

ВКЛАД ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ В ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

И. А. Лобунская, агроном лаборатории клеточной селекции, lobunskaya95@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

В. Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, l.fiziologii@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Н. В. Яновская, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

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

М. М. Иванисов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ivaniso561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В данной работе представлены экспериментальные результаты оценки влияния влагообеспеченности на продуктивность и элементы структуры урожайности сортов озимой пшеницы. Изучалось 11 сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Цель исследований – определение влияния различной влагообеспеченности почвы на величину урожайности и элементов структуры озимой пшеницы. Сорты протестированы в лабораторных условиях методом имитации почвенной засухи (раствор сахарозы – с осмотическим давлением 16 атмосфер), а также на вегетационной площадке «засушник» с оптимальным и недостаточным увлажнением. При определении потенциальной засухоустойчивости по показателю «всхожесть семян» изучаемые сорта были распределены по трем группам устойчивости. К высоко засухоустойчивым относятся сорта Аюта (83,3 %) и Вольница (82,1 %), достоверно превысившие стандарт Дон 107 (70,3 %) ($НСР_{05} \pm 6,0$ %). Оценка сортов в контрастных по влагообеспеченности условиях позволила выявить стабильные признаки урожайности, такие как длина колоса, количество и масса зерен с главного колоса, масса 1000 зерен. Высокие значения депрессии в условиях засухи наблюдались по урожайности (31,6 %) и массе зерна с главного колоса (26,4 %), низкие – по продуктивному стеблестою, длине колоса и массе 1000 зерен (6,5; 7,0; 12,0 % соответственно). Установлена корреляционная связь между лабораторной и вегетационной оценкой опыта. Коэффициент корреляции между устойчивостью к недостатку влаги в почве (число всхожих семян) и степенью депрессии показателей урожайности (количество продуктивных стеблей, длина колоса, количество зерен, масса зерна с главного колоса и масса 1000 семян) составил от 0,32 до 0,98. Выделены сорта Жаворонок, Полина, Премьера и Подарок Крыму, сочетающие лабораторную устойчивость к засухе с комплексом признаков продуктивности.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, засухоустойчивость, урожайность, степень депрессии.

Для цитирования: Лобунская И. А., Газе В. Л., Костылев П. И., Яновская Н. В., Черпакова Е. Ю., Иванисов М. М. Вклад элементов структуры урожая в формирование продуктивности озимой пшеницы при различной влагообеспеченности // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 36–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-36-42.



CONTRIBUTION OF YIELD STRUCTURE ELEMENTS TO THE WINTER WHEAT PRODUCTIVITY FORMATION AT DIFFERENT MOISTURE AVAILABILITY

I. A. Lobunskaya, agronomist of the laboratory for cell breeding, lobunskaya95@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

V. L. Gaze, junior researcher of the laboratory for cell breeding, l.fiziologii@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

P. I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

N. V. Yanovskaya, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

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

M. M. Ivanisov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of a semi-intensive type, ivaniso561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the experimental results of estimating the influence of moisture availability on productivity and yield structure elements of the winter wheat varieties. There have been studied 11 winter common wheat varieties of a semi-intensive type developed in the FSBSI "ARC "Donskoy". The purpose of the study was to determine the influence of different soil moisture levels on the yield and its structural elements of winter wheat. The varieties were tested in laboratory conditions by simulating soil drought (sucrose solution was with an osmotic pressure of 16 atmospheres), as well as on a vegetation plot "zasushnik" with optimal and insufficient moisture. When determining potential drought resistance based on the 'seed germination' indicator, the studied varieties were divided into three resistance groups. The varieties 'Ayuta' (83.3 %) and 'Volnitsa' (82.1 %) were highly drought-resistant, which significantly exceeded the standard variety 'Don 107' (70.3 %) ($HCP_{05} \pm 6.0$ %). The estimation of varieties in contrasting moisture conditions made it possible to identify stable yield traits, such as 'length of a head', 'number of grains per main head' and 'grain weight per main head', and '1000-grain weight'. High depression values under drought conditions were established according to 'number of productive stems', 'length of a head' and '1000-grain weight' (6.5; 7.0; 12.0 %, respectively). There has been found a correlation between the laboratory and vegetation estimation of the trial. The correlation coefficient between resistance to lack of moisture in soil (number of viable seeds) and a depression degree of yield indicators ('number of productive stems', 'length of a head', 'number of grains per main head', 'grain weight per main head', '1000-grain weight') ranged from 0.32 to 0.98. There have been identified the varieties 'Zhavoronok', 'Polina', 'Premiera' and 'Podarok Krymu', combining laboratory drought resistance with a complex of productivity traits.

