

УДК: 633.112.1"321"631.559:631.58:551.524(470.56)

А.Г. Крючков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник,
ФГБНУ, *Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*
(460051 г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1, (3532) 71-04-88, orniish@mail.ru)

УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И АТМОСФЕРНОЙ ЗАСУШЛИВОСТИ НА ЧЕРНОЗЁМЕ ЮЖНОМ В СТЕПИ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

© автора, 2014 г.

На территории Оренбургской области яровая твёрдая пшеница исторически является важнейшей экономически значимой культурой. Более двух веков произведенное здесь её зерно славится своими качествами на внутреннем и международном рынках. При относительно невысокой урожайности из-за исключительно неустойчивого климата основные задачи решались за счёт площади её посевов, которые в 60-80 гг. прошлого века составляли в среднем 450-500 тыс. га. За годы перестройки они снизились, но и теперь область занимает первое место в стране по их размерам (более 200 тыс. га).

В Оренбургском НИИ сельского хозяйства накоплен большой экспериментальный материал по вопросам технологии возделывания яровой твёрдой пшеницы, который требует творческого переосмысления разработанных приёмов возделывания в увязке с действием природных и погодных факторов на базе применения методов математического моделирования.

Названное направление исследований развивается коллективом отдела технологий зерновых культур по яровому ячменю, яровой твёрдой и мягкой пшенице на базе собственных полевых экспериментов за период с 1965 года и по настоящее время.

В век компьютеризации важное значение приобретает описание и познание закономерностей влияния комплекса погодных факторов и агротехнологических приёмов на формирование продуктивности отдельных культур и сортов. В настоящей статье автор, впервые применив методы математического моделирования для анализа результатов полевого эксперимента за 4 года (1987-1990 гг.), приводит ряд уравнений, достоверно отражающих существующие зависимости урожайности различных сортов яровой твёрдой пшеницы от коэффициентов продуктивности предшественника, коэффициента продуктивности сорта и показателя атмосферной засушливости и позволяющих применять

их на практике для оценки эффективности предшественников и устойчивости сортов к атмосферной засухе.

Ключевые слова: моделирование, коэффициент, продуктивность, предшественник, сорт, атмосферная засушливость, устойчивость, яровая твёрдая пшеница, уравнения, зависимости.

A.G. Kryuchkov, Doctor of Agricultural Sciences, professor, major researcher
FSBRI “Orenburg Research Institute of Agriculture”
(460051, Orenburg, Gagarin Av. 27/1; (3532) 71-04-88; orniish@mail.ru)

PRODUCTIVITY OF SPRING DURUM WHEAT DEPENDING ON PRODUCTIVITY OF PREDECESSOR AND ATMOSPHERIC ARIDITY ON SOUTHERN CHERNOZEM (BLACKSOIL) IN THE STEPPE OF ORENBURG PRE-URALS

On the territory of the Orenburg region spring durum wheat is traditionally the most important and economically valuable crop. For nearly 200 years its grain has been famous for its quality on the domestic and foreign markets. Because of its relatively low yield major problems were solved at the expense of the areas, which were 450-500 th.ha in average in 60-s – 80-s of the previous century. During the years of perestroika they were reduced, but even now the region ranks first in the country in the amount of areas (more than 200 th.ha). In Orenburg RI of Agriculture we gained a large amount of experimental data concerning cultivating technology of spring durum wheat, which needs creative use of received cultivating methods with taking into consideration of nature and climatic factors with application of methods of math modeling. The above mentioned type of research is now being carried out by a staff of the department of grain crop technologies with spring barley, spring durum wheat and soft (bread) wheat. They have been studying the crops on the basis of their own experimental trials since 1966. In the age of computers it becomes really important to describe and cognate regularities of weather and agro technology effect on productivity of some crops and varieties. In the article the author who was the first to apply the methods of math modeling to analyze the results of trials during 1987-1990, gives a series of equations, revealing present dependence of spring durum wheat productivity from coefficients of variety productivity and aridity degree. It allows using them for assessment of predecessors' efficiency and varieties tolerance to aridity.

Keywords: modeling, coefficient, productivity, predecessor, variety, atmospheric aridity, stability (tolerance), spring durum wheat, equations, dependences.

