

УДК 633.11»321»:631.559:551.5(470.41)(045)

*Ю.П. Переведенцев, И.Д. Давлятшин, А.А. Лукманов, А.Б. Мустафина***ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ НА ПРИМЕРЕ ТЕТЮШСКОГО
РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН¹**

Рассматривается связь урожайность яровой пшеницы в Тетюшском муниципальном районе Республики Татарстан с метеорологическими параметрами, характеризующими температурно-влажностный режим, в 50-летний период 1970–2019 гг. Получено уравнение множественной регрессии, где предиктантом является урожайность яровой пшеницы, а в качестве предикторов выступают средняя сумма осадков за май-июнь, средняя сумма осадков за вегетационный период (май-август), осадки за год и июнь, температура воздуха за июнь, средняя температура воздуха в период май-июнь. Выявлены корреляционные связи как между отдельными метеорологическими параметрами, так и между фактической урожайностью и метеорологическими показателями. Показано, что наибольшее влияние на урожай оказывают осадки и температура воздуха весенне-летнего периода (май-июнь). Анализ регрессионных уравнений показал, что между фактическими и расчетными данными урожайности яровой пшеницы существует удовлетворительное согласие, что позволяет использовать их в прогнозных целях.

Ключевые слова: урожайность яровой пшеницы, метеорологические показатели, атмосферные осадки, температура воздуха, парная и множественная корреляция, Тетюшский район республики Татарстан.

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-4-457-464

Урожайность яровой пшеницы зависит от множества факторов – природных условий, хозяйственных и биологических особенностей культуры. Среди природных факторов наиболее значимыми являются почвы и климатические условия. Биологические факторы определяют потребности культуры в тепле, влаге и в минеральном питании. Хозяйственные факторы представлены научно-техническим обеспечением технологии выращивания яровой пшеницы, что включает обработку почвы, оптимизацию обеспечения элементами питания, охрану посевов и своевременную уборку урожая [1].

Основу реализации Продовольственной программы представляет валовой сбор урожая яровой пшеницы, что имеет неравномерное распределение как по времени (годам), так и в пространстве, зависит от размера посевной площади и применения современной интенсивной зональной агротехнологии, использования генетического потенциала сортов культуры на фоне оптимизации агрохимического состояния пахотных почв [2]. Эта связь между действующими факторами и урожайностью бывает в линейной и нелинейной формах, что зависит как от характера, степени и времени влияния действующего фактора, так и от биологических особенностей культуры.

Участвующий в формировании урожайности фактор – интенсивность солнечной радиации зависит от географического местоположения объекта исследования, подстилающей поверхности местности и, наконец, сезона года, что изучается в климатологии [3]. Почвенно-агрохимические свойства определяются таксономической единицей почв, особенно в экстенсивном земледелии [4]. Влияние хозяйственной деятельности на урожайность культур обусловлено стадией развития общества, экономического состояния общества и государства [5; 6], связано со сменой систем земледелия, направленной на улучшение обеспеченности почв элементами минерального питания. В экстенсивном земледелии повышение урожайности культур осуществлялось за счет различных приемов – повышения мощности пахотного горизонта, оставления участка под черный пар, внедрения чередования культур (севооборота) и применения умеренных доз органических удобрений, а в интенсивном земледелии – оно в основном реализуется за счет применения органических и минеральных удобрений, интенсивных сортов культур, регуляторов роста, средств защиты растений и высокопроизводительной уборочной техники.

Связь между метеорологическими факторами и урожайностью яровой пшеницы впервые рассмотрена в работах В.М. Обухова [7] и П.И. Колоскова [8]. Более масштабно и с привлечением большего количества факторов – запасов продуктивной почвенной влаги, количества атмосферных осад-

¹ Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-45-160006.

ков, температуры воздуха, дефицита влажности во время периода вегетации и урожайности яровой пшеницы рассмотрена множественная связь Ф.З. Батталовым [9] по данным 58 метеорологических станций СССР. Для территории Республики Татарстан коэффициенты множественной корреляции получены И.Д. Давлятшиным по станциям Арск, Агрыз, Азнакаево, Бугульма, Мензелинск, Муслимово, Лаишево и Чистополь с коэффициентами 0,80-0,91 при объеме временной выборки 11-16 лет. Для расчетов использована средняя урожайность яровой пшеницы, полученная в пределах административных районов.

