

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ ЗАСУХИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ

Е. Ю. Черпакова, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, elena123089@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915.

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В условиях изменяющегося климата участились длительные периоды без осадков, которые сменяются короткими, но сильными дождями, вынуждая растения развивать механизмы устойчивости к засухе. Последствия засухи оказывает влияние на физиологические параметры растительности: снижается содержание хлорофилла, падает интенсивность фотосинтеза, замедляется накопление биомассы, что в итоге приводит к уменьшению урожайности. Цель данного исследования заключается в изучении влияния условий выращивания на общую площадь листьев, содержание хлорофилла и урожайность ярового ячменя для выделения наиболее устойчивых к дефициту влаги сортов. В 2024–2025 гг. изучалось 36 коллекционных образцов ярового ячменя местной и инорайонной селекции в лаборатории клеточной селекции на вегетационной площадке с моделированием различных условий увлажнения. В работе изучено влияние моделируемой засухи на физиологические показатели (площадь листьев, фотосинтетический потенциал и содержание хлорофилла) и урожайность сортов ярового ячменя. Сорта Аркан, Богатырь, Леон, Магнит и Новик в условиях водного стресса продемонстрировали наибольшие значения площади листьев – 9,0–25,0 см², фотосинтетического потенциала – 0,692–0,906 млн м²/дн. и содержания хлорофилла – (0,6–0,9 мг/100 г сырого вещества). В ходе исследования выявлены сорта Аркан (130,5 г/м² и 73,4%), Азимут (129,9 г/м² и 74,7%), Партнер (128,1 г/м² и 71,9%), Новик (125,5 г/м² и 63,2%), Леон (120,7 г/м² и 70,6%), Талер (119,7 г/м² и 65,2%) и Богатырь (116,8 г/м² и 49,3%) с максимальными значениями урожайности и минимальным снижением этого показателя к контролю. Установлены положительные корреляционные зависимости между показателями урожайности и величиной площади листьев в фазу молочной спелости ($r = 0,33 \pm 0,16$), а также содержанием хлорофилла в периоды цветения и молочной спелости ($r = 0,41 \pm 0,16$ и $r = 0,27 \pm 0,17$ соответственно). Полученные результаты могут быть использованы в селекции на засухоустойчивость сортов ярового ячменя.

Ключевые слова: яровой ячмень, площадь листьев, хлорофилл, урожайность, засухоустойчивость.

Для цитирования: Черпакова Е. Ю. Оценка устойчивости коллекционных образцов ярового ячменя в условиях моделированной засухи на показатели фотосинтетической активности растений и урожайности // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, № 2 С. 50-56. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-50-56



ESTIMATION OF COLLECTION SPRING BARLEY SAMPLES' RESISTANCE ON THE INDICATORS OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS AND PRODUCTIVITY AT SIMULATED DROUGHT

E.Yu. Cherpakova, junior researcher of the laboratory for cell breeding, elena123089@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915.

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Russia, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru

Climate change has led to more frequent long periods without precipitation, followed by short but heavy rainfalls, forcing plants to develop drought-resistant mechanisms. The consequences of drought affect the physiological parameters of vegetation, since chlorophyll content and the intensity of photosynthesis decrease, biomass accumulation slows down, which ultimately results in crop productivity decrease. The purpose of the current work was to study the effect of growing conditions on total leaf area, chlorophyll content and productivity of spring barley in order to identify the most moisture-tolerant varieties. In 2024–2025 there were studied 36 collection spring barley samples of domestic and foreign breeding in the laboratory for cell breeding on a vegetation plot under simulated moisture conditions. There has been studied the impact of simulated drought on physiological parameters (leaf area, photosynthetic potential, and chlorophyll content) and productivity of spring barley varieties. The varieties Arkan, Bogatyr, Leon, Magnit and Novik under water stress have demonstrated the highest leaf area of 9.0–25.0 cm², photosynthetic potential of 0.692–0.906 million m²/day, and 0.6–0.9 mg of chlorophyll per 100 g of wet material. During the study, there have been identified such varieties as Arkan (130.5 g/m² and 73.4%), Azimut (129.9 g/m² and 74.7%), Partner (128.1 g/m² and 71.9%), Novik (125.5 g/m² and 63.2%), Leon (120.7 g/m² and 70.6%), Taler (119.7 g/m² and 65.2%) and Bogatyr (116.8 g/m² and 49.3%) with maximum values of productivity and a minimal decrease in this indicator compared to the control. There have been established positive

