

А.П. Самофалов, ✉
С.В. Подгорный,
О.В. Скрипка,
С.Н. Громова,
В.Л. Чернова

Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Ростовская обл., Россия

✉ samofalova.1986@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.03.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023

Aleksandr P. Samofalov, ✉
Sergey V. Podgorny,
Olga V. Skripka,
Svetlana N. Gromova,
Valentina L. Chernova

Agricultural Research Center «Donskoy»,
Zernograd, Rostov region, Russia

✉ samofalova.1986@mail.ru

Received by the editorial office:
10.03.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности и генотипа

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Исследования по изучению влияния отдельно взятых засушливых ситуаций на урожайность и элементы ее структуры для сортов озимой мягкой пшеницы, определению более надежных критериев отбора в селекции на засухоустойчивость, выяснению отличий в реакции генотипов, контрастных по продолжительности вегетационного периода, на условия засухи являются актуальными.

Методы. Исследования выполнены в 2017–2021 гг. на полях научного севооборота ФГБНУ «АНЦ «Донской» по предшественнику сидеральный пар по методикам ГСИ и полевого опыта. Объектом исследований послужили 25 современных сортов и перспективных селекционных линий собственной селекции.

Результаты. Рассмотрены типы засух и их влияние на урожайность и элементы структуры по годам исследований в сравнении с контрольным 2017 г., благоприятным по количеству осадков и температурному режиму во все периоды роста и развития озимой пшеницы с ГТК = 0,92–1,46. Снижение урожайности в 2019 г. к 2017-му составило 39,4% и было обусловлено снижением числа возшедших растений и продуктивных колосов на 50,5% и 37,2%. В 2020 г. снижение урожайности составило 10,7% за счет уменьшения продуктивности колоса и растения на 31,8% и 12,1% и крупности зерна на 21,0%. В 2021 г. урожайность снизилась на 18,6% за счет уменьшения густоты стояния растений и продуктивного стеблестоя на 41,7% и 18,6%, массы 1000 зерен на 15,0%. На основе корреляционного анализа определены структурные элементы, которые в зависимости от типа засухи вносят основной вклад в формирование урожайности: густота стояния растений ($r = 0,78$), продуктивный стеблестой ($r = 0,70$), озерненность колоса и растений ($r = 0,60$ и $r = 0,79$), высота растений ($r = 0,70$).

Ключевые слова: озимая пшеница, тип засухи, урожайность, элементы структуры, корреляция, депрессия, сорт, генотип

Для цитирования: 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; 372(7): 85–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91>

© Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В., Громова С.Н., Чернова В.Л.

Changes in yield and its structure elements of winter bread wheat depending on the conditions of a moisture supply and a genotype

ABSTRACT

Relevance. In this regard, it is of great relevance to study influence of individual arid situations on the yield and its structure elements for winter bread wheat varieties; to identify more reliable selection criteria in breeding for drought resistance; to determine differences in the drought conditions' response among genotypes with contrasting length of a vegetation period.

Methods. The study was carried out in 2017–2021 on the fields of the research crop rotation of the FSBSI «ARC «Donskoy», according to a green manure fallow due to the methods of SVT and a field trial. The objects of the research were 25 modern varieties and promising breeding lines of our own breeding.

Results. There have been considered the types of droughts and their influence on the yield and its structural elements through the years of research in comparison with the control year 2017, which was favorable in precipitation and temperature conditions in all vegetation and development periods of winter wheat with HThC = 0.92–1.46. The yield decrease amounted to 39.4% in 2019 vs. 2017 and was due to a decrease in the number of sprouted plants and productive heads on 50.5% and 37.2%. In 2020, the productivity reduced on 10.7% due to head and plant productivity decrease on 31.8% and 12.1% and a grain size on 21.0%. In 2021, the yield decreased on 18.6% due to a decrease in plant density and productive head stand on 41.7% and 18.6%, and 1000-grain weight on 15.0%. Based on the correlation analysis, there have been identified the structural elements which could make the main contribution to productivity formation depending on the type of drought, namely plant density ($r = 0.78$), productive head ($r = 0.70$), grain size of a head and a plant ($r = 0.60$ and $r = 0.79$), plant height ($r = 0.70$).

Key words: winter wheat, drought type, productivity, structure elements, correlation, depression, variety, genotype

For citation: Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V., Gromova S.N., Chernova V.L. Changes in yield and its structure elements of winter bread wheat depending on the conditions of a moisture supply and a genotype. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 85–91 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91>

© Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V., Gromova S.N., Chernova V.L.

Введение/Introduction

Получение стабильно высоких урожаев зерна — основная цель возделывания озимой пшеницы, посевные площади которой в Ростовской области в последние годы составляют более 2,5 млн га [1]. Уровень урожайности определяется состоянием агрофитоценоза и зависит практически от всех хозяйственно-биологических признаков сорта, в том числе и от элементов структуры урожая, при изменении которых следует учитывать и степень их воздействия на результирующий признак.

В селекционной работе с любой культурой важно определить роль отдельных элементов и выявить их влияние, вклад в урожайность зерна с единицы площади [2, 3]. Вклад того или иного признака в формирование урожайности зависит от лимитирующего фактора условий выращивания, в частности от влагообеспеченности [4]. Следует также учитывать, что многие признаки находятся в отрицательной взаимосвязи и трудно совместимы между собой, особенно в условиях изменяющегося климата [5], поэтому анализ корреляционных связей широко используется в селекции.

Как абсолютные значения, так и корреляции между ними обусловлены особенностями климата и погодных условий, в которых проводится опыт, наличием селекционного материала, воздействием предшественников и других факторов [6], а также для оценки стабильности проявления признаков в изменяющихся условиях среды [7].

Поскольку те или иные признаки в различных условиях среды вносят неодинаковый вклад в урожайность, возникает вопрос, можно ли строить стратегию отбора, основываясь на постоянном наборе количественных признаков [8]. Данный вопрос вызывается еще и противоречивостью сведений о взаимосвязях урожайности и ее элементов в разных агроэкологических условиях. Так, по результатам исследований, проводившихся авторами ранее [9], на урожайность зерна озимой мягкой пшеницы на юге Ростовской области влияют три основных признака: масса 1000 зерен ($r = 0,63–0,65$), масса зерна с колоса ($r = 0,40–0,70$) и густота продуктивного стеблестоя ($r = 0,54–0,68$). В степной зоне севера Ростовской области на уровень урожайности большее влияние оказывали масса зерна с растения, масса зерна с колоса и его озерненность, чем масса 1000 зерен [10]. Различия в полученных результатах даже в пределах одной области объясняются (как указывалось выше) разными условиями проведения экспериментов, разными годами, особенностями генотипов и агроценозов, усиливающейся в последние годы аридностью климата, частотой повторяющихся засух.

Одним из способов снижения влияния засух на урожайность озимой мягкой пшеницы считается создание скороспелых сортов, способных уходить от засухи и болезней при наливе и созревании до наступления высоких температур и восточных суховеев, а также создание сортов разных групп спелости [11, 12]. Однако при этом нет четкого понимания взаимоотношений между элементами урожая и их компенсаторными изменениями при низком и неустойчивом увлажнении, которое затруднено из-за варьирования времени наступления, длительности и интенсивности воздействия засух [13].

В связи с этим исследования по влиянию отдельно взятых засушливых ситуаций на урожайность и элементы ее структуры для сортов озимой мягкой пшеницы с разной продолжительностью вегетационного периода, определению более надежных критериев отбора в селекции засухоустойчивых сортов являются актуальными.

Цели исследований — изучение изменений и взаимосвязь урожайности и элементов структуры в зависимости от влагообеспеченности в разные периоды вегетации и генотипа. При этом ставились следующие задачи: выявить изменения урожайности и ее структурных элементов под влиянием погодных условий, в первую очередь засух; определить корреляционные связи урожая с ее структурными слагаемыми при таких условиях; установить отличия в реакции генотипов контрастных по периоду вегетации на типы засухи.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнены в 2017–2021 гг. в конкурсных испытаниях на полях научного севооборота отдела селекции озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ "Донской"» по предшественнику сидеральный пар.

Подготовка почвы, посев, уход за посевами осуществлялись согласно рекомендациям по зональным системам земледелия Ростовской области (2022 г.). Размещение делянок в опыте — систематическое, площадь делянки — 10 м², повторность — шестикратная, норма высева — 4,5 млн семян на 1 га. Посев проводился сеялкой Wintersteiger Plotseed S, уборка — комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Учет урожая и структурный анализ по 50 растениям, отобранным из снопа, взятого в фазу полной спелости с площади 0,16 м² в трех несмежных повторениях, выполнялись по методике Государственного сортоиспытания¹.

Материалом для исследований послужили 25 сортов и перспективных селекционных линий мягкой озимой пшеницы, созданных в лаборатории селекции и семеноводства сортов интенсивного типа ФГБНУ «АНЦ "Донской"».

Для определения реакции генотипов, контрастных по продолжительности периода вегетации, на условия засухи использовали сорта озимой пшеницы, условно разделенные по дате колошения на три группы²: раннеспелую (Этюд, Аксинья) со средней за годы исследований датой колошения 13–14 мая, среднераннюю (Находка, Донская степь, Шеф, Юбилей Дона, Зодиак) — 16–18 мая, среднеспелую (Универ, Раздолье) — 21–22 мая.

Корреляционный анализ между урожайностью и элементами структуры проводили по Методике полевого опыта³.

Погодные условия в годы проведения опытов характеризовались чередованием очень жарких, засушливых в тот или иной период вегетации лет с оптимальными по условиям влагообеспеченности и температуре годами.

Максимально благоприятным по количеству осадков, их распределению в течение всего вегетационного периода, температурному режиму для формирования высокого урожая был 2016/17 сельскохозяйственный год с ГТК = 0,92–1,46, принятый в исследованиях в качестве контрольного.

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. М.: Колос. 2019; 329.

² Сорта озимой мягкой и твердой пшеницы. Каталог. ФГБНУ «АНЦ "Донской"». Саратов: Амирит. 2021; 70.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стереотип. М.: Альянс. 2011; 352.

В 2017/18 сельскохозяйственном году наблюдалась жесткая засуха в период активной вегетации (апрель — июнь), сопровождаемая высокими температурами, суховеями и практически отсутствием осадков (ГТК = 0,15). За этот период выпало осадков: апрель — 9 мм, май — 12,7 мм, июнь — 4,2 мм при среднемноголетних показателях 42,7 мм, 51,3 мм, 71,3 мм соответственно. Среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетней нормы на 0,8 °С (апрель), на 2,7 °С (май), на 3,4 °С (июнь). В целом за период вегетации количество выпавших осадков составило 345,1 мм, за сельскохозяйственный год — 453,6 мм при норме 499,5 мм и 582,4 мм соответственно. Однако благодаря хорошим запасам влаги в почве за счет осадков октября — марта предыдущих лет урожайность получена на уровне 2017 г.

2018/19 сельскохозяйственный год оказался самым неблагоприятным для роста и развития озимой пшеницы из-за осенней засухи в предпосевной и посевной периоды (сумма осадков за август, сентябрь, двух декад октября — 25,8 мм при норме 114,1 мм), ГТК = 0,11, переноса срока посева на поздний в сухую и полусухую почву, неравномерности и изреженности всходов, низких температур ноября (0,5 °С при норме 3,3 °С), недостаточных для хорошего кущения. Количество осадков за сельскохозяйственный год было на 54,5 мм меньше среднемноголетних (582,4 мм). Период «колошение — созревание» проходил при низкой влажности воздуха и повышенных температурах (в мае — 19 °С (норма 16,4 °С), в июне — 25,2 °С (норма 20,5 °С). Недостаточная влагообеспеченность в июне (осадки 10,8 мм, норма — 71,3 мм) компенсировалась осадками мая (63,9 мм, норма — 51,3 мм).

2019/20 сельскохозяйственный год характеризовался большим количеством засушливых периодов за вегетацию озимой пшеницы: осенне-зимний (октябрь — декабрь — «всходы — кущение») с недостатком осадков на 100,3 мм к среднемноголетней, весенний (март, апрель — «кущение — выход в трубку») на 61,5 мм, летний (июнь — «налив — созревание») на 32,5 мм. За период активной вегетации сумма выпавших осадков составила 136,0 мм, за вегетационный период — 358,3 мм, за сельскохозяйственный год — 463,7 мм, среднемноголетние значения — 165,3 мм, 479,5 мм и 582,4 мм соответственно. Температурный режим был повышенным в осенние и зимние месяцы, пониженным — в марте — апреле, что способствовало интенсивному кущению и образованию высокой плотности агроценоза (до 800–1000 продуктивных колосьев на 1 м²).

Для 2020/21 сельскохозяйственного года характерны затяжная засушливая осень (с сентября по декабрь) и хорошая влагообеспеченность в течение остальной вегетации. К моменту оптимальных сроков сева озимой пшеницы в сентябре выпало всего лишь 2,7 мм осадков (норма 42,3 мм), ГТК = 0,04, запасов продуктивной влаги

в почве было недостаточно как для появления дружных всходов, так и для дальнейшего их роста и развития. Количество осадков, выпавших в октябре — декабре, составило 43,2 мм (28,3% от среднемноголетней нормы). Всходы были изреженными, неравномерными, и только благодаря хорошим осадкам в январе — марте (183,0 мм при норме 139,4 мм), теплой зиме сохранившиеся растения хорошо раскустились, а в дальнейшем, с выпадением в апреле — июне большого количества осадков (264,6 мм при норме 165,3 мм), на фоне оптимального температурного режима сформировали достаточно высокую урожайность.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Отличия условий среды в годы исследований, обусловленные главным образом засухой в разные периоды вегетации озимой мягкой пшеницы, приводили к изменению урожайности и ее структурных элементов (табл. 1).

Самая низкая урожайность получена в 2019 году при засухе в предпосевной и посевной периоды — 6,74 т/га. Это на 39,4% меньше в сравнении с 2017 г., благоприятным для роста и развития озимой пшеницы в течение всей вегетации. Снижение урожайности сопровождалось уменьшением числа взойшедших растений на 50,5%, плотности агроценоза (462 колоса на 1 м², 2017 г. — 736) на 37,2% и в меньшей степени массой зерна с колоса и растений (на 4,6% и 11,2% соответственно).

В условиях жесткой засухи в период активной вегетации (апрель — июнь) 2018 г. изменений урожайности и составляющих ее слагаемых не наблюдалось благодаря хорошим запасам влаги в почве за счет большого количества осенне-зимних осадков, а также осадков прошлых лет (2015 г. — 600,3 мм, 2016 г. — 659,3 мм, 2017 г. — 610 мм, среднемноголетняя норма — 582,4 мм).

Незначительным снижением урожая (10,7%) характеризовался 2020 г., и обусловлено оно было снижением: продуктивности колоса — на 31,8%, массы 1000 зерен — на 21%, продуктивности растения — на 12,1%.

Таблица 1. Урожайность озимой мягкой пшеницы, ее структурные элементы и их изменения в результате условий вегетации
Table 1. Yield of winter bread wheat, its structure elements, and their changes as a result of vegetation conditions

Признак	Год (тип засухи*)					± % к благоприятному 2017 г.			
	2017 (контроль)	2018 (2)	2019 (1)	2020 (3)	2021 (4)	2018	2019	2020	2021
Урожайность, т/га	11,05	11,25	6,74	9,87	8,99	+1,8	-39,4	-10,7	-18,6
Число растений на 1 м ² , шт.	477	339	236	330	278	-29	-50,5	-30,8	-41,7
Продуктивный стеблестой, колосьев на 1 м ²	736	601	462	841	599	-18,4	-37,2	+14,3	-18,6
Число зерен в колосе, шт.	38,0	37,6	38,8	32,6	41,6	-1,1	+9,7	-14,2	+9,5
Масса зерна колоса, г	1,76	1,70	1,68	1,20	1,63	-3,4	-4,6	-31,8	-7,4
Число зерен с растения, шт.	77,0	79,6	79,3	84,9	93,6	+3,4	+3	+11,1	+21,5
Масса зерна с растения, г	3,57	3,63	3,27	3,14	3,67	+1,7	-11,2	-12,1	+2,7
Масса 1000 зерен, г	46,7	45,7	41,1	36,9	39,7	-2,2	-14,1	-21	-15
Высота растений, см	97,4	96,0	79,1	103,9	90,1	-1,4	-18,8	+6,7	-7,5
Длина колоса, см	8,6	8,4	8,2	8,4	9,2	-2,3	-4,6	-2,3	+6,7
Число колосков в колосе, шт.	19,1	18,4	18,3	18,6	19,7	-3,7	-4,2	-2,6	+3,1

Примечание: *1-й тип — в предпосевной и посевной периоды, 2-й тип — в период активной вегетации, 3-й тип — осенняя, ранневесенняя и летняя, 4-й тип — осенне-зимняя

При длительной осенне-зимней засухе (в сентябре — декабре 2020 г.) отмечалось слабое снижение продуктивности колоса (на 7,4%), а основное воздействие стресса отразилось на количестве взошедших растений (-41,7%), плотности продуктивного стеблестоя (-18,6%) и массе 1000 зерен (-15,0%). Снижение урожайности в 2021 г. к контрольному 2017-му составило 18,6%.

За годы проведения исследований не отмечалось больших изменений признаков: «длина колоса» и «число колосков в колосе», что свидетельствует об их высокой генетической стабильности и надежности отбора по ним в любые по погодным условиям годы.

Высота растений не является элементом структуры, но она оказывает существенное влияние на урожайность, так как служит генетически детерминированным признаком, определяющим состояние растений в зависимости от стрессовых факторов среды (засуха, низкая температура и технологии возделывания [9, 14]. Средняя высота растений изменялась в опытах от 79,1 см (2019 г.) до 103,9 см (2020 г.). Ее снижение было максимальным в 2019 г. (на 18,3 см), несколько меньше в 2021-м (на 7,3 см), а в 2021-м превышение над контрольным 2017 г. составило 6,5 см.

Полученные результаты исследований по влиянию засухи в разные периоды роста и развития растений на урожайность и элементы структуры подтверждаются рассчитанными коэффициентами корреляции (табл. 2).

Так, в 2018 г., как и в 2017-м, урожайность озимой мягкой пшеницы формировалась за счет равноценного вклада всех элементов структуры с некоторым преобладанием продуктивности растений (числа зерен в колосе). Коэффициенты корреляции между урожайностью и числом зерен с растения — $r = 0,48$, массой зерна с растения — $r = 0,34$. В 2019 г. урожайность в основном зависела от густоты стояния растений ($r = 0,39$) и продуктивного стеблестоя ($r = 0,37$). В 2020 г. урожайность складывалась за счет продуктивного стеблестоя ($r = 0,35$), продуктивности колоса и растения ($r = 0,40$ и $r = 0,41$). В 2021 г. она определялась продуктивностью колоса (число зерен в колосе — $r = 0,47$, масса зерна с колоса — $r = 0,33$).

Следует подчеркнуть, что сопряженность урожайности со слагающими ее элементами по годам не отличалась стабильностью и силой взаимосвязи, но в среднем за пять лет выявлена средняя и сильная связь с густотой стояния растений на единице площади ($r = 0,78$), продуктивным стеблестоем ($r = 0,70$), числом зерен с колоса и растения ($r = 0,64$ и $r = 0,79$ соответственно). Обращает на себя внимание и сильная взаимосвязь урожайности с высотой растения ($r = 0,70$), что будет затруднять отбор полукarikовых сортов в наших условиях. Следовательно, отбор на продуктивность в засушливых условиях нужно проводить с учетом этих признаков и типа засухи.

Сравнительное изучение генотипов, относящихся к разным группам спелости, по урожайности и структурным элементам показало их неоднозначную реакцию на условия засухи. Урожайность (как в отдельные годы, так и в среднем за все) была выше у генотипов средней группы спелости (табл. 3).

Однако и депрессия признака (урожайности) в сравнении с контрольным 2017 г. у нее была выше, чем у раннеспелых и среднеранних генотипов (2019 г. — 45,2%, 2018 г. — 6,5%, 2020 г. — 23,0%, 2021 г. — 26,4%, у раннеспелых и среднеранних, соответственно, 39,55% и 39,6%, 12,0% и 14,9%, 14,5% и 21,4%). Максимальное снижение урожайности отмечено при засухе в предпосевной и посевной периоды 2019 г. и отсутствием

Таблица 2. Коэффициенты корреляции* урожайности с элементами ее структуры в разные по засушливости годы
Table 2. Correlation coefficients* between a yield and its structure elements in the years of different aridity

Год	Число растений на 1 м ² , шт.	Продуктивный стеблестой, кол/м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Число зерен с растения, шт.	Масса зерна с растения, г	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.
2017	0,13	0,35	0,17	0,15	0,28	0,23	0,06	0,63	0,19	0,35
2018	-0,04	-0,08	-0,14	-0,23	0,48	0,34	-0,32	0,20	0,68	0,56
2019	0,39	0,37	0,21	0,21	0,21	0,23	-0,17	0,33	0,05	-0,06
2020	-0,09	0,35	0,39	0,40	0,26	0,41	-0,13	0,56	0,72	0,52
2021	-0,11	-0,09	0,47	0,33	0,15	0,01	-0,02	0,26	0,40	0,47
среднее	0,78	0,70	0,64	-0,12	0,79	0,35	-0,28	0,70	0,30	0,27

Примечание: * все коэффициенты корреляции достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 3. Урожайность генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости в зависимости от погодных условий
Table 3. Productivity of winter bread wheat genotypes of different maturity groups depending on weather conditions

Группа спелости	Урожайность, т/га						Снижение к контролю, %			
	2017 г. (контроль)	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Раннеспелая	10,64	10,74	6,44	9,38	8,99	9,24	—	39,5	12,0	14,5
Среднеранняя	11,08	11,09	6,69	9,43	8,71	9,40	—	39,6	14,9	21,4
Среднеспелая	12,71	11,89	6,96	9,79	9,79	10,14	6,5	45,2	23,0	26,4

Таблица 4. Количество растений, продуктивных стеблей и их депрессия у генотипов озимой пшеницы разных групп спелости
Table 4. The number of plants, productive heads, and their depression in winter bread wheat genotypes of different maturity groups

Группа спелости	Количество растений на 1 м ² , шт.						Продуктивный стеблестой, колосов на 1 м ²					
	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Раннеспелая	464	183	342	379	285	330	770	405	601	898	613	657
Среднеранняя	440	227	367	327	260	324	809	465	646	782	601	660
Среднеспелая	473	249	390	324	248	336	725	515	618	920	554	666
Депрессия признаков при засухе, % к 2017 г.												
Раннеспелая	—	60,6	26,3	18,3	38,7	35,9	—	47,4	22,0	0,0	20,4	22,4
Среднеранняя	—	48,4	16,4	25,7	40,9	32,8	—	42,5	20,2	0,0	25,7	22,1
Среднеспелая	—	47,0	17,0	31,1	47,2	35,5	—	29,0	14,8	0,0	23,6	16,8

Таблица 5. Масса зерна с растения, колоса и их депрессия у генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости
Table 5. Grain weight per plant, head, and their depression in winter bread wheat genotypes of different maturity groups

Группа спелости	Масса зерна с растения, г						Масса зерна с колоса, г					
	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Раннеспелая	3,52	3,14	3,24	3,14	3,74	3,35	1,85	1,67	1,70	1,19	1,60	1,60
Среднеранняя	3,28	3,20	3,71	3,35	3,58	3,42	1,58	1,68	1,66	1,19	1,58	1,53
Среднеспелая	3,66	3,89	3,59	3,21	3,24	3,51	1,63	1,56	1,73	1,17	1,58	1,53
Депрессия признаков при засухе, % к 2017 г.												
Раннеспелая	—	10,8	8,0	10,8	0,0	7,4	—	9,1	9,7	35,7	13,5	17,0
Среднеранняя	—	2,50	0,0	2,50	0,0	1,2	—	0,0	0,0	24,7	0,0	6,20
Средне-спелая	—	0,0	2,0	12,3	11,5	6,4	—	0,0	4,3	28,2	3,1	8,9

его при 2-м типе засухи (период активной вегетации в 2018 г.). 3-й и 4-й тип засухи (2020 г., 2021 г.) оказывали меньшее влияние на депрессию урожайности благодаря осадкам в месяцы, предшествующие этому стрессу.

Из двух основных составляющих элементов урожайности — густоты стояния растений и их продуктивности — более значимые изменения испытывает первый (табл. 1, 4, 5).

Связано это с тем, что параметры густоты у озимой мягкой пшеницы существенно зависят от влагообеспеченности в предпосевной и посевной периоды, начального роста растений, качества посевного материала. Как показывают данные таблиц, снижение показателей густоты стояния растений и продуктивного стеблестоя отмечалось во все годы исследований с максимальной выраженностью депрессии этих признаков в 2019 г. и 2021-м. Так, депрессия признака «густота стояния растений» в 2019 г. и 2021-м составила: по раннеспелой группе — 60,6% и 38,7%, среднеранней — 48,4% и 40,9%, среднеспелой — 47,0% и 47,2%, в 2018 г. и 2020-м, соответственно, 26,3% и 18,3%, 16,4% и 25,7%, 17,0% и 31,1%. Та же самая закономерность прослеживалась и по густоте продуктивного стеблестоя (табл. 4). В целом (как в отдельные годы, так и в среднем по показателям густоты растений и продуктивности стеблестоя) не выявлено значительных различий между группами спелости, в большей степени они отражаются в их депрессии. Более выраженной депрессией этих признаков характеризовались раннеспелые генотипы (60,6% и 26,3%) в 2019 г. и 2018-м (1-й и 2-й тип засухи). На засуху 2020 г. и 2021-го больше реагировали в порядке возрастания среднеранние и среднеспелые генотипы. По депрессии (ее отсутствию) продуктивного стеблестоя на 1 м² исключение составил 2020 г., когда погодные условия зимнего и ранневесеннего периодов (осадки, теплая зима, понижение температуры в марте — апреле) способствовали интенсивному кущению, количество продуктивных колосьев по раннеспелым генотипам было 898 на 1 м², среднеранним — 793, среднеспелым — 920; в 2017 г. — 770, 809 и 725 соответственно.

Масса зерна растения и колоса у мягкой озимой пшеницы находилась в прямой зависимости от влагообеспеченности в период вегетации «колошение — созревание». В годы исследований абсолютные значения этих признаков варьировали: от 3,14 г до 3,67 г — по массе зерна с растения, от 1,20 г до 1,76 г — по массе зерна с колоса. Самые низкие их показатели характерны для 2020 г. (3,14 г и 1,20 г) из-за недостаточной влагообеспеченности в период «кущение — выход в трубку» (март — апрель) и «колошение — созревание» (июнь).

Сравнение величины этих двух признаков у генотипов разных групп спелости показало, что в зависимости от погодных условий они могут меняться рангами по годам исследований, то есть нет четкой закономерности в превосходстве какой-то из групп. Более наглядно различия между ними по каждому из признаков прослеживаются по депрессии их к контрольному 2017 г. По массе зерна с растения снижение отмечалось по раннеспелой группе генотипов на 10,8% (2019 г.), на 8,0% (2018 г.), на 10,8% (2020 г.), по среднеспелой — на 12,3% (2020 г.), на 11,5% (2021 г.). Среднеранние генотипы оказались более устойчивыми к засухе в период «колошение — созревание».

Такая же закономерность по реакции генотипов трех групп спелости на условия засухи отмечена и по признаку «масса зерна с колоса». Депрессия признака во все годы исследований у раннеспелых генотипов была выше, чем у среднеранних и среднеспелых. Максимальное снижение по массе зерна с колоса характерно для засухи 2020 г. для всех изучаемых групп спелости: раннеспелой — на 35,7%, среднеранней — на 24,7%, среднеспелой — на 28,2% (табл. 5).

Элементы, слагающие продуктивность колоса (число зерен в колосе и крупность зерна), варьировали в широких пределах. Число зерен в колосе — от 32,7 шт.

Таблица 6. Число зерен в колосе, масса 1000 зерен и их депрессия у генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости
Table 6. Grain content per head, 1000-grain weight, and their depression in winter bread wheat genotypes of different maturity groups

Группа спелости	Число зерен в колосе, шт.						Масса 1000 зерен, г					
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Раннеспелая	41,9	35,5	39,0	30,7	37,0	36,8	46,2	46,9	43,3	39,2	43,8	43,9
Среднеранняя	34,3	42,8	40,7	32,7	40,2	38,1	45,4	46,1	40,7	37,4	38,1	41,5
Среднеспелая	36,2	35,2	49,8	34,7	43,4	39,9	43,6	44,8	35,7	33,9	37,4	39,1
Депрессия признаков при засухе, % к 2017 г.												
Раннеспелая	–	15,3	6,9	26,7	11,7	15,1	–	0,0	6,3	15,2	5,2	6,7
Среднеранняя	–	0,0	0,0	4,7	0,0	1,2	–	0,0	10,4	17,6	14,2	10,6
Среднеспелая	–	3,0	0,0	4,2	0,0	1,8	–	0,0	18,2	22,3	16,2	14,2

в 2020 г. до 41,6 шт. в 2021-м, масса 1000 зерен — от 33,9 г в 2020 г. до 46,9 г в 2018-м. Снижение показателей по отношению к благоприятному 2017 г. составило 14,2% (число зерен в колосе) и 21,0% (масса 1000 зерен). В остальные годы данные признаки снижали свои параметры значительно в меньшей степени (табл. 1, 6).

У раннеспелой группы сортов депрессия признака «число зерен в колосе» оказалась выше, чем у последующих двух: 2019 г. — 6,9%, 2018 г. — 15,3%, 2020 г. — 26,7%, 2021 г. — 11,7%. Это говорит о том, что раннеспелые генотипы сильнее реагировали на засуху в годы проведения опыта.

Реакция раннеспелых генотипов на засуху по признаку «крупность зерна» была менее выраженной, чем у среднеранних и среднеспелых. Снижение массы 1000 зерен к 2017 г. составило: 2019 г. — 6,3%, 2020 г. — 15,2%, 2021 г. — 5,2%, у среднеранних и среднеспелых — 10,4% и 17,6%, 14,2% и 18,2%, 22,3% и 16,2% соответственно. В абсолютных значениях генотипы раннеспелой группы спелости формировали самое крупное зерно, как по годам исследований, так и в среднем за пять лет (табл. 6).

Таким образом, выявленные особенности реакции генотипов разных групп спелости на проявление засухи в те или другие периоды вегетации по урожайности и элементам ее структуры свидетельствуют о том, что для юга Ростовской области необходимо вести селекцию на создание сортов, отличающихся по продолжительности вегетационного периода, которые позволяют получать высокую урожайность в меняющихся условиях среды и обеспечивать стабильное производство зерна, отдавая при этом приоритет сортам среднеспелой группы, показывающим в последние годы более высокую урожайность.

Выводы/Conclusion

1. В результате исследований установлено, что засуха (в зависимости от времени ее проявления и длительности) оказывает разное влияние на уровень потенциальной продуктивности озимой пшеницы. В 2019 г. при раннеосенней засухе в предпосевной и посевной периоды снижение урожайности к благоприятному 2017 г. составило 39,4%, и связано оно было с уменьшением густоты стояния растений и густоты продуктивного стеблестоя на единице площади, в 2020 г. при осенней засухе (октябрь — декабрь, «всходы — кущение») на 10,7% за счет снижения продуктивности колоса и массы 1000 зерен, в 2021 г. при осенне-зимней засухе (сентябрь — декабрь, «всходы — кущение») на 18,6% за счет

уменьшения густоты стояния растений, плотности агроценоза и массы 1000 зерен. В 2018 г. при засухе в период активной вегетации не отмечалось изменения урожайности и элементов за счет запасов влаги в почве.

2. На основе корреляционного анализа урожайности с элементами ее структуры определены признаки, которые в засушливых условиях Ростовской области вносят основной вклад в формирование урожайности: густота стояния растений ($r = 0,78$), плотность агроценоза ($r = 0,70$), число зерен в колосе и растении ($r = 0,64$ и $r = 0,79$), высота растений ($r = 0,70$), поэтому отбор на продуктивность обязательно должен вестись с учетом этих признаков и типа засухи.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

3. Выявлено, что реакция генотипов (разных по продолжительности вегетационного периода) на засуху была неоднозначной в годы исследований (даже в пределах одной группы спелости). При этом депрессия по урожайности самой высокой была у сортов среднеспелой группы по сравнению с более раннеспелыми. В то же время по большинству признаков структуры, наоборот, сорта этой группы меньше страдали от засухи, в отличие от раннеспелых и среднеранних. С учетом этого для уменьшения воздействия засушливых условий в нашей зоне необходимо вести селекцию на создание разных по продолжительности вегетационного периода сортов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алабушев А.В., Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2020; (1): 4–10. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10>
- Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Монография. Ростов-на-Дону: Юг. 2007; 600.
- Маслова Г.Я., Абдраев М.Р., Шарапов И.И., Шарапова Ю.А. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Известия Самарского государственного научного центра Российской академии наук*. 2018; 20(2-4): 680–682. <https://www.elibrary.ru/zdftal>
- Кривошеев Г.Я., Игнатьев А.С. Взаимосвязь между количественными признаками, определяющими урожайность зерна гибридов кукурузы. *Зерновое хозяйство России*. 2021; (6): 27–32. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-78-6-27-32>
- Владимирова Е.С. Корреляционный анализ исходного материала для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Центральной Якутии. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; (5): 31–37. <https://www.elibrary.ru/drsvan>
- Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Краснова Ю.С., Каракоз И.И., Шаманин В.П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2018; (3): 26–35. <https://www.elibrary.ru/yarsbv>
- Коряковцева Л.А., Волкова Л.В., Харина А.В. Исходный материал яровой мягкой пшеницы для селекции на продуктивность в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2011; (5): 7–12. <https://www.elibrary.ru/occadd>
- Волкова Л.В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и ее связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016; (6): 9–15. <https://www.elibrary.ru/wzirv>
- Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В. Оптимальные параметры элементов продуктивности модельного сорта мягкой озимой пшеницы интенсивного типа для условий юга Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2018; (6): 59–63. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-59-63>
- Фоменко М.А., Грабовец А.И. Усиление аридности климата на Дону в динамике параметров модели сортов озимой мягкой пшеницы. *Земледелие, растениеводство, селекция: настоящее и будущее. Материалы Международной научно-практической конференции*. Жодино. 2012; 2: 210–215.
- Коледа К.В., Живлюк Е.К., Коледа И.И., Бородин Е.А. Раница — новый скороспелый сорт мягкой озимой пшеницы. *Сельское хозяйство: проблемы и перспективы. Сборник научных трудов*. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет. 2018; 42: 87–93. <https://www.elibrary.ru/zadlwh>
- Иванисов М.М., Марченко Д.М., Некрасов Е.И., Романюкина И.В., Кравченко Н.С. Новый раннеспелый сорт озимой мягкой пшеницы Жаворонок. *Зерновое хозяйство России*. 2021; (2): 34–39. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-34-39>
- Simane B., Struik P.C., Nachit M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*. 1993; 71(3): 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00040410>
- Торбина И.В. Корреляция признаков урожайности озимой пшеницы в Среднем Предуралье. *Владимирский земледелец*. 2016; (4): 33–36. <https://www.elibrary.ru/xhufyp>

REFERENCES

- Alabushev A.V., Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A. The effect of sowing dates and forecrops on productivity and grain quality of the winter soft wheat variety Krasa Dona in the Southern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2020; (1): 4–10 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10>
- Grabovets A.I., Fomenko M.A. Winter wheat. Monograph. Rostov-on-Don: Yug. 2007; 600 (In Russian).
- Maslova G.Ya., Abdryayev M.R., Sharapov I.I., Sharapova Ju.A. Correlation analysis of yield and elements of productivity of winter soft wheat varieties in the arid conditions of steppe zone of Middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2018; 20(2-4): 680–682 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zdftal>
- Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S. Correlation between quantitative traits that affect grain yield of maize hybrids. *Grain Economy of Russia*. 2021; (6): 27–32 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-78-6-27-32>
- Vladimirova E.S. Correlation analysis of the basic material for spring soft wheat selection under conditions of Central Yakutia. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2020; (5): 31–37 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/drsvan>
- Pushkarev D.V., Chursin A.S., Kuz'min O.G., Krasnova Yu.S., Karakoz I.I., Shamanin V.P. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; (3): 26–35 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yarsbv>
- Korjakovtseva L.A., Volkova L.V., Kharina A.V. Initial material of spring mild wheat for selection on productivity under conditions of North-East of Non-Chernozem zone of Russia. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2011; (5): 7–12 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/occadd>
- Volkova L.V. Productivity of spring wheat and its relation to elements of yield structure in years differ by meteorological conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2016; (6): 9–15 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wzirv>
- Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V. Optimal parameters of productivity elements of the model variety of winter wheat of intensive type for the Southern territories of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2018; (6): 59–63 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-59-63>
- Fomenko M.A., Grabovets A.I. Climate aridity increase on the Don in the dynamics of the parameters of the model of winter bread wheat varieties. *Agriculture, crop production, breeding: present and future. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Zhodino. 2012; 2: 210–215. (In Russian).
- Koleda K.V., Zhyvlyuk E.K., Koleda I.I., Borodich E.A. Rantsa is a new variety of soft winter wheat. *Agriculture: problems and prospects. Collection of scientific papers*. Grodno: Grodno State Agrarian University. 2018; 42: 87–93 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zadlwh>
- Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Nekrasov E.I., Rubas' I.A., Romanyukina I.V., Kravchenko N.S. The new early-maturing winter bread wheat variety Zhavoronok. *Grain Economy of Russia*. 2021; (2): 34–39 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-34-39>
- Simane B., Struik P.C., Nachit M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*. 1993; 71(3): 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00040410>
- Torbina I.V. Correlation of yield characteristics of winter wheat in Middle Ural region. *Vladimir agricolist*. 2016; (4): 33–36 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xhufyp>

ОБ АВТОРАХ:

Александр Петрович Самофалов,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
samofalova.1986@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1709-2808>

Сергей Викторович Подгорный,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
podgorny128@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8438-1327>

Ольга Викторовна Скрипка,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-6183-8312>

Светлана Николаевна Громова,

кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-8627-279X>

Валентина Леонидовна Чернова,

агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-0451-2711>

ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr Petrovich Samofalov,

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
samofalova.1986@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1709-2808>

Sergey Viktorovich Podgorny,

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
podgorny128@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8438-1327>

Olga Viktorovna Skripka,

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-6183-8312>

Svetlana Nikolaevna Gromova,

Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-8627-279X>

Valentina Leonidovna Chernova,

agronomist of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-0451-2711>