

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ВЫСОКОГОРСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**Л. Г. Гаффарова, Е. В. Смирнова, А. И. Матвеева**

Реферат. Проведена оценка по данным ретроспективного анализа данных содержания подвижного фосфора и калия и урожайности яровой пшеницы во временном ряду с выявлением функциональной зависимости на примере Высокогорского муниципального района Республики Татарстан за 52 года (1972-2023 годы). Климат в Высокогорском районе умеренно - континентальный. Характерен баланс осадков и испаряемости. Почвенный покров пахотных угодий Высокогорского района представлен серыми лесными почвами и незначительной долей дерново-подзолистых почв. За годы наблюдения в районе увеличивалось средневзвешенное содержание подвижного фосфора, достигая значений от 49 в первом цикле до 165,1 мг/кг почвы (пятый цикл). За 50 лет концентрация подвижного калия в почве постепенно возросла со 110 до 151,4 мг/кг, но к 2023 году зафиксировано снижение до 145,1 мг/кг. Годовой прирост в среднем составлял 0,77 мг/кг. Упрощенный баланс элементов питания за годы наблюдения (52 года) имеет положительные значения по всем исследуемым элементам питания, по азоту он равен +482,3 кг/га, показатели подвижного фосфора и калия накапливаются в почвах района 1019,8 и 553,2 кг соответственно. С 1972 года, за 52 года в Высокогорском районе на каждый гектар возделываемых земель ежегодное внесение минеральных удобрений составило 90 кг и 4 т/га органических удобрений. Использование как минеральных, так и органических удобрений существенно повысило продуктивность посевов яровой пшеницы, так с 1972 по 2023 год урожайность увеличилась на 16,1 центнера с каждого гектара. Применение минеральных и органических удобрений обеспечило высокое содержание средневзвешенных значений подвижного фосфора (в диапазоне от 51,9 до 157,2 мг/кг), уровень подвижного калия остался на повышенном уровне (от 96,9 до 145,1 мг/кг). Показатели урожайности яровой пшеницы напрямую связаны с изменениями в содержании доступных форм питательных элементов. Статистические данные показывают умеренную степень взаимосвязи показателей (коэффициент корреляции от 0,61 до 0,67).

Ключевые слова: подвижный фосфор, подвижный калий, интенсификация земледелия, плодородие, урожайность, яровая пшеница.

Для цитирования: Гаффарова Л.Г., Смирнова Е.В., Матвеева А.И. Вариабельность агрохимических показателей и урожайность яровой пшеницы в Высокогорском районе Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. № 2(14). С. 21-26

Введение. Почвенный покров является незаменимым ресурсом и средством производства в сельском хозяйстве. Антропогенное воздействие оказывает на них всестороннее влияние. В первую очередь это сказывается на почвенном плодородии. Нарушая естественное сложение почвенного профиля, изменяются физические и физико-химические свойства, что может повышать риск возникновения водной и ветровой эрозии, а также различных видов деградации пахотных земель [1, 2, 3].

Проанализировать показатели уровня плодородия, по данным содержания подвижного фосфора и калия, а также степень кислотности, возможно с помощью данных периодического агрохимического обследования проводимого центром агрохимической службы «Татарский» [1].

Для яровой пшеницы ключевым фактором урожайности является выбор районированных сортов [4, 5].

Основные макроэлементы, необходимы растениям для здорового роста и развития. Так, фосфор улучшает обмен углеводов, способствует накоплению сахаров, которые увеличивают морозоустойчивость и зимостойкость культур [6].

Кислотность почвы обуславливается наличием в ППК обменных ионов водорода и алюминия. От нее зависит выбор удобрений, культур для возделывания и применяемые

агротехнические приемы. Декальцинация почвы способствует снижению микробиологической активности, ухудшению агрофизических параметров, эффективности вносимых удобрений и подкислению почвенного раствора, что отражается на качестве и товарном виде производимой продукции [7].

