

АНАЛИЗ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В СВЯЗИ С ВОЗДЕЛЫВАНИЕМ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАУРАЛЬЯ

Е. А. Филиппова, Н. Ю. Банникова, Л. Т. Мальцева, И. А. Дробот, Н. В. Катаева

Реферат. Исследования проводили с целью анализа погодных условий и их воздействия на формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Курганской области. Работу проводили в 1985–2020 гг. В годы испытания озимая пшеница по урожайности превысила яровую на госсортоучастках Курганской области среднем на 4,1 ц/га, в опытах Курганского НИИСХ на 2,8 ц/га (26,4...26,8 ц/га). Преимущество озимой пшеницы над яровой отмечали 12...14 лет, яровой над озимой – 4...6 лет. В остальные годы различия были не значительными. В Курганском НИИСХ наименьшая урожайность отмечена в 1989 г. и 2003 гг. (5,7 и 11,6 ц/га соответственно), рекордная (63,1 ц/га) – во влажном 1986 г. По влиянию гидротермического режима исследуемые годы разделены на высокоурожайные (31,5...45,0 ц/га), средне- (17,7...26,0 ц/га) и низкоурожайные (0,5...15,7 ц/га). Причины снижения урожайности индивидуальны – это периоды с засушливыми явлениями, низкими температурами и др. В годы с массовой гибелью посевов (5 лет) отмечено влияние комплекса негативных факторов. Положительное воздействие на урожайность ($r_{05}=0,51$) оказывало позднее возобновление вегетации весной. При формировании урожая (20 ц/га) отмечена положительная роль зимних и весенних осадков ($r=0,7$ и $0,6$ соответственно), температурного режима зимой ($r=0,7$) и летом ($r=-0,5$). В 2002 и 2007 гг. при хорошей перезимовке, которой способствовал достаточный снежный покров, отмечена продуктивность на уровне 23,0 и 26,0 ц/га соответственно. Недостаток влаги в мае 2011, 2019 гг. компенсировали осадки последующего периода. Высокая продуктивность (более 30 ц/га) в течение 15 лет отмечена при влагообеспеченности за осень выше нормы на 10,2 %, за зиму – на 16,4 %, за весну – на 9 %, за лето – на 15,9 %, в целом за год – на 6 %.

Ключевые слова: погодные условия, озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), осадки, температура, урожайность.

Введение. Изменения климата вынуждают сельское хозяйство адаптироваться к современным вызовам природы [1]. Тенденции к повышению температуры воздуха и увеличению количества осадков в период прекращения активной вегетации создают более благоприятные условия для перезимовки озимой пшеницы [2]. В условиях глобальных климатических изменений предстоит инвентаризация и переоценка агроресурсов и ассортимента культурных растений [3]. Так, увеличение теплообеспеченности осеннего периода и его продолжительности повлияло на изменение оптимальных сроков сева озимых культур [4]. В связи с изложенным, необходима разработка соответствующих мероприятий по адаптации сельскохозяйственного производства – от определения оптимальных сроков проведения агротехнических работ до выбора и селекции оптимальных сортов, которые лучше подходят для местных условий [5].

В последние годы в Курганской области возрождается интерес к озимой пшенице. За 2016–2021 гг. средняя урожайность культуры составила 19,0 ц/га. В крупных сельскохозяйственных предприятиях благодаря современным интенсивным технологиям, зимостойким сортам, качественным семенам она достигает 35...37,0 ц/га. В отличие от других зерновых культур озимая пшеница более урожайна, лучше реагирует на удобрения, обработку почвы и другие технологические приемы [6]. В Зауралье основной фактор, определяющий продуктивность озимых культур, – устойчивость к таким лимитирующим факторам среды, как температурный режим и влагообеспеченность в наиболее уязвимые фазы развития растений

[7]. Для более успешного выполнения задач по стабилизации производства зерна и повышения его качества важнейшее значение имеет ускорение селекционного процесса по созданию новых сортов озимой пшеницы, отвечающих изменяющимся параметрам климата и запросам производства по продуктивности, стабильности, морозостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к болезням [8]. Неблагоприятные условия вызывают значительную вариабельность урожайности озимой пшеницы по годам, вплоть до полной гибели посевов.

