



ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

✉Дорохов Б.А., Браилова И.С., Беляева Е.П.

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева

Воронежская обл., Таловский район, Россия

✉e-mail: niishlc@mail.ru

Представлены результаты многолетних исследований (2017–2021) озимой пшеницы на юго-востоке Центрального Черноземья. Цель работы – изучение особенностей формирования урожайности и качества зерна культуры в местных природно-климатических условиях. Материал исследований – сорта Базальт, Крастал, Черноземка 130, Черноземка 115 и Базальт 2. Определены урожайность вместе с параметрами адаптивности, экологической пластичности и стабильности, а также содержание белка и клейковины в зерне. По каждому сорту установлена корреляционная зависимость урожайности, содержания белка и клейковины в зерне с температурой воздуха и количеством осадков, которые сложились в период весенне-летней вегетации. Показана возможность получения в регионе высоких урожаев культуры с содержанием белка и клейковины в зерне не ниже 3-го класса, а также варьирования изучаемых показателей по годам. Фактором среды, лимитирующим урожайность и качество зерна в регионе, в весенне-летний и осенний периоды вегетации является засуха. Установлены ключевые декады месяцев весенне-летней вегетации (апрель – июль), гидротермические условия которых оказывают существенное влияние на формирование урожайности, количество белка и клейковины в зерне. Среди них: II декада апреля, II декада мая, II и III декады июня и I декада июля. Температура воздуха и выпадающие осадки в эти декады имеют сильную корреляционную зависимость разной направленности с урожайностью и качеством зерна. При этом количественные выражения коэффициентов корреляции по сортам отличаются, но их значения близки и находятся в пределах одной группы зависимости.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, белок, клейковина, температура воздуха, осадки, корреляция

SPECIFICS OF YIELD FORMATION AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

✉Dorokhov B.A., Brailova I.S., Belyaeva E.P.

Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev

Talovsky District, Voronezh Region, Russia

✉e-mail: niishlc@mail.ru

The results of multiannual studies (2017–2021) of winter wheat in the southeast of the Central Chernozem region are presented. The purpose of the work is to study the peculiarities of yield formation and grain quality of the crop in the local natural and climatic conditions. The research material included the varieties Bazalt, Krastal, Chernozemka 130, Chernozemka 115, and Bazalt 2. Yield along with parameters of adaptability, ecological plasticity and stability, as well as protein and gluten content in grain were determined. The correlation dependence of yield, protein and gluten content in grain with air temperature and precipitation during the spring-summer vegetation period

was established for each variety. The possibility of obtaining high crop yields in the region with protein and gluten content in the grain not lower than the 3rd class, as well as the variation of the studied indicators by year was shown. The environmental factor limiting the yield and quality of grain in the region, in the spring-summer and autumn periods of the growing season is drought. The key ten-days of the months of spring-summer vegetation (April-July), the hydrothermal conditions of which have a significant impact on the formation of yield, the amount of protein and gluten in the grain, were determined. These include the second ten-day period of April, the second ten-day period of May, the second and third ten-day periods of June, and the first ten-day period of July. Air temperature and precipitation during these ten-day periods have a strong correlation of different directions with grain yield and quality. The quantitative expressions of the correlation coefficients differ by varieties, but their values are close and are within the same dependence group.

Keywords: winter wheat, yield, protein, gluten, air temperature, precipitation, correlation

Для цитирования: Дорохов Б.А., Браилова И.С., Беляева Е.П. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в Центральном Черноземье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 24–34. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-3>. EDN JHNUYW.

For citation: Dorokhov B.A., Brailova I.S., Belyaeva E.P. Specifics of yield formation and grain quality of winter wheat in the Central Chernozem Region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 24–34. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-3>. EDN JHNUYW.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Озимая пшеница становится ведущей зерновой продовольственной культурой Центрального Черноземья с середины XX в., заменяя в посевах яровую пшеницу и озимую рожь. Ее широкому распространению способствовало создание сортов, пригодных для возделывания в регионе [1]. Однако, как показала практика выращивания озимой пшеницы, посевные площади и сбор зерна в регионе значительно варьируют по годам [2]. Нестабильно также качество производимой продукции, так как большая часть заготавливаемого продовольственного зерна относится к 4-му и 5-му классам [3].