В начале развития сельскохозяйственного производства продуктивность обрабатываемых земель была не выше естественных угодий. Это связано с развитием агротехники, агроприемов и земледелия как науки в целом [2, 3].

Главным рычагом управления урожайностью растений являются удобрения. Человек напрямую воздействует на урожайность, применяя составы с разным содержанием действующего вещества элементов питания и в определенные периоды вегетации. Неправильное и не своевременное применение удобрений приводит к ухудшению качества урожая, а в некоторых случаях и вовсе к его потере. Микроэлементы, хотя и не поглощаются растениями в больших количествах, но также оказывают немаловажное влияние на качество продукции. Первооткрывателями внесения минеральных удобрений в мире стали Германия, Канада, Европа и Соединенные Штаты Америки, где их начали использовать на несколько лет раньше России. В нашу же страну удобрения пришли сначала в северные

регионы, где климат достаточно увлажнен. Далее их начали применять в Беларуси, Прибалтике и северо-западных регионах [1, 2, 3].

В нашей республике годом начала интенсивного земледелия был 1958, как утверждают И. Д. Давлятшин и Н. Бакиров (1999г.). Урожайность яровой пшеницы в республике с применением удобрений заметно возросла. В 1960 году урожайность составляла 8,8 ц/га, а же в 1990 увеличилась в два раза и была равна 17,8 ц/га, а в 1999 году – 24,4 ц/га, что напрямую показывает значимость применения удобрений и как они способны повышать массу полученной продукции с одного гектара территории [2, 3].

Для поддержания стабильных и высоких урожаев пахотных угодий, нужен постоянный агрохимический мониторинг с целью контроля необходимости внесения минеральных и органических удобрений, плодородия пахотных земель, нуждаемости в мелиорации [8, 9, 10].

Цель исследования: по данным ретроспективного анализа данных установить как содержание подвижного фосфора и калия влияет на урожайность яровой пшеницы во временном ряду, выявить зависимость на примере Высокогорского муниципального района Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Объектом исследования выступают почвы Высокогорского района Республики Татарстан.

В качестве исходных данных были использованы результаты агрохимических обследований, которые проводились специалистами Центра агрохимической службы «Татарский». Полученные данные, а именно урожайность яровой пшеницы и агрохимические показатели были сопоставлены между собой для выявления корреляционной и регрессионной зависимости во временных рядах. Лабораторные анализы проводились по следующим методикам: определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011); определение обменной кислотности (ГОСТ Р 58594-2019).

Почвенный покров Высокогорского района в основном сложен из представителей пахотных серых лесных почв, незначительную часть занимают почвы дерново-подзолистые почвы [11,12].

Согласно большинству источников, в Республике Татарстан серые лесные почвы были сформированы под широколиственными травянистыми лесами в условиях периодически промывного водного режима. Почвообразовательный процесс складывается из следующих ЭПП: гумусово-аккумулятивный, иллювиальный, оподзоливание и лессиваж [3, 12].

Климат в Высокогорском районе умеренно – континентальный, с относительно влажным и прохладным летом и умеренно-холодной и снежной зимой. Лишь весной во время снеготаяния почва может промачиваться до грунтовых вод. Летом при высоких

температурах все осадки испаряются [11,12].

Статистические параметры агрохимических показателей и урожайности яровой пшеницы проводились с применением методов математической статистики при помощи пакета программы «программного пакета STATISTICA» (6) [13, 14, 15].

Получение растениеводческой продукции в достаточном количестве зависит от правильной обработки плодородного слоя. С помощью агротехнических приемов можно повлиять на физико-химические свойства почвы, ее структуру, влагоемкость, плотность, водно-воздушный режим и т.д. Любая технология возделывания включает основную обработку почвы, внесение удобрений, применение средств защиты от сорняков и вредителей [16, 17, 18].

