

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ЛЕНИНОГОРСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****Л. Г. Гаффарова, Э. И. Халитова, А. И. Матвеева**

**Реферат.** В научной статье выявлена взаимосвязь между содержанием подвижного фосфора и калия и урожайностью яровой пшеницы во временном ряду на примере Лениногорского муниципального района за 48 лет (1976-2023 года). Погодно-климатические условия района пригодны для выращивания различных агрокультур, в частности продовольственного зерна. Сумма положительных активных температур равна 2168°C. Было установлено, что внесение минеральных и органических удобрений привело к повышению обеспеченности пахотных почв района подвижным фосфором и калием до 2001 года, в последующие годы отрицательный тренд. Содержание подвижных форм фосфора возросло с 62 до 165,0 мг/кг (по методу Чирикова) почвы к седьмому туру (2001-2007 года), а содержание подвижного калия повысилось с 101 до 151,4 мг/кг (по методу Чирикова) почвы. В содержании подвижного калия наблюдается планомерное повышение показателей от 108,0 (2008-2010 года) до 118,0 (2018-2019 года) мг/кг почвы, в последнем туре выявлено повышение до 131,0 мг/кг. С минеральными и органическими удобрениями было внесено в почву пашни за 48 лет азота – 3417,6 кг/га, фосфора – 1678,6 кг/га и калия – 1846,2 кг/га, при этом баланс азота и подвижного калия – отрицательный, за исключением фосфора (+506 кг д.в./га). Результаты статистической обработки данных показали достоверную корреляцию между фактической урожайностью яровой пшеницы и содержанием подвижных форм фосфора и калия, равную 0,29-0,30 соответственно. За счет комплексного применения минеральных и органических удобрений заметна стабилизация содержания основных элементов питания в пахотных почвах Лениногорского района и рост урожая яровой пшеницы до 2011 года. Далее урожайность яровой пшеницы варьирует в небольшом диапазоне 2,06 – 2,11 т/га.

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

**Для цитирования:** Гаффарова Л.Г., Халитова Э.И., Матвеева А.И. Влияние факторов интенсификации на урожайность яровой пшеницы и агрохимические свойства почв Лениногорского муниципального района Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 12-17

**Введение.** Одним из важнейших факторов, обеспечивающих продовольственную безопасность, является интенсификация сельскохозяйственного производства, рациональное использование земельных ресурсов и повышение их продуктивности [1, 2].

В эпоху становления земледелия продуктивность пашни не превышала производительную способность естественных угодий.

В настоящее время, в результате научно-технического прогресса и развития производства, наблюдается увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур, в основе которой заложен результат интенсивной химизации [3, 4].

Длительное антропогенное воздействие может отрицательно сказываться на плодородии почв, отмечается уменьшение запасов органического вещества и подвижных элементов питания в почве, что существенно сказывается на количестве валового сбора и качестве урожая сельскохозяйственных культур [5, 6, 7]. При применении возрастающих доз минеральных удобрений удастся компенсировать недостаток элементов питания в почве и улучшить качественные показатели зерна [7, 8, 9].

Применение высоких доз фосфорных и калийных удобрений приводит к накоплению их в почве и в меньшей степени влияет на долевое участие в формировании урожая, в особенности на черноземных почвах, где

наблюдается высокое содержание фосфора и калия, а при ухудшении агрохимического состояния влияние удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур возрастает в среднем до 30-40% [10, 11, 12].

Результаты агрохимического обследования почв, а также расчёт баланса основных элементов питания в почвах хозяйств позволит научно обосновать объемы потребности в удобрениях на ближайшие годы и перспективу [13].

В почвах Республики Татарстан в последние годы отмечается отрицательный баланс фосфора начиная с 1996 года, связано это с тем, что резко снижено поступление этого элемента с минеральными и органическими удобрениями. Так степень восполнения в последние годы легкоусвояемых растениями фосфатов составляет 52-84% и складывается отрицательный баланс фосфора [3].

При этом основным источником поступления в почву фосфатов остаются минеральные удобрения и перспективным источником является местная фосфоритная мука, оказывающая эффективное действие на урожайность сельскохозяйственных культур и улучшение фосфатного режима почв [2, 3].

В первые туры агрохимического обследования в почвах Республики Татарстан отмечалось повышенное и высокое содержание подвижного калия в особенности в черноземной зоне, что составляло до 66% территории.

В последующих турах содержание подвижного калия постепенно растет вплоть до 1997 года и в этот период зафиксировано наибольшее внесение органических и минеральных удобрений. В дальнейшем последующие годы наблюдается стабилизация показателей в почве или постепенный рост в отдельных районах республики [1, 3].

