азии. Кроме того, по утверждению известных климатологов [10], вероятность этой катастрофы в ближайшие десятилетия будет только возрастать.

Анализ метеорологических данных в Казахстане за 2021-2023 годы показывает повышения температуры воздуха и снижения количества атмосферных осадков за вегетационный период в последние годы (рисунок 1).

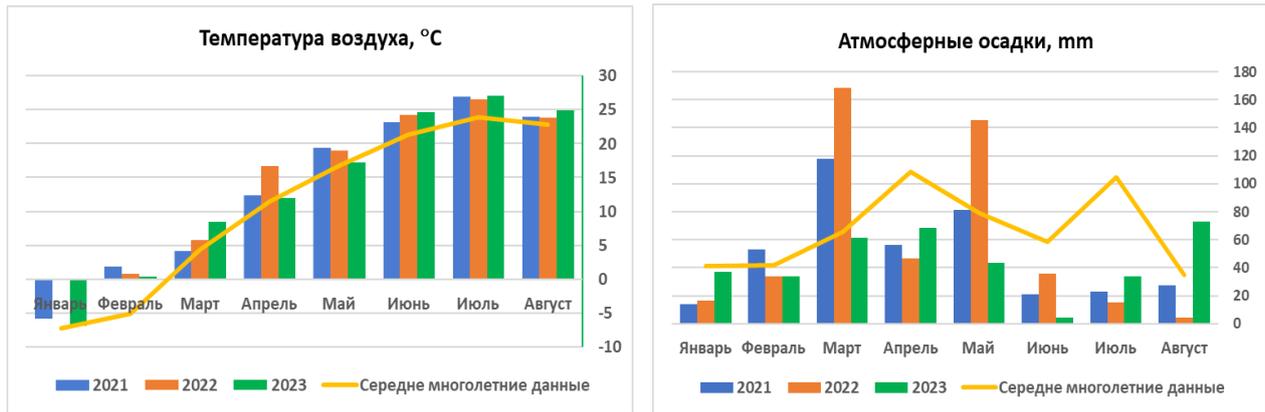


Рисунок 1 – Изменение температуры воздуха и атмосферных осадков в Алматинской области за 2021-2023 годы

Как показывают данные рисунка 1, за 2021-2023 годы в Алматинской области отмечено значительное повышение температуры воздуха с марта по июль месяцы. Отклонение температуры воздуха от средней многолетней нормы за апрель, май, июнь месяцы составило соответственно 2,17 °C; 1,73 °C и 2,60 °C. Если учесть, что согласно отчету о глобальном климате за 2023 год, месяцы второй половины года (июнь-декабрь) были самыми жаркими за всю историю наблюдений и глобальные температуры были более чем на 1,0 °C (1,8 °F) выше среднемноголетнего значения [11], то можно считать, что повышение температуры в Казахстане (1,73-2,60 °C) является очень высоким.

Повышение температуры воздуха сопровождается уменьшением количества осадков по сравнению с среднемноголетними данными. Самое главное, в последние годы в регионе выпадение осадков отличается неравномерностью в течение вегетационного периода. Так, в Алматинской области в марте дожди были в среднем на 50,30 мм больше, а в апреле и июне, соответственно были на 51,40 и 38,03 мм меньше, чем многолетние нормы.

Потепление климата и совершенствование технологий возделывания привели к изменениям в структуре полей пшеницы. В настоящее время фермеры юга и юго-востока Казахстана практически полностью отказались от выращивания яровой пшеницы и перешли на посев озимой пшеницы. Озимая пшеница эффективно использует почвенную влагу осенью, зимой и весной и атмосферные осадки в первой половине лета, а также растет в подходящем температурном режиме. Урожайность зерна хорошо перезимовавшей озимой пшеницы обычно в 2-3 раза выше, чем у яровой пшеницы. Однако озимая пшеница также страдает от засухи в суровые засушливые годы. Некоторые сорта этой культуры обладают устойчивостью к почвенной и атмосферной засухе. Основными характеристиками засухоустойчивости озимой пшеницы являются: высокая кустистость, короткий вегетационный период, мощная корневая система, средняя высота растений, длинное верхнее междоузлие стебля, малая площадь флагового листа, скручивание листьев, восковой налет и другие показатели. Изучение этих показателей и их использование в селекции пшеницы будет способствовать подбору засухоустойчивых сортов.