Keywords: winter wheat, variety, drought resistance, yield, productivity, depression degree.

Введение. Сельскохозяйственное производство в России связано с рядом абиотических стрессов. Засуха является одним из наиболее распространенных разрушительных в глобальном масштабе стресс-факторов, влияющих на рост и развитие растений. Это явление не просто дефицит влаги, а сложная комбинация недостатка воды в почве, высоких температур воздуха, суховеев и других абиотических и биотических факторов (Журавлева и Фурсова, 2016).

В связи с изменением климата последствием глобального потепления является увеличение размера площадей, на которых растения подвергаются воздействию дефицита влаги. Недостаточная влагообеспеченность растений от фазы цветения до полной спелости влияет на многочисленные морфологические и физиологические процессы, приводящие к снижению урожайности. Это явление продолжает оставаться серьезной проблемой для исследователей в области сельского хозяйства. В зависимости от климатических условий урожайность сортов в зонах устойчивого увлажнения колеблется в 2–3 раза и в 5–6 раз в зонах неустойчивого увлажнения (Амунова и Тиунова, 2018).

Озимая мягкая пшеница является достаточно засухоустойчивой благодаря хорошо развитой корневой системе. Вместе с тем, недостаток влаги в каждый из периодов развития растения (всходы, кущение, период от выхода в трубку до колошения, налив зерна) приводит к замедлению темпа процессов морфогенеза и снижению урожая за счет уменьшения длины колоса, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен (Волкова и Амунова, 2022; Ivanisov at al., 2023).

При селекции на засухоустойчивость на первых этапах развития важно выявить растения, способные экономно использовать влагу в условиях ее недостатка (Сухоруков и Сухоруков, 2017; Sallam at al., 2019).

На сегодняшний день внедрение в производство засухоустойчивых сортов является од-

ним из главных средств в борьбе с засухой (Газе и др., 2022). Существует ряд признаков, позволяющих проводить оценку засухоустойчивости по развитию корневой системы, площади листового аппарата, содержанию пигмента хлорофилла в растении, водоудерживающей способности листьев, интенсивности транспирации и др. (Sattar at al., 2020; Selim at al., 2019).

Для сокращения селекционного процесса определение относительной засухоустойчивости проводится с помощью лабораторных физиологических методов оценки (Елисеева и др., 2016). Устойчивость к засухе определяют как способность семян прорасти в осмотических растворах (имитация почвенной засухи). Сорта, способные формировать более развитую первичную корневую систему в условиях недостатка влаги, в последующем характеризуются как засухоустойчивые в полевых условиях (Газе и др., 2022).

Одним из главных критериев при выборе засухоустойчивых форм являются урожайность и стабильность формирования всех элементов структуры в условиях абиотического стресса.

Цель исследований – определение влияния различной влагообеспеченности почвы на величину урожайности и элементов структуры озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований.

Объектом исследований послужили 11 образцов озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Опыты были проведены в 2020–2022 гг. в лаборатории клеточной селекции.

Для определения лабораторной засухоустойчивости озимой пшеницы использовали методику Н.Н. Кожушко в изложении Г.В. Удовенко (1988).

Изучение сортов на засухоустойчивость проводили в условиях моделированной засухи по методике В.В. Маймистова (1988). Растения выращивали на засушнике в деревянных ящиках (2×4×0,7 м) с почвой в условиях различной степени влагообеспеченности (рис. 1).