Результаты и обсуждение. В середине 50-х годов в Республике Татарстан началось активное возделывание сельскохозяйственных угодий с применением удобрений. В особенности почвенный покров зоны Предкамья отличался повышенной кислотностью и низким плодородием, поэтому началось применение химических мелиорантов, минеральных и органических удобрений. Следующим значимым периодом интенсификации аграрного сектора намечился в период с 1986 по 1992 годы, получив дальнейшее развитие.

В Республике Татарстан результаты интенсификации земледелия возникли на базе Казанского государственного университета и Казанского государственного сельскохозяйственного института. Научные исследования основывались на повышении урожайности сельскохозяйственных культур при помощи применения различных форм и доз минеральных и органических удобрений. Такой прием земледелия получил название окультуривание почв [1, 2, 3].

В 1972 году на пахотных угодьях Высокогорского района было внесено 70 кг/га действующего вещества минеральных удобрений. Наблюдалась тенденция к увеличению этой дозы, достигшей пика в 1991 году – 235 кг д.в./га. В дальнейшем количество вносимых удобрений сократилось и на данный момент не превышает 100 кг д.в./га.

За все годы наблюдения внесение органических удобрений колеблется от 1,1 до 6,6 т/га. Такое количество органических удобрений недостаточно для получения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах. Применение минеральных удобрений совместно с органическими способствует замедлению процессов дегумификации.

Анализ упрощенного варианта баланса элементов питания, проведенный на основе изученных материалов, показал, что с 1972 по 2023 год урожайность зерна в районе составляла 1090 ц с гектара в сумме за 52 года, а посевной материал – 104 ц.

Согласно данным Зиганшина А.А. (1990), на тонну урожая пшеницы (зерно:солома =

АГРОНОМИЯ

1:1,5) требуется 30 кг азота, 12 кг фосфора и 18 кг калия. Общий вынос азота с урожаем составил 2958 кг, фосфора – 1183,2 кг, калия – 1774,8 кг.

Так за годы наблюдения вносилось на сельскохозяйственные поля Высокогорского района 4501 кг д.в. минеральных удобрений. При соотношении N:P:K = 50:30:20 (Якушкин и др., 1997) на каждый гектар

пашни поступило 2250,5 кг азота, 350,3 кг фосфора и 900,2 кг калия. А с внесением 198,3 т/га навоза (4 месяца хранения) в почву поступало до 6 кг азота, 4,3 кг фосфора и 7,2 кг калия на тонну, то есть 1189,8 кг азота, 852,7 кг фосфора и 1427,8 кг. Основные результаты упрощенного баланса элементов питания представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Баланс элементов питания в почве за 1972-2023 годы в Высокогорском районе

Показатели	Всего, д.в.	Азот, д.в.	Фосфор, д.в.	Калий, д.в.
Положительные статьи баланса				
1. Минеральные удобрения -NPK= 5:3:2	4501	2250,5	1350,3	900,2
2. Органические удобрения	3470,3	1189,8	852,7	1427,8
Всего	7971,3	3440,3	2203	2328
Отрицательная статья баланса				
Отчуждение с урожаем N:P:K	5916	2958	1183,2	1774,8
Баланс (положительный + и отрицательный -)	+2055,3	+482,3	+1019,8	+553,2

Баланс элементов питания имеет положительные значения по всем исследуемым элементам питания. В упрощенном балансе не учитываются процессы денитрификации и вымывания, поскольку учитывались многолетние статистические данные в разрезе района, без полевых исследований. По азоту баланс равен +482,3 кг за изучаемый период. В данном случае при возделывании яровой пшеницы азот может фиксироваться в результате биологического поглощения. При использовании больших количеств азотных удобрений существует риск загрязнения почвы нитратами, которые также могут накапливаться в овощных культурах.

Показатели подвижного фосфора и калия накапливаются в почве района 1019,8 и 553,2 кг соответственно. Оба элемента имеют положительный баланс. Фосфор – это малоподвижный элемент, его соединения труднорастворимы в воде, поэтому он практически не вымывается из почвенной толщи и аккумулируется в ее запасах. Калий не менее важный элемент и больше подвержен вымыванию. Следовательно, для повышения урожая и сохранения положительного баланса нужно вносить калийные и фосфорные удобрения.