correlations between productivity indicators and leaf area at a milky ripeness stage ($r = 0.33 \pm 0.16$), as well as chlorophyll content during a flowering period and a milky ripeness stage ($r = 0.41 \pm 0.16$ and $r = 0.27 \pm 0.17$, respectively). The obtained results can be used in breeding drought-resistant spring barley varieties.

Keywords: spring barley, leaf area, chlorophyll, productivity, drought resistance.

Введение. Яровой ячмень играет значительную роль в современной сельскохозяйственной практике, оказывая положительное воздействие как на экономику, так и на окружающую среду, что подчёркивает его важность для продовольственной безопасности и устойчивого развития отрасли (Николаев, 2023). Будущие перспективы возделывания ярового ячменя представляются перспективными благодаря его адаптивным способностям к изменяющимся климатическим условиям и эффективному использованию минимальных ресурсов (Lammas and Shitikova, 2024).

Основой урожайности растений выступает фотосинтез – комплексный физиологический процесс, обеспечивающий рост и развитие растений путём синтеза углеводов, а также воздействующий на формирование органов и накопление полезных веществ, адаптируясь к изменению окружающих условий и состоянию самого растения (Козлова и Атипова, 2013).

Интенсивность и эффективность фотосинтеза определяют высокий уровень продуктивности растений, включая перемещение продуктов ассимиляции, динамику роста и старение листьев и корневых систем (Бесалиев и Панфилов, 2023).

Показатели продуктивности фотосинтеза непосредственно связаны с площадью листовой поверхности и продолжительностью её активного функционирования (Дериглазова, 2023; Elakhdar et al., 2022).

Основным пигментом, ответственным за поглощение света в процессе фотосинтеза, является хлорофилл. Его исследование позволит глубже

понять механизмы преобразования световой энергии в химическую и повысить эффективность роста и развития растений (Панихина и др., 2022; Подласова и Новикова, 2024).

Хлорофилл выполняет важную и незаменимую роль в процессах передачи энергии в реакционных центрах фотосинтеза (Носкова и Лисицын, 2024). Содержание хлорофилла отражает общее состояние растительного организма и потенциал урожайности зерновых культур (Agief et al., 2023). Анализ параметров хлорофилла является эффективным инструментом оценки состояния внутренней структуры листа в процессе фотосинтеза.

По-прежнему актуальны исследования механизмов формирования урожая ячменя, зависящих от интенсивности физиологических процессов, главным образом, касающихся структуры и функционирования фотосинтетического аппарата.

Цель данного исследования заключается в изучении влияния условий выращивания на общую площадь листьев, содержание хлорофилла и урожайность ярового ячменя для выделения наиболее устойчивых к дефициту влаги сортов.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводились в 2024–2025 гг. в лаборатории клеточной селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» на вегетационной площадке (засушник) с моделированием различных условий увлажнения (Маймистов, 1988). В качестве объекта исследования использовали 36 сортов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения (рис. 1). Стандартом являлся сорт Формат.