Цель исследований – анализ погодных условий и их воздействия на формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Курганской области.

Условия, материалы и методы. Исследования выполнены в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» в лаборатории селекции пшеницы. Опыты проводили в 1985–2020 гг. Материалом для исследований служили 25 сортов озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания. Кроме того, при анализе использовали данные по урожайности озимой и яровой пшеницы на трех госсортоучастках (ГСУ) Курганской области (Белозерский, Куртамышский, Половинский) в течение 25 лет. По организационно-техническим причинам число ГСУ, на которых испытывали озимую пшеницу, по годам варьировало от 1 до 6, всего было проведено 88 опытов. Учтены показатели сортов, приня-

тых в эти годы в качестве стандартов: яровая пшеница (скороспелая группа) – Тулунская 12, Новосибирская 15, Омская 36, озимая пшеница – Омская озимая, Альбина 45. Они характеризуются наиболее близкими сроками созревания и уборки, что позволяет производить высококачественное зерно в ранние сроки. Посев озимой пшеницы проводили в третьей декаде августа – первой декаде сентября, яровой – в первой декаде мая. Пять лет (1994, 1996, 1998, 2000, 2010 гг.) озимую пшеницу из-за неблагоприятной перезимовки пересевали яровой. Предшественник – пар. Почва опытного участка – чернозём, выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое (по Тюрину) 3,44...4,55, фосфора (по Чирикову) – 75...108 мг/кг, калия (по Масловой) – 180...288 мг/кг, сумма поглощенных оснований – 19...21 мг экв./100 г. Экспериментальный участок Курганского научно-исследовательского института сельского хозяйства расположен в центральной зоне Курганской области (лесостепь). Основные особенности зоны – холодная, часто малоснежная зима, короткое, но жаркое лето с периодически повторяющимися засухами. Для весны характерны частые возвраты холодов. Годовое количество осадков 366...425 мм. Среднегодовая температура воздуха 0,8...1,4 °С, сумма положительных температур – 2350...2380 °С, сумма активных температур – 2047 °С. В теплый период выпадает 56...59 % годового количества осадков, ГТК 0,9...1,1. Гидротермические условия имеют высокую степень варьирования по времени проявления. Вероятность наступления средних и слабых засушливых явлений в различные фазы развития растений составляет 100 %, интенсивных 35 %. На засушливые годы приходится 33...40 % анализируемых лет. Это оказывает влияние на растения, в результате которого величина коэффициента вариации урожайности составляет 35 %. Наблюдения проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания [9], математическую обработку данных – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. Уровень значимости $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Реакция на стрессовые условия разных лет у озимой и яровой пшеницы неоднозначна ввиду разли-

чий во времени наступления фаз развития. Озимая пшеница при достаточных зимних осадках более устойчива к дефициту влаги и меньше страдает от апрельских и майских засух, чем яровая. Неблагоприятные для роста и развития растений засушливые годы, отмеченные в 1989, 2006, 2010, 2012, 2020 гг., в большей степени отразились на яровой пшенице, особенно посеянной в ранний срок.

Анализ урожайности озимой пшеницы на госсортоучастках (26,4 ц/га) показал ее преимущество перед скороспелыми стандартами яровой пшеницы в среднем на 4,1 ц/га (табл. 1). В опытах Курганского НИИСХ за эти годы сбор зерна озимой пшеницы с единицы площади был выше, чем у яровой, на 2,8 ц/га. Преимущество сохранялось на сортоучастках в течение 12 лет (от 3 до 18,7 ц/га), в институте – 14 лет (от 5 до 14,7 ц/га). Ниже яровой урожайность озимой пшеницы на ГСУ была 4 года (на 3,5...13,3 ц/га), в опытах учреждения – 6 лет (на 3,7...11,4 ц/га). В остальные годы различия между озимой и яровой пшеницей не достоверны.

Период выход в трубку – колошение – критический по отношению к влаге у озимой пшеницы [10]. В типичные для Зауралья годы (1997, 1999, 2002, 2007, 2008, 2018 гг.) условия весенне-летнего периода вегетации были преимущественно благоприятными, и озимая пшеница смогла реализовать свой потенциал. Ее средняя урожайность 29,6 ц/га была выше, чем у яровой, на 6,3 ц/га, в засушливые годы (1990, 1995, 2007, 2010, 2012, 2019 гг.) – на 3,7 ц/га (Белозерский, Куртамышский, Половинский ГСУ). Во влажные годы сбор зерна озимой и яровой пшеницы находился практически на одном уровне (29,1 и 29,8 ц/га).

