

10. Чеботарев Н.Т., Броварова О.В., Конкин П.И. Влияние систематического внесения органических и минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность кормовых севооборотов на европейском Севере // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 1. – С. 34-37.

11. Кириллова Е.В., Копылов А.Н. Влияние различных систем удобрения на изменение агрохимических свойств почв // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 4 (158) – С. 31-36.

UDC 631.81:631.445.2:631.582

#### INFLUENCE OF THE LONG-TERM USE OF DIFFERENT FERTILIZER MANAGEMENT STRATEGIES IN CROP ROTATIONS ON THE AMOUNT OF NUTRIENTS IN MEADOW BROWN BLEACHED SOIL

R.V. Timoshinov, Candidate of Agricultural Sciences<sup>1</sup>, E. Zh. Kushaeva<sup>1</sup>,  
A.A. Dubkov<sup>1</sup>, A.G. Klykov, Doctor of Biology, Academician of RAS<sup>1</sup>,  
Ya.O. Timofeeva Candidate of Sciences (Biology)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBSI "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki"  
Russian Federation, 692539, Primorsky kray, Ussuriysk, Timiryazevsky stl., Volozhenina st., 30,  
phone number: (423) 439-27-19; e-mail: o.zemledelia@yandex.ru

<sup>2</sup>Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,  
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 690022, Vladivostok, Russia

The paper presents the results of a study on changes in the main agrochemical parameters of soil under different fertilizer management strategies in a long-term field experiment over nine crop rotations. The experiment was set up in a heavy clay meadow brown bleached soil. Analyzing the data of the multi-year research showed that all the studied fertilizer management strategies were effective in maintaining the agrochemical parameters on a higher level than in the control variant without fertilizer application. The content of humus was determined to decrease in soil; the most significant annual loss was noted in the control and in the variant with mineral fertilizers. The application of mineral fertilizers for 77 years slightly increased soil acidity (by 0.2 pH units). Regular liming allows a decrease in the acidifying effect of mineral fertilizers on soil. The highest effectiveness was noted in the variant with the complex fertilizer management strategy that included manure, lime, and the double dose of  $N_{60}P_{90}K_{90}$ . This variant was characterized by the highest amount of labile phosphorus (119 mg/kg) and exchangeable potassium (250 mg/kg), which facilitated the improvement of soil fertility (the complex agrochemical parameter = 64 points).

Keywords: fertilizer management strategy, crop rotation, soil fertility, phosphorus, potassium, humus.

УДК 631.82:633.1:631559

DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.09

#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

В.Г. Сычев<sup>1</sup>, Ю.И. Гречишкина<sup>2</sup>, А.В. Матвиенко<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31, [ainfo@vniia-pr.ru](mailto:ainfo@vniia-pr.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»  
355017, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12, [lnwg@mail.ru](mailto:lnwg@mail.ru)

<sup>3</sup>ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский»  
356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 65, [stavhim@mail.ru](mailto:stavhim@mail.ru)

Обобщены данные по внесению минеральных удобрений, урожайности озимой пшеницы и гидротермическим коэффициентам за период с 1996 по 2023 г. Объектом исследования выступила зона неустойчивого увлажнения, рассмотренная на примере данных по Шпаковскому округу Ставропольского края. Данные разделены на 3 группы по показателю ГТК: оптимальная влагообеспеченность ( $0,9 < ГТК < 1,1$ ), пониженная влагообеспеченность ( $ГТК < 0,9$ ), повышенная влагообеспеченность ( $ГТК > 1,1$ ). Корреляционный анализ для первой группы (оптимальная влагообеспеченность) выявил сильную взаимосвязь эффективности азота и фосфора с урожайностью озимой пшеницы ( $r=0,93$  и  $r=0,95$ ). По второй группе (пониженная влагообеспеченность) взаимосвязь умеренная ( $r=0,56$  и  $r=0,39$ ), для третьей группы (повышенная влагообеспеченность) – сильная с азотом ( $r=0,80$ ) и умеренная с фосфором ( $r=0,60$ ). Связь с калием для всех трёх групп незначительная.

Ключевые слова: продуктивность, озимая пшеница, влагообеспеченность, гидротермический коэффициент, погодные условия, минеральные удобрения, азот, фосфор, калий.