Связь агроклиматических факторов и урожайности культур также служит для программирования урожайности зерновых культур [10] и критерием расчета оценки почвенного плодородия (баллов бонитета) [11].

Усовершенствованная вычислительная техника позволила расширить матрицу показателей как по ширине (количество факторов), так и по времени до нескольких десятков лет. Такие расчеты проводились И.Д. Давлятшиным и др. [12], О.В. Аввакумовым и др. [13], И.Д. Давлятшиным и А.А. Лукмановым [14].

К временным рядам (выборкам) обычно предъявляются своеобразные требования, касающиеся более жестких, строго ограниченных границ на местности [15]. Фактический материал как по урожайности зерновых культур, так и по параметрам исследования агрометеорологических станций, формируется в пределах муниципальных образований.

Исследование связи между факторами, участвующими в создании товарной продукции пшеницы, с последующим получением расчетной урожайности культуры, входит в ее программирование и служит критерием рационального управления земельными ресурсами.

Цель работы – установление и ранжировка параметров парной и множественной корреляционной связи между метеорологическими показателями и урожайностью яровой пшеницы для создания корреляционной модели в интересах прогнозирования и управления продуктивностью этой культуры.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служат годовая урожайность яровой пшеницы и метеорологические показатели, полученные на станции Тетюши Республики Татарстан (РТ) за 1970–2019 гг., представленные в матрице (табл. 1).

Метеорологические показатели представляют собой количество атмосферных осадков за год, за вегетационный период (средняя сумма осадков в период май-август), средняя сумма осадков за май и июнь, отдельно за июнь. В состав факторов также включена средняя температура воздуха за май-июнь и отдельно за июнь. Всего в матрице и расчетах участвует 7 компонентов с целью учета различных фаз развития растений.

Агроклиматические материалы получены из фонда ВНИИГМИ-МЦД с предварительной обработкой по соответствующим периодам года. Информация об урожайности озимой пшеницы получена из архивных материалов годовых отчетов Тетюшского муниципального района, представленных МСХ и продовольствия РТ. Матрица состоит из 7 граф и 50 строк, включает 350 показателей.

В составе пахотных угодий муниципального района доминируют серые лесные почвы, представлены подтипами до 58 %, субдоминантами служат черноземы лесостепные – 35 %, остальная часть пашни представлена другими таксонами. Преобладающим гранулометрическим составом являются тяжелые суглинки и легкие глины.

Для расчета параметров связи использована программа Statistica-10 с получением параметров корреляционно-регрессионных уравнений, необходимых для расчета показателей урожайности пшеницы.

Результаты и их обсуждение

Урожайность яровой пшеницы является функцией множества факторов, имеющей общую тенденцию роста во времени. Рост урожайности обычно поддерживается за счет улучшения пищевого режима растений через смену систем земледелия и обработки почв с созданием мощного пахотного горизонта, что характеризует экстенсивную эпоху земледелия. В настоящее время урожайность культур резко возросла за счет применения минеральных удобрений, то есть интенсификации земледелия.

Таблица 1

Матрица данных по факторам Тетюшского района РТ (1970–2019 годы)