Для дерново-подзолистых и серых лесных почв приняты оптимальные значения по содержанию подвижного калия в пределах выше 170 мг/кг, а на черноземах более 120 мг/кг, такой уровень соответствует зоне Закамья. Но для получения высоких урожаев как отмечал Д.Н. Прянишников при наличии небольшого дефицита азота и калия компенсация происходит в результате несимбиотической азотфиксации из атмосферы и высвобождения калия в результате внутрипочвенного выветривания минералов [3].

При положительном балансе калия и тяжелом гранулометрическом составе постепенно происходит накопление необменных соединений калия, а при отрицательном балансе происходит обратный процесс [3].

Цель исследования. Выявление взаимосвязи между содержанием подвижного фосфора и калия и урожайностью яровой пшеницы во временном ряду на примере Лениногорского муниципального района.

**Условия, материалы и методы.** География района в целом благоприятная: Лениногорский район расположен в восточной части Республики Татарстан и является самым теплым. Сумма положительных активных температур равна 2168°C. Погодноклиматические условия пригодны для выращивания различных агрокультур, в частности продовольственного зерна [14]. Погодные условия по циклам варьируют незначительно, так количество осадков за вегетационный период находилось в пределах от 312 до 409 мм, но в отдельные годы может быть их не равномерное распределение по месяцам. Исключением являются 1981 и 2010 года с минимальным количеством осадков и низкой урожайностью. Почвенный покров представлен черноземными почвами, со сложной структурой почвенного покрова в следствие выхода слоистых пермских отложений разного гранулометрического состава, с присутствием щебня. Черноземы, обладая высоким уровнем естественного плодородия, накапливают элементы питания при внесении удобрений. В общей площади пашни черноземы составляют 100%. Из них на долю выщелоченных приходится -86,9%, карбонатных -10,6% и типичных -2,5% [15, 16].

Динамика агрохимических показателей, факторы интенсификации и урожайность яровой пшеницы анализировалась за период с 1976 по 2023 годы (II- XII туры).

В оценке влияния факторов интенсификации и агрохимических показателей почв на

урожайность яровой пшеницы применялись методы математической статистики [17].

**Результаты и обсуждение.** В Республике Татарстан начальным периодом интенсификации земледелия принято считать 1950-1960 года. Применение высоких доз минеральных и органических удобрений становится главным фактором интенсификации.

С 1976 по 2023 год количество органических удобрений, вносимых на 1 га пашни в Лениногорском муниципальном районе, составляло от 0,5 до 6,4 т. Наибольшие показатели отнесены во второй половине 1990-х годов (табл. 1).

Анализ показал, что во II туре применение минеральных удобрений приходилось на уровне 69,9 кг д.в. на гектар пашни. В последующем наблюдается заметное повышение внесения минеральных удобрений к V туру, когда достигло 186,8 кг д.в. на каждый гектар пашни. В последних трех турах темпы применения минеральных удобрений снижались с 103,7 до 31,2 кг д.в./га достигая минимальных значений за анализируемый период.

Известкование кислых почв также является фактором интенсификации. Площади известкования менялись ежегодно и колебались в широком интервале от 0,6 до 11,8 тыс. гектаров. Наивысшие показатели установлены в 1990-ые годы.

Данные по яровой пшеницы показывают изменение урожайности от 1,19 т/га до 3,35 т/га в среднем по турам обследования. В третьем цикле средняя урожайность яровой пшеницы снижена, предположительно за счет неравномерного поступления осадков в весенний период (1,24 т/га), IV и V туры – выраженный и максимальный прирост до 2,11 т/га, с VIII по XII туры – тенденция к стабилизации – с 2,32 т/га до 2,15 т/га (табл. 1).

В связи с тем, что азотные удобрения не имеют выраженного последствие, данные по содержанию минерального легкоподвижного азота в работе не представлены.

Фосфор и калий имеют выраженное последствие, так как способны к аккумуляции в почве при внесении в пахотном горизонте и частично в нижележащих.

Механизм аккумуляции фосфора связан с образованием труднорастворимых фосфатов и их прочном закреплении в верхней части профиля. Многочисленные агрохимические исследования и мониторинг показывает природу накопления фосфора в почвах [1, 2, 18].

Калий также накапливается в почвах. Несмотря на то, что калий минеральных удобрений хорошо растворим и подвижен, он способен фиксироваться почвенно-поглощающим комплексом, что защищает его от миграции вниз по профилю, то есть от вымывания [19].

