

**Влияние гидротермических условий на урожайность
яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при применении
минеральных удобрений в засушливом Поволжье**

**Дмитрий Юрьевич Журавлев, Татьяна Михайловна Ярошенко,
Надежда Федоровна Климова, Валентина Александровна Куликова**
ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. В работе отражены результаты эффективности применения различных доз минеральных удобрений в длительном стационарном опыте на яровой мягкой пшенице за девять ротаций шестипольного севооборота (27 лет возделывания) в условиях степной зоны Поволжья. Систематическое применение средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений способствовало получению самых высоких прибавок урожая к контролю в опыте на протяжении всего периода исследований. Установлен средний уровень корреляционной связи между гидротермическими условиями в период май – июль и продуктивностью культуры. Отдельные расчеты по месяцам показали средний уровень корреляции с июнем. По результатам регрессионного анализа определена степень влияния гидротермических условий как факториального признака на продуктивность яровой мягкой пшеницы в опыте. Анализ показал, что воздействие полученных значений гидротермического коэффициента в мае и июле на продукционный процесс вегетирующих растений было несущественным, а в июне достигло 30 % по опыту.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница; гидротермические условия; минеральные удобрения; длительный стационарный опыт; чернозем южный; засушливая степь Поволжья.

Для цитирования: Журавлев Д. Ю., Ярошенко Т. М., Климова Н. Ф., Куликова В. А. Влияние гидротермических условий на урожайность яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при применении минеральных удобрений в засушливом Поволжье // Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 26–33. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i6pp26-33>.

AGRONOMY

Original article

**The effect of hydrothermal conditions on the yield
of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) when using
mineral fertilizers in the arid Volga region**

Dmitry Yu. Zhuravlev, Tatiana M. Yaroshenko, Nadezhda F. Klimova, Valentina A. Kulikova
Federal Agrarian Scientific Center for South-East Region, Saratov, Russia, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Abstract. The paper reflects the results of the effectiveness of the use of various doses of mineral fertilizers in a long stationary experiment on spring soft wheat for nine rotations of a six-field crop rotation (27 years of cultivation) in the conditions of the steppe zone of the Volga region. The systematic use of medium and high doses of nitrogen-phosphorus fertilizers contributed to obtaining the highest yield increases to control in the experiment throughout the entire research period. The average level of correlation between hydrothermal conditions in the period May-July and crop productivity has been established. Separate calculations by month showed an average level of correlation with June. Based on the results of regression analysis, the degree of influence of hydrothermal conditions as a factorial feature on the productivity of spring soft wheat in the experiment was determined. The analysis showed that the effect of the obtained values of the hydrothermal coefficient in May and July on the production process of vegetating plants was insignificant, and in June it reached 30% according to experience.

Keywords: spring soft wheat; hydrothermal conditions; mineral fertilizers; long stationary experience; southern chernozem; arid steppe of the Volga region.

For citation: Zhuravlev D. Yu., Yaroshenko T. M., Klimova N. F., Kulikova V. A. The effect of hydrothermal conditions on the yield of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) when using mineral fertilizers in the arid Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(6):26–33. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i6pp26-33>.





Введение. Яровая мягкая пшеница является одной из наиболее важных сельскохозяйственных культур в нашей стране. Получение высоких урожаев с хорошими качественными показателями зависит от гидротермических условий, складывающихся в период ее вегетации. Действие погодного фактора при этом оказывается выше влияния сортовых особенностей данной культуры [1, 9]. Применение минеральных удобрений под яровую пшеницу позволяет получать дополнительные прибавки урожая зерна более высокого качества, снижая негативное воздействие погодных условий [2, 7, 10]. При этом наблюдается тесная корреляция между продуктивностью яровых зерновых культур и значением гидротермического коэффициента в июне, а также обеспеченностью растений доступными формами элементов питания в почве [5, 6]. Возделывание данной культуры в Саратовской области, характеризующейся континентально засушливым климатом, сопряжено с определенными рисками. Существенные различия по уровню теплообеспеченности и запасу продуктивной влаги в микрорайонах области в период вегетации яровой пшеницы требуют всестороннего изучения влияния погодных факторов на возможность реализации биологического потенциала данной культуры.