Введение. Оренбургские твёрдые пшеницы издавна известны своими высокими качествами. В последние годы на них обратили своё внимание многие представители

бизнеса. В связи с этим работникам сельского хозяйства области предлагается расширять площади посева этой культуры.

Вместе с тем, выращивание яровой твёрдой пшеницы – не простая задача, учитывая требовательность этой культуры к предшественникам и условиям увлажнения при неустойчивом климате засушливой степной заволжской и казахстанской провинций.

Выполненные нами исследования в период 1969-1974 гг., 1976-1980 гг. на почвах чернозёма обыкновенного (б. Оренбургская обл. гос. с.-х. опытная станция, б. ОПХ „Урожайное” Оренбургского НИИСХ) показали, что лучшим предшественником яровой твёрдой пшеницы является чёрный пар. Но почвы чернозёма обыкновенного в области имеют вдвое меньшее распространение в сравнении с почвами чернозёма южного. Учитывая это, нами на базе опытного поля в б. ОПХ им. Куйбышева в период 1987-1990 гг. были выполнены полевые опыты с тремя сортами яровой твёрдой пшеницы на четырех агрофонах [1]. Цель этих опытов – получить данные об отзывчивости разных сортов на контрастные агрофоны (пар + $N_{120}P_{120}K_{120}$, пар без удобрений, мягкая пшеница + $N_{120}P_{120}K_{120}$ – стерневой фон и мягкая пшеница без удобрений, стерневой фон) для понимания значимости уровня интенсификации.

Но поскольку эти данные не увязывались с действующими факторами погоды, необходимо было понять и выяснить способность предшествующих фонов и сортов противостоять засушливости сезонов с учётом возможностей методов математического моделирования.

Результаты полевого опыта показали, что в целом более продуктивным сортом среди изученных является Оренбургская 10. При средней урожайности по опыту 1,179 т с 1 га, она превысила Оренбургскую 2 на 0,139 т/га (12%), а Харьковскую 46 на 0,287 т / га (25%) (табл. 1).

Стерневые фоны (мягкая пшеница как с удобрением, так и без него) уступили по урожайности паровым на 0,273-0,332 т/ га или 24-29%. Кроме того, внесение полного удобрения в дозах $N_{120}P_{120}K_{120}$ (тройная доза по сравнению с рекомендованной) по пару практически не повлияло на прирост урожайности в среднем по культуре (+0,002 т/га или 0,7%). При этом роль удобрения по стерневому фону после мягкой пшеницы оказалась более заметной (+0,059 т / га или 7%).

Кроме того, проявилась неоднозначная реакция разных сортов яровой твёрдой пшеницы на примененные предельные дозы удобрений.

Сорт Оренбургская 10 на фоне этих доз снизил свою урожайность как по пару (на 0,09 т/га или на 7%), так и по стерневому фону после мягкой пшеницы (на 0,135 т/ га или на 13,2%), тогда как сорт Оренбургская 2, наоборот, повысил её по пару (на 0,115 т/ га или на

9,7%) и по стерне (на 0,015 т/ га или на 1,8%), а Харьковская 46, снизив её по пару (на 0,077 т/ га или на 9,6%), повысила её по стерне и довольно заметно (на 0,295 т/ га или на 42,6%).

В связи с подобными реакциями сортов, необходимо было понять, что было в их основе.

Материалы и методы. В основу нашего аналитического исследования положены результаты выше названного полевого эксперимента с тремя сортами яровой твёрдой пшеницы (Оренбургская 10, Оренбургская 2 и Харьковская 46).

1. Отзывчивость сортов на различные агрофоны при их выращивании
(Нежинское опытное поле, средние за 1987-1990 гг.)