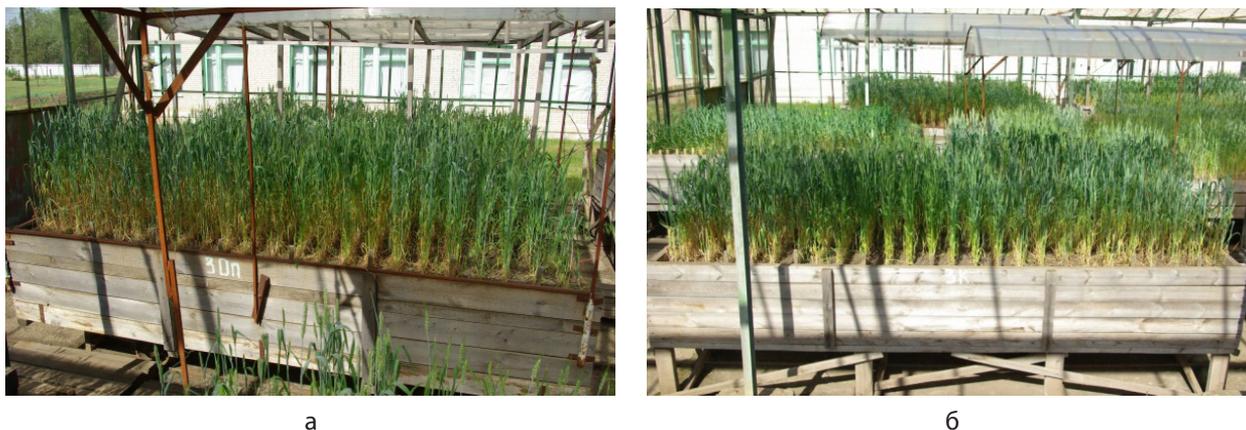


Рис. 1. Вегетационный опыт выращивания сортов пшеницы в условиях засухи и оптимального увлажнения: а – засуха (30 % ПВ), б – полив (70 % ПВ)

Fig. 1. Vegetative experiment of growing wheat varieties under drought and optimal moisture: a – drought (30 % PV), b – watering (70 % PV)

Образцы до наступления фенологической фазы выхода в трубку выращивали в идентичных условиях, затем опытный вариант – без доступа влаги (засуха – 30 % ПВ), а контрольный вариант при регулярном орошении (полив – 70 % ПВ).

Математическую обработку результатов производили по методам в изложении Б.А. Доспехова (2014) с использованием программ Excel и Statistica 10. Фенологические наблюдения – по методу Ф.М. Куперман. Структурный анализ растений – по методи-

ке Государственного сортоиспытания. Масса 1000 зерен – ГОСТ 12042-80.

Результаты и их обсуждение. Одним из главных этапов селекции является первоначальная оценка сортов на устойчивость к засухе для выбора лучшего исходного материала.

Определение засухоустойчивости сортов озимой мягкой пшеницы проводили в начальной стадии развития растений на растворах осмотиков (Газе и др., 2022). Значения засухоустойчивости сортов варьировали от 55,3 (Аскет) до 85,6 % (Полина) (рис. 2).

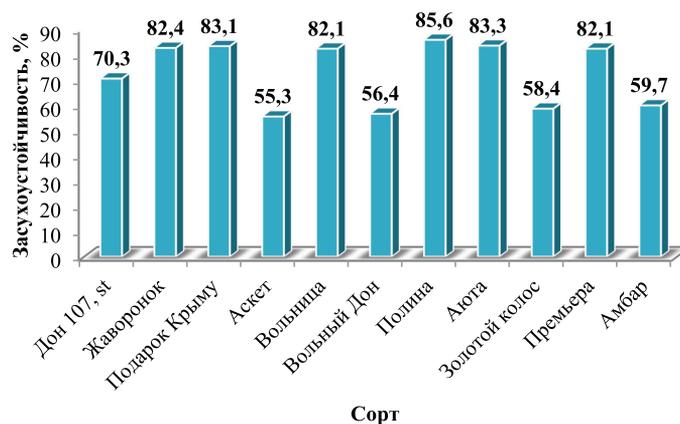


Рис. 2. Засухоустойчивость сортов озимой мягкой пшеницы по всхожести семян на растворе осмотика (2020–2022 гг.)

Fig. 2. Drought resistance of winter common wheat varieties based on seed germination in an osmotic solution (2020–2022)

По полученным экспериментальным результатам сорта были разделены на 2 группы устойчивости: 1) высоко засухоустойчивые (70–100 %); 2) среднеустойчивые (40–69 %). Высокая всхожесть семян при осмотическом стрессе давлением 16 атмосфер была отмечена у сортов Полина (85,6 %), Аюта (83,3 %), Подарок Крыму (83,1 %), Жаворонок (82,4 %), Вольница и Премьера (по 82,1 %), достоверно превысивших стандарт Дон 107 (70,3 %) ($НСР_{05} \pm 6,0$ %).

Сорта с высокой всхожестью при дефиците влаги характеризуются способностью переносить неблагоприятные условия среды, связанные с недостатком поступления воды в клетки растений за счет более высокой поглотительной способности семян, обусловленной генетическими факторами.