Параметры флагового листа. Морфологические признаки пшеницы играют важную роль во время засухи. В настоящее время основными морфологическими признаками засухоустойчивости считаются показатели листа (форма, длина, площадь, размер, опушение, восковой налет) и корня (сухая масса, плотность и длина). В условиях засухи высокопродуктивные сорта озимой пшеницы характеризуются высокой сухой массой флагового листа при цветении. Имеется положительная связь между зерновой продуктивностью колоса главного побега озимой пшеницы, а также урожайностью и сухой массой флагового листа при цветении. По данным исследователей, урожайность пшеницы положительно коррелирует с площадью флагового листа, длиной колоса, числом зерен в

колосе, массой зерна с колоса и массой 1000 зерен. Отмечена положительная взаимосвязь ($r = 0,59$) между массой зерна главного колоса и продолжительностью функционирования двух верхних листьев после колошения [12]. Ряд исследователи полагают, что вклад флаговых листьев и остей составляет более 40% в формирование массы зерна с колоса у пшеницы [13]. Площадь флагового листа уже давно используется в качестве критерия селекции, способствующего засухоустойчивости различных культур. Имеется корреляционная связь урожайности с площадью флагового листа сильная ($r = 0,71$), а с площадью второго сверху листа средняя ($r = 0,68$), то есть оба листа почти в одинаковой степени определяли налив зерна. В условиях Северного Кавказа максимальной урожайностью обладают сорта с площадью флагового листа больше 20 кв.см [14]. Урожайность зерна зависит не только от размеров листьев, но и от их расположения в пространстве друг относительно друга, от размеров чешуй и остей колоса. Признаки флагового листа пшеницы могут частично указывать на засухоустойчивость всего растения. Раннее созревание, небольшой размер растения и уменьшенная площадь листьев связаны с засухоустойчивостью.

Обычно площадь флагового листа сортов пшеницы колеблется в широких пределах (10-40 кв.см), и урожайность не зависит от площади флагового листа. Высокий урожай формируют образцы, как с крупными, так и с мелкими листьями. Однако при изучении сортов озимой пшеницы в природных засушливых условиях (питомник Карой, Алматинская область), длина и ширина флагового листа были очень низкими и, соответственно, расчетная площадь флагового листа находилась в пределах 5,48-12,46 кв.см. В опыте сорта с высокими показателями флагового листа отличились также и с высокой зерновой продуктивностью (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели продуктивности озимой пшеницы в питомнике Карой, Алматинская область, 2023 г

Название сорта, страна*	Длина флаг листа, см.	Ширина флаг листа, см.	Площадь флаг листа, см ²	Количество колосков в колосе, шт.	Масса колосьев, г	Количество зерен, г/м ²	Масса зерен, г/м ²	Масса 1000 зерен, г
Стекловидная 24, KZ	11,7	0,9	7,00	16,0	64	5180	136	26
Вавилов, KZ	12,7	0,9	7,88	12,7	72	7352	184	24
Димаш, KZ	16,7	0,9	10,37	13,0	64	5712	168	28
Егемен 20, KZ	15,2	1,0	10,11	17,0	86	7112	200	28
Фараби, KZ	14,0	0,9	8,71	15,0	56	4724	104	22
Несипхан, KZ	19,3	1,0	12,46	12,3	80	6340	184	28
Талими 80, KZ	14,0	0,9	8,09	16,3	68	6312	152	24
Гозгон, UZ	13,3	1,0	8,89	14,3	58	4876	144	30
Евклид, FR	12,3	0,7	5,48	12,7	50	4532	88	20
Безостая 100, RU	14,3	0,8	7,33	13,3	64	8464	168	20
НСР _{0,05}	0,42	0,05	0,07	0,25	2,17	25	12	0,47