Для цитирования: Сычев В.Г., Гречишкина Ю.И., Матвиенко А.В. Эффективность минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Плодородие. – 2024. – №5. – С. 43-46. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.09.

Погодные условия для растениеводческой отрасли Ставропольского края являются одним из важнейших факторов влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Текущее состояние оросительной системы региона не способно нивелировать роль осадков в сельском хозяйстве [8]. В таких условиях для сельскохозяйственного зонирования Ставрополя определяющими критериями выступают влагообеспеченность и температурный режим.

Так с учётом детального почвенного обследования были выделены 4 сельскохозяйственные зоны: крайне засушливая, засушливая, неустойчивого увлажнения и достаточного увлажнения [7]. Несмотря на то, что в актуальный момент времени данная система требует корректировки из-за произошедших изменений климата и экономики, она, по-прежнему является теоретической основой для сельскохозяйственного производства в регионе [1].

В нашем исследовании сконцентрировано внимание на зоне неустойчивого увлажнения, как самой весомой с точки зрения эффективности растениеводства зоны Ставропольского края.

Степная часть Ставропольского края сильно подвержена засухам. Они бывают различной интенсивности и продолжительности. Сильнее всего в негативном ключе на урожайности зерновых сказываются весенне-летние засухи. Так засуха продолжительностью 3 месяца может снизить урожайность озимой пшеницы в 2,7 раза [2, 11].

Также засушливые условия негативно влияют на эффективность применения минеральных удобрений. Особенно сильно эффективность теряют азотные удобрения [3, 6].

**Цель исследования** – определить эффективность применения минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы в связи с гидротермическими условиями Ставропольского края на примере зоны неустойчивого увлажнения.

**Методика.** В качестве объекта исследования выступает зона неустойчивого увлажнения, репрезентация

которой выполнена по данным на Шпаковский муниципальный округ Ставропольского края.

В качестве исследуемых показателей выбраны: урожайность озимой пшеницы, объёмы использования минеральных удобрений и погодные условия сельскохозяйственной зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края, выраженные через гидротермический коэффициент (ГТК).

Данные по объёмам применения минеральных удобрений края получены в ходе государственного мониторинга за 1999-2023 г., выполненного федеральной агрохимической службой. Внесение удобрений учтено под урожай соответствующих лет. Информация об урожайности озимой пшеницы за исследованный период обобщена на основе формы 29-СХ федеральной службы государственной статистики. Информация по погодным условиям – по данным ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» [5].

**Результаты и их обсуждение.** В результате обобщения в итоговую выборку использованы данные за период с 1996 по 2023 г. по показателям: урожайность озимой пшеницы (ц/га), внесение минеральных удобрений, в том числе азота, фосфора и калия (кг/га), гидротермический коэффициент.

Для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края нормой считается значение ГТК в интервале 0,9-1,1. На основе этого для исследования были выделены 3 группы с последующей статистической обработкой:  $0,9 < ГТК < 1,1$  – группа с оптимальной для условий зоны влагообеспеченностью,  $ГТК < 0,9$  – группа со сниженной влагообеспеченностью,  $ГТК > 1,1$  – группа с повышенной влагообеспеченностью (табл. 1-3).

В итоге период с оптимальной влагообеспеченностью оказался самым коротким по общей продолжительности – 6 лет, в то время как периоды со сниженной и повышенной длятся по 11 лет каждый (рис.).