По результатам конкурсного сортоиспытания Курганского НИИСХ за 25 лет урожайность озимой пшеницы составила в среднем 26,8 ц/га. Наименьшей 5,7 и 11,6 ц/га она была в 1989 и 2003 гг. Рекордный сбор зерна (63,1 ц/га) зафиксирован во влажном 1986 г. В годы, когда для формирования урожая озимой пшеницы складываются неблагоприятные условия, яровую пшеницу считают страховой культурой, это обеспечивает повышение устойчивости современных агроэкосистем [11]. Пересев яровой культурой потребовался

Таблица 1 – Озимая пшеница, в сравнении с яровой на ГСУ, Курганский НИИСХ (среднее за 1987–2020 гг.*), ц/га

Показатель	ГСУ		Курганский НИИСХ	
	озимая	яровая	озимая	яровая
Урожайность в среднем, ц/га	26,4	22,3	26,8	24,0
Размах изменчивости, ц/га	6,6...41,2	8,0...34,5	5,7...49,1	7,3...39,0
Преимущество (над дробью количество лет, под – ц/га)	12	4	14	7
	3,0...18,7	3,3...13,3	5,0...14,7	3,7...11,4
На одном уровне (над дробью количество лет, под – ц/га)	9	9	4	4
	15,6...37,4	15,3...34,5	5,7...23,0	7,3...23,0
НСР05	2,9			

*за исключением 5 лет, когда не было данных. В таблице представлены годы, в которые урожайность озимой пшеницы выше яровой или на одном уровне, годы с недостоверным уровнем различий по урожайности не отражены.

Таблица 2 – Возобновление весенней вегетации озимой пшеницы (1987–2020 гг.)

Показатель	Период начала отрастания			
	1.04...05.04	6.04...10.04	11.04...15.04	16.04...25.04
Средняя дата	3.04	8.04	13.04	20.04
Число случаев	11	11	7	7
Частота, %	30	30	20	20

в 1994, 1996, 2000, 1998, 2010 гг. из-за массовой гибели растений от низких температур при малом слое снега в поздне-осенний и зимний период. Если сорт не обладает генетической «гибкостью» к широкому спектру почвенно-климатических условий, то он не может противостоять действию различных биотических и абиотических стрессов [12]. При возобновлении вегетации весной, когда происходит дифференциация конуса нарастания (образование колосовых бугорков) растениям необходимы умеренно пониженные температуры [13]. Возобновление весенней вегетации в Зауралье в 60 % случаев отмечено в период с 1 по 10 апреля (табл. 2). Позднее ее начало отмечали в 20 % случаев, оно затягивалось до 16...25 апреля, что способствовало сохранению влаги в период кущения – выход в трубку и положительно влияло на растения.

К основным факторам, влияющим на урожайность сельскохозяйственных культур, относят количество выпавших осадков и температуру воздуха в период вегетации [14]. При этом важна не только сумма осадков, но и их распределение по фазам развития. Корреляционный анализ взаимосвязи урожайности и влагообеспеченности за годы исследований (1987–2020 гг.) показал ее недостаточную информативность для конкретных выводов. Средняя связь прослеживалась только с суммой осадков за год и осадками июля ($r=0,5$ и $0,4$ соответственно).

Для проведения дальнейшего анализа уровень урожайности по годам был разбит на три группы: низкая ($0,5...15,7$ ц/га), средняя

($17,7...26,0$ ц/га), высокая ($31,5...45,0$ ц/га). С этой целью величину ее варьирования за годы исследований разделили на три одинаковых интервала, дополнительно ориентируясь на экспертные данные. В целом потенциал продуктивности озимой пшеницы в Курганскую область высокий, но в условиях рискованного земледелия, к которым относят территорию региона, в неблагоприятные годы (1987, 1989, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2004, 2010, 2020 гг.) возрастали риски для формирования стабильного урожая более 15 ц/га. В эти годы прямой связи урожайности и осадков по месяцам не наблюдали (табл. 3).