*KZ – Казахстан, UZ – Узбекистан, FR – Франция, RU – Россия

Как показывают данные таблицы 2, в условиях сильной природной засухи местные засухоустойчивые сорта озимой пшеницы Вавилов, Димаш, Егемен 20, Фараби, Несипхан обладали высокими показателями продуктивности колоса и урожайности зерен. В связи с усилением засухи в регионе перспективными являются сорта озимой пшеницы с оптимальными вертикальными листьями, способные выдерживать длительные засухи и формировать высокий урожай зерен.

Скручивание листьев во время засухи. Скручивание листьев является полезным свойством пшеницы, которое способствует перемещению атмосферной влаги в корневую зону. Динамика скручивания листьев пшеницы поддерживает высокую эффективность

использования ресурсов, которая может компенсировать потери урожая в условиях засухи [15]. Скручивание листьев относится к признакам, обычно рассматриваемым в современных программах селекции зерновых на засухоустойчивость. В настоящее время скручивание листьев зерновых культур оценивается по 5-бальной шкале O'Toole et al. [3] (рисунок 2).

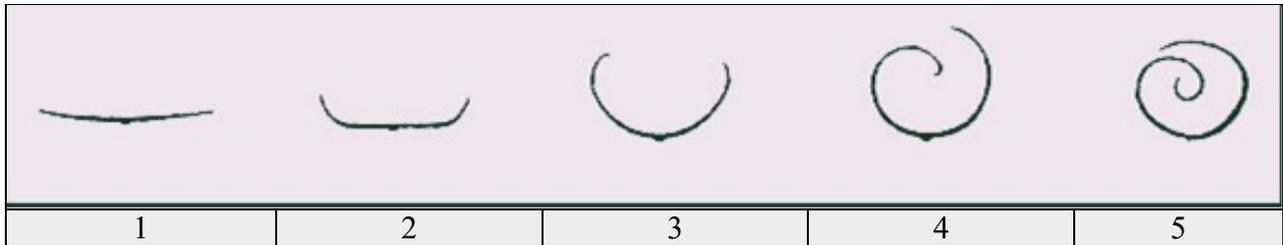


Рисунок 2 – Эталонная шкала оценки скручивания листьев O'Toole et al. [3]

Скручивание листьев растений предотвращает повреждение листьев, уменьшает транспирацию за счет уменьшения площади листа и повышает эффективность использования воды. Дефицит воды, повышение температуры и солнечная радиация усиливают скручивание листьев, и это повышает засухоустойчивость растений. В условиях недостатка влаги скручивание листьев оказывает положительное влияние на растения, ограничивая потерю воды через устьица и расширение листьев [16]. При изучении андроклиных дигамноидных линий (АДГ) по устойчивости и абиотическим и биотическим стрессам линия АДГ 1057 показал признак «свернутые листья», обусловленный наличием генов RL1 и RL2, способствующих повышению засухоустойчивости. Кроме того, она имеет антоциановую окраску листа, свидетельствующая о наличии фенольных веществ, которые могут быть причиной высокой устойчивости растений к биотическим факторам [17].

Замедление старения растений «Stay-green». Признак сохранения зеленого цвета растений «Stay-green» считается ключевым показателем адаптации к стрессу. Способность сохранять зеленый вид (замедленное старение) на стадиях налива зерна связана с высоким содержанием хлорофилла в листьях при цветении. Было высказано предположение, что замедленное старение листьев может продлить процесс налива зерна и таким образом увеличить урожайность пшеницы, так как растения пшеницы с замедленным старением листьев производят на 40% больше фотосинтеза, чем контрольные, но имеют такую же скорость и продолжительность накопления крахмала во время налива зерна и массу 1000 зерен [18]. Растения пшеницы с замедленным старением листьев являются предпочтительными во многих программах селекции, поскольку считается, что они имеют повышенную устойчивость к заболеваниям и засухе. Более зеленые сорта с высокими показателями NDVI через 14 дней после цветения, обладают способностью поддерживать урожайность в условиях теплового стресса. Однако данное свойство ослабевает при экстремально высоких температурах, связанных с засушливыми условиями. Эти результаты указывают на то, что генотипы, остающиеся зелеными, имеют улучшенное снабжение фотоассимилятами в стрессовых условиях по сравнению с более стареющими типами. Сохранение зеленого цвета является многообещающим признаком для улучшения устойчивости пшеницы к тепловому стрессу после цветения.