Результаты агрохимического состояния почв Высокогорского района представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Динамика содержания подвижного фосфора, калия и показателей pH в пахотных почвах Высокогорского района

Циклы и годы	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН	Удобрения		Урожайность яровой пшеницы, ц/га, У _ф
	мг/кг			мин., кг/га	орг., т/га	
I -1966	51,9	100,8	5,3	нет сведений		
II – 1972	86,9	96,9	5,4	70	4,0	8,2
III -1980	112,4	105,8	5,5	89	5,0	13,1
IV -1987	141,5	113,4	5,5	120	6,6	14,9
V -1991	145,4	124,5	5,5	235	5,3	24,0
VI -1996	165,1	151,4	5,8	92	4,1	19,4
VII–2000	153,0	142,5	5,7	60,2	4,2	35,2
VIII-2002	146,7	130,6	5,7	53,6	1,6	25,3
IX-2006	142,3	125,2	5,7	27,8	1,1	28,2
X-2010	146,9	133,4	5,7	68,7	1,5	32,4
XI-2014	154,0	145,0	5,7	56,7	1,4	24,3
XII-2019	147,2	134,2	5,7	52,2	1,8	27,1
XIII - 2023	157,2	145,1	5,7	55	4,4	24,3

При начальном этапе сельскохозяйственного использования земель, по первому циклу агрохимического обследования данные анализов показали, что большая часть почвенного покрова района (50,8%) характеризовалась низким содержанием фосфора. В то же время доля со средним уровнем обеспеченности фосфора составляла менее 20%. В последующие годы с развитием интенсификации сельского хозяйства соотношение изменилось в сторону сначала доли площади полей

со средним, затем и повышенным содержанием подвижного фосфора. А уже к 1996 году наблюдалось преобладание площадей с высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором. И увеличивались средневзвешенные значения подвижного фосфора, достигая значений от 49 в первом цикле до 165,1 мг/кг почвы.

Средневзвешенное содержание калия в почвах района находилось в среднем диапазоне до 5 цикла агрохимического

обследования, а затем повышенного содержания. Однако, в связи с периодически промывным водным режимом, концентрация подвижного калия подвержена значительным колебаниям. Эти данные подтверждаются результатами агрохимических исследований и количеством вносимых удобрений на гектар пашни района представленными в таблице 2.

В отличие от динамики фосфора, содержание калия в почве демонстрирует меньшую изменчивость. За 52 года концентрация калия в почве постепенно возросла со 110 до 151,4 мг/кг, но с XI тура отмечаются волнообразные колебания и к XIII туру зафиксировано средневзвешенное содержание равным 145,1 мг/кг. Годовой прирост в среднем составлял 0,67 мг/кг. Значения pH почвы – ключевой фактор для успешного земледелия. В исследуемом районе преобладают площади слабокислых почв (45,1%). Значительна доля среднекислых – 25,0% и близких к нейтральным – 19,0% почв.

Первоначально средневзвешенный pH пахотных земель составлял 5,4. К последнему обследованию доминируют почвы, близкие к нейтральным (30,1%), а нейтральные почвы занимают 28,0% площади пашни. Участие площади почв со средней кислотностью – 13,8%, а с сильной – 4,3%.

Рост кислотности почвы происходит из-за антропогенного влияния, в том числе за счет применения физиологически кислых удобрений, водной эрозии, которая тоже оказывает негативное влияние на pH почвенного раствора. Так по данным из таблицы 2 средневзвешенная pH почвенного раствора пашни района сдерживается периодическим известкованием и к 2023 году оказалась согласно группировки по степени кислотности в близкой к нейтральной группе (5,6 – 6,0).