Причины снижения урожайности (до $0,5...15,7$ ц/га) по годам индивидуальны. Так, в 1989 и 2020 гг., когда за июнь и июль выпало 22 и 25,5 мм осадков она составляла 5,7 и 12,3 ц/га соответственно. Наложение недостаточной влагообеспеченности в осенний и весенний вегетационные периоды способствовало понижению урожайности в 2004 г. до 14,2 ц/га. В годы с частичной или полной гибелью посевов (1994, 1996, 1998, 2000, 2010 гг.) отмечено все многообразие негативных факторов для нормальной жизнедеятельности растений озимой пшеницы – низкие температуры в осенний и зимний периоды (1994 г.), весенний возврат холодов (1996 г.), теплый октябрь и возврат весенних холодов (1998 г.). Отсутствие снежного покрова в ноябре 2000 г. при уменьшении температуры на глубине узла кущения ниже критической привело к изреженности стеблестоя, а повышение температуры в апреле вызвало дисбаланс вегетирующих

Таблица 3 – Характеристика агроклиматических условий в годы с низкой урожайностью ($0,5...15,7$ ц/га) озимой пшеницы (Курганский НИИСХ)

Агрономический год	Урожайность, ц/га	Сумма осадков, мм	Среднегодовая температура, °C	Сумма осадков, мм				Среднемесячная t воздуха, °C			
				осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето
1986–1987	15,7	336	1,48	112,1	81,2	95,5	47	8,7	-13,6	1,0	20,9
1988–1989	5,7	251	4,58	64	100	65	22	14,4	-10,5	2,8	22,6
1993–1994	0,5	407	0,59	121	56	88	142	9,1	-16,3	2,4	18,8
1995–1996	0,5	295	2,73	71	74	46,6	103	10,3	-13,2	1,0	20,9
1997–1998	0,5	291	2,01	70	84	42	95	11,6	-14,8	1,7	21,7
1999–2000	0,5	435	3,13	99	83	110	143	11,0	-12,2	4,6	19,9
2002–2003	11,6	391	1,84	86	79	122	104	9,6	-13,3	3,6	17,8
2003–2004	14,2	224	4,43	44	40	70	70	12,7	-9,7	4,3	20,5
2009–2010	0,5	222	1,99	56,9	65	44	56	12,2	-16,6	4,5	20,1
2019–2020	12,3	301	5,08	101,5	80,8	93,1	25,5	10,1	-8,1	8,1	19,4
Среднее	6,2	315,3	2,79	82,6	74,3	77,7	80,7	11,0	-12,8	3,4	20,3
Коэффициент корреляции		-0,1	0,3	0,1	-0,1	0,5*	-0,5*	-0,2	0,6*	0,2	-0,1

*связь существенна при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Таблица 4 – Характеристика агроклиматических условий при средней урожайности (17,7...26,0 ц/га) озимой пшеницы (Курганский НИИСХ)

Агрономи-ческий год	Урожайность, ц/га	Сумма осадков мм	Среднегодовая температура, °С	Сумма осадков, мм				Среднемесячная t воздуха, °С			
				осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето
1990–1991	20,5	331,0	3,53	117,0	82	32	100	9,5	-11,0	5,4	20,8
1994–1995	17,7	268,2	3,72	60,0	87,2	19	102	10,5	-11,3	6,7	19,2
1996–1997	22,3	388,5	2,39	119,5	66	82	121	8,1	-12,1	6,2	17,1
1998–1999	18,2	391,5	2,08	54,5	74	71	192	10,4	-11,4	1,3	17,6
2001–2002	26,0	483,0	2,80	126	90	107	160	8,6	-9,1	3,4	17,1
2006–2007	23,0	330,6	3,83	57,6	112	76	85	10,7	-9,3	4,3	19,1
2007–2008	20,1	348,3	3,78	59,1	65,2	105	119	12,7	-12,3	5,4	20,2
2010–2011	20,7	439,7	0,93	18,7	106	86	229	8,0	-13,4	3,8	18,3
2011–2012	17,9	214,4	2,81	95,6	23,9	62,7	32,2	9,7	-14,6	5,9	21,6
2017–2018	22,2	255,4	2,12	49,6	18,6	112	75	9,6	-11,0	1,7	18,4
2018–2019	20,1	351,1	3,04	112,0	97	62,7	79,4	10,9	-12,5	5,3	19,0
Среднее	20,8	345,6	2,82	79,1	74,7	74,1	117,7	10,9	-12,5	4,5	18,9
Коэффициент корреляции		0,6*	-0,05	0,3	0,2	0,6*	0,2	-0,4	0,7*	-0,3	-0,5*

*связь существенна при уровне значимости $p \leq 0,05$.