Практическая селекция направлена в первую очередь на создание сортов с физиологической засухоустойчивостью и высокой продуктивностью. Из этого следует, что при изучении

устойчивости к засухе необходимо сделать акцент на основные признаки, определяющие формирование урожая в условиях недостаточного увлажнения (Самофалов и др., 2023).

Величина урожайности сорта обуславливается потенциальной продуктивностью

и напрямую зависит от условий выращивания. В условиях модельной засухи изучаемые сорта озимой пшеницы неодинаково реагировали на действие стресса. Результаты структурного анализа сортов озимой пшеницы полуинтенсивного типа приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели структуры урожая озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа в условиях модельной засухи (2020–2022 гг.)

Table 1. Indicators of the yield structure of winter common wheat of a semi-intensive type under simulating drought conditions (2020–2022)

Сорта	Продуктивный стеблестой, шт./м ²			Длина колоса, см			Число зерен с главного колоса, шт.			Масса зерна с главного колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
	засуха	оптимальное увлажнение	соотношение засухи к оптимальным условиям	засуха	оптимальное увлажнение	соотношение засухи к оптимальным условиям	засуха	оптимальное увлажнение	соотношение засухи к оптимальным условиям	засуха	оптимальное увлажнение	соотношение засухи к оптимальным условиям	засуха	оптимальное увлажнение	соотношение засухи к оптимальным условиям
Дон 107, st	298	325	91,7	5,6	6,0	93,3	25	27	92,6	0,82	1,02	80,4	32,7	37,8	86,5
Жаворонок	269	289	93,1	5,2	5,5	94,5	26	27	96,3	0,97	1,2	80,8	37,4	44,5	84,0
Подарок Крыму	277	281	98,6	5,1	5,7	89,5	23	26	88,5	0,85	1,07	79,4	36,8	41,3	89,1
Аскет	281	303	92,7	5,1	5,9	86,4	26	31	83,9	0,87	1,22	71,3	33,4	39,4	84,8
Вольница	275	301	91,4	5,5	6,0	91,7	20	25	80,0	0,74	1,10	67,3	37,0	43,8	84,5
Вольный Дон	282	328	86,0	6,1	6,2	98,4	25	29	86,2	0,81	1,15	70,4	32,4	39,7	81,6
Полина	266	275	96,7	6,4	6,6	97,0	28	30	93,3	0,86	1,10	78,2	30,8	36,5	84,4
Аюта	293	306	95,8	6,0	6,8	92,3	24	29	82,8	0,85	1,22	69,7	35,6	42,1	84,6
Золотой колос	284	299	95,0	6,8	7,5	90,7	25	29	86,2	0,76	1,10	69,1	30,5	38,0	80,3
Премьера	258	273	94,5	6,8	7,2	94,4	27	29	93,1	0,99	1,33	74,4	36,5	45,9	79,5
Амбар	290	310	93,5	5,8	6,1	95,1	23	27	85,2	0,70	1,02	68,6	30,4	37,8	80,4
НСР₀₅	39,5	22,7	–	0,6	0,7	–	4,3	4,7	–	0,15	0,21	–	0,65	0,93	–

Продуктивный стеблестой сортов озимой пшеницы в опыте находился в пределах от 258 (Премьера) до 298 шт./м² (Дон 107). Достоверное превышение стандартного сорта Дон 107 не зафиксировано. Наибольшее количество продуктивных стеблей сформировали в условиях засухи сорта Аюта (293 шт./м²) и Амбар (290 шт./м²). В условиях оптимального увлажнения значения продуктивного стеблестоя варьировали от 273 (Премьера) до 328 шт./м² (Вольный Дон). По данному признаку соотношение засухи к оптимальным условиям было незначительным и составило от 1,4 до 14 %.

С наступлением возобновления весенней вегетации идет формирование колоса растений. Условия выращивания оказывают значительное влияние на формирование длины колоса. Длина колоса у сортов в засушливых условиях составила от 5,1 до 6,8 см, а в оптимальных – от 5,5 до 7,5 см. Наиболее существенное увеличение данного признака как в опыте, так и контроле по сравнению со стандартом Дон 107 (5,6 см) отмечено у сортов Золотой колос (6,8 и 7,5 см) и Премьера (6,8 и 7,2 см) (НСР₀₅ в опыте – 0,6 см, в контроле – 0,7 см).