Чтобы привести показатели к оптимальным значениям, которые для большинства культур находятся в диапазоне 6,0-7,0 (нейтральные) применяют известкование. Со временем процент площади почв района с нейтральной реакцией среды повышается за счет применения химической мелиорации.

Яровая пшеница – основная культура, возделываемая в Предкамье Республики Татарстан. Ее урожайность отражает состояние АПК на сегодняшний день в целом и интенсификацию земледелия данной территории.

Климатические условия имеют очень большое влияние на получение урожая. От температурного режима и количества получаемых осадков в течение вегетационного периода растений напрямую зависит количество и качество урожая. Как видно из таблицы 2, урожайность яровой пшеницы варьирует по годам от 8,2 до 35,2 ц/га, что можно объяснить постоянно изменяющимися климатическими условиями, которые заметно осложняют мониторинг продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Содержание подвижного фосфора

и подвижного калия за все годы имеют довольно близкие значения, за исключением первого цикла агрохимического обследования, когда они были равны соответственно 51,9 мг/кг и 100,8 мг/кг. За все годы динамика их содержания имеет волнообразный характер. Максимальные значения у фосфора и калия равны 157,2 и 151,4, минимальные – 51,9 и 145,1. Оба максимума характеризуют 10 тур обследования.

Кислотность солевой суспензии колеблется в пределах от 5,3 до 5,8 единиц pH. Сейчас уровень pH почвы зафиксирован на отметке 5,7. Насыщенность почвы минеральными удобрениями в среднем составляет 86,6 килограмм на гектар. Показатель изменчивости для этого параметра – 56,2%.

На каждый гектар земли было внесено 4,4 т навоза. Годовой объем внесения навоза варьируется в диапазоне от 1,6 до 6,6 т, с коэффициентом вариации 32,3%, а в среднем 3,8 т/га.

Ежегодная площадь известкования земель в районе колеблется от 3,4 до 11,4 тыс.га. Средний размер обрабатываемой пашни составляет 5,74 тыс. га при коэффициенте вариации, равном 55%.

Вышеприведенные данные определяют зависимость урожайности яровой пшеницы от количества внесенных удобрений. Подтверждают эту зависимость полученные коэффициенты корреляции, который для фосфора равен 0,61 ($R_2 = 0.37$, $p < 0.05$) а для калия – 0,67 ($R_2 = 0.46$, $p < 0.05$). Наряду с полученными коэффициентами корреляции рассчитаны уравнения регрессии (1, 2).

$$Уф = 0,029 \times P_{205} - 19,47 \quad (1),$$

$$Уф = 0,399 \times K_{20} - 29,49 \quad (2).$$

Используя представленные формулы, становится возможным прогнозировать урожайность яровой пшеницы на заданном участке.

Выводы. 1. С 1972 года, за 52 года в Высокогорском районе на каждый гектар возделываемых земель применялось 4501 килограмм действующих веществ минеральных удобрений и 198,3 т органического удобрения, что в пересчете на ежегодное внесение приходится 90 кг/га и 4 т/га удобрений соответственно. Внесение по годам минеральных удобрений в хозяйствах Высокогорского района существенно варьируют, коэффициент вариации равен 56,2 %.

2. Использование как минеральных, так и органических удобрений существенно повысило продуктивность посевов яровой пшеницы. С 1972 по 2023 год урожайность увеличилась на 18,9 центнера с каждого гектара.

3. Широкое применение минеральных и органических удобрений обеспечило высокое содержание подвижного фосфора, тогда как уровень подвижного калия остался

на повышенном уровне. Это повлияло на изменение концентрации фосфора в пахотном слое (в диапазоне от 51,9 до 157,2 мг/кг) и доступного калия (от 96,9 до 145,1 мг/кг).

4. Показатели урожайности яровой

пшеницы напрямую связаны с изменениями в содержании доступных форм питательных элементов. Статистические данные показывают достоверную степень взаимосвязи показателей (коэффициент от 0,61 до 0,67).