Опушенность и восковой налет растений. Структура кутикулы пшеницы играет важную роль в регулировании потери воды. Показателем развития кутикулы является сизость листьев и стеблей, а сизость – это визуальный признак, который легко оценивается, и некоторые селекционеры рассматривают этот признак как важную цель отбора. Взаимосвязь между кутикулой и устойчивостью к засухе непростая, и серость (сизость) не является основным показателем толерантности. Скорее, специфический состав воска влияет на потерю влаги листьями в условиях дефицита воды. Эти особенности состава кутикулы должны служить полезными критериями отбора [19].

Селекция на засухоустойчивость. Создание засухоустойчивых сортов для различных

экологических зон на основе широкого использования различных коллекций является ключевыми средствами борьбы с засухой. Селекционеры значительно улучшили адаптацию пшеницы к температурному стрессу окружающей среды по всему миру. Этот прогресс в значительной степени был достигнут с помощью эмпирической селекции и генетической изменчивости в генофонде пшеницы, в котором имеется достаточная генетическая изменчивость для обеспечения адаптации пшеницы к абиотическому стрессу. Однако несмотря на научные изыскания ученых, направленные на создание сортов, устойчивых к жаре и засухе, развитие агротехники, продуктивность сельскохозяйственных культур остается на низком уровне. Учитывая важность засухи в глобальном масштабе, СИММИТ учредил Консорциум по улучшению жаро- и засухоустойчивости пшеницы (HeDWIC). Одним из направлений деятельности консорциума является последовательное повышение потенциала селекции пшеницы для быстрого реагирования на угрозы изменения климата [20].

В настоящее время в производстве возделываются множество засухоустойчивых сортов пшеницы, созданное методами традиционной селекции. Для скрещивания используются как местные адаптивные сорта, так и коллекционные образцы, созданные в международных научных центрах СИММИТ, ИКАРДА и др. В программах селекции пшеницы поиск повышения урожайности был приоритетом для повышения засухоустойчивости растений. Генотипы пшеницы с хорошим управлением водными ресурсами способны давать высокие урожаи в условиях засухи. Аналогичные сорта могут быть использованы для создания засухоустойчивых селекционных линий и сортов.

Повышение устойчивости к засухе является очень сложной задачей, и необходимы дополнительные исследования данного абиотического стресса. Прогресс в понимании засухоустойчивости обусловлен достижениями в трех основных областях науки: физиологии, селекции и генетических исследованиях. При этом селекционеры и генетики должны отобрать сорта, которые способны поддерживать фотосинтетический аппарат и фотохимическую эффективность в условиях дефицита воды. В практической селекции часто такие признаки, как скручивание листьев, сохранение растений в зеленом виде, увядание листьев и другие, являются простыми физиологическими анализами и оцениваются визуально. Важным физиологическим признаком, который обеспечивает быстрое измерение растений, является NDVI. Вегетативный индекс можно использовать для прогнозирования урожайности зерна пшеницы, так как имеется сильная корреляция NDVI с урожайностью зерна пшеницы на любых стадиях роста. Для отбора сортов с высокой жароустойчивостью оцениваются генотипы, способные сохранять зеленый вид на поздних стадиях.

