

## ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕСЕННЕ-ЛЕТНЕЙ ВЕГЕТАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**К.К. Мусинов**, научный сотрудник

**А.С. Сурначёв**, научный сотрудник

**В.Е. Козлов**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, р. п. Краснообск Новосибирской обл., Россия*

**E-mail:** sibniirs@bk.ru

**Ключевые слова:** озимая пшеница, корреляция, осадки, гидротермический коэффициент, температура, урожайность.

**Реферат.** Температура воздуха и влагообеспеченность являются основными экологическими факторами, оказывающими существенное влияние на развитие растений в вегетационный период. Цель настоящего исследования – изучить связь урожайности и слагающих ее элементов с климатическими факторами и показать их роль в формировании продуктивности озимой пшеницы. Исследования проводились в 2009–2022 гг. на полях Сибирского НИИ растениеводства и селекции – филиала Института цитологии и генетики СО РАН. Материалом исследований служили сорта и селекционные линии озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания. Выявлена положительная зависимость количества осадков и ГТК в межфазный период «возобновление вегетации – трубкование» с продолжительностью вегетационного периода ( $r = 0,78$ ;  $r = 0,73$ ), продуктивной кустистостью ( $r = 0,59$ ;  $r = 0,64$ ), высотой растений ( $r = 0,60$ ;  $r = 0,58$ ), числом зерен с растения ( $r = 0,66$ ;  $r = 0,67$ ). Коэффициент корреляции урожайности с ГТК и суммой осадков в период «трубкование – колошение» составил  $r = 0,66$  и  $r = 0,67$  соответственно. Наблюдается достоверная отрицательная корреляция устойчивости к полеганию как с ГТК, так и с осадками ( $r = -0,63$ ;  $r = -0,56$ ). Коэффициент корреляции ГТК и количества осадков с устойчивостью к полеганию в межфазный период «колошение – восковая спелость» было достоверным ( $r = 0,55$ ). ГТК в период «колошение – восковая спелость» находился в прямой зависимости с показателем натуры зерна  $r = 0,60$ , а количество осадков с массой 1000 зерен  $r = 0,58$ . За весь период весенне-летней вегетации коэффициент корреляции ГТК и суммы осадков с продолжительностью вегетационного периода составил  $r = 0,63$  и  $r = 0,65$  соответственно, с высотой  $r = 0,71$  и  $r = 0,72$ , устойчивостью к полеганию  $r = -0,68$  и  $r = -0,64$  и общей хлебопекарной оценкой  $r = -0,62$  и  $r = -0,63$ . Сумма осадков на протяжении всего периода весенне-летней вегетации оказывает положительное влияние на массу зерна с растения ( $r = 0,57$ ). Сумма эффективных температур имеет положительную сопряженность с натурой зерна в период «трубкование – колошение» ( $r = 0,65$ ). Коэффициент корреляции суммы эффективных температур с количеством клейковины в период «колошение – восковая спелость»  $r = 0,74$ , за весь период весенне-летней вегетации  $r = 0,67$ .

## INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS OF THE SPRING-SUMMER VEGETATION ON THE FORMATION OF WINTER WHEAT YIELD UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

**K.K. Musinov**, Researcher

**A.S. Surnachev**, Researcher

**V.E. Kozlov**, PhD. in Agricultural Sciences, Senior researcher

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding - a branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, b. pos. Краснообск, st. S-100, building 21*

**E-mail:** sibniirs@bk.ru

**Keywords:** winter wheat, correlation, precipitation, hydrothermal coefficient, temperature, yield.

**Abstract.** Air temperature and moisture availability are the main environmental factors that have a significant impact on the development of plants during the growing season. The aim of this study is to study the relationship of yield and its constituent elements with climatic factors and to show their role in the formation of productivity of winter wheat. The research was carried out in 2009–2022 in the fields of the Siberian Research Institute of