Основными причинами нестабильности являются неблагоприятные климатические факторы региона (засуха, зимний стресс и др.), а также агротехнические нарушения при возделывании культуры. При этом различные технологии выращивания, несмотря на их значительное влияние, лишь способствуют в большей или меньшей степени реализации генетического потенциала продуктивности сорта. Из этого следует, что основой противодействия негативным факторам погоды должна стать непрерывно ведущаяся селекционная работа, так как генотип ново-

го сорта – главный фактор формирования урожайности в конкретных эколого-географических условиях. Противодействовать климатическим лимитам среды, особенно их частым сменам, можно с помощью сортов с различными хозяйственно-биологическими особенностями и свойствами (разные уровни продуктивности, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам, содержания белка и клейковины, устойчивости к полеганию, продолжительности вегетационного периода и др.) [4–6]. Различия же в геномном составе позволяют дифференцировать возделываемые сорта по их адаптивности, а это важный аспект повышения урожайности, так как имеются данные о том, что путем высева в каждом хозяйстве 3–4 контрастных по адаптивности сортов можно повысить валовой сбор зерна на 30–40% [7].

Высокий генетический потенциал современных сортов часто остается нереализованным. Поэтому особую актуальность приобретает задача создания сортов с более высокой экологической пластичностью и широкой нормой реакции на изменяющиеся условия внешней среды, которые повышают возможность получения стабильных

урожаев с хорошими технологическими качествами [8]. Сортовая политика, основанная на принципе мозаичного размещения сортов, позволяет в максимальной степени обеспечивать положительный эффект от генотип-средового взаимодействия и лучше использовать генетическое разнообразие сортов, повышая стабильность урожаев, качество зерна и адаптивность культуры в целом [9, 10].

Цель исследований – изучить особенности формирования урожайности и качества зерна в условиях юго-востока Центрального Черноземья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2017–2021 гг. Исходным материалом для проведения исследований послужили пять сортов озимой мягкой пшеницы, созданных в Воронежском федеральном аграрном научном центре им. В.В. Докучаева. Среди них Базальт (в Государственном реестре селекционных достижений с 1993 г.), Крастал (2009 г.), Черноземка 115 (2011 г.), Черноземка 130 (2018 г.) и Базальт 2 (2019 г.).

Полевые опыты закладывали в специализированном севообороте. Предшественник – черный пар, технология возделывания – принятая в зоне¹. Учетная площадь делянок 20–25 м², норма высева – 5 млн всхожих зерен/га, повторность 4–6-кратная. Уборку проводили комбайном Сампо-130.

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный среднегумусный средне-мощный тяжелосуглинистый.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica. Экологическую пластичность и стабильность оценивали по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в методической версии В.З. Пакудина и Л.М. Лопатиной [11], где пластичность сортов оценивается по коэффициенту регрессии (bi), характеризующему среднюю реакцию сорта на из-

менение условий среды, а стабильность – по вариансе признака (Si^2). Параметры гомеостатичности показателей качества сортов оценивали по В.В. Хангильдину [12]. Клейковину в зерне определяли по ГОСТ Р 54478–2011, белок – по методу Къельдаля (ЦИНАО).

Гидротермические условия весенне-летней вегетации (апрель – июль) за годы проведения исследований были разнообразны. Средние температуры воздуха большинства месяцев были выше многолетних значений. Исключение составили май и июнь 2017 г., апрель и май 2020 г., когда среднемесячные температуры были несколько ниже нормы. Осадки выпадали неравномерно и сильно варьировали как по годам, так и по месяцам вегетации (от 6% в сравнении с многолетней в июне 2018 г. до 289% в апреле 2020 г.). Очень неблагоприятно сложились метеословия вегетационного периода 2020, 2021 гг. Сев (I декада сентября) и осенняя вегетация растений проходили в условиях сильной почвенной и воздушной засух. Практически значимые осадки (> 5 мм) отсутствовали более 2 мес (со II декады августа по II декаду октября включительно). В целом за осеннюю вегетацию (сентябрь – ноябрь) количество выпавших осадков составило лишь 33% от нормы. В результате всходы были неполными (в среднем до 30–40% от числа высеянных зерен, их период растянулся на 2 нед и более), а их рост и развитие – слабыми из-за полного отсутствия влаги в корнеобитаемом слое и невысокой относительной влажности воздуха. Полные всходы не получили ни к началу прекращения осенней вегетации (10 ноября), ни к началу возобновления вегетации (12 апреля). В результате к началу уборки у сортов был получен очень редкий стеблестой, что стало причиной низкой урожайности в 2021 г.

Исходя из суммы осадков за апрель – июнь (период роста и развития растений от весеннего кущения до созревания), можно сделать вывод, что условия 2018 и 2019 гг. были за-

¹Турусов В.И., Гармашов В.М., Новичихин А.М., Дорохов Б.А., Нужная Н.А., Бочарникова Е.Г., Абанина О.А., Харьковский А.А., Горбачева А.В. Рекомендации по выращиванию озимой пшеницы в хозяйствах Воронежской области. – Каменная Степь, 2019. 37 с.