Цель работы – выявить степень воздействия гидротермических условий степной зоны Поволжья на продуктивность яровой мягкой пшеницы при систематическом применении минеральных удобрений в условиях длительного стационарного опыта (как за весь период вегетации культуры в целом, так и по отдельным месяцам).

Методика исследований. Занесенный в Реестр аттестатов Геосети длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации под № 15 длительный полевой стационарный опыт под названием: «Разработка зональных систем удобрений в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур» был заложен доктором сельскохозяйственных наук, профессором М. П. Чуб и ее сотрудниками в 1969–1971 гг. на плакорно-равнинном агроландшафте в экспериментальном хозяйстве ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (г. Саратов).

Опытный участок имеет следующую характеристику: почва – чернозем южный среднелесной среднесмытой. Содержание гумуса по данным агрохимического обследования, проведенного перед закладкой опыта (1968 г.), в слое почвы 0–40 см составляло 4,35 %, общего азота – 0,235 %, валового фосфора – 0,119 %, валового калия – 1,60 %. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом (по Тюрину – Кононовой) составляла 67 мг/кг, подвижным фосфором (по Мачигину) – 10–12 мг/кг, обменным калием – 345 мг/кг.

Климатические условия района проведения опыта типичны для засушливой черноземной степи Поволжья. Коэффициент континентальности – 180–200 (средне и сильно континентальный). Средний гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода по Г.Т. Селянинову – 0,81 [11]. По многолетним данным (1912–1980 гг.), предоставленным агрометеорологической службой ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», минимальная зарегистрированная температура воздуха составила 37,0 °С; среднегодовая 5,3 °С; максимальная зарегистрированная 41,0 °С. Годовое количество осадков (мм) в среднем по годам: минимальное – 245, среднее – 451, максимальное – 648. Минимальное их количество за вегетационный период – 46,2 мм, среднее и максимальное – 135,8 и 221,5 мм соответственно.

В рабочей программе исследований задействованы 3 поля площадью 1,5 га каждое, что обеспечивает повторяемость в пространстве и во времени для наиболее полного учета погодноклиматических особенностей засушливой степи Поволжья (в 1969–1971 гг. каждое из трех полей по очереди входило в севооборот первым полем). В опыте применяли рендомизированное расположение вариантов, размер делянок – 235–300 м², повторность – трехкратная. Полученные в опыте экспериментальные данные подвергали статистической обработке [3].

После закладки длительного стационарного опыта в 1969 г. первые 24 года исследований вели в условиях шестипольного зернопаропропашного севооборота (4 ротации) со следующим чередованием культур: пар чистый, озимая пшеница, яровая мягкая пшеница, кукуруза на зеленую массу, ячмень, овес. В пятой ротации севооборот из зернопаропропашного был преобразован в зернопаровой (кукуруза заменена на просо) и приобрел следующий вид: пар чистый, озимая пшеница, яровая мягкая пшеница, просо, ячмень, овес. На сегодняшний день уже полностью окончена восьмая ротация севооборота (48 лет), а также получены экспериментальные данные на всех трех полях, где яровая мягкая пшеница возделывалась в девятой ротации.

На более чем двадцати вариантах опыта изучается действие различных систем удобрений, анализ эффективности шести из них представлен в настоящей работе. Их выбор был обусловлен существенными различиями по дозам и видам минеральных удобрений. Условно их можно



разделить на вар. 1 (контроль, без удобрений), вар. 2 (средние дозы азотных удобрений), вар. 3 (фосфорные удобрения), вар. 6 (минимальные дозы азотно-фосфорных удобрений), вар. 8 (средние дозы азотно-фосфорных удобрений) и вар. 11а (высокие дозы азотно-фосфорных удобрений).