надземных органов растений и еще не работающей корневой системы. Во влажный 2003 г. за лето выпало 125 мм, но зима была малоснежной (61 мм) и в весенние месяцы за март–апрель выпало на 60 мм осадков меньше нормы, что сказалось на продуктивности растений. В 2010 г. стрессовое воздействие засухи с мая по июль при низких весенних запасах влаги в почве привело к массовой гибели растений и пересеву яровой культурой. Наиболее губителен недостаток или отсутствие осадков в период январь–март, когда при низких температурах и возврате холодов большинство растений погибало, а учетная урожайность составляла до 0,5 ц/га и менее. Если среднегодовая температура в сочетании со средней за весенне-летний период превышает многолетние значе-

ния, получить высокую урожайность сложно.

При формировании гарантированного среднего урожая озимой пшеницы (20,8 ц/га), отмечено возрастание роли осадков за весь агрономический год ($r=0,6$), а также за осень и весну ($r=0,3$ и $0,6$). Комфортный температурный режим, в среднем 19 °С, так же способствовал повышению урожайности. Возрастала зависимость от температуры зимой ($r=0,7$) и летом ($r=-0,5$). Увеличение температуры в зимний период до -9,1...-9,3 °С и достаточный снежный покров в 2002 и 2007 гг. способствовали лучшей перезимовке культуры и формированию урожайности 23,0 и 26,0 ц/га соответственно. Недостаток влаги в мае 2011 и 2019 гг. (13,0 и 17,7 мм) компенсировался в последующие месяцы, поэтому урожайность со-

Таблица 5 – Характеристика агроклиматических условий в годы с высокой урожайностью озимой пшеницы (30,0...63,1 ц/га), Курганский НИИСХ

Агрономи-ческий год	Урожайность, ц/га	Сумма осадков мм	t°С*	Сумма осадков, мм				Среднемесячная t воздуха, °С			
				осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето
1984–1985	41	434,7	0,01	175,4	83,4	42,5	133,4	9,7	-17,2	1,6	17,4
1985–1986	63,1	360,6	1,45	52,3	105,1	68,7	134,5	9,6	-13,6	3,1	17,0
1987–1988	43,7	342,7	1,49	120,5	67	52,2	103	8,7	-15,0	3,6	20,5
1989–1990	49,1	468	3,40	133	100	95	140	9,4	-10,7	5,0	19,6
1991–1992	34	351	2,07	70	97	45	139	12,2	-11,8	0,4	16,3
1992–1993	30,0	358,4	2,05	61	65	93,4	139	8,3	-10,8	1,6	19,2
2000–2001	35,0	418,5	1,83	103,5	121	51	143	8,3	-13,9	5,8	17,8
2004–2005	31,5	462	3,02	176	64	102	120	10,6	-13,9	6,8	19,5
2005–2006	36,5	345	2,32	90	43	121	91	8,3	-12,5	4,8	19,2
2008–2009	33,2	283	4,21	67	59,7	65,8	90,8	10,5	-9,5	6,6	18,5
2012–2013	36,5	430,6	2,16	61,8	154,2	134	80,6	11,1	-13,4	2,8	18,8
2013–2014	36,3	324,2	3,18	59,3	104,7	52,6	107,6	9,7	-10,5	5,6	17,1
2014–2015	37,4	358,3	3,37	93,5	68,2	90,3	106,3	9,2	-10,2	4,9	19,6
2015–2016	36,8	455,7	2,92	88,3	113,3	63,9	190,2	6,7	-10,1	5,9	18,7
2016–2017	45,0	447,6	1,66	103,8	134,7	83,4	125,7	9,8	-14,8	4,4	18,4
Среднее	39,3	389	2,34	97	92	77,4	122,9	9,5	-12,5	4,2	18,5
Среднемноголетние значения		367	2,6	88	79	71	106	10	-12,2	3,5	19,1
Коэффициент корреляции		0,1	-0,3	-0,03	0,3	-0,1	0,1	0,04	-0,3	-0,1	-0,01

