

## ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ РАВНИНЕ

**М.-Р.А. Казиев, д.с.-х.н., С. А. Теймуров, к.с.-х.н., А.В. Рамазанов, к.с.-х.н., М.А. Саипов,  
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,  
ул. А. Шахбанова 30, МКР Научный городок, Махачкала, 367014,  
E-mail: [samteim@rambler.ru](mailto:samteim@rambler.ru)**

*Представлены результаты исследования связи между природно-климатическими факторами и уровнем урожайности озимой пшеницы на лугово-каштановых орошаемых почвах Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. Агроэкологическая модель плодородия служит агроэкосистемой, которая гарантирует получение высоких урожаев озимой пшеницы.*

*Ключевые слова:* экология, климат, плодородие, орошение, озимая пшеница, урожайность.

Для цитирования: Казиев М.-Р.А., Теймуров С.А., Рамазанов А.В., Саипов М.А. Влияние агрометеорологических факторов на урожайность озимой пшеницы в Терско-Сулакской равнине// Плодородие. – 2021. – №5. – С. 98-101. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.24.

При разработке экологических основ размещения зерновых культур на территории, когда почва, погода и климат рассматриваются как среда, обуславливающая возможности произрастания растений и стимулирующая различную степень проявления их продуктивности, решение конкретных задач состоит из двух этапов. Первоначально определяют характер и степень влияния физической среды на объект, а затем полученные характеристики и связи становятся основой для соответствующих климатических расчётов [15].

Модель плодородия почвы позволяет устранить диспропорцию между научными потенциалом теоретического почвоведения и его практической реализацией. Основополагающая роль модели почвенного плодородия, это содержание данных о значимых характеристиках объекта, она выступает промежуточным звеном между объектом и исследователем [16].

Оценка климата, основанная на связи между факторами внешней среды и требованиями сельскохозяйственных объектов, позволяет вскрыть климатические особенности территории, создать объективные предпосылки для оптимального размещения отраслей, специализации сельского хозяйства, эффективность которого в значительной степени зависит от климатических условий и степени их использования [17, 18]. Климат почвы определяется совокупностью проходящих в почве физических процессов, формирующихся под воздействием природных и антропогенных факторов. Главными составляющими климата почвы являются тепловой, водный и воздушный ее режимы, подчиняющиеся макроклиматической ритмичности и особенностям мезо- и микроклимата.

В формировании урожая существенную роль играет климат, определяя уровень, межгодовую изменчивость и пространственную структуру сельскохозяйственного производства. В настоящее время научным сообществом востребованы данные об урожайности не менее, чем о метеорологии, которые занимаются сбором, обработкой и анализом данных об урожайности [3, 5, 6, 9, 11, 14, 19, 20].

Продуктивность зерновых культур в странах с развитым земледелием (соблюдением технологии и сортом) на 23% зависит от агрометеорологических факторов и высокой интенсификации [8].

По мнению большинства ученых, с повышением культуры земледелия сила связи урожая с климатическими факторами не только не ослабила, но и усилилась. Некоторые интенсивные сорта зерновых культур, обладающие повышенной восприимчивостью к таким условиям среды, нуждаются в оптимизации теплового, водного и пищевого режимов [2].

Усовершенствование и развитие методов прогнозирования продуктивности озимых культур, в частности озимой твердой пшеницы, играют существенную роль в её формировании и неразрывно связаны с метеорологическими показателями (осадки, температурный режим), позволяют задолго до уборки прогнозировать урожайность и определять стоимость продукции.

В равнинной сухостепной зоне Дагестана величина урожая озимой пшеницы зависит от погодноклиматических факторов на 74%, и только от управляемых факторов агротехники на 26%. Достаточно актуально и рациональное использование агрометеорологических данных для получения устойчивых урожаев зерновых культур, которое имеет большую научно-практическую значимость [4, 7].

Связь между характером агрометеорологических явлений и фазами вегетации зерновых культур позволяет точнее оценить сущность и значение агротехнических приёмов и внести необходимые корректировки, эффективно использовать имеющийся ресурсный потенциал и с большей определенностью урожайность [10, 12, 13].

Была определена количественная оценка влияния некоторых агрометеорологических факторов на урожайность озимой твердой пшеницы сорта Крупинка, использовались данные метеостанции г. Хасавюрта (высота над уровнем моря 117 м) за 2015-2020 г. и сопряженные с ними сведения об урожайности на опытной станции им. Кирова Хасавюртовского района Республики Дагестан.