Применение средних доз азотных удобрений (вар. 2) предусматривало внесение непосредственно под яровую пшеницу N40–60 с 4-й по 9-ю ротации. Поскольку фосфорные удобрения в дозе P40 в чистом виде на вар. 3 вносили 2–3 раза за ротацию только под озимую пшеницу, кукурузу/просо и ячмень, то на яровой мягкой пшенице учитывали лишь их последствие. Минимальная система удобрений (вар. 6) в опыте подразумевала однократное внесение P40 и N30–40 1–2 раза за ротацию шестипольного севооборота. В случае с яровой пшеницей на этом варианте учитывали последствие ранее внесенных фосфорных удобрений, а доза N40 была внесена лишь в девятую ротацию (табл. 1). При средних дозах азотно-фосфорных удобрений (вар. 8) под яровую пшеницу систематически применяли N40–60, а фосфорные удобрения в дозе P40–50 во вторую, третью и пятую ротацию севооборота. Вариант 11а отличался более высокими дозами азотных удобрений (N60–90), которые применяли во все годы возделывания яровой пшеницы. Фосфорные удобрения (P40) при этом вносили в седьмую и восьмую ротации. В опыте на всех культурах севооборота фосфорные удобрения вносили осенью под вспашку. За исключением озимой пшеницы, где азотные удобрения применяли в виде позднеосенней подкормки, на остальных культурах их также вносили под основную обработку.

Промежуточные этапы проведенных исследований, касающиеся яровой мягкой пшеницы и других культур севооборота были опубликованы ранее [4, 8, 11, 12].

Таблица 1

**Система удобрений яровой мягкой пшеницы в длительном стационарном опыте
(с 1-й по 9-ю ротации севооборота)**

Вариант	Внесено с минеральными удобрениями под яровую пшеницу	
	в сумме за 9 ротаций севооборота	в среднем за ротацию
1	–	–
2	N280	N31,1
3	–	–
6	N40	N4,4
8	N460P130	N51,1P14,4
11а	N680P80	N75,5P8,9

Результаты исследований. В течение девяти ротаций шестипольного севооборота возделываемая в опыте яровая мягкая пшеница существенно отличалась по уровню урожайности в отдельные годы, а также по-разному отзывалась на применение минеральных удобрений. За прошедшие 54 года исследований эта культура в опыте возделывалась 27 лет, которые по гидротермическим условиям (ГТК по Селянинову Г.Т.) периода ее вегетации можно было характеризовать как влажные ($>1,0$), средnezасушливые ($1,0-0,4$) и остроzасушливые ($<0,4$).

В первой ротации севооборота гидротермические условия вегетационного периода яровой пшеницы характеризуют 1971 г. как средnezасушливый. При этом условия увлажнения были наиболее оптимальными в июне, что обеспечило получение достоверной прибавки урожая по отношению к контролю от внесения минеральных удобрений на вариантах 8 и 11а (2,3 и 2,5 ц/га соответственно). Дефицит влаги, сложившийся с мая по июль в остроzасушливом 1972 г., стал главной причиной низкой продуктивности культуры. Благоприятные гидротермические условия периода вегетации в 1973 г. способствовали высокой продуктивности яровой пшеницы в опыте без применения удобрений. В таких условиях достоверная прибавка урожая зерна к контролю (4,7 ц/га) была получена лишь от применения высокой дозы азотных удобрений на вар. 11а (табл. 2).

Анализ продуктивности яровой пшеницы в период второй ротации севооборота выявил некоторые особенности. Так, урожайность яровой пшеницы в средnezасушливом 1977 году на контроле оказалась на 26,8 % ниже, чем в остроzасушливом 1979, что, вероятно, было связано с полным отсутствием осадков в первые две декады мая 1977 года. Полученная прибавка урожая зерна к контролю в 1977 году от применения высоких доз удобрений (вар. 11а) при этом все же была выше значений 1979 года (4,8 ц/га против 3,6 ц/га). Благоприятные гидротермические условия мая и июня 1978 года способствовали как высокой продуктивности яровой пшеницы на контроле, так и дополнительному росту урожайности от применения высоких доз азотно-фосфорных удобрений (на 5,1 ц/га).

Урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях длительного стационарного опыта с удобрениями, ц/га

Годы возделывания	Вариант опыта						НСР ₀₅
	1 (контроль)	2	3	6	8	11а	
1-я ротация							
1971	13,2	14,0	14,2	14,6	15,5	15,7	1,5
1972	2,7	3,3	3,5	2,9	2,8	2,9	$F_{\text{теор}} \geq F_{\text{прак}}$
1973	34,7	36,4	33,6	36,5	36,8	39,4	
2-я ротация							
1977	9,0	13,1	9,0	10,2	13,5	13,8	1,9
1978	30,0	28,5	29,9	30,4	32,1	35,1	2,2
1979	12,3	13,9	13,3	13,1	14,3	15,9	1,8
3-я ротация							
1983	11,5	12,0	11,2	11,1	16,3	17,8	1,6
1984	1,8	2,00	2,0	2,5	2,0	1,9	0,9
1985	30,7	32,4	27,1	32,6	44,0	42,5	2,8
4-я ротация							
1989	8,8	9,7	12,1	10,4	14,7	12,9	2,6
1990	13,7	19,0	14,9	14,8	20,3	20,4	3,6
1991	11,1	12,4	11,9	11,9	13,8	15,3	2,3
5-я ротация							
1995	3,4	3,9	4,8	3,9	5,4	5,0	1,4
1996	11,9	13,9	13,6	13,8	14,4	14,9	2,3
1997	19,4	32,8	21,8	26,2	30,5	35,2	5,2
6-я ротация							
2001	17,4	22,4	18,6	20,8	24,5	24,7	3,4
2002	10,8	12,3	10,0	12,6	14,7	14,7	2,2
2003	18,8	27,2	21,1	22,6	27,8	31,0	2,5
7-я ротация							
2007	9,7	10,2	10,4	10,4	12,6	13,0	3,0
2008	7,6	12,1	7,8	9,7	12,4	12,7	3,4
2009	1,4	3,5	3,6	2,4	4,1	2,5	1,0
8-я ротация							
2013	17,4	18,6	17,4	18,3	18,9	19,4	$F_{\text{теор}} \geq F_{\text{прак}}$
2014	15,3	23,4	15,6	18,4	26,1	27,2	6,2
2015	12,6	14,8	14,9	15,6	13,9	13,4	$F_{\text{теор}} \geq F_{\text{прак}}$
9-я ротация							
2019	7,8	8,4	8,4	8,7	10,5	11,0	1,8
2020	7,4	11,5	8,6	12,2	13,6	13,1	1,9
2021	2,6	4,4	2,9	3,2	3,6	5,9	1,9

В третьей ротации, несмотря на средnezасушливые условия мая – июля 1983 г., крайне неблагоприятные гидротермические условия, сложившиеся в июне и июле, существенно снизили урожайность яровой пшеницы на контрольном варианте опыта. Внесение под основную обработку средних (вар. 8) и высоких (вар. 11а) доз азотно-фосфорных удобрений существенно повысило ее продуктивность (прибавка к контролю 4,8 и 6,3 ц/га соответственно). Крайне низкая продуктивность яровой пшеницы в 1984 г. по опыту в целом была вызвана острой засухой в мае (в течение месяца выпало лишь 3,2 мм осадков в третьей декаде), что не было компенсировано осадками июня. При схожей ситуации, сложившейся в 1985 г., но в благоприятных гидротермических условиях июня (сумма осадков за месяц составила 158,1 мм), активизация ростовых процессов у яровой пшеницы позволила получить высокий урожай зерна без применения удобрений (см. табл. 2). Существенные прибавки урожая к контролю от внесения средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений (11,8–13,3 ц/га) в условиях хорошего увлажнения были получены от повышения усвояемости питательных веществ из удобрений.





Обильные осадки в мае 1989 г. (102,3 мм) в период четвертой ротации севооборота сопровождались понижением температуры атмосферного воздуха в третьей декаде до 7,0 °С, что негативно повлияло на продуктивность яровой пшеницы. При этом достоверные прибавки урожая были получены от последствий одних фосфорных, а также внесения средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений. Благоприятные гидротермические условия 1990 г. способствовали росту урожайности яровой пшеницы на удобренных вариантах по отношению к контролю на 5,3–6,7 ц/га (см. табл. 2, табл. 3). В засушливых условиях 1991 г. общая продуктивность культуры снизилась, а достоверные прибавки урожая зерна к контролю были получены только от применения средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений.