Таблица 6 – Корреляция между урожайностью озимой пшеницы и агроклиматическими условиями в годы с различной урожайностью

Урожайность, ц/га		Сумма осадков мм	t°C*	Сумма осадков, мм				Среднемесячная t°C воздуха			
				Осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето
Низкая	6,2	-0,1	0,3	0,1	-0,1	0,5*	-0,5	-0,2	0,6*	0,2	0,2
Средняя	20,8	0,6*	-0,5*	0,3	0,2	0,6*	0,2	-0,4	0,7*	-0,3	-0,5*
Высокая	39,3	0,1	-0,3	-0,03	0,3	-0,1	0,1	-0,04	-0,3	-0,1	-0,01
Общая		0,4	-0,2	0,2	0,3	-0,1	0,3	-0,4	0,05	0,1	-0,5*

*связь существенна при уровне значимости $p \leq 0,05$.

ставила 20,7 и 20,1 ц/га соответственно (табл. 4).

Высокая продуктивность 30,0...63,1 ц/га возможна при полном удовлетворении озимой пшеницы во влаге и тепле (табл. 5). При ее формировании влагообеспеченность за год была выше, по отношению к среднегодовым показателям, на 22 мм (6 %), за осень – на 9 мм (10,2 %), за зиму – на 13 мм (16,4 %), весну – на 6,4 мм (9 %), за лето – на 16,9 мм (15,9 %).

Анализ формирования высокой урожайности (более 30 ц/га), зафиксированной в течение 15 влагообеспеченных лет, показал отсутствие ее прямой зависимости от сезонных агроклиматических колебаний, на что указывают коэффициенты корреляции (0,01...0,3) (табл. 6).

Хорошее увлажнение весной и летом, благоприятный режим температуры, отсутствие значительных по времени засушливых периодов и низких температур способствовали более полной реализации потенциала озимой пшеницы, нормальному формированию и созреванию зерна к концу июля – началу августа.

К снижению урожайности озимой пшеницы до среднего уровня 20,8 ц/га приводит недостаток поступления влаги весной ($r=-0,6$) и летом ($r=-0,5$), но положительно влияют почвенные запасы за счет зимних осадков ($r=0,7$).

Если на протяжении всего вегетационного периода количество осадков ниже среднегодовом значений (-51,7 мм) максимальная урожайность, которую можно получить, не превышает 15 ц/га. Температурный режим для формирования урожайности любого уровня в среднем не отличается от среднегодовом значений. Но в условиях холодной зимы, особенно в декабре (-3,5 °C) и возврате холодов в апреле (-1,3 °C) озимая пшеница погибала или значительно снижала урожайность.

Выводы. Таким образом, озимая пшеница при достаточном количестве зимних осадков

(1987, 2007, 2012, 2020 гг.) более устойчива к дефициту влаги, чем яровая мягкая пшеница, прибавка урожайности достигает 4,8 ц/га. Корреляционный анализ взаимосвязи урожайности и влагообеспеченности за годы исследований (1986–2020 гг.) показал среднюю существенную связь с суммой осадков и осадками июля ($r=0,49...0,41$).

Причины снижения урожайности (до 0,5...15,7 ц/га) по годам индивидуальны. При формировании среднего гарантированного урожая 17,7...26,0 ц/га достоверно возрастает роль осадков за весь вегетационный период озимой пшеницы ($r=0,56$), а также за осень и весну ($r=0,31$ и $0,61$). Комфортный температурный режим, в среднем 19 °C в летний период, так же способствует повышению урожайности, возрастает зависимость от температуры зимой ($r=0,66$) и летом ($r=-0,54$).