Литература

1. Лукманов А.А. Эколого-агрохимические основы плодородия почв Республики Татарстан Казань: Логос-Пресс, 2024. 272 с. ISBN:978-5-00205-060-4
2. Справочник агрохимика / И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. Казань: ООО «МеДДок», 2013. 300 с.
3. Справочник агрохимика Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов, И.Д. Давлятшин и др. Казань: ИП Шайхутдинова А.И., 2015. 324 с.
4. Амиров М. Ф. Толокнов Д. И. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от использования минеральных удобрений, микроэлементов и гербицида в условиях республики Татарстан // Плодородие. 2020. № 3(114). С. 6-9. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.01.
5. Влияние антропогенной нагрузки на изменение агробиологических свойств почвы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Н.А. Селезнева, А. Г. Тишкова, Т. Н. Федорова, Т. А. Асеева // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2021. № 3(217). С. 113-118. doi: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_18.
6. Роль макро- и микроудобрений в повышении урожайности и качества зеленой массы кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова, М.Ю. Гилязов, Р. М. Низамов, Г. С. Миннуллин // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2(46). С. 34-41.
7. Влияние фосфорных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы на качество зерна озимой пшеницы и ярового ячменя / Н.А. Кирпичников, С. П. Бижан, Е. Н. Старостина [и др.] // Агрохимический вестник. 2022. № 2. С. 22-27. doi: 10.24412/1029-2551-2022-2-004.
8. Лукин С. В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. 2021. № 3. С. 3-14. doi: 10.31857/S000218812103011X.
9. Конищев А.А., Гарифуллин И.И., Конищева Е.Н. Анализ приемов повышения продуктивности зерновых культур для снижения межгодовой вариации их урожайности //Агрохимия. 2024. №2 С.95-102. doi: 10.31857/80002188124020118.
10. Бадин А. Е., Логошина Т. П. Мониторинг плодородия почв Тамбовской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 10. С. 18-21. doi:10.24411/0235-2451-2019-11004.
11. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / О.П. Ермолаев, М.Е. Игонин, А.Ю. Бубнов и др. / Казань: «Слово», 2007. с. 411
12. Красная книга Республики Татарстан. / А.Б. Александрова, Н.А. Бережная, Б.Р. Григорян и др. – Казань: ИЗД-во «Фолант» 2012. 192 с.
13. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Книжный дом «ЛИБРИКОРМ», 2019. 334с. ISBN:978-5-397-06493-4
14. Характер и сила корреляции урожайности яровой пшеницы с почвенными факторами в условиях серой лесной почвы / А. Р. Сержанова, М. Ю. Гилязов, Ф. Ш. Шайхутдинов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т.18. № 2(70). С. 42-49. doi: 10.12737/2073-0462-2023-42-49.
15. Агрохимическое состояние пахотных почв и урожайность озимой ржи ООО "Дуслык" Балтасинского района Республики Татарстан / К. Р. Гарафутдинова, Л. Г. Гаффарова, Е. А. Прищепенко, Г. Ф. Рахманова // Владимирский земледелец. 2020. № 3(93). С. 8-11. doi: 10.24411/2225-2584-2020-10124. EDN CSBPAM.
16. Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш., Михайлова М. Ю. Управление факторами почвенного плодородия в условиях Республики Татарстан // Агроботехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 4(4). С. 34-39. doi: 10.12737/2782-490X-2022-34-39.
17. Характер и сила корреляции урожайности яровой пшеницы с почвенными факторами в условиях серой лесной почвы / А. Р. Сержанова, М. Ю. Гилязов, Ф.Ш. Шайхутдинов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т.18. № 2(70). С. 42-49. doi: 10.12737/2073-0462-2023-42-49.
18. Влияние фосфорных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы на качество зерна озимой пшеницы и ярового ячменя / Н.А. Кирпичников, С. П. Бижан, Е. Н. Старостина [и др.] // Агрохимический вестник. 2022. № 2. С. 22-27. doi: 10.24412/1029-2551-2022-2-004.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Гаффарова Лилия Габдулбаровна - кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3511-7378>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