Таблица 3

Изменение гидротермического коэффициента (ГТК) в период возделывания яровой мягкой пшеницы в условиях длительного стационарного опыта с удобрениями, ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»

Годы возделывания	ГТК, в среднем за май – июль	ГТК по месяцам		
		май	июнь	июль
1-я ротация				
1971	0,43	0,20	0,64	0,45
1972	0,28	0,20	0,34	0,31
1973	1,15	1,80	0,96	0,70
2-я ротация				
1977	0,76	0,78	0,87	0,64
1978	1,17	1,40	1,68	0,43
1979	0,33	0,02	0,25	0,72
3-я ротация				
1983	0,86	1,86	0,38	0,34
1984	0,61	0,05	0,72	1,07
1985	1,12	0,28	2,76	0,34
4-я ротация				
1989	1,47	2,42	1,23	0,78
1990	1,10	0,90	1,00	1,40
1991	0,40	0,30	0,57	0,34
5-я ротация				
1995	0,38	0,25	0,60	0,30
1996	0,60	0,60	0,86	0,36
1997	1,19	1,86	0,55	1,16
6-я ротация				
2001	0,96	1,55	1,22	0,13
2002	0,39	0,30	0,59	0,28
2003	1,24	0,41	2,31	1,01
7-я ротация				
2007	0,68	0,30	0,96	0,80
2008	1,20	0,71	1,34	1,57
2009	0,67	1,22	0,37	0,43
8-я ротация				
2013	1,17	0,72	2,24	0,56
2014	0,60	0,30	1,28	0,20
2015	0,74	1,12	0,68	0,44
9-я ротация				
2019	0,55	0,60	0,31	0,74
2020	0,71	0,74	1,34	0,06
2021	0,80	0,65	1,14	0,60

В пятой ротации гидротермические условия вегетационного периода в 1995 г. были отмечены засухой в мае (сумма месячных осадков составила лишь 13,3 мм), что способствовало низкой



продуктивности яровой пшеницы. В этом случае под влиянием внесенных удобрений были получены достоверные прибавки урожая зерна к контролю на вариантах 8 и 11а, однако они были невысокими (1,6–2,0 ц/га). В средnezасушливых условиях 1996 г. на этих вариантах отмечали несколько больший рост урожайности по отношению к контролю (на 2,5–3,0 ц/га). Наиболее благоприятные гидротермические условия вегетационного периода в 1997 г. способствовали существенному росту урожайности яровой пшеницы по отношению к контролю практически на всех удобренных вариантах за все время проведения исследований (на 6,8–15,4 ц/га).

В шестой ротации севооборота в условиях достаточного увлажнения в мае и июне 2001 г. хорошие прибавки урожая (5,0–7,3 ц/га) были получены от применения средних доз азотных (вар. 2), а также средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений (вар. 8 и 11а). В средnezасушливых условиях периода вегетации яровой пшеницы в 2002 г. общая продуктивность культуры снизилась, а полученные прибавки урожая на вариантах 8 и 11а были ниже (3,9 ц/га). Обильные осадки в июне 2003 г. (113,8 мм) совпали с критическими фазами развития яровой пшеницы (выход в трубку, начало колошения), которые сопровождаются активным накоплением вегетативной массы. В таких условиях при возрастающей потребности культуры в питательных веществах применение азотных и азотно-фосфорных удобрений обеспечило получение высоких прибавок урожая зерна (3,8–12,2 ц/га).