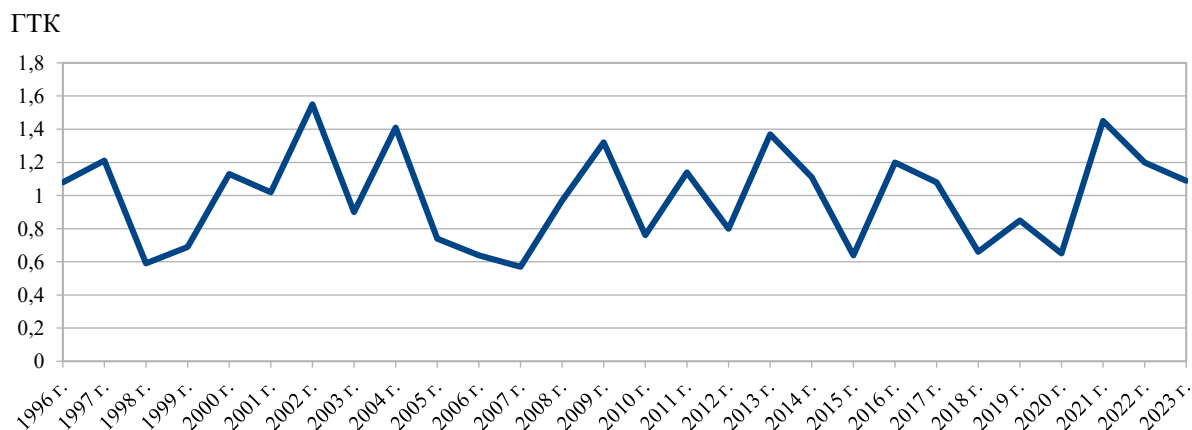


Рис. Динамика ГТК по данным наблюдений метеорологического пункта г. Ставрополь

#### 1. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы при оптимальной влагообеспеченности

Показатель	1996 г.	2001 г.	2003 г.	2008 г.	2017 г.	2023 г.	Коэффициент корреляции
Урожайность, ц/га	20,2	27,1	19,7	37,2	44,3	46	-
Внесено всего удобрений, кг д.в./га	50	53	62	90	111	114	0,95
Внесено азота, кг д.в./га	33	40	44	56	67	81	0,93
Внесено фосфора, кг д.в./га	15	10	12	30	39	31	0,91
Внесено калия, кг д.в./га	2	3	6	4	5	2	-0,11

## 2. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы при сниженной влагообеспеченности

Показатель	1998 г.	1999 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2010 г.	2012 г.	2015 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Коэффициент корреляции
Урожайность, ц/га	21,6	23,8	29,9	29,4	28,5	29,4	19,7	39,6	43,0	37,8	31,4	-
Внесено всего удобрений, кг д.в./га	75	43	71	111	79	112	86	47	160	139	149	0,47
Внесено азота, кг д.в./га	39	32	43	76	51	66	58	47	89	97	95	0,56
Внесено фосфора, кг д.в./га	24	6	23	32	26	41	25	0	67	40	31	0,39
Внесено калия, кг д.в./га	12	5	5	3	2	5	3	0	4	2	3	-0,51

## 3. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы при повышенной влагообеспеченности

Показатель	1997 г.	2000 г.	2002 г.	2004 г.	2009 г.	2011 г.	2013 г.	2014 г.	2016 г.	2021 г.	2022 г.	Коэффициент корреляции
Урожайность, ц/га	19,2	21,3	30,2	27,6	26,9	35,9	26,9	33,7	40,6	48,1	45,1	-
Внесено всего удобрений, кг д.в./га	44	47	46	54	110	104	51	58	60	142	131	0,73
Внесено азота, кг д.в./га	30	39	35	34	75	68	51	58	60	88	84	0,80
Внесено фосфора, кг д.в./га	11	5	8	20	26	33	0	0	0	51	43	0,60
Внесено калия, кг д.в./га	3	3	3	0	9	3	0	0	0	3	4	-0,07

Данные наблюдения подтверждают, что Ставропольский край находится в зоне рискованного земледелия. Усугубляет ситуацию отсутствие между периодами плавных переходов, переход от дефицита влаги к избытку может происходить на следующий год, что усложняет прогнозирование будущего урожая и адаптацию к погодным условиям.

В период, когда погодные условия зоны неустойчивого земледелия оптимальны, эффективность обеспечения урожая элементами питания за счёт удобрений хорошо выражена (табл. 1). Корреляционный анализ демонстрирует сильную прямую зависимость урожайности озимых культур от применения минеральных удобрений ( $r=0,95$ ). Такой же эффект прослеживается и от внесения с удобрениями азота и фосфора. Закономерный результат используемых аграриями систем удобрения, в которых основу составляет проведение азотных подкормок при сниженном внесении фосфора и калия [4, 9, 10].

А вот с внесением калия связь низкая. Связано это как с повышенной обеспеченностью данным элементом питания почв Шпаковского округа Ставропольского края (около 360 мг/кг по данным государственного мониторинга плодородия почв), так и с низкими объёмами его внесения с удобрениями. Учитывая эти условия, о полноценном влиянии данного фактора говорить не целесообразно.