**Цель исследований** – установить влияние отдельных агрометеорологических факторов (температура воздуха, осадки) и взаимосвязь с урожайностью озимой пшеницы на лугово-каштановой орошаемой почве Терско-Сулакской равнины Дагестана.

**Методика.** Участок опыта (пашня) представлен лугово-каштановой почвой тяжелого гранулометрического

состава в условиях орошения с содержанием в пахотном (0-20 см) слое гумуса 2,5-2,8% (по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли по методу Мачи-гина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91). Оно характеризуется средней степенью обеспеченности  $P_2O_5$  – 15 мг/кг почвы и высокой степенью обеспеченности  $K_2O$  – 510 мг/кг почвы. Нитрификационная способность составляет – 21-24 мг  $N-NO_3$ /кг. Реакция почвенной среды  $pH_{(H_2O)}$  6,99-7,10. Опыт закладывали в 3-х кратной повторности, расположение делянок – систематическое. Общая площадь делянки – 780 м<sup>2</sup> (учетная 180 м<sup>2</sup>). Поверхностный самотечный способ орошения осуществлялся по полосам с использованием оросительной системы с расчетом увлажнения почвы. В течение вегетации роста, влажность активного слоя почвы поддерживали поливами в фазе колошения не ниже 70 % НВ. Поливной режим в годы исследований изменялся в зависимости от гидротермических условий и составлял от 800 м<sup>3</sup>/га до 1200 м<sup>3</sup>/га. Под основную вспашку озимой пшеницы вносилось 5 ц/га ( $P_{90}$ ) фосфорных удобрений и затем проводилось внесение азотных удобрений в виде подкормки весной в дозах  $N_{30}$  и  $N_{60}$ .

Климат умеренно теплый, континентальный. По агроклиматическому справочнику [1] за 1981-2010 г. среднегодовая температура воздуха в Терско-Сулакской подпровинции равна 10,9 °С. Сумма положительных температур выше 10 °С колеблется от 3620 до 3710 °С. Среднегодовая сумма осадков в г. Хасавюрт составляет 476-480 мм, а гидротермический коэффициент, характеризующий увлажненность, в г. Хасавюрт – 0,91. Продолжительность вегетационного периода 232-236 дней, а для теплолюбивых культур – 190-192 дня. В отдельные годы температурный минимум приходился на январь – февраль, а максимум – на июль – август.

Высокая влажность воздуха (83-89%) отмечена в зимний период, а минимальная – в летние месяцы (14-17%), средние по шести годам составило 69-72%.

Для определения влияния погодных условий на урожайность зерновых культур, использовали данные мониторинга ФГБНУ «ФАНЦ РД» за последние 6 лет с проведением статистической обработки фактических показателей среднемесячной температуры воздуха, суммы осадков и урожайности озимой твердой пшеницы (сорт Крупинка) включенный в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, с применением общепринятой для зоны технологии возделывания. Изучали урожайность озимой пшеницы в контрольных вариантах опыта отвальной вспашки в зернопропашном севообороте. Посев проводили одинаково по годам (конец сентября – начало октября). Уборку урожая озимой пшеницы осуществляли в плановые сроки, полученные средние результаты по урожайности анализировали по годам. Технология возделывания озимой пшеницы – общепринятая для условий Дагестана.

Учёт метеоданных вели за весенне-летний период (апрель-июнь), учитывали такие показатели как среднемесячная температура воздуха и сумма осадков.

Для основного математического расчёта использовали корреляционный и регрессионный анализ с применением программы AgCStat для Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Влияние метеорологических условий на сельскохозяйственные растения огромно и является лимитирующим фактором. От температуры и количества осадков зависят рост и развитие культур, их урожайность. Метеорологические условия в годы исследований были контрастными. За вегетационный период метеоусловия в годы исследования различались по температурному режиму и количеству осадков. Только за последние 6 лет в период активной вегетации озимой пшеницы (апрель-июнь) среднемесячная температура воздуха составила 18,2 °С, превысив многолетнюю на 1,6 °С (при среднемноголетней норме 16,6 °С). Месячная сумма составила 38,2 мм (-6,4 мм), при среднемноголетних осадках 44,6 мм за тот же период вегетации (табл. 1).