сушливыми для озимой пшеницы (60 и 69% от нормы соответственно). Засушливым стал и вегетационный период 2020, 2021 гг., но только засуха, существенно повлиявшая на урожайность, отмечалась в осенний период вегетации. К нормальным и благоприятным годам можно отнести условия 2017 и 2020 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из рассчитанных индексов условий среды, благоприятными для получения урожайности стали 2017, 2018 и 2020 гг. с положительными значениями индексов $I_j = 2,39; 0,13$ и $0,68$ соответственно, а неблагоприятными – 2019 и 2021 гг. с отрицательными индексами $I_j = -0,94$ и $-2,25$ (см. табл. 1).

Варьирование урожайности было значительным и составило по годам от 6,85 т/га в благоприятном 2017 г. до 2,21 т/га в неблагоприятном 2021 г. Соответствующие коэффициенты вариации приведены в табл. 2. Основной причиной, отрицательно повлиявшей на формирование урожайности, стали засушливые условия. В настоящем опыте три года из пяти были с засухой, причем проявление ее отмечено в разные периоды вегетации.

Для определения сорта, показавшего лучшую приспособленность при возделывании в сложившихся за годы исследований местных условиях, мы провели анализ получен-

ной урожайности по параметрам экологической пластичности, стабильности и гомеостатичности.

О пластичности изучаемых сортов можно судить по величине коэффициента регрессии (b_j), который в нашем опыте оказался близок к единице (0,91–1,05). Из этого следует вывод о высокой экологической пластичности изучаемых сортов в местных условиях. При этом изменения урожайности у них по годам соответствуют изменению условий среды.

Среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (S^2d_j) свидетельствует о стабильности сортов. Чем меньше это отклонение ($\rightarrow 0$), тем стабильнее сорт. В нашем опыте меньшими значениями показателя (высокой стабильностью) характеризовались Базальт, Черноземка 115 и Черноземка 130.

Понятия пластичности и стабильности связаны с гомеостазом (Hom), который характеризует способность генотипа сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды. Критерием гомеостатичности является низкая вариабельность признаков (V). Связь между этими показателями характеризует устойчивость признака (урожайности) к изменяющимся условиям среды. Лучшими по этим показателям стали сорта Крастал ($Hom = 3,3$; $V = 35,0\%$) и Черноземка 130 ($Hom = 2,5$; $V = 37,9\%$).

По полученным результатам выделился сорт Черноземка 130, геном которого наибо-

Табл. 1. Урожайность и индекс условий среды

Table 1. Yield and environmental conditions index

Сорт	Урожайность, т/га					$\bar{X}$
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Базальт	6,04	4,04	2,65	4,85	1,74	3,86
Крастал	6,72	4,18	3,37	5,97	2,83	4,61
Черноземка 115	6,83	4,32	3,74	5,15	1,91	4,39
Черноземка 130	7,23	5,11	3,90	5,06	2,31	4,72
Базальт 2	7,41	5,30	3,93	4,65	2,25	4,71
$\bar{X}^*$	6,85	4,59	3,52	5,14	2,21	4,46
I_j^{**}	2,39	0,13	-0,94	0,68	-2,25	

Здесь и в табл. 4.

* Средняя урожайность за год.

** Индекс условий среды.

Табл. 2. Урожайность и параметры пластичности, стабильности и гомеостатичности

Table 2. Yield and parameters of plasticity, stability and homeostaticity

Сорт	Урожайность, т/га		V , %	Hom	b_j	S^2d_j
	max	min				
Базальт	6,04	1,74	44,0	2,0	0,97	0,07
Крастал	6,72	2,83	35,0	3,3	0,91	0,36
Черноземка 115	6,83	1,91	41,4	2,2	1,03	0,06
Черноземка 130	7,23	2,31	37,9	2,5	1,03	0,08
Базальт 2	7,41	2,25	39,2	2,3	1,05	0,30

Примечание. V – коэффициент вариации; Hom – гомеостатичность; b_j – экологическая пластичность; S^2d_j – экологическая стабильность.

лее эффективно использовал местные климатические условия для реализации потенциала продуктивности.

С целью определения степени и характера влияния метеоусловий на урожайность проведен корреляционный анализ связи урожайности со среднемесячными и декадными темпе-

ратурами и осадками за время весенне-летней вегетации (см. табл. 3). В этот период растения проходят фазы развития от весеннего кушения до полной спелости. При оценке степени связи между показателями использовали следующую градацию: $r < 0,3$ – зависимость слабая, $r = 0,3–0,7$ – средняя, $r > 0,7$ – сильная².