Годы	Урожайность, т/га	Метеорологические факторы					
		Q _{год}	Q ₅₋₈	Q ₅₋₆	Q ₆	T ₅₋₆	T ₆
1970	2,01	588,8	78,5	56,6	69,8	13,8	15,5
1971	2,04	463,2	49,7	59,3	76,2	13,5	15,8
1972	1,53	374,4	20,7	33,8	56,1	15,3	17,5
1973	1,34	512	50,7	32,2	21	16	18,7
1974	1,71	416,8	58,4	49,2	66,2	14,3	16,1
1975	1,57	361,3	41,2	28,2	41,5	17	18
1976	1,82	530,9	79,3	76,5	97,8	13,9	15,8
1977	1,55	497,7	62,8	45,2	51,1	17,1	18,7
1978	1,87	590,4	61,8	81,7	105,3	12,6	14,3
1979	1,28	475,6	42,8	20,6	29,8	15,2	14,1
1980	1,86	414,3	41,6	33,2	56,3	14,8	16,7
1981	0,97	398,4	20,7	24,6	33,4	16	20
1982	2,7	466,2	49,7	66,6	107,5	13	13,6
1983	1,75	466,9	50,4	66,7	72,2	13,6	14,6
1984	1,5	423,5	67,5	43,7	81,6	17,4	17,6
1985	1,71	609,2	72,1	98,4	164,1	13,9	15,9
1986	1,89	382	32,2	38,3	71	14,7	18,2
1987	1,45	460	58,2	35,8	36	17,6	20,4
1988	0,86	396,1	43,2	40,9	69,4	16,9	20,3
1989	1,25	553,7	59,6	38,8	3,7	17,1	21,6
1990	1,9	631,8	51,3	66,5	95,4	13	15,1
1991	1,34	414,6	41,4	25,4	25,5	17,6	20,4
1992	2,23	430	43,9	26,9	23,2	13,8	16,5
1993	2,14	511,1	56	50,6	94,1	15	15,9
1994	2,35	326,8	54,9	60,8	70,5	13,8	15,8
1995	1,49	311,4	39	43,8	65	18,4	20,7
1996	2,58	302	37,8	58,6	95,2	17	17,7
1997	3,1	604,4	60,9	97,5	113,7	15,6	19,4
1998	0,98	491,1	46,8	19,3	19,6	17,6	21,3
1999	1,17	567,9	75,1	57	45,8	13,6	18,5
2000	1,53	434,7	54,4	50,1	60,5	13,2	17,5
2001	2,58	633,8	72,2	70,6	59,7	14,8	16,1
2002	2,34	532,3	42,3	51,8	66,6	13	16
2003	2,35	458,7	73,1	82,6	101,1	13,6	13,4
2004	2,08	762,2	102,2	109,2	152,6	15,2	16,6
2005	2,09	433	47,6	55,4	87,6	16,4	16,4
2006	2,19	524	55,6	48,3	44,4	16,6	20
2007	2,08	497,7	50,4	36,4	30,7	16	16,2
2008	2,69	475,8	56,5	47,3	54,7	14,4	16
2009	2,8	306,6	34,2	41,3	43,7	16,8	19,8
2010	0,89	438,5	33,4	19,4	9,1	19,2	21,4
2011	2,78	571,6	38,4	64,9	90	15,4	16,7
2012	2,49	605,3	56,3	54,5	67,3	17,6	19
2013	1,97	505,9	40,4	15,2	17,7	17,8	20
2014	2	408,7	41,4	39	59	16,8	17,2
2015	2,16	482,8	41,3	23,4	15,6	18	20,5
2016	2,23	545,3	37,3	59,4	74,9	16,1	17,6
2017	3,8	596	63,8	64	71,9	13	15
2018	2,5	487,7	36	39,2	62,3	15,2	16,4
2019	3,63	493,1	43,5	34,7	29,8	17,1	18,3

Примечание: Q_{год} – годовая сумма осадков, Q₅₋₈ – осредненная сумма осадков за вегетационный период, Q₅₋₆ – средняя сумма осадков за май и июнь, Q₆ – осадки за июнь; T₅₋₆ – средняя температура воздуха за май и июнь, T₆ – средняя температура воздуха за июнь.

Согласно данным табл. 1, тенденция роста урожайности временами нарушается, что обусловлено наличием экстремально засушливых и благоприятных годов из-за неравномерного выпадения атмосферных осадков. При средней урожайности яровой пшеницы в рассматриваемый период, равной 1,98 т/га, ее минимальные показатели уменьшаются до 0,86, а максимальные достигают 3,80 т/га. Такое варьирование урожайности обусловлено континентальностью климата (индекс континентальности Горчинского достигает 50 %). Заметные отрицательные отклонения урожайности от ее средней величины имеют место в 6 сельскохозяйственных годах: 1981, 1988, 1995, 1998, 1999 и 2010 гг. Положительные отклонения наблюдаются в 1986, 1997 и 2019 гг., что связано с сочетанием благоприятных погодных условий и хозяйственных факторов в эти годы.