Число зерен в колосе представляет значительный интерес для селекции. В условиях недостаточного увлажнения число зерен с главного колоса у сортов находилось в пределах от 20 (Вольница) до 28 шт. (Полина), а при оптимальном увлажнении – от 25 (Вольница) до 31 шт.

(Аскет). Все изучаемые сорта по этому показателю находились на уровне и ниже стандарта Дон 107 (25 и 27 шт.). Наименьшее снижение числа зерен в опыте по сравнению с контролем отмечено у сортов Жаворонок (на 3,7 %), Полина (на 6,7 %) и Премьера (6,9 %).

Масса зерна с главного колоса является одним из важнейших элементов структуры урожая, который показывает потенциал накопления ассимилятов. В наших исследованиях в условиях модельной засухи величина массы зерна с колоса варьировала от 0,70 (Амбар) до 0,97 г (Жаворонок), а при оптимальном увлажнении – от 1,02 (Амбар) до 1,33 г (Премьера). Достоверное превышение этих значений над стандартным сортом Дон 107 как при засухе, так при оптимальном увлажнении отмечено у сорта Премьера (0,99 и 1,33 г соответственно).

По массе 1000 зерен в условиях модельной засухи достоверное превышение стандарта Дон 107 (32,7 г) зафиксировано у сортов Жаворонок (37,4 г), Подарок Крыму (36,8 г), Вольница (37,0 г), Аюта (35,6 г) и Премьера (35,6 г). Сорта Аскет и Вольный Дон имели значения массы 1000 зерен на уровне стандарта. В контрольном варианте достоверное превышение массы 1000 зерен над стандартом Дон 107 (37,8 г) отмечено у сортов Премьера (45,9 на 8,1 г), Жаворонок (44,5 на 6,7 г), Вольница (43,8 на 6,0 г), Аюта (42,1 на 4,3 г) и Подарок Крыму (41,3 на 3,5 г).

Продуктивность – результирующий показатель нормального функционирования всех систем растения при засухе. Значения урожайности сортов в обычных условиях варьиро-

вали от 279,2 до 369,9 г/м². В условиях засухи урожайность зерна этих же сортов находилась в пределах 185,2–251,2 г/м² (рис. 3).

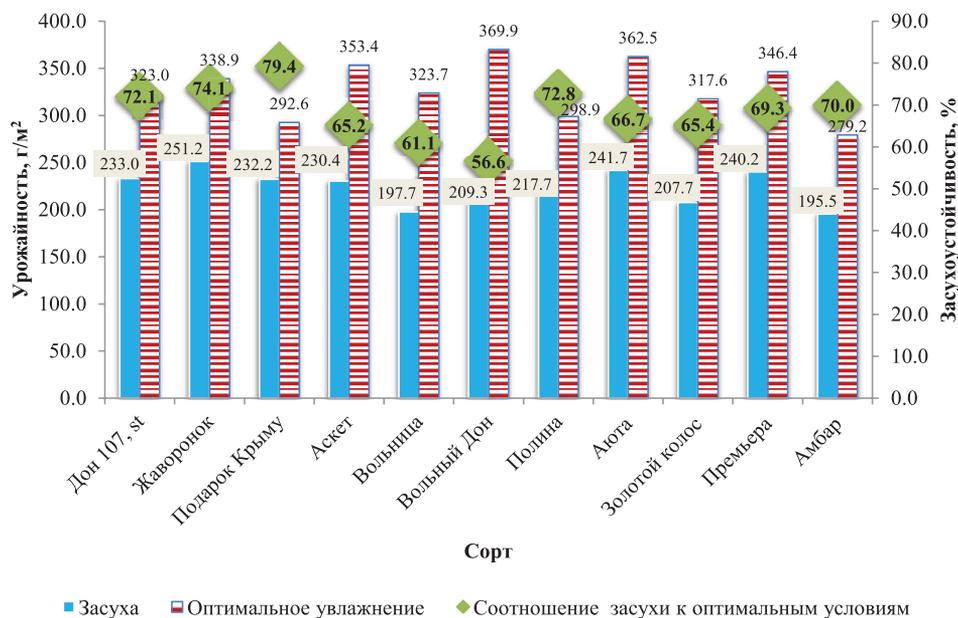


Рис. 3. Изменение урожайности сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа в условиях модельной засухи (2020–2022 гг.)