Формирование высокой продуктивности (30,0...63,1 ц/га) возможно при наиболее полном обеспечении потребностей озимой пшеницы во влаге и тепле. В годы с максимальной урожайностью сложились следующие метеосостояния: сумма осадков за год – 389,4 мм, температура – 2,34 °C. По периодам вегетации – количество осадков за осень 97 мм, зима – 92 мм, весна – 77,4 мм, лето – 122,9 мм; температура – соответственно 8,9 °C, -12,5 °C, 4,2 °C и 18,5 °C.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 4.1.2.1. «Поиск, сохранение, изучение генетических ресурсов растений и использование их в селекционном процессе при создании новых форм, сортов и гибридов сельскохозяйственных, лекарственных и ароматических культур» (тема № 0532-2021-0008).

Литература

- Kim R. E., Mackey B. International environmental law as a complex adaptive system // International Environmental Agreements. 2014. Vol. 14. No. 1. P. 5–24.
- Дорохов Б. А., Васильева Н. М. Современные погодные условия и их воздействие на хозяйственные показатели озимой пшеницы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. С. 106–111.
- Иванов А. Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России // Земледелие. 2009. С. 3–5.
- Мамаев В. В. Изменения агрометеорологических условий в юго-западной части центра России и их влияние на урожайность озимой пшеницы // Вестник Алтайского ГАУ. 2021. №6 (200) С. 5–13.
- Прянишников А. И., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Изменение экологических условий формирования продуктивности пшеницы в Поволжье // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. №3 (23). С. 58–63.
- Пальчиков Е. В., Волков С. А., Мацнев И. Н. Урожайность и некоторые показатели качества зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2017. № 2. С. 24–27.
- Стабильность урожая озимой пшеницы – возможность расширения площадей возделывания / Л. Т. Мальцева, Е. А. Филиппова, Н. Ю. Банникова и др. // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 32–36.

8. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate // *Journal of Experimental Botany*. 2015. Vol. 66. No. 12. P. 3499–3509.
9. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания с/х культур. Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1985. 269 с.
10. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий / Г. Я. Маслова, М. Р. Абдраев, И. И. Шарапов и др. // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20. № 2 (3). С. 455–458.
11. Зависимость урожая яровой пшеницы от вида севооборота и метеорологических условий / Ю. Ф. Курдюков, Н. Г. Левицкая, Л. П. Лощинина и др. // *Земледелие*. 2014. № 1. С. 41–43.
12. Ионов Е. В., Газе В. Л., Некрасов Е. И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур // *Зерновое хозяйство России*. 2013. № 3. С. 19–21.
13. Захаров А.И., Никитин С.Н., Шарипова Р.Б. Основные причины гибели озимых посевов в 2011/2012 гг. в Ульяновской области // *Земледелие*. 2014. № 2. С. 5–6.
14. Засуха в Оренбуржье и ее последствия / Н. А. Максюттов, В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов и др. // *Земледелие*. 2013. № 8. С. 3–4.

Сведения об авторах:

Филиппова Елена Александровна – старший научный сотрудник, elena-filippova-kniich@mail.ru
 Баникова Наталья Юрьевна – старший научный работник
 Мальцева Лидия Терентьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: info@kurganniish.ru
 Дробот Ирина Александровна – научный сотрудник; e-mail: irina.drobot@inbox.ru
 Катаева Наталья Владимировна – младший научный сотрудник
 Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