Из агроклиматических факторов температура воздуха для агроценозов наиболее существенна, в течение вегетационного периода ее максимум приходится на июль, что создает благоприятные условия для созревания зерновых культур. Количество осадков выпадает с максимумом в июле, в теплое время года осадков больше, чем в холодное. Особенности временного распределения температуры воздуха и атмосферных осадков являются основой имеющейся связи с урожайностью яровой пшеницы. Вместе с тем они являются факторами антагонистами, так как, как правило, в период сильных атмосферных осадков температура воздуха уменьшается.

В табл. 2 представлены статистические параметры компонентов матрицы. Все они информативны: максимальные и минимальные значения, среднее арифметическое (М), среднее квадратическое отклонение (Б), ошибка среднего ($\pm m$) и коэффициент вариации (V%). Для урожайности яровой пшеницы коэффициент вариации равен $V=32,4\%$, для остальных компонентов матрицы он имеет широкий диапазон – 11,2–53,9 %, что указывает на возможную статистическую связь различной тесноты между ними.

Таблица 2

Статистические параметры урожайности яровой пшеницы (Y_{ϕ}), метеорологических показателей за 1970-2019 годы (n=50)

Показатель	Max.	Min.	М	Б	$\pm m$	V, %	
Y_{ϕ} , т/га	3,80	0,86	1,98	0,64	0,09	32,4	
Метеорологические факторы	$Q_{\text{год}}$	762,2	302,0	483,3	94,9	13,4	19,6
	Q_{5-8}	102,2	20,7	51,4	15,5	2,2	30,2
	Q_{5-6}	109,2	15,2	49,7	21,3	3,0	42,9
	Q_6	164,1	3,7	63,1	34,0	4,8	53,9
	T_{5-6}	19,2	12,6	15,5	1,7	0,3	11,2
	T_6	21,6	13,4	17,5	2,2	0,3	12,5

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции между урожайностью яровой пшеницы и метеорологическими показателями

Показатель	Y_{ϕ} , т/га	Метеорологические факторы					
		$Q_{\text{год}}$	Q_{5-8}	Q_{5-6}	Q_6	T_{5-6}	T_6
Y_{ϕ} , т/га	1,00	0,22	0,10	0,38	0,30	-0,27	-0,38
Метеорологические факторы	$Q_{\text{год}}$	1,00	0,65	0,55	0,35	-0,30	-0,23
	Q_{5-8}		1,00	0,68	0,48	-0,35	-0,33
	Q_{5-6}			1,00	0,89	-0,55	-0,51
	Q_6				1,00	-0,50	-0,56
	T_{5-6}					1,00	0,81
	T_6						1,00

Примечание: Критический коэффициент корреляции при $r \geq 0,95$ равен $r \geq 0,28$.

Коэффициенты парной корреляции между метеорологическими показателями и фактической урожайностью яровой пшеницы изменяются в широком диапазоне от -0,38 до 0,38 (табл. 3), показывая, как положительную, так и отрицательную связь. Статистически достоверная связь Y_{ϕ} выявлена со средней суммой осадков (май-июнь) и отдельно с июньской суммой. Связь отрицательная между

U_{ϕ} и температурой воздуха в периоды май-июнь и июнь, достоверная отрицательная связь выявлена для температуры в июне с доверительной вероятностью более 95%. Связь статистически недостоверна между U_{ϕ} и суммой годовых осадков, а также осадками вегетационного периода ($r = 0,10-0,22$) и температурой за период май-июнь.

Метеорологические показатели связаны между собой статистически достоверной связью, при этом корреляция отрицательна между осадками и температурой. Эти данные позволяют рассматривать множественную корреляцию между метеорологическими факторами и урожайностью яровой пшеницы.