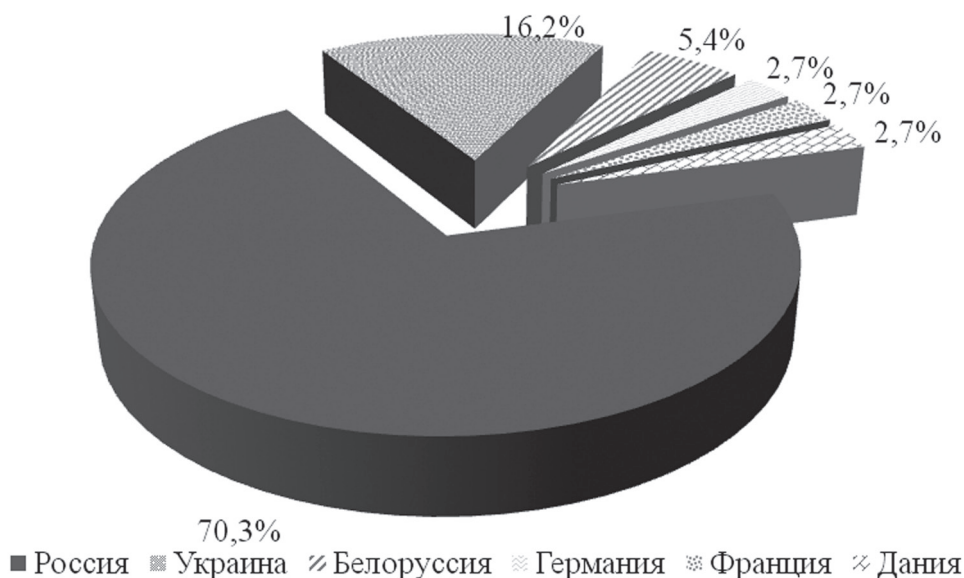


Рис. 1. Распределение сортов ярового ячменя по странам происхождения
Fig. 1. Distribution of spring barley varieties by countries of origin

Вегетационный опыт проводили в деревянных стеллажах размером 2,0 × 4,0 × 0,7 м, установленных на металлическом каркасе и заполненных дерново-подзолистой почвой. Однометровые рядки засеивались с междурядьем – 0,15 м. Делянка 3 рядковая, площадью – 0,45 м². Условия выращивания дифференцировали по фазам развития растений. Рост растений до фазы «выход в трубку» проходило в опыте и в контроле в идентичных условиях, с этой фазы и до «восковой спелости» в опыте создавали условия нарастающей засухи, а в контроле поддерживали полив. Моделирование засухи начинали путем прекращения полива и пленочным укрытием для защиты от атмосферных осадков без создания парникового эффекта. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения согласно классификации, предложенной Ф.М. Куперман (1984) и модифицированной С. Н. Куликович и Е. Н. Куликович (2014). Уборку урожая осуществляли по мере созревания растений с последующим анализом всех образцов.

Для определения площади листьев и содержания хлорофилла отбирали по 10 растений каждого сорта в период прохождения ими основных фенофаз: выход в трубку, колошение, цветение и молочная спелость. Изучение площади листьев определяли по методу

Ничипоровича А. А. (1955) с расчётом по формуле:

$$S = a \cdot b \cdot k,$$

где a – длина листьев, b – ширина, k – коэффициент 0,65.

Содержание хлорофилла в листьях ярового ячменя определяли по методу Шматько И.Т. (1976).

Статистический анализ полученных результатов выполняли по методике Б. А. Доспехова (2014) с применением программного обеспечения Statistica 10 и Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Фотосинтез растений в реальных условиях обусловлен взаимосвязью ключевых факторов: интенсивности процесса фотосинтеза, площади листовой поверхности и длительности функционирования листьев различных ярусов растения (Панихина и др., 2022). Площадь и продолжительность работы ассимиляционной поверхности листьев сельскохозяйственных культур в условиях засухи имеют определяющее значение в формировании их урожайности.

Проведено исследование изменения динамики площади зелёных листьев главного стебля ярового ячменя в среднем по сортам в условиях различного уровня влагообеспеченности почвы, начиная с периодов выхода в трубку до молочной спелости (рис. 2).