**1. Агроклиматические показатели и их отклонение от среднемноголетних данных в период активной вегетации озимой пшеницы**

Год	t, °С			Сумма осадков, мм			Урожайность, ц/га
	средняя	среднемноголетняя	отклонение, +/-	средняя	среднемноголетняя	отклонение, +/-	
2015	17,8	16,6	+1,2	25,6	44,6	-19,0	26,4
2016	18,4	16,6	+1,8	67,3	44,6	+22,7	27,7
2017	16,8	16,6	+0,2	50,6	44,6	+6,0	28,3
2018	18,9	16,6	+2,3	22,6	44,6	-22,0	25,3
2019	19,4	16,6	+2,8	21,0	44,6	-23,6	26,0
2020	17,5	16,6	+0,9	42,0	44,6	-2,6	27,3
Среднее за 6 лет	18,2	16,6	+1,6	38,2	44,6	-6,4	26,8

В 2018 и 2019 г. рост и развитие растений озимой твердой пшеницы проходили в условиях недостатка влаги на фоне высокого температурного режима в течение всего вегетационного периода.

Увеличение средней температуры воздуха и уменьшение суммы осадков привели к снижению урожайности.

Экстремальные ситуации агрометеорологического режима в фазы развития и роста растений имеют нерегулярный характер, и в процессе прохождения отдельных этапов органогенеза наблюдается чередование как благоприятных, так и неблагоприятных условий.

В неблагоприятных ситуациях количественные и качественные изменения продуктивности растений зависят как от длительности и напряженности воздействия негативных факторов, так и от значимости их в отдель-

ные этапы онтогенеза растений. В этих условиях использование при оценке формирования урожайности растений обобщенных характеристик агрометеорологического режима, даже в пределах отдельных периодов вегетации, не всегда может быть эффективным, ибо последние в значительной степени нивелируют оценки.

На основании статистической обработки имеющихся данных получены корреляционные матрицы по влиянию наиболее значимых агрометеорологических показателей на урожайность (рис. 1, 2).

В соответствии с полученными данными можно заключить, что за 6 лет исследования наибольшее положительное влияние на урожайность озимой твердой пшеницы оказало выпадение осадков в вегетационный

период. Основополагающим фактором является также температура воздуха.

В результате регрессионного анализа были получены следующие уравнения: среднемесячная температура ( $t, ^\circ\text{C}$ ) –  $y = -4,1883x + 138,93$  ( $r^2 = 0,1548$ ), сумма осадков (мм) –  $y = 7,037x - 156,81$  ( $r^2 = 0,5516$ ).

Полученные уравнения регрессии достаточно полно характеризуют влияние температуры и осадков в вегетационный период на величину урожая и позволяют заключить с достаточно высокой степенью значимости (0,1548-0,5516), что уровень урожайности озимой пшеницы можно спрогнозировать с учетом этих показателей.

Главными показателями, используемыми в агрометеорологии для оценки складывающихся погодных условий, являются количество осадков и сумма активных температур, а интегральным показателем, одновременно учитывающим оба эти фактора, можно считать гидротермические коэффициенты (ГТК).

По результатам анализа агрометеорологических показателей обнаружена положительная корреляция урожайности за вегетационный период 2015-2020 г., где была установлена зависимость от влагообеспеченности, изучаемого сорта озимой пшеницы и условий температуры (табл. 2).

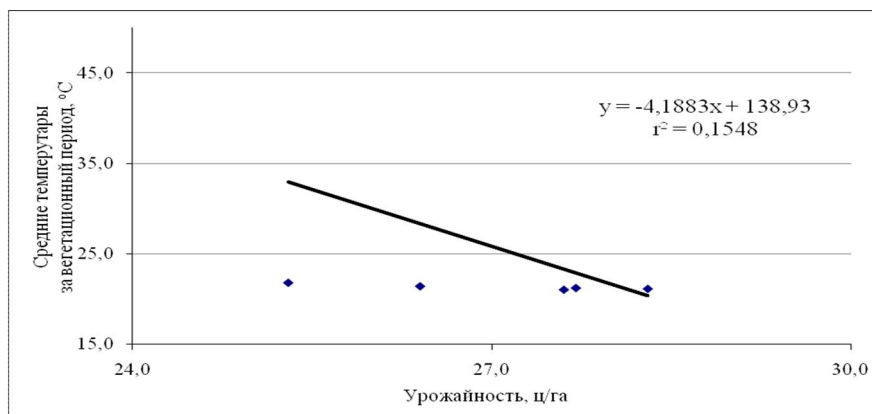


Рис. 1. Зависимость урожайности озимой пшеницы от среднемесячной температуры в период вегетации (в среднем за 2015-2020 г.)