Табл. 3. Коэффициенты корреляции урожайности с температурой и осадками

Table 3. Coefficients of correlation of yield with temperature and precipitation

Сорт	Апрель		Май		Июнь		Июль	
	°C	мм	°C	мм	°C	мм	°C	мм
<i>Среднемесячная</i>								
Базальт	–0,79	0,46	–0,71	0,19	–0,76	–0,22	–0,21	–0,26
Крастал	–0,84	0,37	–0,85	0,37	–0,66	–0,01	–0,15	–0,47
Черноземка 115	–0,66	0,30	–0,69	0,26	–0,72	–0,24	–0,41	–0,21
Черноземка 130	–0,61	0,35	–0,59	0,14	–0,81	–0,34	–0,38	–0,10
Базальт 2	–0,53	0,32	–0,51	0,09	–0,85	–0,39	–0,40	–0,02
<i>I декада</i>								
Базальт	0,18	–0,24	0,30	–0,51	–0,26	0,46	–0,01	–0,68
Крастал	0,28	–0,45	0,10	–0,44	–0,18	0,61	0,08	–0,52
Черноземка 115	0,21	–0,21	0,26	–0,35	–0,11	0,40	–0,18	–0,59
Черноземка 130	0,26	–0,09	0,36	–0,40	–0,25	0,34	–0,24	–0,71
Базальт 2	0,27	–0,02	0,40	–0,37	–0,29	0,29	–0,34	–0,75
<i>II декада</i>								
Базальт	–0,92	0,86	–0,92	0,81	–0,46	–0,71	–	–
Крастал	–0,94	0,93	–0,97	0,80	–0,35	–0,66	–	–
Черноземка 115	–0,91	0,76	–0,92	0,85	–0,48	–0,55	–	–
Черноземка 130	–0,84	0,73	–0,86	0,78	–0,60	–0,61	–	–
Базальт 2	–0,76	0,66	–0,80	0,72	–0,68	–0,59	–	–
<i>III декада</i>								
Базальт	–0,12	0,12	–0,81	–0,44	–0,82	–0,50	–	–
Крастал	–0,24	0,13	–0,87	–0,29	–0,83	–0,31	–	–
Черноземка 115	0,06	–0,07	–0,70	–0,52	–0,89	–0,58	–	–
Черноземка 130	0,07	–0,07	–0,64	–0,54	–0,82	–0,65	–	–
Базальт 2	0,12	–0,14	–0,54	–0,54	–0,76	–0,69	–	–

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

Со среднемесячными температурами апреля, мая и июня урожайность имеет от средней до сильной (в зависимости от сорта) обратную (отрицательную) связь ($r = -0,53 \dots -0,84$; $r = -0,51 \dots -0,85$ и $r = -0,66 \dots -0,85$ соответственно). Также отрицательная, но менее слабая зависимость ($r = -0,15 \dots -0,41$), отмечается с температурами июля. Из этого следует, что повышенные в сравнении с многолетними значениями температуры в эти месяцы отрицательно сказываются на формировании урожайности.

Зависимость урожайности с количеством месячных осадков разнонаправленная. С осадками апреля и мая она прямая (положительная), а июня и июля – обратная. При этом с осадками апреля зависимость средней силы ($r = 0,30 \dots 0,46$), а с осадками мая, июня и июля – от слабой до сильной с соответствующими для коэффициентов корреляции (КК) знаками.

Однако месячные показатели температуры и осадков не раскрывают полноты их влияния на урожайность. Во-первых, температурные условия, складывающиеся в период вегетации, далеко не всегда плавно переходят от одного режима к другому, а выпадающие осадки не распределяются равномерно в течение календарного месяца. Во-вторых, в течение одного месяца растение может проходить несколько фаз развития. И в зависимости от длительности прохождения той или иной фазы влияние метеофакторов на рост и развитие растений, формирование элементов продуктивности, устойчивости к полеганию и другие, может быть сильным или слабым.

Анализ показал, что в апреле ключевой является II декада (с 10 по 20 число). В это время в регионе чаще всего происходит возобновление вегетации озимой пшеницы, и резкое нарастание тепла в этой декаде сильно отрицательно сказывается на будущей урожайности ($r = -0,76 \dots -0,94$). Обилие же осадков в этой декаде, наоборот, способствует росту урожайности ($r = 0,66 \dots 0,93$). Влияние на урожайность температур и осадков I декады слабое, а III декады – слабое и разнонаправленное в зависимости от сорта.