Коэффициенты множественной корреляции изменяются от 0,44 до 0,58, подтверждая статистически достоверную связь урожайности пшеницы с изучаемыми метеорологическими показателями (табл. 4). При полном наборе факторов их уровень значимости (вклада) в формировании урожайности пшеницы изменяется в диапазоне 0,00443–0,51351, где наиболее сильным фактором в определении величины урожая культуры служит количество атмосферных осадков за май–июнь, а менее значимым – осадки за год. В дальнейших расчетах исключаются наиболее слабые факторы, таковыми являются: осадки за год, средняя температура за май-июнь, средние осадки за вегетационный период ($Q_{\text{год}}$, T_{5-6} , Q_{5-8}). При двух факторах (осадки за май-июнь и температура за июнь) коэффициент множественной корреляции составляет 0,44.

Таблица 4

**Уровни значимости факторов и коэффициенты метеорологических показателей
в уравнениях множественной регрессии**

Шаг	Св. член	Q_{5-6}	T_6	Q_{5-8}	Q_6	T_{5-6}	$Q_{\text{год}}$	r
Уровни значимости метеорологических показателей								
0	0,01747	0,00443	0,00999	0,01836	0,03844	0,09266	0,51351	0,58
1	0,00686	0,00170	0,00991	0,02111	0,02337	0,09411		0,58
2	0,00034	0,00628	0,04055	0,03601	0,06403			0,54
3	0,00144	0,02712	0,11257	0,12644				0,48
4	0,00312	0,10509	0,10664					0,44
5	0,00000	0,00627						0,38
Коэффициенты в корреляционно-регрессионных уравнениях								
0	2,6869	0,0345	-0,1849	-0,0197	-0,0129	0,1467	0,0008	0,58
1	2,9106	0,0367	-0,1837	-0,0178	-0,0138	0,1449		0,58
2	3,6676	0,0301	-0,0945	-0,0163	-0,0109			0,54
3	3,1580	0,0133	-0,0718	-0,0113				0,48
4	2,8999	0,0076	-0,0741					0,44
5	1,4101	0,0115						0,38

На основе расчетов (табл. 4) получены коэффициенты используемых факторов в регрессионных уравнениях для прогноза расчетной урожайности. Так, для нулевого шага, где участвуют 6 факторов, уравнение имеет следующий вид:

$$U_{\text{расч.}} = 2,6869 + 0,0345xQ_{5-6} - 0,1849xT_6 - 0,0197xQ_{5-8} - 0,0129xQ_6 + 0,1467xT_{5-6} + 0,0008xQ_{\text{год}}. \quad (1)$$

Для двух ведущих метеорологических показателей получено следующее уравнение:

$$U_{\text{расч.}} = 2,8999 + 0,0076xQ_{5-6} - 0,0741xT_6. \quad (2)$$

Ранее подобного типа уравнение для условий Удмуртии было получено в [16].

Эти уравнения представляют модель прогнозной урожайности яровой пшеницы и позволяют рассчитывать продуктивность культуры любого исследуемого года по данным матрицы (табл. 5).

Анализ данных табл. 5 показал, что при предельных значениях фактической урожайности яровой пшеницы (0,86–3,80 т/га) ее расчетные данные составляют 1,20–2,72 т/га, а абсолютная разница между ними колеблется от -0,97 (1983 г.) до 1,50 (2017 г.) т/га. При этом фактическая урожайность выше ее расчетных показателей (положительная разница) в 29 сельскохозяйственных годах и ниже – в 21 году (отрицательная разница).

Таблица 5

Фактическая и расчетная урожайность яровой пшеницы по 6 метеорологическим показателям за 1970–2019 гг., т/га (на примере Тетюшского района РТ)