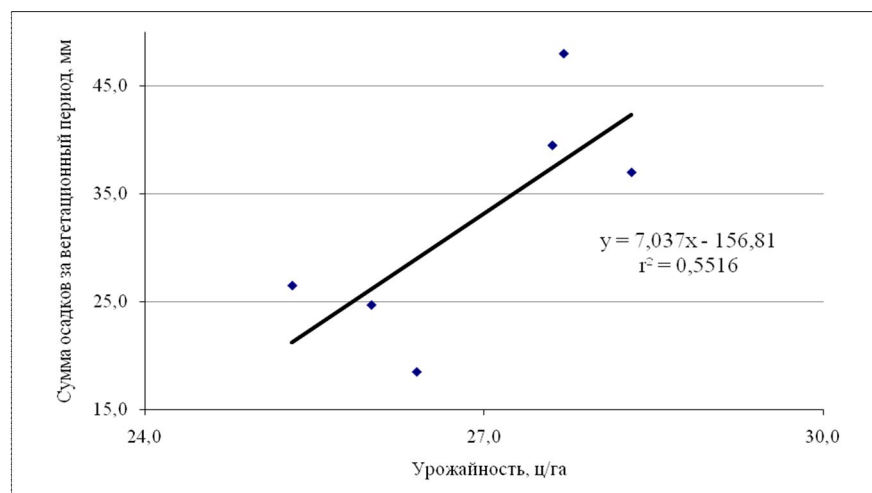


Рис. 2. Зависимость урожайности озимой пшеницы от суммы осадков в период вегетации (в среднем за 2015-2020 г.)

## 2. Коэффициент корреляции ( $r$ ) и уравнение регрессии ( $y$ ) между урожайностью озимой пшеницей и агрометеорологическими условиями

Год	Осадки, мм	$\Sigma t > 10^\circ\text{C}$	ГТК
2015	286	140,8	0,67
2016	343	138,4	0,83
2017	259	139,7	0,62
2018	167	146,0	0,38
2019	167	144,3	0,38
2020	243	142,7	0,57
	$y = 40,4x - 841,92$ $r^2 = 0,463$	$y = -2,0097x + 196,01$ $r^2 = 0,6534$	$y = 0,1049x - 2,2442$ $r^2 = 0,4849$

Агрометеорологические факторы при условии их относительно высоких значений способны положительно влиять на урожайность других озимых культур. Поэтому при возделывании озимых и пропашных культур в благоприятных условиях можно увеличить уровень восприятия растениями тепла и влаги для получения устойчивых урожаев.

**Заключение.** Агрометеорологический режим отдельных лет характеризуется нестабильный по годам и периодам вегетации растений, суммой осадков и температурой воздуха. Чередуются благоприятные годы на засушливые. Но тем не менее, эти факторы не значительно повлияли на урожай пшеницы, так как отклонения от средней за 6 лет составили от 0,5 до 2,5 ц/га.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ показал степень влияния различных агрометеорологических показателей на формирование урожайности озимой твердой пшеницы, установлены закономерности и модели, в зависимости от изученных факторов. Зависимость зерновой продуктивности озимой пшеницы от ГТК периода вегетации также значительна. Полученные результаты в условиях Терско-Сулакской подпровинции на лугово-каштановых почвах нужно учитывать при долгосрочном прогнозировании, следует использовать ресурс тепла и влаги для получения высокой урожайности посева в ранние сроки. Таким образом, существует тесная связь между агроклиматическими факторами и уровнем урожайности зерновой культуры.