Неоднозначно воздействуют на вегетирующие растения и условия мая. Более высокие в сравнении с многолетней температуры I декады имеют слабую положительную связь с урожайностью ($r = 0,10 \dots 0,40$), а во II и III декадах – сильную отрицательную ($r = -0,80 \dots -0,97$ и $r = -0,54 \dots -0,87$ соответственно). Во II и III декадах мая растения озимой пшеницы проходят фазы трубкования, колошения и начала цветения. Вероятно, повышенные температуры в это время отрицательно действуют на закладку элементов продуктивности (количество колосков в колосе, крупность зерна и др.), а угнетенный из-за жары рост ведет к недостаточному накоплению органической биомассы. Различное действие на урожай оказывают в это время и осадки. Отрицательная связь средней силы отмечена с осадками I и III декад мая ($r = -0,35 \dots -0,51$ и $r = -0,29 \dots -0,54$ соответственно), а положительная, причем сильная ($r = 0,75 \dots 0,86$) – с осадками II декады. Положительное воздействие осадков во II декаде, возможно, связано с улучшением условий формирования элементов продуктивности в период трубкования, а отрицательное – с нарастанием из-за обильных осадков вегетативной биомассы, в результате чего может начаться раннее (до начала колошения) полегание с негативными последствиями для урожая.

Отрицательно действуют на формирование урожайности повышенные температуры всех трех декад июня, причем от I декады к III по нарастающей – $r = -0,11 \dots -0,29$, $r = -0,35 \dots -0,68$ и $r = -0,76 \dots -0,89$ соответственно. В этом месяце растения озимой пшеницы в регионе, как правило, последовательно проходят фазы цветения, формирования и налива зерна. Считается, что засуха в эти фазы ведет к значительному снижению продуктивности растений [13]. К III декаде июня растения достигают молочной спелости, поэтому повышенные температуры в этой декаде и имеют сильную отрицательную корреляционную связь с урожайностью из-за возможного формирования мелкого и щуплого зерна. Как и майские, декадные июньские осадки влияют на урожай раз-

нонаправленно – положительно в I декаде ($r = 0,29 \dots 0,61$) и отрицательно во II и III декадах ($r = -0,55 \dots -0,71$ и $r = -0,31 \dots -0,69$ соответственно). Отрицательную связь повышения количества осадков с урожайностью во II и III декадах июня также можно объяснить полеганием растений в эти декады.

В I декаде июля растения проходят фазы молочно-восковой и восковой спелости. Повышенные температуры в это время действуют уже на сформировавшееся зерно, поэтому они мало влияют на урожай (слабая корреляция). Большое количество осадков может существенно и отрицательно повлиять на урожайность ($r = -0,52 \dots -0,75$). Полное созревание и уборка наступают, как правило, во II – начале III декады июля.

От условий выращивания зависит не только урожай озимой пшеницы, но и его качество [14]. Питательную ценность заготавливаемого зерна пшеницы определяет его белковость. В связи с этим проведен соответствующий анализ по определению содержания белка и клейковины в зерне (см. табл. 4).

Лучшими для формирования белка и клейковины в зерне стали условия 2021 г.,

когда показатели составили 16,2 и 43,9% соответственно. В 2018 г. содержание белка и клейковины оказалось минимальным – 11,8 и 26,9%. По сравнению с 2021 г., условия других лет являются неблагоприятными, что и просматривается в соответствующих индексах условий среды. Но следует отметить, что в 2017, 2019 и 2020 гг. средние значения показателей содержания клейковины в зерне у сортов в эти годы превысили 28%, а это соответствует требованиям не ниже 2-го класса при заготовках зерна. В целом почвенно-климатические условия в исследуемые годы позволяли получать зерно 3-го класса.

На наш взгляд, на формирование высокой белковости у сортов в 2021 г. повлияли не только погодные условия, но и невысокая урожайность этого года. О связи урожайности с содержанием белка и клейковины в зерне в нашем опыте можно судить по соответствующим КК. Они свидетельствуют об отрицательной зависимости между показателями и составили по изучаемым сортам $r = -0,59 \dots -0,88$ с белком и $r = -0,56 \dots -0,83$ с клейковиной.

Коэффициенты корреляции связи количества белка и клейковины в зерне с ги-

Табл. 4. Содержание белка и клейковины в зерне

Table 4. Protein and gluten content in grain

Сорт	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	$\bar{X}$
<i>Содержание белка, %</i>						
Базальт	12,8	10,5	14,0	14,0	16,8	13,6
Крастал	12,5	12,0	15,1	14,0	16,5	14,0
Черноземка 115	11,8	12,3	13,2	13,1	16,2	13,3
Черноземка 130	11,8	12,1	12,9	13,2	15,1	13,0
Базальт 2	12,1	12,3	12,6	13,7	16,2	13,4
$\bar{X}^*$	12,2	11,8	13,6	13,6	16,2	13,5
Ij^{**}	-1,27	-1,63	0,09	0,13	2,69	
<i>Содержание клейковины, %</i>						
Базальт	30,6	22,2	31,7	32,7	45,0	32,4
Крастал	26,8	25,9	30,3	28,2	41,8	30,6
Черноземка 115	26,5	27,6	28,3	25,8	40,6	29,8
Черноземка 130	26,6	27,7	31,2	25,2	45,8	31,3
Базальт 2	30,2	30,9	28,8	29,2	46,2	33,1
$\bar{X}^*$	28,1	26,9	30,1	28,2	43,9	31,4
Ij^{**}	-3,29	-4,57	-1,37	-3,21	12,45	