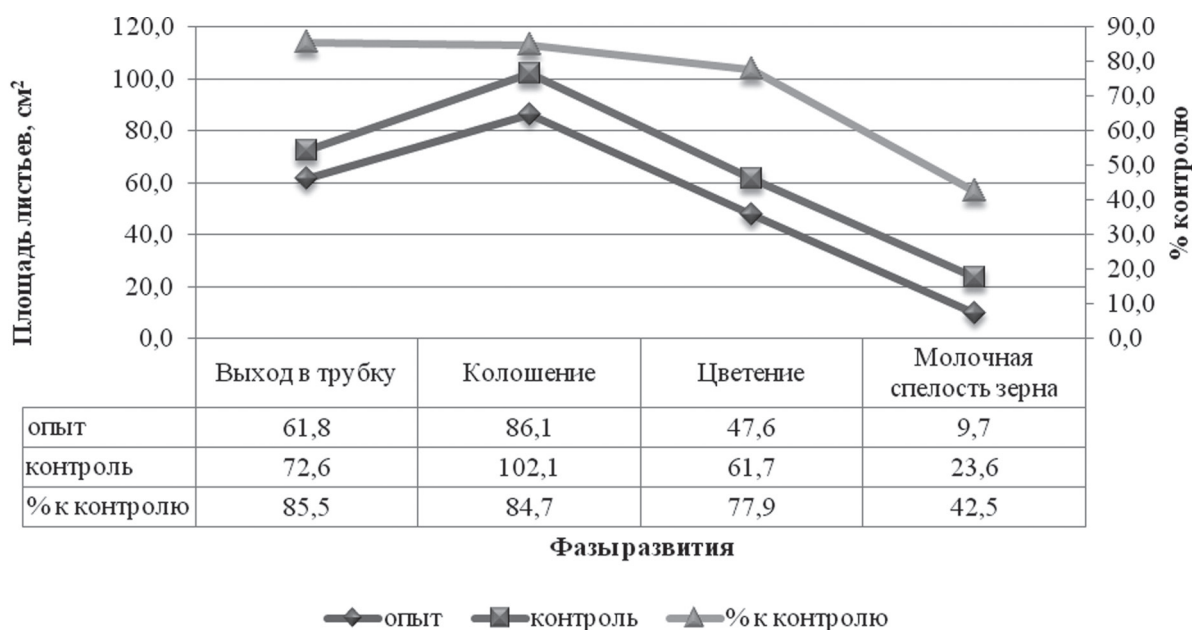


Рис. 2. Динамика общей площади листьев при различных условиях выращивания образцов ярового ячменя, в среднем по сортам (2024–2025 гг.)

Fig. 2. Dynamics of total leaf area under different growing conditions for spring barley samples, a mean value among the varieties (2024–2025)

Полученные результаты демонстрируют наибольший прирост листовой поверхности в фазы выхода в трубку и колошения, как при водном стрессе (61,8 см и 86,1 см²), так и при оптимальном увлажнении (72,6 и 102,1 см²). К моменту фазы цветения её площадь сократилась до 47,6 см² в условиях засухи и до 61,7 см² в контроле, а к фазе молочной спелости снизилась до минимального значения в 9,7 см² (засуха) и 23,6 см² (контроль). Соотношение значений признака уменьшилось с 85,5 % до 42,5 %. Таким образом, в

обоих вариантах эксперимента (засуха и контроль) прослеживалась идентичная динамика листовой поверхности (сначала рост, затем снижение), однако абсолютные значения показателей различались, о чём свидетельствует почти параллельное расположение кривых на графике.

В таблице 1 представлены образцы коллекции ярового ячменя, показавшие достоверное превышение и на уровне стандарта по величине общей площади листьев главного побега по фазам вегетации растений.

Таблица 1. Выделившиеся образцы ярового ячменя по общей площади листьев главного побега (2024–2025 гг.)

Table 1. The spring barley varieties identified according to total leaf area of the main sprout (2024–2025)

№ п/п	Образцы	Фазы развития								
		Колошение			Цветение			Молочная спелость зерна		
		засуха	контроль	% к контролю	засуха	контроль	% к контролю	засуха	контроль	% к контролю
1	Формат, st	91,8	96,2	95,4	47,6	68,7	69,3	13,6	20,1	67,7
2	Леон	106,7	150,1	71,1	46,6	70,5	66,1	15,8	20,6	76,7
3	Аркан	102,4	106,2	96,4	54,7	71,2	76,8	25,0	27,7	90,3
4	Новик	106,5	109,9	96,9	60,6	73,7	82,2	13,3	24,9	53,4
5	Богатырь	123,3	143,3	86,0	66,2	70,9	93,4	18,5	25,7	72,0
6	Магнит	107,9	116,1	92,9	51,1	63,7	80,2	9,0	26,5	34,0
7	Икорец	88,3	111,0	79,5	49,1	74,1	66,3	15,2	20,8	73,1
8	Тамлык	81,2	105,6	76,9	35,2	70,3	50,1	16,9	20,4	82,8
9	Авгур	89,5	111,1	80,6	56,8	62,0	91,6	13,6	27,6	49,3
10	СВ 16-8001	103,9	134,2	77,4	59,9	78,6	76,2	3,1	22,2	14,0
	Стандартное отклонение	15,97	15,22	13,01	7,11	8,71	11,44	4,91	4,35	22,49