Fig. 3. Change in productivity of winter common wheat of a semi-intensive type under simulating drought conditions (2020–2022)

В острозасушливых условиях максимальную урожайность сформировали сорта Жаворонок (251,2 г/м²), Аюта (241,7 г/м²) и Премьера (240,2 г/м²), достоверно превысившие стандартный сорт Дон 107 ($НСР_{05} = \pm 5,8$ г/м²). Сорта Подарок Крыму и Аскет по урожайности были на уровне стандарта. Наименьшее снижение урожайности в опыте по сравнению с контролем отмечено у сортов Подарок Крыму (79,4 на 20,6%) и Жаворонок (74,1 на 25,9%). Составляющие показатели структуры урожая находятся в корреляционной связи, как между собой, так и с урожайностью зерна.

В результате наших исследований в условиях засухи установлены средние положительные связи урожайности с числом зерен в колосе ($r = 0,62 \pm 0,26$) и массой 1000 зерен ($r = 0,45 \pm 0,30$) и сильная связь с массой зерна с главного колоса ($r = 0,95 \pm 0,09$).

Корреляционный анализ в условиях оптимального увлажнения выявил положительные связи урожайности: сильная – с массой зерна с главного колоса ($r = 0,73 \pm 0,22$), средняя – с густотой продуктивного стеблестоя ($r = 0,52 \pm 0,28$), количеством ($r = 0,49 \pm 0,29$) и массой 1000 зерен ($r = 0,35 \pm 0,31$).

Также был проведен анализ взаимосвязи лабораторной засухоустойчивости и соотношения показателей продуктивности при оптимальной влагообеспеченности и засушливыми условиями. Установлены сильная положительная связь с длиной колоса ($r = 0,98 \pm 0,07$) и средние с продуктивным стеблестоем ($r = 0,53 \pm 0,28$), массой зерна с главного колоса ($r = 0,46 \pm 0,30$), массой 1000 зерен ($0,40 \pm 0,30$) и числом зерен ($r = 0,34 \pm 0,31$).

Влияние засухи (депрессия) на формирование элементов структуры урожая показано в таблице 2.

Таблица 2. Депрессия элементов структуры урожая озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа в условиях модельной засухи (2020–2022 гг.), %
Table 2. Depression of the yield structure elements of winter common wheat of a semi-intensive type under simulating drought conditions (2020–2022), %

Образцы	Продуктивный стеблестой	Длина колоса	Число зерен с главного колоса	Масса зерна с главного колоса	Масса 1000 зерен	Урожайность
Дон 107, st	8,3	6,7	7,4	19,6	13,5	27,9
Жаворонок	6,9	5,5	3,7	19,2	16,0	25,9
Подарок Крыму	1,4	10,5	11,5	20,6	10,9	20,6
Аскет	7,3	13,6	16,1	28,7	15,2	34,8
Вольница	8,6	8,3	20,0	32,7	15,5	38,9
Вольный Дон	14,0	1,6	13,8	29,6	18,4	43,4
Полина	3,3	3,0	6,7	21,8	15,6	27,2

Продолжение табл. 2

Образцы	Продуктивный стеблестой	Длина колоса	Число зерен с главного колоса	Масса зерна с главного колоса	Масса 1000 зерен	Урожайность
Аюта	4,2	7,7	17,2	30,3	15,4	33,3
Золотой колос	5,0	9,3	13,8	30,9	19,7	34,6
Премьера	5,5	5,6	6,9	25,6	20,5	30,7
Амбар	6,5	4,9	14,8	31,4	19,6	30,0
Общее снижение депрессии	6,5	7,0	12,0	26,4	16,4	31,6

По изменению густоты продуктивного стеблестоя трудно судить о засухоустойчивости, так как общее снижение было незначительным – 6,5 %. По различным сортам степень депрессии варьировала от 1,4 до 14,0 %.

Депрессия длины колоса в засушливых условиях по сортам находилась в пределах 1,6–13,6 %, а общее снижение было несущественным – 7,0 %.

По признаку «озерненность колоса» наблюдалось наибольшее варьирование степени депрессии – от 3,7 до 20,0 %. Следует отметить сорта с максимальной озерненностью колоса в сочетании с наименьшей степенью депрессии данного признака – Жаворонок (26 шт. и 3,7 %), Полина (28 шт. и 6,7 %) и Премьера (27 шт. и 6,9 %).