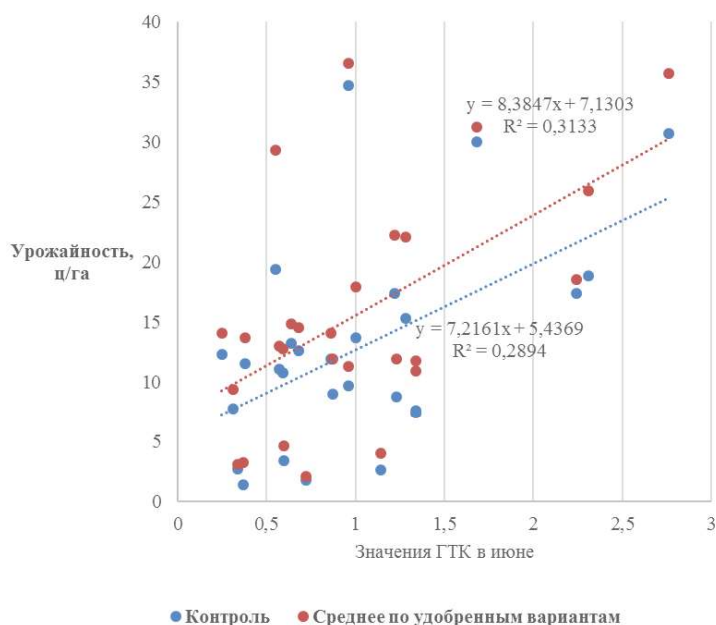
Крайне засушливый май в 2007 г. не способствовал получению высоких урожаев яровой пшеницы в седьмой ротации севооборота. Достоверная прибавка урожая к контролю в этом случае была получена только от внесения высоких доз азотно-фосфорных удобрений (3,3 ц/га). С улучшением уровня увлажненности вегетационного периода в 2008 г. эффективность азотных и азотно-фосфорных удобрений повышалась (увеличение к контролю на 4,5–5,1 ц/га). Несмотря на достаточное количество осадков в мае 2009 г. (55,7 мм), гидротермические условия июня были крайне неблагоприятными, что негативно сказалось на уровне урожайности яровой пшеницы. Достоверные, но невысокие прибавки урожая были получены на всех удобренных вариантах опыта (см. табл. 2, 3).

В период восьмой ротации шестипольного севооборота из-за высокой вариабельности полученных урожайных данных (2013 и 2015 гг.) лишь в 2014 г. на удобренных вариантах были получены статистически достоверные прибавки урожая зерна к контролю. Несмотря на остроzасушливые условия мая, выпавшие в июне осадки (73,5 мм) способствовали высокой эффективности применения азотных (вар. 2), средних (вар. 8) и высоких (вар. 11а) доз азотно-фосфорных удобрений (прибавки к контролю – 8,1; 10,8 и 11,9 ц/га соответственно).

Средnezасушливые условия 2019 г. в девятой ротации севооборота негативно сказались на уровне урожайности яровой пшеницы. Достоверные прибавки урожая к контролю при этом были получены лишь на вариантах 8 и 11а (2,7–3,2 ц/га). В 2020 г. при лучшей влагообеспеченности вегетационного периода существенные прибавки урожая к контролю (4,1–6,2 ц/га) получили на всех вариантах, за исключением вар. 3, где учитывали только последствие фосфорных удобрений. Низкая продуктивность яровой пшеницы в 2021 г. была обусловлена поздними сроками сева (9 мая), в результате чего произошло смещение по времени периода наступления и прохождения фаз развития культуры. Вступление растений яровой пшеницы в фазу цветения выпало на третью декаду июня, когда максимальная суточная температура воздуха достигла 29,5 °С. Высокие температуры атмосферного воздуха в дневные часы негативно повлияли на формирование ее будущего урожая. Тем не менее, даже в таких неблагоприятных погодных условиях, достоверные прибавки урожая к контролю были получены от внесения средних доз азотных и высоких доз азотно-фосфорных удобрений (1,8–3,3 ц/га).

Проведение корреляционного анализа позволило определить степень влияния гидротермических условий, сложившихся в период вегетации яровой пшеницы, на ее продуктивность.

Зачастую показатель ГТК за май – июль, который в случае с ранними яровыми зерновыми культурами совпадает с периодом их вегетации, тем не менее, не в полной мере характеризует уровень взаимосвязи погодных условий с их продуктивностью. В нашем случае ретроспективный анализ показал, что корреляция между значением ГТК за май – июль и урожайностью яровой пшеницы на контроле была средней ($r = 0,52$). Связь между ГТК за май – июль и средним значением урожайности удобренных вариантов за 9 ротаций шестипольного севооборота была в целом сопоставима, хотя и несколько превосходила контроль ($r = 0,57$). Однако корреляционный анализ, устанавливающий степень влияния значений ГТК в отдельные месяцы периода вегетации на урожайность яровой пшеницы, показал интересные результаты. Было установлено, что в опыте отсутствовала связь между урожайностью яровой пшеницы на всех вариантах опыта и значениями ГТК мая и июля. При этом средний уро-



Зависимость между гидротермическими условиями в июне и урожайностью яровой мягкой пшеницы в длительном стационарном опыте (1971–2021 гг.)