Общая площадь листовой поверхности главного побега в фазу колошения изменялась от 52,0 до 123,3 см² (засуха), от 82,1 до 150,1 см² (контроль). У сортов Богатырь (123,3 см² и 86,0%), Магнит (107,9 см² и 92,9%), Леон (106,7 см² и 71,1%) и Новик (106,5 см² и 96,9%) и Аркан (102,4 см² и 96,4%) отмечены максимальные величины площади листовой поверхности одного растения в фазу колошения в условиях засухи и минимальное снижение к контролю. Начиная с фазы цветения ассимилирующая поверхность сильно сокращалась за счет усыхания на растениях нижних листьев и составила 33,2–66,2 см² (засуха) и 46,6–78,6 см² (контроль). В фазу цветения наиболее высокие значения площади листьев в опыте и минимальное снижение к контролю отмечены у образцов Богатырь (66,2 см² и 93,4%), Новик (60,6 см² и 82,2%), СВ 16-8001 (59,9 см² и 76,2%), Авгур (56,8 см² и 91,6%), Аркан (54,7 см² и 76,8%) и Магнит (51,1 см² и 80,2%). Отмирание листьев продолжается до фазы молочной спелости, что негативно влияет на налив зерна. В этот период их площадь имела минимальные значения и находится в пределах 3,1–25,0 см² (опыт) и 13,7–31,0 см² (контроль).

Наибольшая величина площади листьев, а также

минимальное снижение этих значений в условиях засухи по сравнению с оптимальными отмечено у сортов Аркан (25,0 см² и 90,3%), Богатырь (18,5 см² и 72,0%), Тамлык (16,9 см² и 82,8%) и Леон (15,8 см² и 76,7%), что говорит о высокой адаптивности этих сортов к стрессовым условиям.

Площадь листьев оказывает непосредственное влияние на величину фотопотенциала растений ярового ячменя, определяя способность культуры эффективно использовать доступную солнечную энергию. Фотопотенциал отражает потенциальную продуктивность растений, зависящую не только от размера листового аппарата, но также от условий водоснабжения.

Фотосинтетический потенциал сортов ярового ячменя в среднем за годы исследования изменялся аналогично формированию листовой поверхности. В условиях засухи образцы сформировали фотосинтетический потенциал за период вегетации в диапазоне от 0,512 (Формат) до 0,906 млн. м²/дн. (Богатырь), тогда как в контроле этот показатель варьировал от 0,814 (Бадьорий) до 1,223 (Богатырь) (табл. 2).

Таблица 2. Фотосинтетический потенциал сортов ярового ячменя при различных условиях выращивания (2024–2025 гг.)

Table 2. Photosynthetic potential of spring barley varieties under different growing conditions (2024–2025)

№ п/п	Образец	Фотосинтетический потенциал, млн. м ² /дн.		
		опыт	контроль	% к контролю
1	Формат, st	0,512	0,948	56,0
2	Леон	0,846	1,150	66,7
3	Аркан	0,692	1,048	70,2

Продолжение таблицы 2

4	Федос	0,767	0,965	76,4
5	Новик	0,833	1,018	75,4
6	Богатырь	0,906	1,223	69,2
7	Магнит	0,855	1,116	70,5
8	Степняк	0,695	0,892	73,7
9	Икорец	0,827	1,004	78,9
10	KWS Офелия	0,650	0,879	89,0
11	Авгур	0,794	1,007	79,1
12	Командир	0,827	0,960	85,1
13	Партнер	0,702	0,856	86,4
14	Аскольд	0,698	0,870	80,2
15	Бадьорий	0,521	0,814	70,7
	Стандартное отклонение	0,10	0,09	9,63

В целом за вегетацию наибольшая величина этого показателя отмечена у сортов Богатырь (0,906 млн. м²/дн.), Магнит (0,855 млн. м²/дн.), Леон (0,846 млн. м²/дн.) и Новик (0,833 млн. м²/дн.), что свидетельствует о высоком потенциале повышения продуктивности этих сортов (табл. 2).