Годы	У _ф	У _{расч.}	Разница, т/га	Разница, %	Годы	У _ф	У _{расч.}	Разница, т/га	Разница, %
1970	2,01	1,80	0,21	10,44	1995	1,49	1,70	-0,21	14,14
1971	2,04	2,18	-0,14	7,05	1996	2,58	2,19	0,39	15,19
1972	1,53	2,02	-0,49	31,79	1997	3,1	2,55	0,55	17,78
1973	1,34	1,81	-0,47	34,93	1998	0,98	1,20	-0,22	21,98
1974	1,71	1,82	-0,11	6,35	1999	1,17	1,59	-0,42	35,96
1975	1,57	1,75	-0,18	11,70	2000	1,53	1,60	-0,07	4,29
1976	1,82	2,03	-0,21	11,29	2001	2,58	2,61	-0,03	1,11
1977	1,55	1,78	-0,23	14,86	2002	2,34	2,14	0,20	8,67
1978	1,87	2,59	-0,72	38,28	2003	2,35	2,66	-0,31	13,21
1979	1,28	2,16	-0,88	68,37	2004	2,08	2,22	-0,14	6,52
1980	1,86	1,69	0,17	9,37	2005	2,09	2,23	-0,14	6,93
1981	0,97	1,65	-0,68	70,13	2006	2,19	1,82	0,37	16,79
1982	2,70	2,37	0,33	12,30	2007	2,08	2,29	-0,21	9,87
1983	1,75	2,72	-0,97	55,24	2008	2,69	2,02	0,67	25,01
1984	1,50	1,43	0,07	4,48	2009	2,80	1,91	0,89	31,72
1985	1,71	2,11	-0,40	23,38	2010	0,89	1,77	-0,88	99,42
1986	1,89	1,54	0,35	18,47	2011	2,78	2,62	0,16	5,85
1987	1,45	1,47	-0,02	1,47	2012	2,49	2,12	0,37	14,82
1988	0,86	1,38	-0,52	60,40	2013	1,97	1,49	0,48	24,59
1989	1,25	1,74	-0,49	39,25	2014	2,00	2,05	-0,05	2,59
1990	1,90	2,34	-0,44	23,07	2015	2,16	1,70	0,46	21,41
1991	1,34	1,54	-0,20	15,26	2016	2,23	2,56	-0,33	14,80
1992	2,23	1,75	0,48	21,43	2017	3,8	2,30	1,50	39,49
1993	2,14	1,77	0,37	17,47	2018	2,50	2,10	0,40	16,14
1994	2,35	2,15	0,20	8,67	2019	3,63	2,14	1,49	40,97

Относительная разница в % от фактической урожайности культуры распределена в диапазоне от 1,11 (2001г.) до 99,42 % (2010 г.). Минимальная разница характеризует типичные по погоде сельскохозяйственные годы, высокие показатели разницы – экстремально засушливые годы. Засушливые годы обычно имеют относительное отклонение выше 50 % (1979, 1981, 1983, 1988 и 2010 гг.). Благоприятные по погодным условиям годы имеют разницу урожаев (21,43 % (1992 г.) – 40,97 % (2019 г.)), что ниже аналогичных показателей засушливых годов.

Таким образом, анализ распределения урожайности яровой пшеницы по сельскохозяйственным годам представляет возможность ее определения (прогнозирования) как в ретроспективе, так и в ближайшие будущие годы, что очень важно и актуально для планирования развития сельскохозяйственного производства.

Выводы

1. На фоне общего роста урожайности яровой пшеницы Тетюшского муниципального района выявлена положительная корреляционная связь атмосферных осадков с продуктивностью культуры и отрицательная с температурой воздуха начала вегетации. При этом корреляционная связь с годовыми суммами осадков и осадками вегетационного периода статистически не достоверна.

2. Коэффициенты множественной корреляции между рассмотренными метеорологическими показателями и урожайностью яровой пшеницы меняются в диапазоне 0,38-0,58.