Для поиска источников к абиотическим стрессам необходимо изучить генетическое разнообразие селекционных линий за последнее столетие, так как старые генетические материалы являются неиспользованными ресурсами для поиска генов-кандидатов, которые способствуют высокой урожайности в условиях стресса.

Выводы

Изменение климата в сторону засушливости в мире требует подробного изучения показателей засухоустойчивости озимой пшеницы. К ним относятся: высокая кустистость, короткий вегетационный период, мощная корневая система, средняя высота растений, длинное верхнее междоузлие стебля, площадь листьев пшеничного растения во время засухи.

Изучение современных критериев засухоустойчивости озимой пшеницы, такие как параметры флагового листа, скручивание листьев во время засухи, замедление старения растений «Stay-green», опущенность и восковой налет растений, а также NDVI индекс позволяет отобрать ценные сорта в условиях изменения климата в сторону засушливости.

Благодарность

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, грант ИРН АР19679671.

Список литературы

1. Сулейменова Н.Ш., Калыков Д.Б. Влияние изменения климата на функционирование АПК юго-востока Казахстана. Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. - 2019. - 2 (82). – С.266-275.
2. Алабушев А.В., Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.Л. Оценка засухоустойчивости озимой мягкой пшеницы в условиях модельной засухи. Земледелие. - 2019. – 7. – С.35-37. DOI 10.24411/0044-3913-2019-10709.
3. O'Toole J.C., Cruz R.T., Singh T.N. Leaf rolling and transpiration. *Plant Science Letters*. - 1979. - 16(1). – P.111-114. DOI 10.1016/0304-4211(79)90015-4
4. Баймагамбетова К., Булатова К. Поэтапная оценка сортов и линий яровой пшеницы на засухоустойчивость. *Selekcija i semenarstvo*. - 2013. – 19(2). С.27-34.
5. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы). *Зерновое хозяйство России*. - 2019. – 6. – С.18-22. DOI 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22
6. Fischer R., Maurer R. Drought tolerance in spring wheat cultivars. I. Grain Yield Responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. - 1978. – 29. – P.897-912. DOI 10.1071/AR9780897
7. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical Aspects of Selection for Yield in Stress and Non-Stress Environment. *Crop Science*. - 1981. – 21. – P.943-946. DOI 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
8. Fernandez G. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. *In Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Tainan, Taiwan, 13-18 August - 1992. – P.257-270. DOI 10.22001/wvc.72511
9. Farshadfar E., Sutka J. Screening Drought Tolerance Criteria in Maize. *Acta Agronomica Hungarica*. - 2002. – 50. – P.411-416. DOI 10.1556/AAgr.50.2002.4.3
10. Hunt E., Femia F., Werrell C., Christian J.I., Otkin J.A., Basara J., Anderson M., White T., Hain C., Randall R., McGaughey K. Agricultural and food security impacts from the 2010 Russia flash drought. *Weather and Climate Extremes*. - 2021. – 34. – 100383. DOI 10.1016/j.wace.2021.100383
11. Lindsey R., Dahlman L. Climate Change: Global Temperature. Published January 18, 2024. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
12. Лепехов С.Б., Коробейников Н.И. Сопряженность площади двух верхних листьев с массой зерна главного колоса яровой пшеницы. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. - 2012. - 11(97). – С.57-60.
13. Akmal M., Shah S.M., Asim M. Yield performance in three commercial wheat varieties due to flag leaf area. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. - 2000. - 12(3). – P.2072-2074. DOI 10.3923/pjbs.2000.2072.2074
14. Гудкова Г.Н. Связь морфотипов листа с урожайностью у сортов озимой мягкой пшеницы. *Вестник Адыгейского государственного университета. Естественно-математические и технические науки*. - 2008. – 4. – С.105-107.
15. Ali Z., Merrium S., Habib-ur-Rahman M., Hakeem S., Saddique M.A.B., Sher M.A. Wetting mechanism and morphological adaptation; leaf rolling enhancing atmospheric water acquisition in wheat crop – a review. *Environmental Science and Pollution Research*. - 2022. – 29. – P.30967-30985. DOI 10.1007/s11356-022-18846-3