Plant Growing and Breeding, a branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The research material was varieties and breeding lines of winter soft wheat of competitive variety testing. A positive dependence of the amount of precipitation and the hydrothermal coefficient in the interphase period “resumption of vegetation - trumpeting” with the duration of the growing season ( $r = 0.78$ ;  $r = 0.73$ ), productive tillering ( $r = 0.59$ ;  $r = 0.64$ ) was revealed, plant height ( $r = 0.60$ ;  $r = 0.58$ ), number of grains per plant ( $r = 0.66$ ;  $r = 0.67$ ). The correlation coefficient of productivity with the HTC and the amount of precipitation was  $r = 0.66$  and  $r = 0.67$ , respectively, in the period of “booting - earing”. There is a significant negative correlation of resistance to lodging with both HTC and precipitation ( $r = -0.63$ ;  $r = -0.56$ ). The correlation coefficient of the HTC and the amount of rainfall with resistance to lodging in the interphase period “heading - wax ripeness” was significant ( $r = 0.55$ ). HTC in the period “heading - wax ripeness” was directly proportional to the grain size index  $r = 0.60$  and the amount of precipitation with a mass of 1000 grains  $r = 0.58$ . For the entire period of spring-summer vegetation, the correlation coefficient of the HTC and the amount of rainfall with the duration of the growing season was  $r = 0.63$  and  $r = 0.65$ , respectively, with a height of  $r = 0.71$  and  $r = 0.72$ , resistance to lodging  $r = -0.68$  and  $r = -0.64$  and overall bakery score  $r = -0.62$  and  $r = -0.63$ . The amount of precipitation throughout the entire spring-summer vegetation has a positive effect on the grain weight per plant ( $r = 0.57$ ). The sum of effective temperatures has a positive relationship with the nature of the grain in the period of “booting - heading” ( $r = 0.65$ ). The correlation coefficient of the sum of effective temperatures with the amount of gluten in the period “heading - wax ripeness”  $r = 0.74$  for the entire spring-summer vegetation  $r = 0.67$ .

В повышении производства зерна в Западной Сибири важная роль принадлежит озимым культурам. В настоящее время достигнуты значительные успехи в селекции озимой пшеницы. За последние 10 лет в реестр селекционных достижений по Западной Сибири включены новые сорта сибирской селекции: Новосибирская 3, Новосибирская 2, Зимушка, Обская озимая, Прииртышская, Краснообская озимая. В благоприятные годы продуктивность этих сортов составляет 5,0–7,5 т/га, однако в годы с малоснежными и суровыми зимами и с неблагоприятными условиями весенне-летнего периода урожайность значительно снижается.

Западная Сибирь считается зоной с рискованными условиями для стабильного получения высоких урожаев пшеницы. Климат данного региона отличается разнообразием, суровостью и изменчивостью во времени. Расширение посевов озимой пшеницы в Сибири зависит от создания новых форм, пригодных для стабильного возделывания в экстремальных условиях перезимовки и особенностей технологии их возделывания, которые должны быть направлены на уменьшение отрицательных воздействий на растения озимой пшеницы во все периоды вегетации [1]. Реализация генетического потенциала пшеницы в значительной степени зависит от факторов внешней среды [2]. Немаловажным фактором в условиях Сибири является регенерационная способность сорта к образованию максимального стеблестоя в засушливых условиях ранневесеннего периода.

Решающее влияние на урожайность культур очень часто оказывают агроклиматические условия вегетационного периода [3–6].

В настоящее время изменения урожайности большинства сельскохозяйственных культур на 60–80 % определяются факторами внешней среды, не зависящими от человека [7].

По данным ученых, в лесостепи Западной Сибири осадки июня и первой декады июля, которые составляют примерно 20 % годовой нормы, определяют 80 % изменчивости урожая зерна [8]. Период от выхода в трубку до колошения считается критическим для пшеницы, и в эту фазу влияние гидротермических условий является определяющим на формирование урожайности [6, 9, 10].

В связи с этим изучение связи урожайности озимой пшеницы и метеорологических условий вегетационного периода в условиях лесостепной зоны Западной Сибири достаточно актуально.