Реакция сортов на стресс оказалась более высокой по признакам массы зерна с главного колоса и массы 1000 зерен, общая депрессия составила 26,4 и 16,4 % соответственно. Наименьшее снижение величин данных признаков в условиях недостатка влаги зафиксировано у сортов Жаворонок (19,2 и 16,0 %) и Подарок Крыму (20,6 и 10,9 %). Общее снижение урожайности составило 31,6 % с варьированием по сортам от 20,6 до 43,4 %.

Выводы. В ходе проведенных исследований выявлены статистически значимые разли-

чия по урожайности, длине колоса, числу и массе зерен с главного колоса и массе 1000 зерен. В период исследований установлена сильная положительная корреляционная связь между урожайностью и массой зерна с главного колоса ($r = 0,95 \pm 0,09$), средние положительные связи с числом зерен в колосе ($r = 0,62 \pm 0,26$) и массой 1000 зерен ($r = 0,45 \pm 0,30$).

Весомый вклад в повышение урожайности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях недостаточной влагообеспеченности вносят такие элементы структуры, как масса 1000 семян, число семян и масса семян с главного колоса. Изучение сортов озимой пшеницы в контрастных по влагообеспеченности условиях позволило выделить формы, имеющие высокие значения по комплексу признаков в сочетании с наименьшей степенью депрессии:

– по длине колоса – Премьера (6,8 см; 5,5 %), Полина (6,4 см; 3,3 %), Амбар (5,8 см; 6,5 %) и Жаворонок (5,2 см; 6,9 %);

– по числу зерен в колосе – Полина (28 шт.; 6,7 %), Премьера (27 шт.; 6,9 %), Жаворонок (26 шт.; 3,7 %);

– по массе зерна с главного колоса – Жаворонок (0,97 г; 19,2 %), Подарок Крыму (0,87 г; 20,6 %) и Полина (0,86 г; 21,8 %);

– по массе 1000 – Подарок Крыму (36,8 г; 10,9 %) и Жаворонок (37,4 г; 16,0 %).

Библиографические ссылки

1. Амунова О.С., Тиунова Л.Н. Генетическое разнообразие мягкой яровой пшеницы по устойчивости к ранней засухе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 1(62). С. 32–37. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.32-37
2. Волкова Л.В., Амунова О.С. Результаты оценки сортов яровой мягкой пшеницы различных агроэкотипов по признакам засухоустойчивости и донорским свойствам // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. Вып. 1. С. 27–42. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-1-27-42
3. Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Филиппов Е.Г. Оценка засухоустойчивости образцов ярового ячменя в начальный период развития на растворе осмотиков // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 15, № 4. С. 34–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Елисеев С.Л., Яркова Н.Н., Ашихмин Н.В., Батуева И.В. Изменение лабораторной всхожести семян зерновых культур в зависимости от метеорологических и агротехнических условий // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1(13). С. 3–7.
6. Журавлева Е.В., Фурсов С.В. Засуха как один из факторов риска в экономике растениеводства Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 9. С. 88–90.
7. Маймистов В.В., Осипов Ю.Ф., Чумаковский Н.Н., Евтушенко Ю.В. Ускоренная оценка засухоустойчивости селекционного материала // Селекция и семеноводство. 1988. № 3. С. 23–25.
8. Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В., Громова С.Н., Чернова В.Л. Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности и генотипа // Аграрная наука. 2023. № 7. С. 85–91. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91
9. Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А. Селекция озимой пшеницы на засухоустойчивость в Среднем Поволжье // Аграрная наука. 2017. № 5. С. 15–18.
10. Удовенко, Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Л.: ВИР, 1988. 228 с.

11. Ivanisov M., Marchenko D., Shishkin N., Gaze V. Productivity and resistance to stress factors of winter wheat varieties bred by ARC «Donskoy» // E3S Web of Conferences INTERAGROMASH. 2023. Vol. 413, Article number: 01006. DOI: 10.1051/e3sconf/202341301006
12. Sattar A., Sher A., Ijaz M., Ul-Allah S., Rizwan M. S., Hussain M., Jabran K., Cheema A. M. Terminal drought and heat stress alter physiological and biochemical attributes in flag leaf of bread wheat // Plos one. 2020. № 15(5), Article number: e0232974. DOI: 10.1371/journal.pone.0232974
13. Sallam A., Alqudah A. M., Dawood M. F A, Baenziger P S., Börner A. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20(13), Article number: 3137. DOI: 10.3390/ijms20133137
14. Selim D. A-F. H., Nassar R. M., Boghdady M. S., Bonfill M. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions // Plant physiology and biochemistry. 2019. № 135. С. 480–488. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.11.012