16. Ben-Amar A., Véry Anne-Aliénor, Sentenac H., Bouizgaren A., Mahboub S., Nsarellah N.E., El Bouhmadi K. Role of leaf rolling on agronomic performances of durum wheat subjected to water stress. *African Journal of Agricultural Research*. - 2020. – 16(6). – С.791-810. DOI 10.5897/AJAR2019.14620
17. Анапияев Б.Б., Рсалиев Ш.С., Сарбаев А.Т., Искакова К.М., Сатыбалдиев Д.Д., Казкеев Д.Т., Евдакова Н.А. Ускоренная селекция на устойчивость к биотическим факторам окружающей среды *Triticum aestivum* L. методом гаплоидный биотехнологии. *Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук*. - 2002. – 4. – С.15-17.
18. Borill P., Fahy B., Smith A.M., Uaya C. Wheat Grain Filling is Limited by Grain Filling Capacity Rather than the Duration of Flag leaf photosynthesis: A Case Study using NAM RNAi plants. *PLoS ONE*. - 2015. - 10(8). – e0134947. DOI 10.1371/journal.pone.0134947
19. Bi H., Kovalchuk N., Langridge P., Tricker P.J., Lopato S., Borisjuk N. The impact of drought on wheat leaf cuticle properties. *BMC Plant Biology*. - 2017. – 17. – 85. DOI 10.1186/s12870-017-1033-3
20. Reynolds M.P., Lewis J.M., Ammar K. Harnessing translational research in wheat for climate resilience. *Journal of Experimental Botany*. – 2021. - 72(14). – P.5134-5157. DOI 10.1093/jxb/erab256

References

1. Sulejmenova N.Sh., Kalykov D.B. Vliyanie izmeneniya klimata na funkcionirovanie APK yugo-vostoka Kazahstana. *Izdenister, nәtizheler – Issledovaniya, rezul'taty*. - 2019. - 2 (82). – S.266-275. [in Russian].
2. Alabushev A.V., Ionova E.V., Lihovidova V.A., Gaze V.L. Ocenka zasuhoustojchivosti ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah model'noj zasuhi. *Zemledelie*. - 2019. – 7. – S.35-37. DOI 10.24411/0044-3913-2019-10709. [in Russian].
3. O'Toole J.C., Cruz R.T., Singh T.N. Leaf rolling and transpiration. *Plant Science Letters*. - 1979. - 16(1). – P.111-114. DOI 10.1016/0304-4211(79)90015-4
4. Bajmagambetova K., Bulatova K. Poetapnaya ocenka sortov i linij yarovoj pshenicy na zasuhoustojchivost'. *Selekcija i semenarstvo*. - 2013. - 19(2). – S.27-34. [in Russian].
5. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaya I.A. Zasuha i gidrotermicheskiy koefficient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury). *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. - 2019. – 6. – S.18-22. DOI 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22 [in Russian].
6. Fischer R., Maurer R. Drought tolerance in spring wheat cultivars. I. Grain Yield Responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. - 1978. – 29. – P.897-912. DOI 10.1071/AR9780897
7. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical Aspects of Selection for Yield in Stress and Non-Stress Environment. *Crop Science*. - 1981. – 21. – P.943-946. DOI 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
8. Fernandez G. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. *In Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Tainan, Taiwan, 13-18 August. – 1992. – P.257-270. DOI 10.22001/wvc.72511
9. Farshadfar E., Sutka J. Screening Drought Tolerance Criteria in Maize. *Acta Agronomica Hungarica*. - 2002. – 50. – P.411-416. DOI 10.1556/AAgr.50.2002.4.3
10. Hunt E., Femia F., Werrell C., Christian J.I., Otkin J.A., Basara J., Anderson M., White T., Hain C., Randall R., McGaughey K. Agricultural and food security impacts from the 2010 Russia flash drought. *Weather and Climate Extremes*. - 2021. – 34. – 100383. DOI 10.1016/j.wace.2021.100383
11. Lindsey R., Dahlman L. Climate Change: Global Temperature. Published January 18, 2024. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