Цель настоящего исследования – выявить определяющие агроклиматические факторы, влияющие на рост и развитие растений озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации; изучить связь урожайности и слагающих ее элементов с климатическими факторами и показать их роль в формировании продуктивности сортов озимой пшеницы.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2009 – 2022 гг. на полях Сибирского НИИ растениеводства и селекции – филиала ИЦиГ СО РАН, расположенных в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. В качестве материала для исследований использовали со-

рта СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН, включенные в Государственный реестр селекционных достижений (Новосибирская 32, Новосибирская 40, Новосибирская 51, Новосибирская 3, Новосибирская 2, Обская озимая, Краснообская озимая, Памяти Чекурова) и селекционные линии озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания, включая Линию 151-32, проходящую государственное сортоиспытание с 2021 г. под названием Писаревская.

Почвенный покров опытного поля представлен черноземом выщелоченным среднесильным малогумусным среднесуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–5,0 %, содержание  $K_2O$  – 104 мг/кг почвы,  $P_2O_5$  – 284 [11].

В годы исследований погодные условия были контрастны как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности. Данные агрометеорологических показателей условий перезимовки озимой пшеницы, предоставленные ГМОС «Огурцово», показывают, что прекращение вегетации (переход через  $+5^{\circ}C$ ) варьирует от третьей декады сентября (22 сентября в 2021 г.) до третьей декады октября (28 октября в 2020 г.). Снежный покров устанавливается в конце октября (25 октября в 2009 г. – ранний срок) или в первой и второй декадах ноября (20 ноября 2011 г. – поздний срок) и достигает в марте 30–65 см. Наиболее снежной зима была в 2016/17 г., когда высота снежного покрова достигала 70 см. Температура на глубине узла кущения (ГУК) за годы исследования не опускалась ниже  $-14^{\circ}C$ . Поля освобождаются от снега в первой де-

каде апреля (1 апреля в 2012 г. – ранний сход) или в начале третьей декады (21 апреля в 2010 г. – поздний сход снега). Весенняя вегетация (переход через  $+5^{\circ}C$ ) наступает в конце первой декады апреля (10 апреля в 2012 и 2014 гг. – ранний срок) или в конце третьей декады (26 апреля в 2010 г. – поздний срок).

По теплообеспеченности зона исследований относится к умеренно теплому, недостаточно увлажненному району. Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой более  $0^{\circ}C$  – 185–195 дней. Сумма среднесуточных температур более  $5^{\circ}C$  – 2210 $^{\circ}C$ , выше  $10^{\circ}C$  – 1800–1950 $^{\circ}C$ . Самый теплый месяц – июль со среднемесячной температурой воздуха 17–20 $^{\circ}C$ , абсолютный максимум температуры летом 37–38 $^{\circ}C$ . Для изучаемого района характерно неустойчивое увлажнение с годовым количеством осадков 350–400 мм и гидротермическим коэффициентом (ГТК по Селянинову) 1,0–1,2.

Формирование продуктивности сортов озимой пшеницы за годы исследований проходило при различных гидротермических режимах. Самые засушливые условия сложились в 2012 г. – ГТК за вегетацию 0,3 (табл. 1). Засушливые условия наблюдались и в 2022 г. (ГТК 0,68). Вегетационный период с недостаточным увлажнением отмечен в 2010, 2011, 2020, 2021 гг. (ГТК 0,81–0,95). В 2014–2016 гг. сложились оптимальные гидротермические условия вегетации (ГТК 1,16–1,24). Избыточное увлажнение наблюдалось в вегетационные периоды 2009, 2013, 2017, 2019 гг. (ГТК 1,33–1,70).