Смирнова Елена Васильевна - кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения имени И. В. Тюрина Института экологии, биотехнологии и природопользования, email: elenavsmirnova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3081-7615>

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

Матвеева Анастасия Игоревна - студент 4 курса, кафедра агрохимии и почвоведения, e-mail: anastasia.matveeva02@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

VARIABILITY OF AGROCHEMICAL INDICATORS AND SPRING WHEAT YIELD IN VYSOGORSKIY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN L.G. Gaffarova, E.V. Smirnova, A.I. Matveeva

Abstract. An assessment was made based on the retrospective analysis of the content of mobile phosphorus and potassium and spring wheat yield in a time series with the identification of a functional dependence using the example of Vysokogorskiy municipal district of the Republic of Tatarstan for 52 years (1972-2023). The climate in Vysokogorskiy district is moderate - continental. The balance of precipitation and evaporation is characteristic. The soil cover of arable

lands of Vysokogorskiy district is represented by gray forest soils and an insignificant proportion of sod-podzolic soils. Over the years of observation, the average weighted content of mobile phosphorus increased in the district, reaching values from 49 in the first cycle to 165.1 mg/kg of soil (fifth cycle). Over 50 years, the concentration of mobile potassium in the soil gradually increased from 110 to 151.4 mg/kg, but by 2023 a decrease to 145.1 mg/kg was recorded. The annual increase was on average 0.77 mg/kg. The simplified balance of nutrients over the years of observation (52 years) has positive values for all the studied nutrients, for nitrogen it is +482.3 kg/ha, the indicators of mobile phosphorus and potassium accumulate in the soils of the district 1019.8 and 553.2 kg, respectively. Since 1972, for 52 years in Vysokogorskiy district, for each hectare of cultivated land, the annual application of mineral fertilizers was 90 kg and 4 t/ha of organic fertilizers. The use of both mineral and organic fertilizers significantly increased the productivity of spring wheat crops, so from 1972 to 2023, the yield increased by 16.1 centners per hectare. The use of mineral and organic fertilizers ensured a high content of average weighted values of mobile phosphorus (in the range from 51.9 to 157.2 mg/kg), the level of mobile potassium remained at an elevated level (from 96.9 to 145.1 mg/kg). The yield indicators of spring wheat are directly related to changes in the content of available forms of nutrients. Statistical data show a moderate degree of relationship between the indicators (correlation coefficient from 0.61 to 0.67).

Key words: mobile phosphorus, mobile potassium, intensification of agriculture, fertility, productivity, spring wheat.

For citation: Gaffarova L.G., Smirnova E.V., Matveeva A.I. Variability of agrochemical indicators and spring wheat yield in Vysokogorskiy district of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025;2(14). 21-26 p.