значениями ГТК в июне и урожайностью яровой пшеницы на контроле и удобренных вариантах в среднем (см. рисунок). При этом продуктивность культуры на контроле в нашем случае на 28,9 % зависела от значений данного агроклиматического показателя в июне, в то время как зависимость удобренных вариантов в среднем составляла 31,3 %.

Заключение. За период проведения исследований, который охватывает девять ротаций шестипольного севооборота, яровая мягкая пшеница возделывалась 27 лет. За это время были получены данные по эффективности применения минеральных удобрений в опыте при различных гидротермических условиях периода ее вегетации. Внесение средних доз только одних азотных удобрений (N40–60) было не всегда эффективным вследствие низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором. Последствие только фосфорных удобрений на фоне низкой обеспеченности нитратным азотом в большинстве случаев не способствовало существенному росту продуктивности культуры в опыте. На варианте, где в севообороте применяются минимальные дозы азотно-фосфорных удобрений, их последствие на яровой пшенице имело эффект только в течение трех лет. Систематическое применение средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений на вариантах способствовало получению самых высоких прибавок урожая к контролю на протяжении всего периода исследований. При этом высокие дозы удобрений по своей эффективности зачастую были сопоставимы со средними дозами. Это обстоятельство объясняется засушливыми условиями степной зоны Поволжья, препятствующие эффективному использованию яровой пшеницей больших доз минеральных удобрений.

Результаты исследований показали, что гидротермические условия периода вегетации яровой пшеницы оказывали влияние на ее продуктивность независимо от уровня обеспеченности макроэлементами питания. Установлено, что в мае и июле воздействие полученных значений ГТК на продукционный процесс вегетирующих растений было несущественным, а в июне достигало 30 % по опыту.

Следует отметить, что на урожайность яровой пшеницы в опыте оказывал влияние целый ряд факторов. Так, существенному снижению продуктивности культуры в опыте способствовало неравномерное распределение осадков в период вегетации, когда в критические фазы развития растений их было недостаточно, а также снижение среднесуточной температуры воздуха в конце мая до 7° С и ее повышение в июне до 29,5° С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бевз С. Я. Влияние погодных условий на биологическую урожайность яровой пшеницы в условиях Новгородской области Северо-Запада России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 91. С. 28–31. DOI 10.21515/1999-1703-91-28-31.
- Добротворская Н. И., Каличкин В. К., Сорокина О. Л. Влияние гидротермических условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Новосибирского Приобья // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 12. С. 16–18.

вень корреляционной связи был установлен между значением ГТК в июне и продуктивностью яровой пшеницы на контроле ($r = 0,54$) и удобренных вариантах ($r = 0,56$). Это объясняется прохождением критических фаз развития растений в июне (кущение, выход в трубку), сопровождающихся активными ростовыми процессами. Именно в этот период потребность данной культуры в питательных веществах и влаге наиболее высокая, и ухудшение гидротермических условий существенно влияет на ее биологический потенциал.

Для определения количественного уровня влияния гидротермических условий, сложившихся за 27 лет ее возделывания в длительном стационарном опыте, на продуктивность яровой мягкой пшеницы нами был проведен регрессионный анализ. Как показали результаты, прямая линейная зависимость наблюдалась между