Таблица 1

Гидротермические условия весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы (2009–2022 гг.)  
Hydrothermal conditions of the spring-summer period of winter wheat vegetation (2009–2022)

Год	ГТК	Сумма осадков, мм	Сумма температур, $^{\circ}C$
2009	1,70	216,4	1463
2010	0,95	126,2	1463
2011	0,86	109,6	1435
2012	0,30	38,9	1471
2013	1,58	214,2	1548
2014	1,16	145,8	1513
2015	1,24	179,2	1534
2016	1,22	154,8	1396
2017	1,43	194,6	1479
2019	1,33	171,9	1378
2020	0,81	123,5	1604
2021	0,85	125,6	1532
2022	0,68	94,2	1502

Агротехника в опытах – общепринятая для лесостепной зоны Западной Сибири. Посев проводили сеялкой ССФК -7 в сроки с 26 августа по 1 сентября, предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 16 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Фенологические наблюдения и учеты проводились по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Дисперсионный и корреляционный анализ данных проводили по Б.А. Доспехову [12] с использованием компьютерной программы СНЕДОКОР.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование урожайности – сложный многоступенчатый процесс, находящийся под воздействием целого комплекса внешних факторов. Температура воздуха и влагообеспеченность являются основными экологическими факторами, которые оказывают существенное влияние на развитие растений в вегетационный период [13]. Контрастные погодные условия в годы исследования позволили в полной мере оценить степень влияния

данных факторов на формирование урожая озимой пшеницы.

Урожайность озимой пшеницы за годы исследований варьировала от 2,14 т/га в 2012 г. до 6,36 т/га в 2021 г. – коэффициент вариации составил 30,1 % (табл. 2). Засушливые условия 2012 г. ускорили развитие растений, в этом году наблюдался самый короткий вегетационный период озимой пшеницы – 313 суток. Засуха во время формирования зерна привела к тому, что зерно сформировалось шуплое и мелкое – самые низкие показатели массы 1000 зерен за годы исследований (27,7 г). Это объясняет и самые низкие показатели массы зерна с растения – 4,02 г. Самый продолжительный вегетационный период наблюдался в 2013 г. (344 суток), когда было отмечено избыточное увлажнение. В этот же год сформировалось наибольшее число продуктивных побегов, что определило максимальные показатели массы зерна с растения (10,89 г) и числа зерен с растения (295 шт.) за годы исследования. Наименьшая продуктивная кустистость наблюдалась в 2017 и 2022 гг. – 4,4 шт. Минимальное число зерен с растения отмечено в 2022 г. – 115 шт.

Таблица 2

Основные хозяйственно-ценные признаки озимой пшеницы (2009–2022 гг.)  
The main economically valuable traits of winter wheat (2009–2022)

Признак	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	V, %
Урожайность, т/га	5,59	3,47	4,73	2,14	3,62	5,31	5,54	2,62	5,80	4,97	3,54	6,36	3,54	30,1
Вегетационный период, сут	334	334	322	313	344	321	321	319	324	324	323	326	320	2,5
Продуктивная кустистость, шт.	6,2	4,5	5,9	5,4	8,2	6,5	7,0	6,0	4,4	4,6	4,5	5,3	4,4	21,0
Высота растений, см	127	101	107	82	121	105	104	81	107	102	97	110	81	13,9
Полегание, баллов	4,0	4,4	4,2	4,5	4,3	4,2	4,0	4,4	4,2	4,3	4,6	4,7	4,7	5,4
Число зерен с растения, шт.	211	170	167	141	295	204	255	243	127	123	164	152	115	30,7
Масса зерна с растения, г	7,22	5,76	6,41	4,02	10,89	6,05	9,71	8,81	4,77	4,70	6,86	6,02	4,69	31,5
Масса 1000 зерен, г	35,7	36,2	38,8	27,7	37,8	29,3	38,7	36,9	35,8	38,5	42,7	41,0	43,1	12,2
Натура, г/л	783	810	804	774	743	781	788	794	814	806	769	806	789	2,5
Клейковина, %	21,9	22,5	18,3	30,1	27,2	28,4	27,8	27,4	26,6	19,4	30,1	23,9	25,3	15,2
Общая хлебопекарная оценка, баллов	3,1	3,8	3,5	4,0	3,5	4,0	3,6	3,8	3,3	3,8	4,1	3,6	3,7	7,8

Корреляционный анализ сопряженности урожайности и ее элементов с климатическими факторами по межфазным периодам позволил выявить определенные закономерности

в формировании зерновой продуктивности озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. В межфазный период «возобновление вегетации – трубкование»

продолжается кущение растений озимой пшеницы, происходит закладка числа члеников колосового стержня. Увеличение потенциала урожайности неразрывно связано с величиной стеблестоя.