12. Lepekhov S.B., Korobejnikov N.I. Sopryazhennost' ploshchadi dvuh verhnih list'ev s massoj zerna glavnogo kolosa yarovoj pshenicy. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - 11(97). – S.57-60. [in Russian].
13. Akmal M., Shah S.M., Asim M. Yield performance in three commercial wheat varieties due to flag leaf area. Pakistan Journal of Biological Sciences. - 2000. - 12(3). – P.2072-2074. DOI 10.3923/pjbs.2000.2072.2074
14. Gudkova G.N. Svyaz' morfotipov lista s urozhajnost'yu u sortov ozimoy myagkoj pshenicy. Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. - 2008. – 4. – S.105-107. [in Russian].
15. Ali Z., Merrium S., Habib-ur-Rahman M., Hakeem S., Saddique M.A.B., Sher M.A. Wetting mechanism and morphological adaptation; leaf rolling enhancing atmospheric water acquisition in wheat crop – a review. *Environmental Science and Pollution Research*. - 2022. – 29. – P.30967-30985. DOI 10.1007/s11356-022-18846-3
16. Ben-Amar A., Véry Anne-Aliénor, Sentenac H., Bouizgaren A., Mahboub S., Nsarellah N.E., El Bouhmadi K. Role of leaf rolling on agronomic performances of durum wheat subjected to water stress. *African Journal of Agricultural Research*. - 2020. - 16(6). - P.791-810. DOI 10.5897/AJAR2019.14620
17. Anapiyaev B.B., Rsaliyev Sh.S., Sarbaev A.T., Iskakova K.M., Satybaldiev D.D., Kazkeev D.T., Evdakova N.A. Uskorennaya selekciya na ustojchivost' k bioticheskim faktorom okružhayushchej sredy *Triticum aestivum* L. metodom gaploidnyj biotekhnologii. Doklady Rossijskoj Akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. - 2002. – 4. – S.15-17. [in Russian].
18. Borill P., Fahy B., Smith A.M., Uaya C. Wheat Grain Filling is Limited by Grain Filling Capacity Rather than the Duration of Flag leaf photosynthesis: A Case Study using NAM RNAi plants. *PLoS ONE*. - 2015. - 10(8). – e0134947. DOI 10.1371/journal.pone.0134947
19. Bi H., Kovalchuk N., Langridge P., Tricker P.J., Lopato S., Borisjuk N. The impact of drought on wheat leaf cuticle properties. *BMC Plant Biology*. - 2017. – 17. – P.85. DOI 10.1186/s12870-017-1033-3
20. Reynolds M.P., Lewis J.M., Ammar K. Harnessing translational research in wheat for climate resilience. *Journal of Experimental Botany*. - 2021. - 72(14). – P.5134-5157. DOI 10.1093/jxb/erab256

**Ш.С. Рсаишев*, Р.А. Урозалиев, Б.А. Айнебекова, С.Ә. Әшірбаева,
А.Қ. Абдикадырова, Р.Қ. Ибадуллаева, Ғ.Р. Әбүғали**

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты,

Алмалыбақ ауылы, Алматы облысы, Қазақстан

E-mail: shynbolat63@mail.ru

КҮЗДІК БИДАЙДЫҢ ҚАЗІРГІ СОРТТАРЫНЫҢ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚҚА ТӨЗІМДІЛІГІНІҢ НЕГІЗГІ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Аңдатпа