Периоды со сниженной влагообеспеченностью удобрения оказывают умеренное влияние на урожайность озимой пшеницы, коэффициент корреляции составляет 0,47. Данный результат также вполне предсказуем. При недостатке почвенной влаги эффективность азотных подкормок резко снижается. Влагообеспеченность также влияет и на степень доступности растениям фосфора.

Внесение калия при пониженной влагообеспеченности демонстрирует умеренную отрицательную зависимость ( $r=-0,51$ ). На посевы озимой пшеницы калий поступает в основном из используемых на территории Ставропольского края комплексных удобрений – нитроаммофоски, диаммофоски, азофоски и т.д. Так как данные удобрения используются в крае ограниченно, то в период наблюдений данный фактор сильно варьирует – от 0 до 12 кг/га (табл. 2).

В период с повышенной влагообеспеченностью удобрения показали себя лучше, чем при дефиците влаги (табл. 3). Связь урожайности и удобрений сильная ( $r=-0,73$ ), хотя данный показатель и ниже, чем при оптимальной

влагообеспеченности. Такую ситуацию можно объяснить тем, что в условиях избытка влаги на первый план по влиянию на урожайность озимой пшеницы выходят другие факторы. Например, повышенное развитие болезней или технологические трудности, возникающие в период уборки урожая.

**Выводы.** Таким образом, в ходе исследований статистически подтверждена необходимость эффективного применения удобрений в экстремальных погодных условиях. Растениеводство в зоне умеренного увлажнения Центрального Предкавказья является рискованным. Об этом свидетельствует тот факт, что из проанализированных 28 годов по показателю влагообеспеченности только 21% попадает в оптимальные условия. Считаем, что в таких погодных условиях необходимо совершенствование адаптивных систем удобрения озимой пшеницы.

Так в условиях оптимальной влагообеспеченности текущие системы удобрения справляются со своей задачей хорошо, степень влияния применяемых удобрений на урожайность озимой пшеницы сильно выражена. При этом требуется продолжить работу по их совершенствованию. Предыдущие наши исследования не раз выявляли проблему дисбаланса азота и фосфора поступающих из удобрений под урожай.

При повышенной влагообеспеченности текущие системы удобрения снижают свою эффективность. Если влияние азота на урожайность по-прежнему сильное, то влияние фосфора понизилось до умеренного. С хорошими запасами продуктивной влаги в почве повышается доступность почвенного фосфора, что уменьшает эффект от использования фосфорных удобрений.

Также в данный период система удобрения должна строиться с учётом комплекса мер по защите растений от болезней, развитие которых провоцируется избытком влаги. Для этого необходимо прорабатывать совместное внесение азотных удобрений и средств защиты растений.

Корреляционный анализ для первой группы (оптимальная влагообеспеченность) выявил сильную взаимосвязь эффективности азота и фосфора на урожайность озимой пшеницы ( $r=0,93$  и  $r=0,95$ ). Во второй группе (пониженная влагообеспеченность) взаимосвязь умеренная ( $r=0,56$  и  $r=0,39$ ), для третьей группы (повышенная влагообеспеченность) – сильная с азотом ( $r=0,80$ ) и умеренная с фосфором ( $r=0,60$ ). Связь с калием для всех трёх групп на наш взгляд незначительная.

Сильнее всего проблема эффективности текущих систем удобрения проявляется в периоды с пониженной влагообеспеченностью. В таких условиях эффект до умеренного снижается не только у фосфорных, но и у азотных удобрений. Особое внимание необходимо уделять ранним весенним азотным подкормкам, особенно наличию достаточных для их проведения запасов продуктивной влаги в почве. Также следует отдавать приоритет использованию жидких и водорастворимых форм удобрений.

Что касается роли калия в обеспечении урожайности озимой пшеницы во всех трёх проанализированных периодах, то она на наш взгляд незначительна. Это обусловлено как низкими объёмами его использования, так и повышенной обеспеченностью почвы объекта исследований данным элементом питания. Внесение калийных удобрений нужно рассматривать с учётом других культур севооборота.

Подводя итог, считаем, что сельхозтоваропроизводители должны оптимизировать применение удобрений с учётом условий каждого из рассмотренных периодов влагообеспеченности. Главной проблемой в этом случае остаётся построение надёжной и достоверной системы прогнозирования погодных условий.