Выявлена положительная корреляционная зависимость количества осадков и ГТК в межфазный период «возобновление вегетации – трубкование» с продолжительностью вегетационного периода ( $r = 0,78$ ;  $r = 0,73$ ), продуктивной кустистостью ( $r = 0,59$ ;  $r =$

$0,64$ ), высотой растений ( $r = 0,60$ ;  $r = 0,58$ ), числом зерен с растения ( $r = 0,66$ ;  $r = 0,67$ ) (табл. 3, 4). Во время выхода в трубку интенсивно нарастает вегетативная масса, формируются генеративные органы. Поэтому в этот период роста пшенице необходим максимум воды. При избыточном увлажнении данная фаза затягивается, что приводит к повышению коэффициента кущения. С повышением кустистости увеличивается и озерненность растения.

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа основных хозяйственно-ценных признаков озимой пшеницы с ГТК (2009–2022 гг.)

Results of the correlation analysis of the main economically valuable traits of winter wheat with HTC (2009–2022)

Признак	Межфазные периоды			
	возобновление вегетации – трубкование	трубкование – колошение	колошение – восковая спелость	начало весенней вегетации – восковая спелость
Урожайность, т/га	0,04	0,66*	0,55*	0,47
Вегетационный период, сут	0,73*	0,10	-0,06	0,63*
Продуктивная кустистость, шт.	0,64*	0,32	-0,33	0,44
Высота растений, см	0,58*	0,49	0,19	0,71*
Устойчивость к полеганию, баллов	-0,43	-0,63*	-0,40	-0,68*
Число зерен с растения, шт.	0,67*	0,34	-0,21	0,53
Масса зерна с растения, г	0,53	0,44	-0,16	0,53
Масса 1000 зерен, г	-0,32	0,23	0,17	0,06
Натура, г/л	-0,41	-0,03	0,60*	-0,08
Клейковина, %	-0,03	0,06	-0,39	-0,22
Общая хлебопекарная оценка, баллов	-0,21	-0,38	-0,51	-0,63*

\* Достоверно на уровне 5 %.

Зависимость урожайности озимой пшеницы от осадков проявляется в большинстве межфазных периодов. Из таблиц видно, что гидротермические условия в период вегетации оказывали положительное влияние на урожайность. Осадки в период «трубкование – колошение» и «колошение – восковая спелость» имеют большое значение [10]. Наиболее существенным оно является в период «трубкование – колошение», что совпадает с IV—VIII этапами органогенеза. Коэффициент корреляции урожайности с ГТК и суммой осадков в период «трубкование – колошение» составил

$r = 0,66$  и  $r = 0,67$  соответственно. Недобор осадков во время прохождения IV—VI этапов ухудшает условия формирования колоса и приводит, в первую очередь, к редуцированию верхних колосков и нередко самых нижних, что ведет в большинстве лет к значительному снижению урожайности. В то же время чрезмерное увеличение вегетативной массы отрицательно влияет на устойчивость пшеницы к полеганию. В наших исследованиях наблюдается достоверная отрицательная корреляция этого показателя как с ГТК, так и с осадками ( $r = -0,63$ ;  $r = -0,56$ ).

Результаты корреляционного анализа основных хозяйственно-ценных признаков с количеством осадков (2009–2022 гг.)