Агрофон		Сорт Оренбургская 10			Сорт Оренбургская 2			Сорт Харьковская 46			Средняя по фону		
		урожай- ность, т / га	± к контролю		урожай- ность, т/ га	± к контролю		урожай- ность, т /га	± к контролю		урожай- ность, т/ га	± к контролю	
			т/ га	%		т/ га	%		т /га	%		т /га	%
Пар + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ (К)		1,343	0,00	100	1,298	-0,045	4,0	0,833	-0,510	38,0	1,178	0,00	100
Пар – без удобрений		1,433	+0,09	7,0	1,183	-0,160	12,0	0,910	-0,433	33,0	1,176	-0,002	0,17
Мягкая пшеница + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		0,890	-0,453	34,0	0,835	-0,528	40,0	0,988	-0,355	27,0	0,905	-0,273	24,0
Мягкая пшеница – без удобрений		1,025	-0,318	24,0	0,820	-0,523	39,0	0,693	-0,650	49,0	0,846	-0,332	29,0
Средние по сортам и культуре		1,173	-	-	1,034	-	-	0,586	-	-	1,021	-	-
± к st	т с 1 га	-	0,00	-	-	-0,139	-	-	-0,287	-	-	-	-
	%	-	-	100	-	-	12,0	-	-	25,0	-	-	-

Годы исследований были контрастными. Урожайность колебалась от 0,42 до 2,38 т/га. Показатель атмосферной засушливости (ПаЗ, мм) рассчитывался за вегетацию по С.С. Синецину (2002 г.) [2].

Корреляционно-регрессионный анализ выполнен на персональном компьютере с использованием программы Statgrafiks.

Для решения вопроса о зависимости урожайности различных сортов яровой твёрдой пшеницы от особенностей предшественника по его способности обеспечивать разную продуктивность, рассчитывали по всем данным полевого эксперимента за каждый год величину урожайности яровой твёрдой пшеницы в единицах от её вероятной наибольшей урожайности путём деления на урожайность сорта в варианте (2,5 т/га : $x = y$ ед.) и назвали её коэффициентом продуктивности предшественника.

Результаты. Анализ позволил установить существование тесных связей ($\eta_{yx} = 0,988-0,996$) между коэффициентом продуктивности предшественника и урожайностью каждого из изученных сортов. Полученные уравнения достоверны для 97,62-99,11% случаев (табл. 2).

Согласно полученным уравнениям по мере наращивания коэффициента продуктивности предшественника с 0,2 до 0,84 ед. урожайность сорта Оренбургская 10 возрастает с 0,51 до 2,08 т/га при средней величине 1,18 т/га, при повышении его с 0,18 до 0,85 ед. сорт Оренбургская 2 повышает её с 0,46 до 2,20 т/га при среднем значении 0,94 т/га и с повышением коэффициента от 0,16 до 0,456 ед. урожайность Харьковской 46 увеличивается с 0,39 до 1,39 т/га (средняя = 0,86 т/га) (рис. 1).

Далее мы сопоставили между собой коэффициент продуктивности сорта и урожайность сортов. Для расчета этого коэффициента делили величину вероятной максимальной урожайности (2,5 т с 1 га) на величину урожайности каждого сорта в каждом варианте.

Как и ожидалось, связи оказались тесными ($\eta_{yx} = 0,991-0,996$) и уравнения адекватными для 98,24-99,17% случаев (табл. 3).

2. Зависимость урожайности различных сортов яровой твёрдой пшеницы от коэффициента продуктивности предшественника (1987-1990 гг., чернозём южный)

№	Коррелируемые величины	Параметры величин (M ± G)	v %	η_{yx}	F	
					факт.	теор. ₀₁
1.	Коэффициент продуктивности предшественника, ед. (x)	$\frac{0,20-0,84}{0,47 \pm 0,20}$	42,04	-	-	-
2.	Урожайность сорта Оренбургская 10, ц/га (y)	$\frac{4,5-21,3}{11,8 \pm 4,9}$	41,86	0,990	48,85	3,63

$Y = 0,16329 + 24,57428x \pm 0,71$ ц / га для 98,09% случаев						
3.	Коэффициент продуктивности предшественника, ед. (x_1)	$\frac{0,18-0,85}{0,42 \pm 0,22}$	51,58	-	-	-
4.	Урожайность сорта Оренбургская 2, ц / га (y_1)	$\frac{4,3-23,9}{9,4 \pm 5,7}$	60,50	0,988	36,48	3,78
$Y_1 = 3,3164 + 2,9426x_1 + 22,4519x_1^2 \pm 0,94$ ц / га для 97,62% случаев						
5.	Коэффициент продуктивности предшественника, ед. (x_2)	$\frac{0,16-0,56}{0,35 \pm 0,12}$	34,41	-	-	-
6.	Урожайность сорта Харьковская 46, ц / га (y_2)	$\frac{4,2-14,2}{8,6 \pm 3,0}$	34,74	0,996	105,2	3,63
$Y_2 = -4,40816E -02 + 24,95695x_2 \pm 0,29$ ц / га для 99,11% случаев						

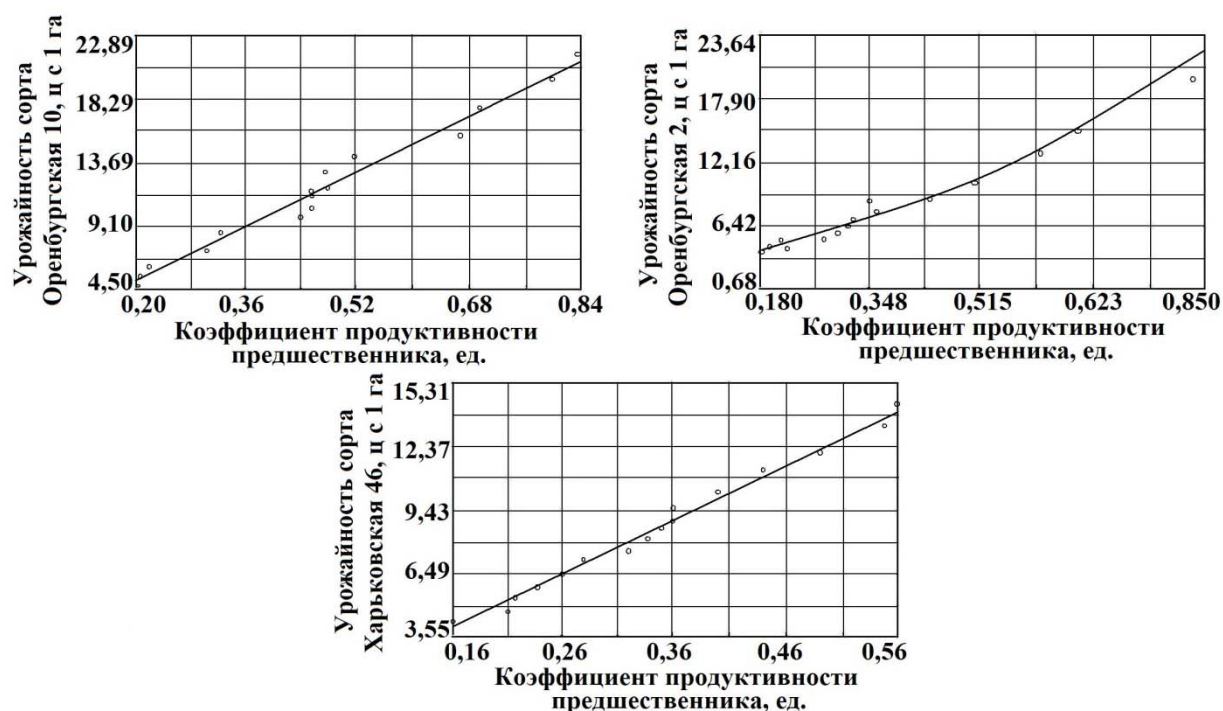


Рис. 1. Зависимость урожайности разных сортов яровой твёрдой пшеницы от коэффициентов продуктивности предшественников на чернозёме южном

3. Зависимость урожайности сортов яровой твёрдой пшеницы от коэффициентов продуктивности сорта (1987-1990 гг., Нежинское опытное поле, чернозём южный)

№	Коррелируемые величины	Параметры величин ($M \pm G$)	v %	η_{yx}	F	
					факт.	теор. ₀₁
1.	Коэффициент продуктивности сорта, ед. (x)	$\frac{0,30-2,04}{1,14 \pm 0,51}$	44,49	-	-	-
2.	Урожайность сорта Оренбургская 10, ц / га (y)	$\frac{4,5-21,3}{11,8 \pm 4,9}$	41,88	0,991	49,1	3,78
$Y = 1,8865 + 7,4422x + 0,9256x^2 \pm 0,70$ ц / га для 98,24% случаев						
3.	Коэффициент продуктивности сорта, ед. (x_1)	$\frac{0,43-2,07}{1,02 \pm 0,53}$	51,91	-	-	-

4.	Урожайность сорта Оренбургская 2, ц / га (y_1)	$\frac{4,3-21,7}{10,4\pm 5,4}$	51,43	0,996	112,1	3,63
$Y_1 = \frac{x_1}{9,6968E-02 + 5,1396E-04x_1} \pm 0,51 \text{ ц с 1 га для } 99,17\% \text{ случаев}$						
5.	Коэффициент продуктивности сорта, ед. (x_2)	$\frac{0,4-1,36}{0,84\pm 0,29}$	34,75	-	-	-
6.	Урожайность сорта Харьковская 46, ц / га (y_2)	$\frac{4,2-14,2}{8,2\pm 3,0}$	34,99	0,995	100,8	3,63
$Y_2 = -1,9665E-02 + 10,1775x_2 \pm 0,30 \text{ ц / га для } 99,07\% \text{ случаев}$						

Анализ уравнений позволяет считать, что по мере роста коэффициента продуктивности сортов с 0,3; 0,42 и 0,40 ед. до 2,04; 2,07 и 1,36 ед. урожайность сортов Оренбургская 10, Оренбургская 2 и Харьковская 46 повышается с 4,2 до 2,09 т / га, с 0,44 до 2,11 т / га и с 0,40 до 1,38 т / га соответственно (рис.2).

Полученные уравнения позволяют судить об их возможности достигать запланированной потенциальной урожайности яровой твёрдой пшеницы на чернозёме южном в условиях особенностей погоды, сложившихся в периоды их вегетации. В то же время роль погоды оставалась невыясненной.

Для понимания и выяснения ее роли нами был применен комплексный показатель, предложенный С.С. Сеницыным (2002 г.), названный им показателем атмосферной засушливости (ПаЗ-1м). Он был применён для расчетов не по месяцам, а за период вегетации каждого сорта яровой твёрдой пшеницы за каждый год эксперимента и по всем изученным агрофонам.

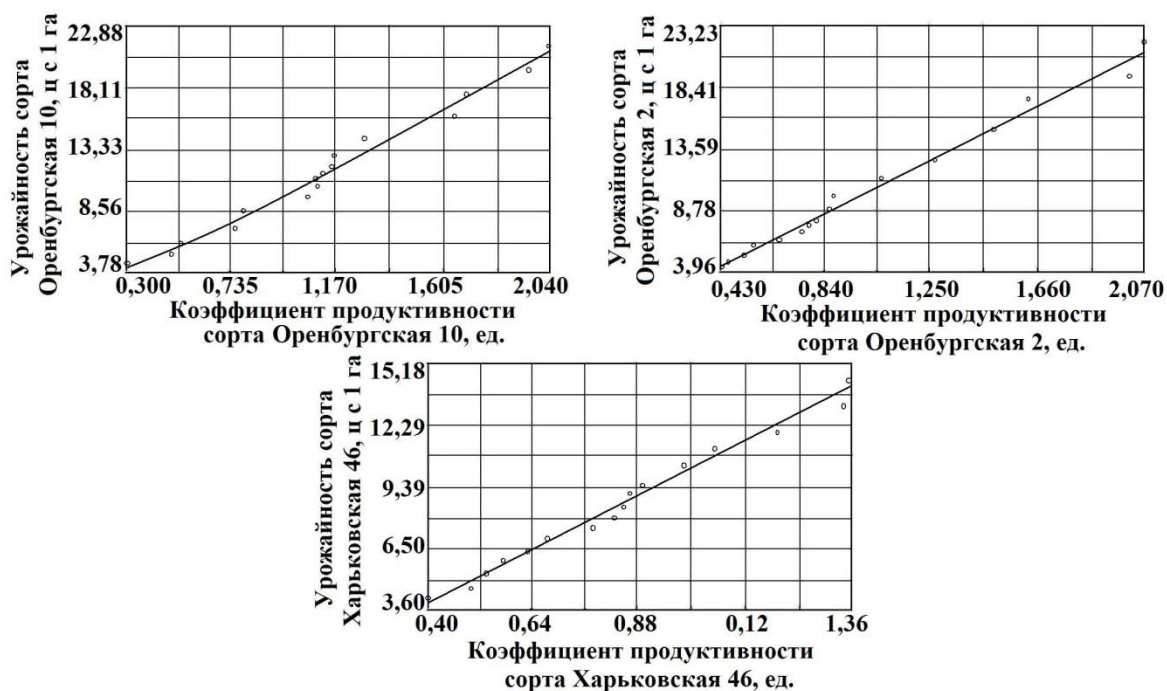


Рис. 2. Зависимость урожайности сортов яровой твёрдой пшеницы от

коэффициентов их продуктивности на чернозёме южном

Показатель атмосферной засушливости в годы эксперимента изменялся в значительных пределах ($46,8 \div 142,8$ мм).

Мы сопоставили его с уровнем урожайности каждого сорта, чтобы выяснить реакцию их на этот фактор.

Тесная связь ($\eta_{xy} = 0,944$) была обнаружена между показателем атмосферной засушливости и урожайностью сорта Оренбургская 10.

Связи с ПаЗ-1 за вегетацию у сортов Оренбургская 2 и Харьковская 46 оказались менее значимыми, но вошли в категорию сильных ($\eta_{xy} = 0,858$ и $0,864$). Полученные уравнения адекватно описывают 89,11% и 73,68; 74,69% случаев (табл. 4).

Исследование уравнений показало, что урожайность сорта Оренбургская 10 при повышении ПаЗ-1 за вегетацию с 49,9 мм до 86,8 мм первоначально растёт с 1,06 до 1,5 т /га, а затем при достижении его величины в 142,3 мм падает до 0,51 т / га (рис. 3).

4. Зависимость урожайности различных сортов яровой твёрдой пшеницы от показателя атмосферной засушливости (1987-1990 гг.)

№	Коррелируемые величины	Параметры величин (M ± G)	v %	η_{yx}	F	
					факт.	теор. ₀₁
1.	Показатель атмосферной засушливости, ед. (x)	$\frac{49,9-142,3}{93,6 \pm 33,1}$	35,34	-	-	-
2.	Урожайность сорта Оренбургская 10, ц / га (y)	$\frac{3,1-14,5}{11,5 \pm 3,1}$	27,06	0,944	7,96	3,78
$Y = -9,2407 + 0,5583x - 3,2159E - 03x^2 \pm 1,11$ ц / га для 89,11% случаев						
3.	Показатель атмосферной засушливости, ед. (x ₁)	$\frac{51,1-142,3}{97,2 \pm 33,3}$	34,27	-	-	-
4.	Урожайность сорта Оренбургская 2, ц / га (y ₁)	$\frac{3,2-15,2}{10,1 \pm 3,3}$	32,78	0,858	3,29	2,51
$Y_1 = -16,4443 + 0,6444x - 3,4355E - 03x_1^2 \pm 1,83$ ц / га для 73,68% случаев						
5.	Показатель атмосферной засушливости, ед. (x ₂)	$\frac{46,8-142,8}{93,8 \pm 37,0}$	39,48	-	-	-
6.	Урожайность сорта Харьковская 46, ц / га (y ₂)	$\frac{5,1-11,2}{8,5 \pm 1,86}$	21,90	0,864	3,42	2,51
$Y_2 = 4,4789 + 0,14418x_2 - 9,431 E - 04x_2^2 \pm 1,00$ ц / га для 74,69% случаев						

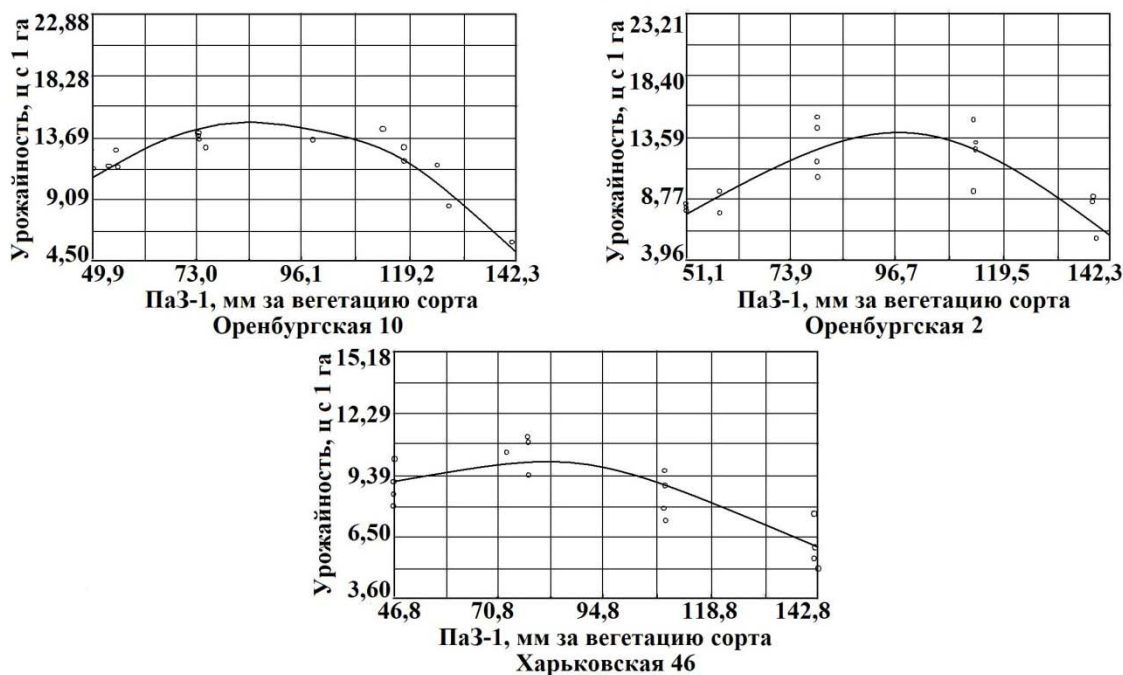


Рис. 3. Зависимость урожайности сортов яровой твёрдой пшеницы от показателя атмосферной засушливости за период их вегетации на чернозёме южном

Сорт Оренбургская 2 наращивает свою урожайность с 0,76 до 1,38 т / га при повышении ПаЗ-1 с 51,1 до 93,8 мм, а затем снижает её до 0,56 т / га при 142,3 мм.

Сорт Харьковская 46 предпочитает более низкие уровни ПаЗ-1 за вегетацию. При показателях на уровне 46,8-76,2 мм урожайность её возрастает незначительно в сравнении с другими сортами (с 0,09 до 1,00 т / га), но после этого, начиная с 76,6 мм начинает её снижать и снижает до 0,58 т / га при 142,8 мм.

Можно полагать, что оренбургские сорта обладают более высоким потенциалом устойчивости к атмосферной засушливости, чем Харьковская 46.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при выборе предшественника под яровую твёрдую пшеницу, а также её сорта, целесообразно рассчитывать коэффициенты продуктивности предшественника (агрофона), сортов по отношению к их вероятной урожайности, а также анализировать их способность противостоять атмосферной засушливости. В этом отношении для оценки устойчивости сортов к воздушной (атмосферной) засухе достаточно перспективно применение ПаЗ-1 как за вегетацию, так и за отдельные периоды.

Литература

1. Крючков, А.Г. Материалы заключительного отчёта о результатах полевых экспериментов за 1987-1990 гг. с яровой твёрдой пшеницей на чернозёме южном в центре Оренбургского Предуралья/ А.Г. Крючков, И.Ф. Япиев.—Оренбург, 1991 г.

2. *Синицын, С.С.* Показатель и результаты сравнения агроклиматических условий регионов – аналогов производства высококачественной яровой пшеницы /С.С. Синицын// Вестник Российской академии с.-х. наук,– 2002. –№2.– С.35-39.

Literature

1. *Kryuchkov, A.G.* aterials of the final results of trials during 1987-1990 with spring durum wheat in the center of Orenburg Pre-Urals/ A.G. Kryuchkov, I.F. Yapiev.– Orenburg,1991.
2. *Sinytsin, S.S.* Features and results of comparison of agro climatic conditions of the regions - analogues of production of high qualitative spring wheat/ S.S. Sinytsin //Vestnik of Russian Academy of Agriculture, –2002.– №2.– P.35-39.