Табл. 5. Коэффициенты корреляции белка и клейковины с температурой и осадками
Table 5. Correlation coefficients of protein and gluten with temperature and precipitation

Сорт	Апрель				Май				Июнь				Июль			
	Температура, °С		Осадки, мм		Температура, °С		Осадки, мм		Температура, °С		Осадки, мм		Температура, °С		Осадки, мм	
	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина
<i>Среднемесячная</i>																
Базальт	0,31	0,29	-0,65	-0,60	-0,14	-0,14	0,61	0,58	0,57	0,44	0,91	0,93	0,32	0,42	-0,61	-0,63
Крастал	0,53	0,51	-0,67	-0,52	0,23	0,23	0,39	0,25	0,78	0,49	0,71	0,72	0,21	0,52	-0,32	-0,32
Черноземка 115	0,28	0,54	-0,24	-0,41	0,36	0,36	0,12	0,07	0,46	0,35	0,69	0,59	0,74	0,59	-0,35	-0,13
Черноземка 130	0,34	0,63	-0,36	-0,50	0,40	0,40	0,20	0,10	0,66	0,41	0,71	0,58	0,59	0,49	-0,36	-0,13
Базальт 2	0,21	0,39	-0,25	-0,28	0,10	0,26	0,20	0,08	0,50	0,22	0,75	0,60	0,73	0,72	-0,45	-0,27
<i>I декада</i>																
Базальт	0,39	0,39	-0,64	0,65	-0,92	-0,90	0,63	0,58	0,25	0,08	0,40	0,47	0,15	0,14	0,83	0,72
Крастал	0,21	0,15	-0,36	-0,32	-0,78	-0,70	0,69	0,53	0,42	-0,04	0,06	0,18	0,11	0,09	0,92	0,65
Черноземка 115	-0,08	0,06	-0,31	-0,16	-0,57	-0,64	0,25	0,43	-0,18	-0,24	0,21	0,11	0,37	0,03	0,52	0,46
Черноземка 130	-0,04	0,11	-0,34	-0,13	-0,65	-0,57	0,38	0,53	0,09	0,14	0,14	0,05	0,37	-0,04	0,71	0,54
Базальт 2	-0,05	0,03	-0,41	-0,23	-0,63	-0,51	0,25	0,29	-0,10	-0,39	0,27	0,24	0,43	0,12	0,57	0,34
<i>II декада</i>																
Базальт	0,45	0,48	-0,22	-0,16	0,24	0,23	-0,57	-0,64	0,41	0,29	0,49	0,38	0,47	0,59	-0,72	-0,73
Крастал	0,67	0,77	-0,52	-0,42	0,51	0,56	-0,64	-0,88	0,56	0,26	0,71	0,42	0,40	0,76	-0,86	-0,92
Черноземка 115	0,68	0,85	-0,26	-0,24	0,53	0,63	-0,84	-0,96	0,34	0,10	0,19	0,30	0,85	0,87	-0,86	-0,92
Черноземка 130	0,66	0,88	-0,37	-0,53	0,55	0,66	-0,76	-0,96	0,53	0,12	0,39	0,41	0,69	0,80	-0,89	-0,95
Базальт 2	0,60	0,76	-0,20	-0,27	0,46	0,52	-0,77	-0,93	0,42	0,03	0,20	0,11	0,79	0,94	-0,82	-0,84
<i>III декада</i>																
Базальт	-0,42	-0,53	-0,13	-0,14	0,30	0,29	0,85	0,93	0,47	0,54	0,92	0,95	-	-	-	-
Крастал	-0,16	-0,42	-0,20	-0,09	0,52	0,54	0,70	0,90	0,57	0,81	0,81	0,88	-	-	-	-
Черноземка 115	-0,62	-0,43	0,22	-0,06	0,34	0,60	0,90	0,87	0,83	0,91	0,92	0,79	-	-	-	-
Черноземка 130	-0,48	-0,33	0,15	-0,15	0,37	0,68	0,84	0,84	0,75	0,90	0,93	0,76	-	-	-	-
Базальт 2	-0,64	-0,59	0,24	0,06	0,25	0,40	0,91	0,92	0,75	0,89	0,96	0,82	-	-	-	-

дротермическими условиями представлены в табл. 5. Для удобства анализа данных таблицы, полученные КК за каждый месяц или декаду сведены нами в общую группу и представлены в виде крайних значений (min–max) суммарно по всем сортам с их значениями по белку и клейковине.