Results of the correlation analysis of the main economically valuable traits with the amount of precipitation (2009–2022)

Признак	Межфазные периоды			
	возобновление вегетации – трубкование	трубкование – колошение	колошение – восковая спелость	начало весенней вегетации – восковая спелость
Урожайность, т/га	0,05	0,67*	0,55*	0,51
Вегетационный период, сут	0,78*	0,08	-0,08	0,65*
Продуктивная, кустистость, шт.	0,59*	0,26	-0,31	0,44
Высота растений, см	0,60*	0,47	0,17	0,72*
Устойчивость к полеганию, баллов	-0,39	-0,56*	-0,37	-0,64*
Число зерен с растения, шт.	0,66*	0,29	-0,19	0,54
Масса зерна с растения, г	0,54	0,41	0,21	0,57*
Масса 1000 зерен, г	-0,28	0,29	0,58*	0,15
Натура, г/л	-0,39	0,03	-0,33	-0,10
Клейковина, %	0,02	0,03	-0,50	-0,16
Общая хлебопекарная оценка, баллов	-0,18	-0,37	-0,21	-0,62*

\* Достоверно на уровне 5 %.

Влияние ГТК и количества осадков на урожайность озимой пшеницы в межфазный период «колошение – восковая спелость» было меньше, чем в предыдущий период, но оставалось достоверным ( $r = 0,55$ ). В эту фазу происходит формирование зерновки (VIII–XII этапы органогенеза). Засушливая погода на X этапе органогенеза приводит к укорачиванию зерновок, на XI этапе – к получению шуплых, невыполненных зерен [14]. ГТК в период «колошение – восковая спелость» находился в прямой зависимости и с показателем натуры зерна  $r = 0,60$ , а количество осадков – с массой 1000 зерен  $r = 0,58$ .

Большое количество осадков и низкие температуры во время весенне-летней вегетации растягивают продолжительность вегетации [15], коэффициент корреляции ГТК и суммы осадков за весь период весенне-летней вегетации составил  $r = 0,63$  и  $r = 0,65$  соответственно. Условия увлажнения имеют также сильную прямую связь с высотой растений (коэффициент корреляции ГТК и суммы осадков  $r = 0,71$  и  $r = 0,72$ ), что, в свою очередь, влечет за собой и отрицательную зависимость с устойчивостью к полеганию ( $r = -0,68$  и  $r = -0,64$ ).

По нашим данным, общая хлебопекарная оценка имела отрицательную связь с выпадением осадков и ГТК на протяжении всего весенне-летнего периода ( $r = -0,62$  и  $r = -0,63$ ).

Сумма осадков в течение всего периода весенне-летней вегетации оказывает положительное влияние на массу зерна с растения ( $r = 0,57$ ). Обилие осадков в начале весенней вегетации увеличивает продуктивную кустистость и, в свою очередь, число зерен с растения, а осадки в конце вегетации повышают массу 1000 зерен, что в конечном итоге влияет на массу зерна с растения.

Влияние температурного режима на урожайность и качество пшеницы велико, но в наших исследованиях представление температуры в качестве обособленного параметра не отражает в полной мере важность отдельных периодов для формирования высокой продуктивности озимой пшеницы. Достоверное влияние температуры было отмечено на показатели качества зерна. Сумма эффективных температур имеет положительную сопряженность с натурой зерна в период «трубкование – колошение» ( $r = 0,65$ ) (табл. 5). Высокие температуры в период формирования зерновки и налива зерна замедляют процесс накопления сухого вещества и в то же время усиливают процесс дыхания и расход углеводов. Это приводит к накоплению белка и клейковины в зерне.

Таблица 5

Результаты корреляционного анализа основных хозяйственно-ценных признаков с суммой эффективных температур (2009–2022 гг.)

Results of the correlation analysis of the main economically valuable traits with the sum of effective temperatures (2009–2022)

Признаки	Межфазные периоды			
	возобновление вегетации – трубкование	трубкование – колошение	колошение – восковая спелость	начало весенней вегетации – восковая спелость
Урожайность, т/га	-0,11	0,32	-0,07	-0,01
Вегетационный период, сут	-0,15	0,10	-0,28	-0,26
Продуктивная кустистость, шт.	-0,31	-0,47	0,38	-0,11
Высота растений, см	-0,12	0,02	-0,24	-0,24
Устойчивость к полеганию, баллов	0,21	0,38	0,24	0,43
Число зерен с растения, шт.	-0,22	-0,44	0,36	-0,04
Масса зерна с растения, г	-0,13	-0,35	0,40	0,07
Масса 1000 зерен, г	0,16	0,34	0,11	0,29
Натура, г/л	-0,13	0,65*	-0,53	-0,23
Клейковина, %	0,47	-0,47	0,74*	0,67*
Общая хлебопекарная оценка, баллов	0,25	0,05	0,29	0,38

\* Достоверно на уровне 5 %.