3. Расчетная и фактическая урожайность яровой пшеницы имеют достаточно близкие показатели при средней погрешности 25,2 %. Уменьшение этой погрешности возможно за счет привлечения других факторов – агрохимических свойств пахотных почв и параметров хозяйственной деятельности, направленных на повышение их плодородия и исключения экстремальных годов из выборки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А. Почвенно-агрохимические ресурсы повышения продуктивности земледелия в Приволжском регионе // Плодородие. 2017. № 4. С. 2-6.
2. Милащенко Н.З., Самойлов Л.Н., Трушкин С.В. Проблема интенсификации производства зерна пшеницы и ее решение // Плодородие. 2018. № 2. С. 21-25.
3. Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан / Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, Э.П. Наумов, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2008. 288 с.
4. Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование / под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. М.: Высш. шк., 1988. 400 с.
5. Кук Дж. У. Регулирование плодородия почвы. М.: Колос, 1970. 474 с.
6. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути повышения плодородия почв. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.
7. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. 317 с.
8. Колосков П.И. Сравнительная климатическая характеристика периода вегетации сельскохозяйственных культур на территории северного полушария // Тр. науч.-исслед. ин-та авиационной климатологии. 1962. Вып. 15. С. 66-77.
9. Батталов Ф.З. Сельскохозяйственная продуктивность климата для яровых зерновых культур. Л.: Гидрометеоздат. 1980. 112 с.
10. Шатилов И.С. Принципы программирования урожайности // Вестн. с-х. наук. 1973. № 3. С. 8-14.
11. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Методика оценки почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, ООО «АПР», 2012. 122 с.
12. Давлятшин И.Д., Минникаев Р.В., Сайфиева Г.С. Связь между элементами питания и урожайностью яровой пшеницы // Вестн. РАСХН. 2012. № 3. С. 8-11.
13. Аввакумов О.В., Лукманов А.А., Давлятшин И.Д. Прогнозирование урожайности яровой пшеницы в лесостепной зоне Среднего Поволжья по методу наименьших квадратов // Вестн. Казан. ГАУ. 2013. № 4 (30). С. 92-97.
14. Давлятшин И.Д., Лукманов А.А. Временный ряд урожайности яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и ее прогнозирование по агрохимическим факторам в лесостепи Среднего Поволжья // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 1. С. 29-37.
15. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М.: Мысль, 1975. 288 с.
16. Акмаров П.Б., Князева О.П., Рысин И.И. Агроклиматический потенциал эффективного земледелия (на примере зерновых культур Удмуртии) // Вестник Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2014. Вып. 2. С. 89-96.

Поступила в редакцию 26.10.2020

Переведенцев Юрий Петрович, доктор географических наук, профессор
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18
E-mail: ypereved@kpfu.ru

Давлятшин Ильфрит Давлиевич, доктор биологических наук, профессор
E-mail: davlytshin39@gmail.com

Лукманов Анас Ахтямович, кандидат биологических наук
E-mail: agrohim_16_1@mail.ru

Центр агрохимической службы «Татарский»
420056, Россия, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 120

Мустафина Айсылу Билаловна, кандидат географических наук
Управление Росреестра по Республике Татарстан
420054, Россия, г. Казань, ул. Авангардная, 74
E-mail: aisylu.gimranova@yandex.ru

Yu.P. Perevedentsev, I.D. Davlyatshin, A.A. Lukmanov, A.B. Mustafina
**FORECASTING OF SPRING WHEAT YIELD BY METEOROLOGICAL INDICATORS
ON THE EXAMPLE OF THE TETYUSHSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-4-457-464

The relationship between the spring wheat yield in the Tetyushsky municipal district of the Republic of Tatarstan and meteorological parameters characterizing the temperature and humidity regime in the 50-year period 1970–2019 is considered. A multiple regression equation is obtained, where the predictors are the yield of spring wheat, and the predictors are the average precipitation for may-June, the average amount of precipitation for the growing season (may-August), precipitation for the year and June, air temperature for June, and the average air temperature for the period

may-June. Correlations were found between individual meteorological parameters, as well as between the actual yield and meteorological indicators. It is shown that meteorological conditions (precipitation and air temperature) of the spring-summer period (may-June) have the greatest impact on the crop. Analysis of the regression equations showed that there is a satisfactory agreement between the actual and calculated data on spring wheat yield, which allows using them for predictive purposes.

Keywords: spring wheat yield, meteorological indicators, precipitation, air temperature, pair and multiple correlation, Tetyushsky district, Republic of Tatarstan.