#### Литература

1. *Агроклиматические ресурсы Дагестанской АССР*. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. – 112 с.
2. *Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края* / Под ред. Трубилина И.Т. и Малюги Н.Г. – Краснодар, 1997. – 236 с.
3. Вильфанд Р.М., Страшная Ф.И., Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования основных зерновых культур // Труды ГМЦ РФ. – 2016. – № 360. – С. 45–78.
4. Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыденко В.И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополя // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 8–12.
5. Дронин Н.М., Кириленко А.П. Роль климатического и политэкономического факторов в динамике урожайности зерновых в отечественной истории XX века // Вестник МГУ. – 2012. – Сер. 5. – С. 13–18.
6. Золотокрылин А.Н., Черенокова Е.А., Титкова Т.Б. и др. Изменения урожайности зерновых культур европейской России, вызванные квазидвухлетней цикличностью атмосферных процессов // Известия Российской академии наук. – 2016. – С. 90–99.
7. Ивойлов А.В., Чернышова Т.Н. Влияние агрометеорологических условий периода вегетации и перезимовки растений на урожайность

- озимой пшеницы в центральной части Республики Мордовия // Вестник Мордовского университета. – 2015. – Т. 25. – № 4. – С. 125–132.
8. Кильдюшин В.М., Хомутов Ю.В., Корнев В.А. и др. Влияние погодноклиматических факторов на урожайность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №2. – С.26–28.
9. Клещенко А.Д. Научные основы агрометеорологического и агроклиматического обеспечения аграрного сектора экономики России // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 1. – С. 43–52.
10. Кулинцев В.В. Система земледелия нового поколения Ставропольского края / В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, Л.И. Желнакова [и др.]. – Ставрополь: Агрус, 2013. – 520 с.
11. Манелля А.И. и др. Зерновое хозяйство России за 1970–1998 годы / А.И. Манелля и др. – М.: Центр экономической конъюнктуры при Правительстве Российской Федерации. – 1999. – 158 с.
12. Морозов Н.А. Продуктивность зерновых севооборотов с различным насыщением чистыми и занятыми парами / Н.А. Морозов, С.А. Лиходиевская, А.И. Хрипунов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 29–35.
13. Петров Г.И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя. – Будённовск: Прикумье, 1996. – 342 с.
14. Страшная А.И., Пурина И.Э., Чуб О.В. и др. Автоматизированная технология мониторинга и расчета количества декад с почвенной и атмосферно-почвенной засухой под зерновыми культурами // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 349. – С. 150–160.
15. Чекарев А.П. Погода, климат и отгонно-пастбищное животноводство. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 162 с.
16. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – 305 с.
17. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометеиздат, – 1967. – 298 с.
18. Яковлев Н.Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 419 с.
19. Bokusheva R., Hockmann H., Kumbhakar S. C. Dynamics of productivity and technical efficiency in Russian agriculture. – Eur. Rev. Agric. Econ., 2012. – Vol. 39. – Pp. 611–637.
20. Lobell D. B., Field C. B. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. – Environ. Res. Lett., 2007. – Vol. 2. – Pp. 1–7.

#### THE INFLUENCE OF SOME AGROMETEOROLOGICAL FACTORS ON THE YIELD OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF IRRIGATION OF THE TERSKO-SULAK SUBPROVINCE

*M. A. Kaziev, Doctor of Agricultural Sciences, S. A. Teymurov, Candidate of Agricultural Sciences, A.V. Ramazanov, Candidate of Agricultural Sciences, M. A. Saipov applicant*

*FSBSI «Federal agricultural research center of the Republic of Dagestan»  
RF, 367014, RD, Makhachkala, MKR Nauchnyj gorodok, ul. A. Shahbanova 30.  
E-mail: [samteim@rambler.ru](mailto:samteim@rambler.ru)*

*The results of the study of the close relationship between natural and climatic factors and the level of winter wheat yield on meadow-chestnut irrigated soils of the Tersko-Sulak subprovincion of Dagestan are presented. The agroecological model of fertility is an agroecosystem that guarantees high yields of winter wheat.*

*Keywords: ecology, climate, fertility, irrigation, winter wheat, yield.*

УДК 502/504:628.04.08

DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.25

## СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД КАРТОННО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОЧВУ

*А.О. Холуденева, С.Ю. Ефремова, д.б.н.,*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет»*

*89374360132, [khouludeneva@penzgtu.ru](mailto:khouludeneva@penzgtu.ru) 89631097784, [efremova@penzgtu.ru](mailto:efremova@penzgtu.ru)*

*Рассмотрен способ утилизации осадка сточных вод картонно-бумажного производства посредством электроосмотической установки-дегидрататора, содержащей электроизоляционный корпус с электродами: анод, выполненный в виде токопроводящей крышки, и катод, в виде токопроводящего перфорированного днища корпуса, которые имеют между собой пространство для обезвоживаемых отходов осадка сточных вод. Такое техническое решение обеспечивает существенное снижение объемов отходов и улучшение экологической обстановки региона.*