References

1. Amunova O.S., Tiunova L.N. Geneticheskoe raznoobrazie myagkoi yarovoi pshenitsy po ustoichivosti k rannei zasukhe [Genetic diversity of spring common wheat according to early drought resistance] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. № 1(62). С. 32–37. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.32-37
2. Volkova L.V., Amunova O.S. Rezul'taty otsenki sortov yarovoi myagkoi pshenitsy razlichnykh agroekotipov po priznakam zasukhoustoichivosti i donorskim svoistvam [Estimation results of spring common wheat varieties of various agroecotypes for drought resistance and donor properties] // Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2022. Vyp. 1. С. 27–42. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-1-27-42
3. Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P. I., Filippov E. G. Otsenka zasukhoustoichivosti obraztsov yarovogo yachmenya v nachal'nyi period razvitiya na rastvore osmotikov [Estimation of drought resistance of spring barley samples in the initial period of development on an osmotic solution] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 15, № 4. С. 34–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Eliseev S.L., Yarkova N.N., Ashikhmin N.V., Batueva I.V. Izmenenie laboratornoi vskhozhesti semyan zernovykh kul'tur v zavisimosti ot meteorologicheskikh i agrotekhnicheskikh uslovii [Change in laboratory germination of grain seeds depending on meteorological and agrotechnical conditions] // Permskii agrarnyi vestnik. 2016. № 1 (13). С. 3–7.
6. Zhuravleva E.V., Fursov S.V. Zasukha kak odin iz faktorov riska v ekonomike rastenievodstva Rossiiskoi Federatsii [Drought as one of the risk factors in the economics of crop production in the Russian Federation] / Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. Т. 30, № 9. С. 88–90.
7. Maimistov V.V., Osipov Yu. F., Chumakovskii N.N., Evtushenko Yu. V. Uskorennaya otsenka zasukhoustoichivosti selektsionnogo materiala [Accelerated estimation of drought resistance of breeding material] // Seleksiya i semenovodstvo. 1988. № 3. С. 23–25.
8. Samofalov A.P., Podgornyi S.V., Skripka O.V., Gromova S.N., Chernova V.L. Izmenenie urozhainosti i sostavlyayushchikh ee elementov struktury myagkoi ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot uslovii vlagobespechennosti i genotipa [Changes in yield and its structure elements of winter common wheat depending on moisture conditions and a genotype] // Agrarnaya nauka. 2023. № 7. С. 85–91. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91
9. Sukhorukov A. F., Sukhorukov A. A. Seleksiya ozimoi pshenitsy na zasukhoustoichivost' v Srednem Povolzh'e [Winter wheat breeding for drought resistance in the Middle Volga region] // Agrarnaya nauka. 2017. № 5. С. 15–18.
10. Udovenko, G.V. Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozdeistviyam: metodicheskoe rukovodstvo [Diagnosics of plant resistance to stress: methodological recommendations]. L.: VIR, 1988. 228 s.
11. Ivanisov M., Marchenko D., Shishkin N., Gaze V. Productivity and resistance to stress factors of winter wheat varieties bred by ARC «Donskoy» // E3S Web of Conferences INTERAGROMASH. 2023. Vol. 413, Article number: 01006. DOI: 10.1051/e3sconf/202341301006
12. Sattar A., Sher A., Ijaz M., Ul-Allah S., Rizwan M. S., Hussain M., Jabran K., Cheema A. M. Terminal drought and heat stress alter physiological and biochemical attributes in flag leaf of bread wheat // Plos one. 2020. № 15(5), Article number: e0232974. DOI: 10.1371/journal.pone.0232974
13. Sallam A., Alqudah A. M., Dawood M. F A, Baenziger P S., Börner A. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20(13), Article number: 3137. DOI: 10.3390/ijms20133137
14. Selim D. A-F. H., Nassar R. M., Boghdady M. S., Bonfill M. Physiological and anatomical studies of wo wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions // Plant physiology and biochemistry. 2019. № 135. С. 480–488. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.11.012

Поступила: 01.11.23; доработана после рецензирования: 13.11.23; принята к публикации: 17.11.23.

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. Лобунская И. А., Газе В. Л. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Костылев П. И. – общее руководство и финальная доработка текста; Яновская Н. В., Черпакова Е. Ю. – проведение лабораторных и вегетационного опытов; Иванисов М. М. – концептуализация исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.