References

1. Lukmanov AA. *Ekologo-agrokhimicheskie osnovy plodorodiya pochv Respubliki Tatarstan*. [Ecological and agrochemical basis of soil fertility of the Republic of Tatarstan]. Kazan: Logos-Press. 2024; 272 p. ISBN:978-5-00205-060-4
2. Davlyatshin ID, Gilyazov MYu, Lukmanov AA. *Spravochnik agrokhimika*. [Handbook of agrochemistry]. Kazan: OOO "MeDDok". 2013; 300 p.
3. Chekmarev PA, Lukmanov AA, Davlyatshin ID. *Spravochnik agrokhimika Respubliki Tatarstan*. [Handbook of agrochemistry of the Republic of Tatarstan]. Kazan: IP Shaykhutdinova A.I. 2015; 324 p.
4. Amirov MF, Toloknov DI. [Formation of spring wheat yield depending on the use of mineral fertilizers, trace elements and herbicide in the conditions of the Republic of Tatarstan]. *Plodorodie*. 2020; 3(114). 6-9 p. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.01.
5. Selezneva NA, Tishkova AG, Fedorova TN, Aseeva TA. [Influence of anthropogenic load on changes in soil agrobiological properties, yield and quality of spring wheat grain]. *Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*. 2021; 3(217). 113-118 p. doi: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_18.
6. Mikhaylova MYu, Gilyazov MYu, Nizamov RM, Minnullin GS. [The role of macro- and microfertilizers in increasing the yield and quality of green mass of corn on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 2(46). 34-41 p.
7. Kirpichnikov NA, Bizhan SP, Starostina EN. [The influence of phosphorus fertilizers during liming of turf-podzole soil on the quality of grain of winter wheat and spring barley]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2022; 2. 22-27 p. doi: 10.24412/1029-2551-2022-2-004.
8. Lukin SV. [Monitoring fertility of arable soils of the south-western part of the Central Chernozem district of Russia]. *Agrokhimiya*. 2021; 3. 3-14 p. doi: 10.31857/S000218812103011X.
9. Konishchev AA, Garifullin II, Konishcheva EN. [Analysis of techniques of increasing the productivity of cereal crops to reduce the interannual variation of their yield]. *Agrokhimiya*. 2024; 2. 95-102 p. doi: 10.31857/80002188124020118.
10. Badin AE, Logoshina TP. [Monitoring of soil fertility of Tsimov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; Vol.33. 10. 18-21 p. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11004.
11. Ermolaev OP, Igonin ME, Bubnov AYU. *Landschafty Respubliki Tatarstan. Regionalnuy landshaftno-ekologicheskiy analiz*. [Landscapes of the Republic of Tatarstan. Regional landscape and ecological analysis]. Kazan: "Slovo". 2007; 411 p.
12. Aleksandrova AB, Berezhnaya NA, Grigoryan BR. *Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan*. [Red Book of the Republic of Tatarstan]. Kazan: "Foleant". 2012; 192 p.
13. Dmitriev EA. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii*. [Mathematical statistics in soil science]. Moscow: Knizhnyy dom "LIBRIKORM". 2019; 334 p. ISBN:978-5-397-06493-4
14. Serzhanova AR, Gilyazov MYu, Shaykhutdinov FSh. [The nature and strength of the correlation of the yield of spring wheat with soil factors in conditions of gray forest soil]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.18. 2(70). 42-49 p. doi: 10.12737/2073-0462-2023-42-49.
15. Garafutdinova KR, Gaffarova LG, Prishchepenko EA, Rakhmanova GF. [Agrochemical state of arable soils and yield of winter rye LLC "Duslyk" of Baltasinskiy district of the Republic of Tatarstan]. *Vladimirskiy zemledelets*. 2020; 3 (93). 8-11 p. doi: 10.24411/2225-2584-2020-10124.
16. Minikayev RV, Fashutdinov FSh, Mikhaylova MYu. [Management of soil fertility factors in the conditions of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie*. 2022; 4(4). 34-39 p. doi: 10.12737/2782-490X-2022-34-39.
17. Serzhanova AR, Gilyazov MYu, Shaykhutdinov FSh. [Nature and strength of correlation of spring wheat yield with soil factors in conditions of gray forest soil]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.18. 2 (70). 42-49 p. doi: 10.12737/2073-0462-2023-42-49.
18. Kirpichnikov NA, Bizhan SP, Starostina EN. [The influence of phosphorus fertilizers during liming of turf-podzole soil on the quality of grain of winter wheat and spring barley]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2022; 2. 22-27 p. doi: 10.24412/1029-2551-2022-2-004.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Gaffarova Liliya Gabdulbarovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3511-7378>
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.
Smirnova Elena Vasilevna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Soil science Department named after I.V. Tyurin of Institute of Ecology, Biotechnology and Nature Management, email: elenavsmirnova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3081-7615>
Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.
Matveeva Anastasiya Igorevna – student of the 4th year, Agrochemistry and Soil science Department, e-mail: anastasia.matveeva02@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.