REFERENCES

1. Sychev V.G., Afanasyev R.A. [Soil-agrochemical resources for increasing the productivity of agriculture in the Volga region], in *Plodorodie*, 2017, no. 4, pp. 2-6 (in Russ.).
2. Milashchenko N.Z., Samoylov L.N., Trushkin S.V. [Problems of intensification of grain production of wheat and ways to solve them], in *Plodorodie*, 2018, no. 2, pp. 21-25 (in Russ.).
3. Perevedentsev Yu.P., Sherstyukov B.G., Naumov E.P., Vereshchagin M.A., Shantalinskiy K.M. *Klimaticheskie usloviya i resursy Respubliki Tatarstan* [Climatic conditions and resources of the Republic of Tatarstan], Kazan: Kaz. Univ., 2008, 288 p. (in Russ.).
4. *Pochvovedenie. Ch. 1. Pochva i pochvoobrazovanie* [Soil science. Part 1. Soil and soil formation], Kovda V.A. and Rozanov B.G. (ed), Moscow: Vysshaja shkola Publ., 1988, 400 p. (in Russ.).
5. Kuk Dzh. U. *Regulirovanie plodorodija pochvy* [The Regulation of soil fertility], Moscow: Kolos Publ., 1970, 474 p. (in Russ.).
6. Shishov L.L., Durmanov D.N., Karmanov I.I., Efremov V.V. *Teoreticheskie osnovy i puti povysheniya plodorodija pochv* [Theoretical foundations and ways to increase soil fertility], Moscow: Agropromizdat Publ., 1991, 304 p. (in Russ.).
7. Obuhov V.M. *Urozhajnost' i meteorologicheskie faktory* [Productivity and meteorological factors], Moscow: Gosplanizdat Publ., 1949, 317 p. (in Russ.).
8. Koloskov P.I. [Comparative climatic characteristics of the growing season of agricultural crops in the Northern hemisphere], in *Trudy nauch.-issled. instituta aviacionnoj klimatologii*, 1962, iss. 15, pp. 66-77 (in Russ.).
9. Battalov F.Z. *Sel'skohozjajstvennaja produktivnost' klimata dlja jarovyh zernovyh kul'tur* [Agricultural productivity of climate for spring grain crops], Leningrad: Hydrometeoizdat Publ., 1980, 112 p. (in Russ.).
10. Shatilov I.S. [Principles of productivity programming], in *Vestnik sel'sko-hozjajstvennye nauki*, 1973, no. 3, pp. 8-14 (in Russ.).
11. Karmanov I.I., Bulgakov D.S. *Metodika ocenki pochvenno-agroklimaticheskoj ocenki pahotnyh zemel' dlja kadastra* [Methodology for assessing the soil-agroclimatic assessment of arable land for the cadaster], Moscow: Pochv. In-tim. V.V. Dokuchaeva, "APR" Publ., 2012, 122 p. (in Russ.).
12. Davlyatshin I.D., Minnikaev R.V., Saifieva G.S. [Connection between nutrition elements and cropping power in spring wheat], in *Vestn. Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*, 2012, no. 3, pp. 8-11 (in Russ.).
13. Avvakumov O.V., Lukmanov A.A., Davlyatshin I.D. [Spring wheat productivity forecasting in the forest steppe zone of Volga by least squares method], in *Vestn. Kazan. Gos. Agrar. Univ.*, 2013, no. 4 (30), pp. 92-97 (in Russ.).
14. Davlyatshin I.D., Lukmanov A.A. [The long-term spring wheat (*Triticum aestivum* L.) yield dynamics and its forecast on the base of agrochemical factors in the steppe-forest zone of Povolzhje region], in *Problemy agrohimii i jekologii*, 2016, no. 1, pp. 29-37 (in Russ.).
15. Armand D.L. *Nauka o landshafte* [Science of landscape], Moscow: Mysl' Publ., 1975, 288 p. (in Russ.).
16. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Rysin I.I. [Agroclimatic potential of efficiency of agriculture (illustrated by the example of grain crops of Udmurtiya)], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2014, iss. 2, pp. 89-96 (in Russ.).

Received 26.10.2020

Perevedentsev Yu.P., Doctor of Geography, Professor
Kazan Federal University
Kremlevskaya st., 18, Kazan, Russia, 420008
E-mail: yuri.perevedentsev@kpfu.ru

Davlyatshin I.D., Doctor of Biology, Professor
E-mail: davlytshin39@gmail.com
Lukmanov A.A., Candidate of Biology
E-mail: agrohimi_16_1@mail.ru

Center for Agrochemical Service "Tatarsky"
Orenburgsky trakt st., 120, Kazan, Russia, 420056

Mustafina A.B., Candidate of Geography
Office of Rosreestr in the Republic of Tatarstan
Avangardnaya st., 74, Kazan, Russia, 420054