Коэффициент корреляции суммы эффективных температур с количеством клейковины в период «колошение – восковая спелость» равнялся  $r = 0,74$ , а за весь период весенне-летней вегетации  $r = 0,67$ .

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена достоверная положительная корреляционная зависимость количества осадков и ГТК в межфазный период «возобновление вегетации – трубкование» с продолжительностью вегетационного периода, продуктивной кустистостью, высотой растений, числом зерен с растения.

2. В межфазный период «трубкование – колошение» наблюдается достоверная положительная связь количества осадков и ГТК с урожайностью и отрицательная с устойчивостью к полеганию.

3. В межфазный период «колошение – восковая спелость» ГТК и количество осадков

оказали достоверное положительное влияние на урожайность, обнаружена также положительная связь ГТК с натурой зерна и количества осадков с массой 1000 зерен.

4. За весь период весенне-летней вегетации достоверные положительные связи ГТК и количества осадков были установлены с длиной вегетационного периода, высотой растений, отрицательные – с устойчивостью к полеганию и общей хлебопекарной оценкой. Количество осадков оказало положительное влияние и на массу зерна с растения.

5. Выявлена достоверная положительная корреляция суммы эффективных температур в межфазный период «трубкование – колошение» с натурой зерна, в период «колошение – восковая спелость» и «начало весенней вегетации – восковая спелость» с содержанием клейковины в зерне.

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галеев Р.Р., Самарин И.С., Андреева З.В. Влияние погодных условий на урожайность и качество мягкой яровой пшеницы в интенсивном земледелии лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ. – 2017. – № 4 (45). – С. 9–15.
2. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и

- Татарстана / А.И. Стасюк, И.Н. Леонова, М.Л. Пономарева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 78–91. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus.
3. *Weather conditions in the 2013 - 2015 wheat growing season in Croatia and Bosnia and Herzegovina* / M. Rastija, V. Kovačević, D. Rastija, I. Komljenović, G. Drezner // VII International Scientific Agriculture Symposium, “Agrosym 2016”. – Sarajevo: University of East Sarajevo, 2016. – P. 71–76. – DOI:10.7251/AGRENG1607005.
  4. *Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы* / Н.Е. Самофалова, О.А. Дубинина, А.П. Самофалов, Н.П. Иличкина // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 5(65). – С. 18–23. – DOI 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
  5. *Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future* / K. Hakala, L. Jauhiainen, Ari A. Rajala [et al.] // Field Crops Research. – 2020. – Vol. 259, N 15. – DOI.org/10.1016/j.fcr.2020.107956.
  6. *Шарков И.Н., Колбин С.А.* Влияние погодных условий вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и эффективность азотного удобрения в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. – 2020. – № 1(54). – С. 33–41. – DOI 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41.
  7. *Жученко А.А.* Экологическая генетика культурных растений и проблемы агрофлоры (теория и практика). – М.: Агрорус, 2004. – Т. 1. – 688 с.; Т.2. – С. 689–1153.
  8. *Гнатовский В.М.* Некоторые пути адаптации земледелия сухостепной зоны Алтайского края к климату и почвам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 11(73). – С. 5–9.
  9. *Холмов В.Г., Юшкевич Л.В.* Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири. – Омск: Изд-во ФГОУ МПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
  10. *Impact of droughts on winter wheat yield in different growth stages during 2001–2016 in Eastern China* / H. Yu, Q. Zhang, P. Sun, C. Song // International Journal of Disaster Risk Science. – 2018. – Vol. 9(3). – P. 376–391.
  11. *Рекомендации по использованию материалов агрохимического обследования пахотных земель ОПХ «Элитное» Новосибирского района Новосибирской области.* – Новосибирск: ФГБУ «ЦАС Новосибирский», 2011. – 37 с.
  12. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1985. – 351 с.
  13. *Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С.* Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А.В. Клочков, Соломко О.Б., О.С. Клочкова О.С. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 101–105.
  14. *Iwańska M., Stepień M.* The effect of soil and weather conditions on yields of winter wheat in multi-environmental trials // Biometrical Letters. – 2019. – Vol. 56 (2). – P. 263–279. – DOI: 10.2478/bile-2019-0016.
  15. *Korkhova M., Mykolaichuk V.* Influence of weather conditions on the duration of interphysiological periods and yield of durum winter wheat // Scientific Horizons. – 2022. – Vol. 25 (2). – P. 36–46. – DOI: 10.48077/scihor.25(2).2022.36-46.