Соңғы жылдардағы ауа-райының ауытқулары Қазақстанда өсімдіктердің температуралық стресстерге төзімділігін арттыруға ерекше назар аудару керектігін көрсетеді. Мақалада Қазақстанның күздік бидай егетін өңірлеріндегі ауа-райы-климаттық жағдайлардың өзгеруі туралы мәліметтер келтірілген. Алматы облысында 2021-2023 жылдары вегетациялық кезеңде ауа температурасының орташа көпжылдық деректермен салыстырғанда 1,73-2,60 °C артуы байқалды. Аймақта өсімдіктердің вегетациялық кезеңінде жауын-шашынның азаюы және біркелкі еместігі атап өтілді. Заманауи күздік бидай сорттарының құрғақшылыққа төзімділігінің негізгі белгілері және оларды зерттеу әдістері көрсетілді. Әдеби деректер мен жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, күздік бидайдың жалауша жапырақ өлшемдері (ұзындығы, ені, ауданы), құрғақшылық кезінде жапырақтардың бұралуы, өсімдік қартаюының

баяулауы "Stay-green", жапырақтың түктілігі және балауыз жабынының құрғақшылыққа төзімділігіне әсері анықталды. Күздік бидай сорттары табиғи құрғақшылық жағдайында өнімділік көрсеткіштері бойынша бағаланды. Аймақтағы климаттың жылынуына байланысты күздік бидайдың құрғақшылыққа төзімділігі өсімдіктердің түптенуі, вегетациялық кезеңі, биіктігі, сабақтың жоғарғы буынының ұзындығы, жалау жапырағының ауданы, жапырақтардың бұралуы, балауыз жабыны, сондай-ақ өсімдіктердің NDVI индексі бойынша зерттеулерді жалғастыру қажет екендігі атап өтілді.

Кілт сөздер: күздік бидай; климаттың өзгеруі; құрғақшылық; құрғақшылыққа төзімділік көрсеткіштері; жапырақтың бұралуы; NDVI индексі; құрғақшылыққа төзімділік селекциясы.

Sh.S. Rsaliyev, R.A. Urazaliev, B.A. Ainebekova, S.A. Ashirbayeva,
A.K. Abdikadyrova, R.K. Ibadullayeva, G.R. Abugali
Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing,
Almalybak village, Almaty region, Kazakhstan
E-mail: shynbolat63@mail.ru*

THE MAIN INDICATORS OF DROUGHT TOLERANCE OF WINTER WHEAT MODERN VARIETIES

Abstract

Weather anomalies of recent years show that in Kazakhstan, special attention should be paid to increasing plant tolerance to temperature stress. The article provides information on changes in weather and climatic conditions in the winter-growing regions of Kazakhstan. In the Almaty region, in 2021-2023, an increase in air temperature during the growing season was noted by 1.73-2.60 °C compared to the average annual data. In the region, during the vegetation period, there is a decrease in precipitation and rainfall is uneven. The main indicators of drought tolerance in modern varieties of winter wheat and methods of their study are shown. Based on the literature data and our own research, the influence of the parameters of the flag leaf (length, width, area), leaf rolling during drought, slowing down the aging of "Stay-green" plants, drooping and waxy coating of plants on the drought tolerance of winter wheat has been established. Winter wheat varieties were evaluated according to productivity indicators in conditions of natural drought. It was noted that due to the warming of the climate in the region, it is necessary to continue research on the drought tolerance of winter wheat on the signs of bushiness, vegetation period, plant height, length of the upper internode of the stem, area of the flag leaf, twisting of leaves, wax coating, as well as on the NDVI index of plants during drought.

Key words: winter wheat; climate change; drought; indicators of drought tolerance; leaf rolling; NDVI index; breeding for drought tolerance.

МРНТИ 68.35.47

DOI <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/567>

И.Л. Диденко^{1}, В.Б. Лиманская¹, Г.К. Иманбаева¹, К.Б. Мукин²*

¹ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция»,

пос. Деркул, ул. Бараева, 6, г. Уральск, Казахстан,

irinausxoc@mail.ru, v.limanskaya@mail.ru, g-imanbayeva@mail.ru

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства»

п.Алмалыбак, Алматинская обл., Казахстан, mikin2010@mail.ru

ИНТРОДУКЦИЯ ЖИТНЯКА КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА КУЛЬТУРЫ