#### Литература

1. Антонов, С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края / С. А. Антонов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4(66). – С. 43-46.

2. Влияние экспериментального моделирования условий почвенной засухи на продуктивность пшеницы / А. Абдуллаев, А. Э. Эргашев, К. У. Джумаев [и др.] // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2011. – Т. 54. – № 2. – С. 153-157.

3. Водный режим выщелочного чернозема и водопотребление зерновых культур в центральной лесостепной зоне Зауралья / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. П. Курлов, О. С. Бастрычкина // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 5(135). – С. 6-9.

4. Гречишкина, Ю. И. Баланс элементов питания в почве под ведущими сельскохозяйственными культурами Ставропольского края / Ю. И. Гречишкина, В. П. Егоров, А. В. Матвиенко // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – № 7. – С. 5-8.

5. ИАС Агро-климат: [сайт]. URL: <https://climate.sniish.ru/mshsk/index.php>.

6. Максютов, Н. А. Устойчивость кормовых культур к засухе в зависимости от фона питания в степном Предуралье Оренбуржья / Н. А. Максютов, Н. А. Зенкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5(85). – С. 70-74.

7. Письменная, Е. В. Природный потенциал зональной специализации Ставропольского края / Е. В. Письменная, Л. В. Кипа, Н. Б. Шопская // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 3(15). – С. 148-153.

8. Состояние и пути повышения продуктивности орошаемых земель в Ставропольском крае / Е. И. Годунова, Н. Н. Шаповалова, С. Н. Шкабарда, А. И. Хрипунов // Плодородие. – 2017. – № 5(98). – С. 44-47.

9. Сычев, В. Г. Анализ использования минеральных удобрений под озимую пшеницу в Ставропольском крае / В. Г. Сычев, Ю. И. Гречишкина, А. В. Бурлай, А. В. Матвиенко // Плодородие. – 2021. – №2 (119). – С. 3-6.

10. Сычев, В. Г. Оценка динамики содержания подвижного фосфора в чернозёмных почвах Центрального Предкавказья / В. Г. Сычев, Ю. И. Гречишкина, А. В. Матвиенко // Плодородие. – 2022. – №5 (128). – С. 3-7.

11. Хрипунов, А. И. Влияние засух на урожайность озимой пшеницы / А. И. Хрипунов, А. А. Федотов, С. А. Лиходиевская // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 11. – С. 19-21.

#### THE EFFECTIVENESS OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT IN CONDITIONS OF UNSTABLE MOISTURE IN THE STAVROPOL TERRITORY

Sychev V.G.<sup>1</sup>, Grechishkina Yu.I.<sup>2</sup>, Matvienko A.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, str. Pryanishnikova, 31, 127434, Russia, [ainfo@vniia-pr.ru](mailto:ainfo@vniia-pr.ru)

<sup>2</sup>Stavropol State Agrarian University "Stavropol State Agrarian University"

355017, Russia, Stavropol Territory, Stavropol, lane. Zootechnical 12, [lnwg@mail.ru](mailto:lnwg@mail.ru)

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Institution State Center of Agrochemical Service "Stavropol", 356241, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, Nikonova str., 65, [stavhim@mail.ru](mailto:stavhim@mail.ru)

The data on the application of mineral fertilizers, winter wheat yields and hydrothermal coefficients for the period from 1996 to 2023 are summarized. The object of the study was an unstable humidification zone, considered on the example of data on the Shpakovsky district of the Stavropol Territory. The data are divided into 3 groups according to the GTC indicator: optimal moisture supply ( $0.9 < GTC < 1.1$ ), reduced moisture supply ( $GTC < 0.9$ ), increased moisture supply ( $GTC > 1.1$ ). Correlation analysis for the first group revealed a strong correlation between nitrogen and phosphorus application and yield ( $r=0.93$  and  $r=0.95$ ). In the second group, the relationship is moderate ( $r=0.56$  and  $r=0.39$ ), for the third – strong with nitrogen ( $r=0.80$ ) and moderate with phosphorus ( $r=0.60$ ). In our opinion, the relationship with potassium is insignificant for all three groups.

Keywords: productivity, winter wheat, moisture availability, hydrothermal coefficient, weather conditions, mineral fertilizers, nitrogen, phosphorus, potassium.