## REFERENCES

1. Galeev R.R., Samarin I.S., Andreeva Z.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 4 (45), pp. 9–15. (In Russ.)
2. Stasyuk A.I., Leonova I.N., Ponomareva M.L., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2021, Vol. 56, No. 1, pp. 78–91, DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus. (In Russ.)
3. Rastija M., Kovačević V., Rastija D., Komljenović I., Drezner G., *Weather conditions in the 2013–2015 wheat growing season in Croatia and Bosnia and Herzegovina*, VII International Scientific Agriculture Symposium, “Agrosym 2016”. Sarajevo: University of East Sarajevo, 2016, pp. 71–76, DOI: 10.7251/AGRENG1607005.
4. Samofalova N.E., Dubinina O.A., Samofalov A.P., Ilichkina N.P., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2019, No. 5 (65), pp. 18–23, DOI 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23 (In Russ.)
5. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A. [et al.], *Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future*, *Field Crops Research*, 2020, Vol. 259, No. 15, DOI.org/10.1016/j.fcr.2020.107956.

6. Sharkov I.N., Kolbin S.A., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 1 (54), pp. 33–41, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41. (In Russ.)
7. Zhuchenko A.A., *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy i problemy agrosfery (teoriya i praktika)* (Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice)), Moscow: Agrorus, 2004, Vol. 1, 688 p.; Vol. 2, pp. 689–1153. (In Russ.)
8. Gnatovskiy V.M., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, No. 11 (73), pp. 5–9. (In Russ.)
9. Kholmov V.G., Yushkevich L.V., *Intensifikatsiya i resursoberezheniye v zemledeliye lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Intensification and resource saving in agriculture of the forest-steppe of Western Siberia), Omsk: Izd-vo FGOU MPO OmGAU, 2006, 396 p.
10. Yu H., Zhang Q., Sun P., Song C., Impact of droughts on winter wheat yield in different growth stages during 2001–2016 in Eastern China, *International journal of disaster risk science*, 2018, Vol. 9 (3), pp. 376–391.
11. *Rekomendatsii po ispol'zovaniyu materialov agrokhimicheskogo obsledovaniya pakhotnykh zemel' OPKH «Elitnoye» Novosibirskiy rayon Novosibirskoy oblasti* (Recommendations on the use of materials from the agrochemical survey of arable lands of the EPF «Elitnoye» Novosibirsk district of the Novosibirsk region), FGBU «TSAS Novosibirskiy», 2011, 37 p.
12. Dospikhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 365 p.
13. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S., *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2019, No. 2, pp. 101–105. (In Russ.)
14. Iwańska M., Stępień M., The effect of soil and weather conditions on yields of winter wheat in multi-environmental trials, *Biometrical Letters*, 2019, Vol. 56 (2), pp. 263–279, DOI:10.2478/bile-2019-0016.
15. Korkhova M., Mykolaichuk V., Influence of weather conditions on the duration of interphysiological periods and yield of durum winter wheat, *Scientific Horizons*, 2022, Vol. 25 (2), pp. 36–46, DOI:10.48077/scihor.25(2).2022.36-46.