ANALYSIS OF WEATHER CONDITIONS IN CONNECTION WITH THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE TRANS-URAL

E. A. Filippova, N. Yu. Bannikova, L. T. Maltseva, I. A. Drobot, N. V. Kataeva

Abstract. The research was carried out in order to analyze weather conditions and their impact on the formation of the yield of winter soft wheat in the forest-steppe zone of Kurgan region. The work was carried out in 1985–2020. In the years of testing, winter wheat in terms of yield exceeded spring wheat in the state variety plots of Kurgan region by an average of 4.1 c/ha, in the experiments of Kurgan Research Institute of Agriculture by 2.8 c/ha (26.4 ... 26.8 c/ha). The advantage of winter wheat over spring wheat was noted at 12–14 years, and that of spring wheat over winter wheat at 4–6 years. In other years, the differences were not significant. In Kurgan Research Institute of Agriculture, the lowest yields were noted in 1989 and 2003. (5.7 and 11.6 c/ha, respectively), record (63.1 c/ha) - in wet 1986. According to the influence of the hydrothermal regime, the studied years are divided into high-yielding (31.5...45.0 c/ha), medium (17.7...26.0 c/ha) and low-yielding (0.5...15.7 c/ha). The reasons for the decrease in yields are individual - these are periods with droughts, low temperatures, etc. In years with mass loss of crops (5 years), the influence of a complex of negative factors was noted. A positive effect on the yield ($r_{05}=0.51$) had a late resumption of vegetation in the spring. During the formation of the crop (20 c/ha), a positive role was noted for winter and spring precipitation ($r=0.7$ and 0.6 , respectively), the temperature regime in winter ($r=0.7$) and summer ($r=0.5$). In 2002 and 2007 with good overwintering, which was facilitated by sufficient snow cover, productivity was noted at the level of 23.0 and 26.0 c/ha, respectively. Lack of moisture in May 2011, 2019 compensated for the precipitation of the subsequent period. High productivity (more than 30 q/ha) for 15 years was noted with moisture supply in autumn above the norm by 10.2%, in winter - by 16.4%, in spring - by 9%, in summer - by 15.9%, in general for the year - by 6%.

Key words: weather conditions, winter soft wheat (*Triticum aestivum* L.), precipitation, temperature, yield.

References

1. Kim RE, Mackey B. International environmental law as a complex adaptive system. *International Environmental Agreements*. 2014; Vol. 14. 1. 5–24 p.
2. Dorokhov BA, Vasil'eva NM. [Modern weather conditions and their impact on the economic indicators of winter wheat]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2019; 106–111 p.
3. Ivanov AL. [Global climate change and its impact on agriculture in Russia]. *Zemledelie*. 2009; 3–5 p.
4. Mamaev VV. [Changes in agrometeorological conditions in the southwestern part of the center of Russia and their impact on winter wheat productivity]. *Vestnik Altaiskogo GAU*. 2021; 6 (200). 5–13 p.
5. Pryanishnikov AI, Levitskaya NG, Demakina II. [Changing the environmental conditions for wheat productivity formation in Volga region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2017; 3 (23). 58–63 p.
6. Pal'chikov EV, Volkov SA, Matsnev IN. [Productivity and some indicators of winter wheat grain quality depending on the predecessors]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya*. 2017; 2. 24–27 p.
7. Mal'tseva LT, Filippova EA, Bannikova NYu. [Stability of the winter wheat crop – the possibility of expanding the cultivation areas]. *Kormoproduktstvo*. 2020; 7. 32–36 p.
8. Dockter C, Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*. 2015; Vol. 66. 12. 3499–3509 p.
9. Fedin MA. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya s/kh kul'tur*. [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow: Ministerstvo sel'skogo khozyaistva SSSR. 1985; 269 p.
10. Maslova GYa, Abdryaev MR, Sharapov II. [Yield and grain quality of winter wheat varieties depending on agrometeorological conditions]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2018; Vol. 20. 2 (3). 455–458 p.
11. Kurdyukov YuF, Levitskaya NG, Loshchinina LP. [Dependence of the spring wheat yield on the type of crop rotation and meteorological conditions]. *Zemledelie*. 2014; 1. 41–43 p.
12. Ionova EV, Gaze VL, Nekrasov EI. [Prospects for the use of adaptive zoning and adaptive selection of agricultural crops]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2013; 3. 19–21 p.
13. Zakharov AI, Nikitin SN, Sharipova RB. [The main causes of death of winter crops in 2011/2012 in Ulyanovsk region]. *Zemledelie*. 2014; 2. 5–6 p.
14. Maksyutov NA, Zhdanov VM, Skorokhodov VYu. [Drought in Orenburg region and its consequences]. *Zemledelie*. 2013; 8. 3–4 p.

Authors:

Filippova Elena Aleksandrovna – senior researcher, elena-filippova-kniich@mail.ru
 Bannikova Natalya Yuryevna – senior researcher
 Maltseva Lidiya Terentyevna – Ph.D. of Agricultural sciences, leading researcher; e-mail: info@kurganniish.ru
 Drobot Irina Alexandrovna – researcher; e-mail: irina.drobot@inbox.ru
 Kataeva Natalya Vladimirovna – junior researcher
 Ural Federal Agrarian Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia