

УДК 633.11
AGRI F01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/41>

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

©**Макаров М. Р.**, ORCID: 0000-0002-9233-3923, SPIN-код: 6930-0781, Тамбовский НИИСХ-филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», г. Тамбов, Россия, makmiri@yandex.ru

VARIABILITY OF SPRING WHEAT YIELD DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS

©**Makarov M.**, ORCID: 0000-0002-9233-3923, SPIN-code: 6930-0781, Tambov Research Institute of Agriculture-branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center named after I. V. Michurin", Tambov, Russia, makmiri@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований проводимых на протяжении трех лет в полевом стационарном опыте расположенном на полях отдела земледелия Тамбовского НИИСХ - филиала ФГБНУ «ФНЦ им.И.В.Мичурина». Речь идет о влиянии погодных условий на вариабельность урожая яровой пшеницы сорта Дарья, а также на прибавки урожая в зависимости от минеральных удобрений. Проведен расчет гидротермического коэффициента, а также с помощью математических формул выведена корреляция между гидротермическим коэффициентом и урожайностью, а также прибавками урожая.

Abstract. The article publishes the results of research conducted over a three-year period in a field stationary experiment located in the fields of the Department of Agriculture at the Tambov Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal Research Center named after I.V. Michurin. The article discusses the impact of weather conditions on the variability of the yield of the Daria spring wheat variety, as well as on the yield increases depending on the use of mineral fertilizers. The article calculates the hydrothermal coefficient and uses mathematical formulas to determine the correlation between the hydrothermal coefficient and the yield, as well as the yield increases.

Ключевые слова: яровая пшеница, минеральные удобрения, гидротермический коэффициент.

Keywords: spring wheat, mineral fertilizers, hydrothermal coefficient.

На основании данных, опубликованных в различных источниках, сезонные изменения погоды чаще всего ограничивают рост урожайности сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений [1]. Сами же удобрения существенно влияют на водообеспечение растений. Они уменьшают колебания урожайности, обусловленные неблагоприятными метеорологическими условиями [2]. В засушливые годы фосфор действует на урожайность растений положительно, а азот отрицательно [3]. Обобщая обширный материал о сроках наибольшей потребности растений в воде, и о критических периодах, у различных сельскохозяйственных культур, был замечен период максимальной эффективности удобрений, во время которого питательные вещества дают наибольший положительный

эффект и критический период, когда отсутствие элементов питания или избыток их сильнее всего сказывает отрицательное действие на рост и развитие растений [4].

Однако, как отмечают ученые, критический период не является чем-то постоянным, присущим данному растению, и в зависимости от срока и почвенно-климатических условий продолжительность и резкость реакции растений на недостаток воды могут изменяться [5].

Результаты проведенных опытов показывают, что для зоны не достаточного увлажнения из метеорологических факторов важнейшим является количество осадков. Новейшие исследования показали четкую зависимость урожаев пшеницы от количества осадков и запаса продуктивной влаги в метровом слое почвы. На типичном черноземе эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу находилась в тесной связи с количеством осадков [6]. *Цель работы* – выявить влияние лимитирующих факторов, возникших под влиянием погодных условий, в частности выпавших осадков и температуры окружающей среды, на вариабельность продолжительности вегетации и показателей продуктивности яровой пшеницы сорта Дарья.

Методика исследований

Исследования проводились в период с 2022 г. по 2024 г., на опытных полях отдела земледелия Тамбовского НИИСХ-филиала ФГБНУ «ФНЦ им.И.В.Мичурина».

Объектом исследования был взят сорт мягкой яровой пшеницы Дарья, средняя урожайность в Центрально-Черноземном регионе составила 3-3,5 т/га.

Подготовка опытных участков: 1. Основная обработка почвы состояла из зяблевой вспашки ПЛН-5-35, на глубину 20-22 см с предварительным дискованием после предшественника БДН-3. 2. Предпосевная обработка почвы состояла из ранневесеннее боронование зяби и предпосевную культивацию КПС-4, на глубину заделки семян. Семена перед посевом обрабатывали протравителем против болезней и вредителей. Посев проводили сеялкой СЗ- 5,4 на глубину 4-5 см. После посева проводили прикатывание. Уход за посевами состоял из обработки химическими препаратами против сорной растительности, а также вредителей и болезней при наступлении риска превышения порога экономической вредоносности. Уборку проводили в фазе хозяйственной спелости. Учет урожая – сплошной поделяночный.

Схема опыта и методика проведения исследований. Закладка опыта и необходимые наблюдения проводились по соответствующим методикам [7]. Для решения поставленных задач был заложен опыт по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений).

2. $N_{40}P_{40}K_{40}^*$

3. N_{30}^c

4. N_{30}^M

5. $N_{40}P_{40}K_{40}^+ N_{30}^c$

6. $N_{40}P_{40}K_{40}^+ N_{30}^c + M$

7. $N_{40}P_{40}K_{40}^+ M$

**Примечание:* $N_{40}P_{40}K_{40}$ – азофоска; N_{30}^c – селитра аммиачная под предпосевную культивацию; N_{30}^M – водный раствор мочевины в фазу кущения; М – некорневая подкормка в фазу весеннего кущения жидким минеральным удобрением «мегамикс-профи».

Посевная площадь делянки — 207,2 м². Учетная площадь — 140 м². Повторность в опыте — трехкратная. Используемые удобрения: азофоска ($N_{16}P_{16}K_{16}$), аммиачная селитра ($N_{34,4\%}$), карбамид (N — 46%), жидкое минеральное удобрение для некорневой обработки

«Мегамикс-профи» в составе: В – 1,7; Cu – 7,0; Zn – 14,0; Mn – 3,5; Fe – 3,0; Mo – 4,6; Co – 1,0; Cr – 0,3; Se – 0,1; Ni – 0,1; N – 6,0; S – 29,0; Mg – 15,0). Внекорневая подкормка 1л/га.

Для решения поставленных задач были проведены следующие работы:

1. Перед закладкой опыта осуществляли отбор почвенных образцов с различной глубины. В образцах определяли: гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91), $pH_{(KCl)}$ солевой вытяжки потенциометрически по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность — по Каппену (ГОСТ 26212-91), P_2O_5 — подвижный по Чирикову (ГОСТ 26204-91), K_2O — обменный по Масловой, нитратный азот — по Грандваль-Ляжу, аммиачный — колориметрическим методом с реактивом Нesslerа.

2. Фенологические наблюдения и отбор растительных проб проводили согласно методическим указаниям по Географической сети опытов с удобрениями. По этой же методике определяли массу 1000 семян и натуру [8].

3. Математическая обработка урожайных данных проведена компьютерной программой AgCStat, надстройка к Excel.

Условия проведения исследований. Опытные поля расположены в безлесной местности на водоразделе рек Цны и Савалы. Это самое возвышенное плато в южной части области — 191,7 м над у м (<https://goo.su/ZUwzt>). Почва на опытном участке является чернозёмом типичным, со свойственным ему содержанием в пахотном слое гумуса 6,7-7,1% отмечается в пахотном горизонте со снижением его до 5,9-5,6% в подпахотном, подвижного фосфора — 12,5-14,5 мг/100 г, обменного калия — 16,0-17,3 мг/100 г почвы. Кислотность почвы (pH_{KCl}) составляет 5,5-5,8 [9]. Метеорологические условия во время проведения исследований в разные годы отличались от среднемноголетних данных (Таблица 1).

Таблица 1

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ГОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха							
		2022		2023		2024		Средние многолетние	
Апрель	1	6,2	32,6	8,5	1	12,2	0,8	-	-
	2	9,0	10,3	9,2	0	14,2	9,4	-	-
	3	11,0	8,0	12,3	15,6	15,2	8,5	-	-
	Месяц	8,7	50,9	10	16,6	13,9	18,7	7,7	29
Май	1	8,7	5,0	9,3	9,3	8,3	14,1	-	-
	2	11,2	18,9	15,2	0,8	9,7	1,8	-	-
	3	12,2	11,5	17,6	18,4	18,1	0,9	-	-
	Месяц	10,7	35,4	14,0	28,5	12,0	16,8	15	43
Июнь	1	17,9	11,3	16,6	4,0	21,3	8,5	-	-
	2	19,5	7,1	16,4	4,3	22,7	10,7	-	-
	3	20,6	5,0	16,6	51,3	18,5	7,0	-	-
	Месяц	19,3	23,4	16,5	59,6	20,8	26,2	18,5	66
Июль	1	21,5	1,3	21,5	47,7	23,9	34,9	-	-
	2	20,2	49,8	17,7	15,3	23,7	5,0	-	-
	3	20,1	47,1	20,9	79,7	19,6	14,6	-	-
	Месяц	20,6	98,2	20,0	142,7	22,4	54,5	20,4	55
Август	1	22,5	0	23,5	0,8	18,7	13,2	-	-
	2	22,0	22	22,8	2,0	18,4	7,9	-	-
	3	23,2	0	15,9	15,7	22,0	5,0	-	-
	Месяц	22,6	22	20,7	18,5	19,7	26,1	18,7	43

В годы проведения исследований, температура отличалась от средних многолетних, т.е. от нормы. Колебания осадков в виде дождя имели место по годам, хотя и не помешали нам провести нужные исследования. Урожайность меняла свой числовой показатель по годам (Таблица 2).

Таблица 2

УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ 2022-24 ГГ.

Варианты	2022	2023	2024
Без удобрений	3,22	3,45	2,00
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	3,49	3,72	2,21
N ₃₀ ^c	3,40	3,64	2,11
N ₃₀ ^m	3,29	3,96	2,04
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + N ₃₀ ^c	3,81	4,09	2,49
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ +N ₃₀ ^c +M	3,91	4,18	2,60
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ +M	3,68	3,94	2,38
HCP ₀₅	0,22	0,1	0,26

Максимальную урожайность за весь период исследований показал вариант с внесением основного удобрения N₄₀P₄₀K₄₀, аммиачной селитры в предпосевную культивацию, и некорневой подкормкой в фазу кущения. Все варианты с применением минеральных удобрений, дали прибавку к урожайности, относительно контроля (Таблица 3).

Таблица 3

ПРИБАВКА К УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ 2022-24 ГГ.

Варианты	2022	2023	2024
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	0,27	0,27	0,21
N ₃₀ ^c	0,18	0,19	0,11
N ₃₀ ^m	0,07	0,51	0,04
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + N ₃₀ ^c	0,59	0,64	0,49
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ +N ₃₀ ^c +M	0,69	0,73	0,60
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ +M	0,46	0,49	0,38

Максимальную прибавку показал вариант с внесением основного удобрения N₄₀P₄₀K₄₀, аммиачной селитры в предпосевную культивацию, и некорневой подкормкой в фазу кущения. В 2022 г прибавка составила 0,69 т/га, в 2023 г прибавка составила 0,73 т/га, в 2024 г прибавка составила 0,6 т/га. В исследованиях наблюдали течение метеорологических условий по фазам развития яровой пшеницы (Таблица 4).

Таблица 4

ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЗА ВЕГЕТАЦИЮ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Годы	Посев- всходы	Всходы- кущение	Кущение- выход в трубку	Выход в трубку- колошение	Колошение- спелость	Вегетация
2022	1.05-12.05*	12.05-29.05	29.05-15.06	15.06-25.06	25.06-03.08	1.05-3.08
	5\60,7**	19,6\149,9	13,9\312,2	9,5\196,6	98,2\733	146,2\1452,4
2023	20.04-28.04	28.04-16.05	16.05-02.06	02.06-15.06	15.06-23.07	20.04-23.07
	5,9\91,2	4,3\159,9	18,7\294,1	8\207,4	118,9\702,4	155,8\1455
2024	23.04-3.05	3.05-21.05	21.05-6.06	6.06-17.06	17.06-26.07	23.04-26.07
	2,4\125,6	10,8\100,8	1,9\312,3	17,4\241,8	48,6\847,4	81,1\1627,9

* - продолжительность фазы; ** - осадки за время когда температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$, мм\сумма температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$

Из данных, приведенных в Таблице 4 видно, что метеорологические условия были различными, как по фазам развития, так и по годам проведения научных исследований. Для получения нужных данных был просчитан гидротермический коэффициент Селянинова [10] (Таблица 5).

Таблица 5
ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО ПЕРИОДАМ РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Годы	Посев- всходы	Всходы- кущение	Кущение-выход в трубку	Выход в трубку- колошение	Колошение- спелость	Вегетация
2022	0,8	1,3	0,5	0,5	1,3	1
2023	0,6	0,3	0,6	0,4	1,7	1,1
2024	0,2	1,1	0,1	0,7	0,6	0,5

Гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, как и следовало ожидать, был различным как по фазам вегетации, так и по годам проведенных исследований. Используя данные приведенные в Таблице 5 — выявили и проанализировали связь урожая с гидротермическим коэффициентом [11, 12] (Таблица 6).

Таблица 6
КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ УРОЖАЕМ И ГТК У ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

	(X) Урожайность	(Y) ГТК	XY	X ²	Y ²
2022	3,22	1	3,22	10,4	1
2023	3,45	1,1	3,8	11,9	1,2
2024	2	0,5	1	4	0,3
	Σ8,67	Σ2,6	Σ8	Σ26,3	Σ2,5

$$R = [3 \times 8 - (8,67 \times 2,6)] \sqrt{[(3 \times 26,3 - 8,67^2) \times (3 \times 2,5 - 2,6^2)]}$$

$$R = 1,46 \sqrt{8,51}$$

$$R = 1,46 \sqrt{2,92}$$

$$R = 0,5$$

По результатам математических вычислений, была выявлена умеренно положительная корреляция (R), между урожайностью яровой пшеницы и гидротермическим коэффициентом за вегетацию. Далее — просчитали корреляцию между гидротермическим коэффициентом и прибавкой к урожайности (Таблица 7).

Таблица 7
КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ГТК И ПРИБАВКАМИ
К УРОЖАЮ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ У ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ.

	(X) Прибавка к урожайности	(Y) ГТК	XY	X ²	Y ²
2022	0,69	1	0,69	0,48	1
2023	0,73	1,1	0,8	0,53	1,2
2024	0,60	0,5	0,3	0,36	0,3
	Σ2,02	Σ2,6	Σ1,79	Σ1,37	Σ2,5

$$R = [3 \times 1,79 - (2,02 \times 2,6)] \sqrt{[(3 \times 1,37 - 2,02^2) \times (3 \times 2,5 - 2,6^2)]}$$

$$R = 0,12 \sqrt{0,03 \times 0,74}$$

$$R = 0,12 \sqrt{0,15}$$

$$R = 0,8$$

При расчете числовых данных, выявлено сильную положительную корреляцию (R), между гидротермическим коэффициентом за вегетацию и прибавкой урожайности яровой пшеницы.

Вывод

На основании проведенных исследований и полученных путем математических вычислений исходящих из числовых данных, можно с уверенностью, утверждать что урожайность вариабельна в зависимости от метеорологических условий и непосредственно связана с показателем гидротермического коэффициента.

Список литературы:

1. Babushkina E. A., Belokopytova L. V., Zhirnova D. F., Shah S. K., Kostyakova T. V. Climatically driven yield variability of major crops in Khakassia (South Siberia) // International Journal of Biometeorology. 2018. V. 62. №6. P. 939-948. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1496-9>
2. Karimi T., Stöckle C. O., Higgins S., Nelson R. Climate change and dryland wheat systems in the US Pacific Northwest // Agricultural Systems. 2018. V. 159. P. 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.03.014>
3. Li C., Wang R., Xu J., Luo Y., Tan M. L., Jiang Y. Analysis of meteorological dryness/wetness features for spring wheat production in the Ili River basin, China // International Journal of Biometeorology. 2018. V. 62. №12. P. 2197-2204. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1623-2>
4. Кадушкина В. П., Грабовец А. И., Бондарь Р. И. Взаимосвязи между урожайностью яровой твердой пшеницы и агрометеорологическими факторами в степной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2013. №6. С. 1-9.
5. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. №6. С. 18-22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>
6. Пасько С. В., Федюшкин А. В. Оптимизация минерального питания яровой пшеницы на черноземе обыкновенном // Достижения науки и техники АПК. 2018. V. 32. №10. P. 33-36. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11007>
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Альянс, 2011. 352 с.
8. Методические указания по географической сети опытов с удобрениями. М., 1983.
9. Иванова О. М., Макаров М. Р., Ерофеев С. А. Агротехнические мероприятия с комплексным внесением минеральных удобрений и микроудобрений при возделывании подсолнечника // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №9. С. 104-109. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/10>
10. Чирков Ю. И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 320 с.
11. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
12. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск: СО РАСХН, 2008. 217 с.

References:

1. Babushkina, E. A., Belokopytova, L. V., Zhirnova, D. F., Shah, S. K., & Kostyakova, T. V. (2018). Climatically driven yield variability of major crops in Khakassia (South Siberia).

International Journal of Biometeorology, 62(6), 939-948. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1496-9>

2. Karimi, T., Stöckle, C. O., Higgins, S., & Nelson, R. (2018). Climate change and dryland wheat systems in the US Pacific Northwest. *Agricultural Systems*, 159, 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.014>

3. Li, C., Wang, R., Xu, J., Luo, Y., Tan, M. L., & Jiang, Y. (2018). Analysis of meteorological dryness/wetness features for spring wheat production in the Ili River basin, China. *International Journal of Biometeorology*, 62(12), 2197-2204. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1623-2>

4. Kadushkina, V. P., Grabovec, A. I., & Bondar', R. I. (2013). Vzaimosvjazi mezhdu urozhajnost'ju jarovoj tverdoj pshenicy i agrometeorologicheskimi faktorami v stepnoj zone Rostovskoj oblasti. *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, (6), 1-9. (in Russian).

5. Ionova, E. V., Lihovidova, V. A., & Lobunskaja, I. A. (2019). Zasuha i gidrotermicheskij koeficient uvlazhnenija kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury). *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, (6), 18-22. (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>

6. Pas'ko, S. V., & Fedjushkin, A. V. (2018). Optimizacija mineral'nogo pitaniya jarovoj pshenicy na chernozeme obyknovennom. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 32(10), 33-36. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11007>

7. Dospehov, B. A. (2011). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanija). Moscow. (in Russian).

8. Metodicheskie ukazaniya po geograficheskoj seti opytov s udobrenijami (1983). Moscow. (in Russian).

9. Ivanova, O., Makarov, M., & Erofeev, S. (2021). Agrotechnical Measures With Complex Application of Inorganic Fertilizers and Micro-fertilizers in the Sunflower Cultivation. *Bulletin of Science and Practice*, 7(9), 104-109. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/10>

10. Chirkov, Ju. I. (1979). Agrometeorologija. Leningrad. (in Russian).

11. Mineev, V. G. (2001). Praktikum po agrohimii. Moscow. (in Russian).

12. Sorokin, O. D. (2008). Prikladnaja statistika na komp'jutere. Novosibirsk. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 02.08.2025 г.

Принята к публикации
12.08.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Макаров М. Р. Вариабельность урожайности пшеницы яровой в зависимости от погодных условий // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №9. С. 354-360. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/41>

Cite as (APA):

Makarov, M. (2025). Variability of Spring Wheat Yield Depending on Weather Conditions. *Bulletin of Science and Practice*, 11(9), 354-360. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/41>