Хлорофилл – ключевой компонент фотосинтетического аппарата растений, играющий важную роль в оценке состояния и потенциала роста культуры (Носкова и Лисицын, 2024). Его концентрация отражает степень развития растения и способность формировать урожай в зависимости от условий

выращивания. Таким образом, содержания пигмента хлорофилла является ключевым фактором, влияющим на биологическую продуктивность растений.

В ходе изучения содержания суммарного хлорофилла в фазу цветения в условиях засухи варьировало от 2,2 до 3,1 мг/100 г сырого вещества, а в контроле от 2,3 до 3,9 мг/100 г сырого вещества. В таблице представлены образцы с наибольшими значениями концентрации пигмента хлорофилла, превысившие и находящиеся на уровне стандарта (табл. 3).

Таблица 3. Изменение содержания пигментов хлорофилла в листьях образцов ярового ячменя при различных условиях выращивания, мг/100 г сырого вещества (2024–2025 гг.)
Table 3. Chlorophyll pigment content change in spring barley samples' leaves under different growing conditions, mg per 100 g of wet material (2024–2025)

№ п/п	Образцы	Фазы развития					
		цветение			молочной спелости зерна		
		опыт	контроль	% к контролю	опыт	контроль	% к контролю
1	Формат, st	2,8	3,3	85,1	0,4	0,9	44,4
2	Леон	2,6	3,4	76,5	0,8	0,8	100,0
3	Аркан	2,9	3,4	84,7	0,9	1,0	90,0
4	Новик	2,6	2,9	90,8	0,7	0,9	77,8
5	Богатырь	2,7	3,4	79,4	0,6	0,8	75,0
6	Магнит	2,6	3,1	83,5	0,7	0,9	77,8
7	Икорец	2,7	3,1	87,9	0,6	0,7	85,7
8	Тамлык	2,8	3,4	82,1	1,1	1,6	68,8
9	Авгур	3,1	3,3	91,2	0,8	1,2	66,7
	Стандартное отклонение	0,26	0,34	10,12	0,23	0,57	22,92

Наименьшее снижение содержания пигмента в эту фазу в опыте по сравнению с контролем наблюдалось у образцов Авгур, Новик, Икорец.

При нарастающей засухе в фазу молочной спелости зерна сохранность пигмента снизилась и

была в пределах 0,2–1,1 мг/100 г сырого вещества (опыт) и 0,4–2,6 мг/100 г сырого вещества (контроль). Наибольшая сохранность пигментов хлорофилла в опыте по сравнению с контролем выявлена у сортов Леон, Аркан и Икорец.

Фотосинтезу принадлежит ведущая роль в формировании урожая и повышении общей продуктивности растений. В условиях недостаточного увлажнения урожайность варьировала от 67,8 (Фокус) до 130,5 г/м² (Аркан), а в оптимальных условиях была

в пределах 148,5 (Соборный) до 237,0 г/м² (Богатырь). В таблице представлены образцы с наибольшими значениями урожайности, находящиеся на уровне стандарта (табл. 4).

Таблица 4. Изменение урожайности образцов ярового ячменя при различных условиях выращивания (2024–2025 гг.)

Table 4. Spring barley productivity change under different growing conditions (2024–2025)

№ п/п	Образцы	Урожайность, г/м ²		
		опыт	контроль	% к контролю
1	Формат, st	119,5	173,6	69,2
2	Леон	120,7	171,0	70,6
3	Федос	108,0	156,0	71,5
4	Азимут	129,9	177,8	74,7
5	Аркан	130,5	182,0	73,4
6	Новик	125,5	198,6	63,2
7	Богатырь	116,8	237,0	49,3
8	Магнит	114,3	166,0	72,9
9	Яровит	109,1	162,6	72,5
10	Булат	113,3	199,7	62,1
11	Степняк	115,2	195,9	62,7
12	Тамлык	111,7	178,3	62,7
13	Східний	110,1	171,9	65,5
14	Партнер	128,1	185,9	71,9
15	Донецкий 14	110,1	177,3	65,4
16	Талер	119,7	192,7	65,2
	НСР ₀₅	22,2	39,6	–