3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Журавлев Д. Ю., Ярошенко Т. М., Климова Н. Ф. Продуктивность севооборота при длительном применении минеральных удобрений в изменяющихся климатических условиях степного Поволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 21–26. DOI 10.28983/asj.y2022i5pp21-26.
5. Лыскова И. В., Суховеева О. Э., Лыскова Т. В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 2. С. 244–253. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253.
6. Муратов М. Р., Гилязов М. Ю. Корреляция урожайности зерновых и зернобобовых культур от агрохимических параметров почв и погодных условий // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 2(36). С. 128–135. DOI 10.12737/12517.
7. Постников П. А., Попова В. В. Урожайность яровой пшеницы в севооборотах // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 2. С. 19–20.
8. Продуктивность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при систематическом удобрении в условиях длительного стационарного опыта в Поволжье / М. П. Чуб [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 4. С. 3–8.
9. Самарин И. С., Галеев Р. Р. Особенности реализации биологического потенциала урожайности яровой мягкой пшеницы в зависимости от метеорологических условий лесостепи Западной Сибири // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 21–23 октября 2019. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. С. 34–39.
10. Федюшкин А. В., Парамонов А. В., Пасько С. В. Влияние минеральных удобрений и гидротермических условий периода вегетации на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4(40). С. 227–240. DOI 10.31774/2222-1816-2020-4-227-240.
11. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата / М. П. Чуб [и др.] // Бюлл. Геосети ВНИИА. 2014. Вып. 15. 56 с.
12. Ярошенко Т. М., Журавлев Д. Ю., Климова Н. Ф. Влияние длительного применения различных доз минеральных удобрений на продуктивность культур зернопарового севооборота в условиях засушливой степи Поволжья // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 49–56. DOI 10.28983/asj.y2021i8pp49-56.

REFERENCES

1. Bezv S.Ya. The influence of weather conditions on the biological yield of spring wheat in the conditions of the Novgorod region of the North-West of Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;(91):28–31. DOI 10.21515/1999-1703-91-28-31. (In Russ.).
2. Dobrotvorskaya N. I., Kalichkin, Sorokina O. L. The influence of hydrothermal conditions on the yield and quality of spring wheat grain in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2013;(12):16–18. (In Russ.).
3. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. 5th ed., supplement and revision. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
4. Zhuravlev D. Yu., Yaroshenko T. M., Klimova N. F. Productivity of crop rotation with long-term use of mineral fertilizers in the changing climatic conditions of the Volga steppe. *Agrarian scientific journal*. 2022;(5):21–26. DOI 10.28983/asj.y2022i5pp21-26. (In Russ.).
5. Lyskova I. V., Sukhoveeva O. E., Lyskova T. V. The influence of local climate change on the productivity of spring grain crops in the conditions of the Kirov region. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021;22(2):244–253. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253. (In Russ.).
6. Muratov M. R., Gilyazov M. Y. Correlation of grain and leguminous crops yield from agrochemical parameters of soils and weather conditions. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2015;10(2(36)):128–135. DOI 10.12737/12517. (In Russ.).
7. Postnikov P. A., Popova V. V. Yield of spring wheat in crop rotations. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2013;(2): 19–20. (In Russ.).
8. Productivity of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) with systematic fertilization under conditions of long stationary experience in the Volga region / M. P. Chub et al. *Problems of agrochemistry and ecology*. 2014;(4):3–8. (In Russ.).
9. Samarin I. S., Galeev R. R. Features of the realization of the biological potential of the yield of spring soft wheat depending on the meteorological conditions of the forest-steppe of Western Siberia. Actual problems of the agro-industrial complex: proceedings of the scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of Novosibirsk State University, Novosibirsk, October 21–23, 2019. Novosibirsk: IC NGAU “Golden Ear”; 2019. P. 34–39. (In Russ.).
10. Fedyushkin A. V., Paramonov A. V., Pasko S. V. The influence of mineral fertilizers and hydrothermal conditions of the growing season on the yield and quality of spring wheat grain. *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration*. 2020;4(40):227–240. DOI 10.31774/2222-1816-2020-4-227-240. (In Russ.).
11. The effectiveness of long-term use of fertilizers in the agrocnoses of the steppe zone of the Saratov Volga region in arid climate / M. P. Chub et al. Byull. VNIIA geosets. Moscow: 2014. Is. 15. 56 p. (In Russ.).
12. Yaroshenko T. M., Zhuravlev D. Yu., Klimova N. F. Influence of long-term use of various doses of mineral fertilizers on the productivity of crops of grain-fallow crop rotation in the conditions of the arid steppe of the Volga region. *Agrarian scientific journal*. 2021;(8):49–56. DOI 10.28983/asj.y2021i8pp49-56. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 08.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 10.01.2023.
The article was 08.11.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 10.01.2023.