Положительная связь для этих показателей отмечается с повышением месячных температур в апреле ($r = 0,21 \dots 0,63$) и отрицательная – с осадками ($r = -0,24 \dots -0,67$). Зависимость от метеоусловий мая слабая, а июня и июля – более сильная. При этом с июньскими ($r = 0,22 \dots 0,78$) и июльскими ($r = 0,21 \dots 0,74$) температурами она положительна и способствует росту белковости. А выпадающие в это время осадки воздействуют неоднозначно: июньские – положительно ($r = 0,58 \dots 0,93$), а июльские – отрицательно ($r = -0,13 \dots -0,72$).

Корреляционная зависимость формирования белкового комплекса с декадными показателями температуры и осадков детализирует эту зависимость.

Отмечена прямая зависимость повышения белковости зерна с повышением температур во время возобновления весенней вегетации (II декада апреля, $r = 0,45 \dots 0,88$), а также в периоды трубкования и колошения (II и III декады мая, $r = 0,23 \dots 0,66$ и $r = 0,25 \dots 0,68$ соответственно), налива зерна (III декада июня, $r = 0,47 \dots 0,90$) и полной спелости (II декада июля, $r = 0,40 \dots 0,94$). Снижение количества белка в зерне происходит с повышением температуры в III декаде апреля ($r = -0,16 \dots -0,64$) и I декаде мая ($r = -0,51 \dots -0,92$) в период весеннего кущения – начала выхода в трубку.

Более высокое содержание белка и клейковины формируется на фоне большего количества осадков в период начала трубкования (I декада мая, $r = 0,25 \dots 0,69$), колошения (III декада мая, $r = 0,70 \dots 0,93$), налива зерна (III декада июня, $r = 0,76 \dots 0,96$) и молочно-восковой спелости (I декада июля, $r = 0,34 \dots 0,92$). Снижение белка и клейковины в зерне отмечается с повышением количества осадков во время возобновления весенней вегетации (II декада апреля,

$r = -0,16 \dots -0,53$), в период трубкования (II декада мая, $r = -0,57 \dots -0,96$) и в период полной спелости и уборки (II декада июля, $r = -0,72 \dots -0,95$).

Влияние остальных декадных температур и осадков на формирование высокого содержания белка и клейковины в зерне невелико.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лимитирующим фактором среды для возделывания озимой пшеницы в Центральном Черноземье является засуха, проявление которой в нашем опыте отмечено в течение трех лет из пяти. При этом засушливые условия могут складываться и в осенний, и в весенне-летний периоды вегетации. Геном сорта Черноземка 130 наиболее эффективно использовал сложившиеся погодные условия для реализации потенциала продуктивности.

Ключевыми для формирования урожайности в местных условиях являются температурные условия II декады апреля (возобновление весенней вегетации), II и III декады мая (фазы трубкования и колошения), а также III декады июня (налив зерна). Более высокие в сравнении с многолетней температуры в эти декады ведут к снижению урожайности.

К росту урожайности ведет большее в сравнении с многолетней количество осадков во II декаде апреля, II декаде мая и I декаде июня (формирование зерновки), а к снижению – обилие осадков в I и III декадах мая, II и III декадах июня и I декаде июля (молочно-восковая и восковая спелость).

Повышению содержания белка и клейковины в зерне способствуют более высокие в сравнении с многолетней температуры II декады апреля, II и III декад мая, III декады июня и II декады июля (полная спелость). При этом с повышенными температурами III декады апреля и I декады мая отмечается отрицательная зависимость. Рост содержания белка и клейковины в зерне отмечается с увеличением количества осадков в I и III декадах мая, III декаде июня и I декаде июля, а снижение – с увеличением количества осадков во II декаде мая и II декаде июля.

Количественные значения коэффициентов корреляции у сортов в пределах одного месяца или декады имеют различия по величине, но, как правило, они невелики и находятся в пределах одной группы зависимости – сильной, средней или слабой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорохов Б.А. Селекция озимой пшеницы в Центральном-Черноземном и соседних регионах (направления, методы и результаты): монография. Каменная Степь, Воронеж: Кварта, 2013. 100 с.
2. Федотов В.А. Озимая мягкая пшеница в Центральном Черноземье России: монография. Воронеж, 2016. 415 с.
3. Алтухов А.И. Стратегия развития зернопродуктового подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 146–152.
4. Асеева Т.А., Карачева Г.С., Ломакина И.В., Рубан З.С. Формирование урожайности и качества зерна яровой и озимой пшеницы в условиях Среднего Приамурья // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 3–6.
5. Сандухадзе Б.И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 2. С. 15–18.
6. Фоменко М.А., Грабовец А.И. Селекция озимой мягкой пшеницы на качество зерна в степной зоне // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 78–81.
7. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., Воробьев В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максименко В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашиник Н.А., Зуйков Ю.П., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири: монография. Новосибирск: Наука, 1984. 230 с.
8. Рыбась И.А. Оценка параметров экологической пластичности и стабильности сортов озимой мягкой пшеницы // Аграрный вестник Урала. Агрономия. 2014. № 6 (124). С. 26–29.
9. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика: монография. М.: 2008. Т. 1. 282 с.

10. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы: монография. Краснодар, 2005. 231 с.
11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 103–113.
12. Хангильдин В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2 (60). С. 36–41.
13. Ковтун В.И., Медведевский В.И. Солнечная активность и селекция озимой пшеницы: монография. Ростов-на-Дону, 2006. 496 с.
14. Кравченко Н.С., Лиховидова В.А., Скрипка О.В. Качество зерна и засухоустойчивость сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1 (55). С. 52–56.

REFERENCES

1. Dorohov B.A. *Selection of winter wheat in the Central Chernozem and neighboring regions (directions, methods and results)*. Kamennaya Step', Voronezh, Kvarta Publ., 2013, 100 p. (In Russian).
2. Fedotov V.A. *Winter soft wheat in the Central Chernozem region of Russia*, Voronezh, 2016, 415 p. (In Russian).
3. Altuhov A.I. Strategy for the development of the grain producing subcomplex is the basis for the development of the scheme for the placement and specialization of grain production in the country. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018, no. 5, pp. 146–152. (In Russian).
4. Aseeva T.A., Karacheva G.S., Lomakina I.V., Ruban Z.S. Formation of yield and grain quality of spring and winter wheat in the conditions of the Middle Priamurye region. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka = Russian Agricultural Science*, 2018, no. 1, pp. 3–6. (In Russian).
5. Sanduhadze B.I. Development and results of winter wheat breeding in the center of the Non-black Earth Belt. *Dostizheniya nauki i texniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, no. 9, pp. 15–18. (In Russian).
6. Fomenko M.A., Grabovecz A.I. Breeding of winter soft on grain quality in the steppe zone. *Dostizheniya nauki i texniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, no. 9, pp. 15–18. (In Russian).

- ments of Science and Technology of AIC, 2016, no. 9. pp. 78–81. (In Russian).
7. Dragavcev V.A., Cil'ke R.A., Rejter B.G., Vorob'ev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobejnikov N.I., Novohatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiev A.G., Ilyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zujkov YU.P., Fedotov A.M.. *Genetics of performance traits of spring wheat in Western Siberia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 230 p. (In Russian).
 8. Rybas' I.A. Assessment of the parameters of ecological plasticity and stability of mild winter wheat varieties. *Agrarnyj vestnik Urala. Agronomiya = Agrarian Bulletin of the Urals, Agronomy*, 2014, no. 6 (124), pp. 26–29. (In Russian).
 9. Zhuchenko A.A. *Adaptive crop production (ecological and genetic foundations). Theory and practice*. Moscow, 2008, vol. 1, 282 p. (In Russian).
 10. Romanenko A.A., Bessalova L.A., Kudryashov I.N., Ablova I.B. *New varietal policy and varietal agricultural machinery of winter wheat*. Krasnodar, 2005, 231 p. (In Russian).
 11. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Assessment of ecological plasticity and stability of agricultural varieties. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 1984, no. 4, pp. 103–113. (In Russian).
 12. Hangil'din V.V. Parameters of evaluation of homeostaticity of varieties of breeding lines in tests of ear crops. *Nauchno-tekhnicheskij byulleten' VSGI = Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Breeding and Genetic Institute*, 1986, no. 2 (60), pp. 36–41. (In Russian).
 13. Kovtun V.I., Medvedovskij V.I. *Solar activity and winter wheat breeding*. Rostov-na-Donu, 2006, 496 p. (In Russian).
 14. Kravchenko N.S., Lihovidova V.A., Skripka O.V. Grain quality and drought tolerance of the winter soft wheat varieties. *Zernovoe hozyajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2018, no. 1 (55), pp. 52–56. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Дорохов Б.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела; **адрес для переписки:** Россия, 397463, Воронежская обл., Таловский р-н., пос. 2 участка Института им. Докучаева, квартал 5, д 21; e-mail: niishlc@mail.ru

Браилова И.С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела

Беляева Е.П., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Boris A. Dorokhov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Head of Department; **address:** 21, block 5, settl. of the 2nd plot of the Institute named after Dokuchaev, Talovsky district, Voronezh region, 397463, Russia; e-mail: niishlc@mail.ru

Irina S. Brailova, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Head of Department

Elena P. Belyaeva, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 12.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.06.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022