Максимальные значения урожайности в условиях недостаточного увлажнения (опыт) и минимальное снижение к контролю отмечено у сортов Аркан (130,5 г/м² и 73,4%), Азимут (129,9 г/м² и 74,7%), Партнер (128,1 г/м² и 71,9%), Новик (125,5 г/м² и 63,2%), Леон (120,7 г/м² и 70,6%), Талер (119,7 г/м² и 65,2%) и Богатырь (116,8 г/м² и 49,3%).

На основании полученных данных установлены корреляционные связи между показателями фотосинтетической активности растений (площадь листьев, фотопотенциал и содержание хлорофилла) с урожайностью в условиях засухи. За годы исследований по средним показателям установлены положительные связи урожайности с площадью листьев в фазу молочной спелости ($r = 0,33 \pm 0,16$), с содержанием хлорофилла в фазы цветения и молочной спелости ($r = 0,41 \pm 0,16$ и $0,27 \pm 0,17$).

Выводы. Проведённое исследование позволило оценить влияние моделируемой засухи на ключевые физиологические показатели (площадь листьев, фотосинтетический потенциал, содержание хлорофилла) и урожайность сортов ярового ячменя.

В условиях недостатка влаги максимальные значения площади ассимиляционной поверхности

листьев, фотопотенциала и содержания пигмента хлорофилла сформировали сорта Аркан (25,0 см², 0,692 млн. м²/дн., 0,9 мг/100 г сырого вещества), Богатырь (18,5 см², 0,906 млн. м²/дн. и 0,6 мг/100 г сырого вещества), Леон (15,8 см²; 0,846 млн. м²/дн. и 0,8 мг/100 г сырого вещества), Магнит (9,0 см², 0,855 млн. м²/дн. и 0,7 мг/100 г сырого вещества) и Новик (13,3 см², 0,833 млн. м²/дн. и 0,7 мг/100 г сырого вещества), которые характеризуются и высокой урожайностью.

Выявлена положительная корреляция между урожайностью и площадью листьев в фазу молочной спелости ($r = 0,33 \pm 0,16$), а также хлорофиллом в фазы цветения и молочной спелости ($r = 0,41 \pm 0,16$ и $0,27 \pm 0,17$).

Таким образом, комплексное изучение физиологических параметров позволяет выявить наиболее устойчивые генотипы и разработать научно обоснованные подходы к повышению продуктивности ярового ячменя в условиях засухи.

Финансирование. Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» по теме № FNFN-2025-0008.

Библиографический список

- Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Продолжительность и условия межфазных периодов вегетации как факторы продуктивности сортов яровой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 202–212
- Дериглазова Г. М. Влияние основных приемов и способов возделывания ярового ячменя на площадь

ассимиляционной поверхности и индекс листовой поверхности посевов в почвенно-климатических условиях Курской области // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 332–348. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-332-348

3. Козлова Г. Я., Антипова Г. П. Особенности формирования фотосинтезирующей поверхности ячменя в условиях лесостепи Омского Прииртышья // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 5. С. 14–17

4. Николаев М. В. Климатические изменения и ведение полеводства в зоне осушаемых земель Европейского Нечерноземья России: уязвимость и адаптация // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 60–74. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.60rus

5. Носкова Е. Н., Лисицын Е. М. Возможность прогноза качества зерна ярового ячменя по содержанию хлорофилла в листьях // Химия растительного сырья. 2024. № 2. С. 410–419

6. Панихина Л. В., Зайцева И. Ю., Кокина Л. П. Пигментный комплекс в листьях ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона // Вестник аграрной науки. 2022. №3(96). С. 37–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.37

7. Подласова Е. Ю., Новикова А.А. Анализ содержания хлорофилла в листьях ярового ячменя с использованием гиперспектральной визуализации и спектрофотометрии // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 337–346. DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-337

8. Arief MAA, Kim H, Kurniawan H, Nugroho AP, Kim T, Cho BK. Chlorophyll fluorescence imaging for early detection of drought and stress in strawberry plants // Plants. 2023. Vol. 12(6), Article number: 1387. DOI: 10.3390/plants12061387

9. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Abed A., Elakhdar I., Khedr R., Qualset C. O. Barley with improved drought tolerance: Challenges and perspectives // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201, Article number: 104965

10. Lammas M. E., Shitikova A. V. Spring barley is a promising crop in agricultural production // In BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 139, P. 01012. EDP Sciences.

References

1. Besaliev I. N., Panfilov A. L. Prodolzhitel'nost' i usloviya mezhfaznykh periodov vegetatsii kak faktory produktivnosti sortov yarovoi pshenitsy v Orenburgskom Predural'e [The length and conditions of interphase vegetation periods as productivity factors for spring wheat varieties in the Orenburg Cis-Urals] // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2023. Т. 106, № 3. С. 202–212

2. Deriglazova G. M. Vliyaniye osnovnykh priemov i sposobov vozdeystviya yarovogo yachmenya na ploshchad' assimilatsionnoi poverkhnosti i indeks listovoi poverkhnosti posevov v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Kurskoi oblasti [The effect of key spring barley cultivation techniques and methods on the assimilation surface area and leaf area index of crops under the soil and climatic conditions of the Kursk region] // Melioratsiya i gidrotekhnika. 2023. Т. 13, № 4. С. 332–348. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-332-348

3. Kozlova G. Ya., Antipova G. P. Osobennosti formirovaniya fotosinteziruyushchei poverkhnosti yachmenya v usloviyakh lesostepi Омского Priirtysh'ya [Features of the formation of the photosynthetic surface of barley in the forest-steppe conditions of the Omsk Irtysh region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2013. № 5. С. 14–17

4. Nikolaev M. V. Klimaticheskie izmeneniya i vedenie polevodstva v zone osushaemykh zemel' Evropeiskogo Nечernozem'ya Rossii: uyazvimost' i adaptatsiya [Climate change and field crop production management in the drained land zone of the European Non-Blackearth region of Russia: vulnerability and adaptation] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2023. Т. 58, № 1. С. 60–74. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.60rus

5. Noskova E. N., Lisitsyn E. M. Vozmozhnost' prognoza kachestva zerna yarovogo yachmenya po soderzhaniyu khlорофилла v list'yakh [Possibility of predicting spring barley grain quality based on leaf chlorophyll content] // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2024. № 2. С. 410–419

6. Panikhina L. V., Zaitseva I. Yu., Kokina L. P. Pigmentnyi kompleks v list'yakh yarovogo yachmenya v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona [Pigment complex in spring barley leaves under the conditions of the Volga-Vyatka region] // Vestnik agrarnoi nauki. 2022. №3(96). С. 37–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.37

7. Podlasova E. Yu., Novikova A.A. Analiz soderzhaniya khlорофилла v list'yakh yarovogo yachmenya s ispol'zovaniem giperspektral'noi vizualizatsii i spektrofotometrii [Analysis of chlorophyll content in spring barley leaves using hyperspectral imaging and spectrophotometry] // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2024. Т. 107, № 4. С. 337–346. DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-337

8. Arief MAA, Kim H, Kurniawan H, Nugroho AP, Kim T, Cho BK. Chlorophyll fluorescence imaging for early detection of drought and stress in strawberry plants // Plants. 2023. Vol. 12(6), Article number: 1387. DOI: 10.3390/plants12061387

9. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Abed A., Elakhdar I., Khedr R., Qualset C. O. Barley with improved drought tolerance: Challenges and perspectives // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201, Article number: 104965

10. Lammas M. E., Shitikova A. V. Spring barley is a promising crop in agricultural production // In BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 139, P. 01012. EDP Sciences.

Поступила: 12.03.26; доработана после рецензирования: 23.03.26; принята к публикации: 30.03.26.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Черпакова Е. Ю. – концептуализация исследования, проведение экспериментальных лабораторных и вегетационных опытов, обработка и анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.