## АГРОНОМИЯ

Таблица 1 - Ретроспектива применения минеральных и органических удобрений в пахотных почвах и урожайность яровой пшеницы в среднем по циклам обследования в Лениногорском муниципальном районе Республики Татарстан

Циклы и годы	Фактическая урожайность, т/га	Внесение мин. удобрений, кг д.в./га	Внесение орг. удобрений, т/га
II(1976-1982)	1,19	69,9	4,1
III (1983-1987)	1,69	98,6	5,9
IV(1988-1992)	1,24	161,8	6,4
V(1993-1997)	3,35	186,8	5,1
VI(1998-2000)	1,76	103,7	4,5
VII(2001-2007)	2,73	57,2	3,9
VIII(2008-2010)	2,32	31,2	0,7
IX(2011-2014)	2,1	55,6	0,9
X(2015-2017)	2,11	45,8	0,8
X(2018-2019)	2,06	40,0	0,9
XII (2020-2023)	2,15	56,9	0,5
Сумма	98,6	4197,2	167,8

На протяжении всего периода наблюдения содержания подвижных фосфора и калия возрастало до VII (исключение III тур по содержанию подвижного калия), а в последующие туры агрохимического обследования волнообразный характер в небольшом интервале значений (табл.2). Так, содержание подвижного фосфора и подвижного калия неуклонно возрастает с момента наблюдения до 2001 года. С 1976 года содержание  $P_2O_5$  составило

62,0 мг/кг, а  $K_2O$  101 мг/кг (повышенное содержание). К 2001 году эти показатели повысились до 165,0 и 151,4 мг/кг соответственно (высокая степень обеспеченности).

Известно, что кислотность почв оказывает существенное влияние на доступность и количество агрохимических показателей. Почвы района в основном имеют близкую к нейтральной и слабокислую среду (табл. 2).

Таблица 2 - Содержание элементов питания в Лениногорском муниципальном районе Республики Татарстан

Циклы и годы	Средневзвешенное содержание $P_2O_5$ , мг/кг	Средневзвешенное содержание $K_2O$ , мг/кг	pH солевой вытяжки
II(1976-1982)	62,0	101,0	5,3
III (1983-1987)	87,0	97,0	5,4
IV(1988-1992)	112,0	106,0	5,5
V(1993-1997)	145,7	115,6	5,5
VI(1998-2000)	145,4	124,4	5,5
VII(2001-2007)	165,0	151,4	5,7
VIII(2008-2010)	134,4	108,3	5,9
IX(2011-2014)	130,1	124,8	6,1
X(2015-2017)	133,6	123,0	6,1
X(2018-2019)	134,3	118,0	6,1
XII (2020-2023)	132,0	131,0	6,2

С 1976 по 2023 года с минеральными и органическими удобрениями в пахотные почвы Лениногорского муниципального района было внесено: азота – 3417,6 кг/га, фосфора –

1678,6 кг/га и калия – 1846,2 кг/га, а также было установлено, что баланс всех основных элементов питания — отрицательный, за исключением фосфора (+506 кг д.в. /га).

## АГРОНОМИЯ

Баланс элементов питания по содержанию подвижного фосфора в пашне Лениногорского муниципального района стабильный, с небольшими колебаниями, а содержание подвижного калия, наоборот постепенно снижалось до 2020 года, в последнем туре обследования наблюдается повышение.

Концентрация подвижного калия имеет тенденцию к повышению с 101,0 мг до 131,0 мг на кг почвы и колебаниями в разных турах. Однако, в настоящее время для сохранения положительного баланса требуется внесение полных норм калийных удобрений.

Таблица 3 - Баланс элементов питания под яровой пшеницей в пахотных угодьях Лениногорского муниципального района (1976-2023 года)

Показатель	N	P	K	Всего
Приходная статья баланса, кг д.в./га				
Минеральные удобрения	2098,6	1259,2	839,4	4197,2
Органические удобрения	839	419,5	1006,8	2265,3
Осадки, пыль, фиксация азота микроорганизмами и др.	480,0	-	-	480,0
Всего	3417,6	1678,7	1846,2	6942,5
Расходная статья баланса, кг д.в./га				
На формирование урожая	3419,1	1172,3	2442,2	7033,6
Прибавка +, -	-1,5	+506	-596	-91,1

Статистическая обработка данных показала достоверную корреляцию фактической урожайности яровой пшеницы и содержания подвижного калия и фосфора с коэффициентами 0,29-0,30 соответственно (при  $p=48$ ). Полученные уравнения регрессии имеют вид (1, 2):

$$Уф = 0,024 \times P205 - 0,69 \quad (1),$$

$$Уф = -0,58 \times K20 + 9,58 \quad (2).$$

**Выводы.** 1. Содержание подвижных элементов питания и урожайность яровой пшеницы взаимосвязаны, коэффициенты корреляции достоверны и равны 0,29-0,30. Сельхозугодия Лениногорского района представлены

черноземами, и они, обладая высоким уровнем естественного плодородия, накапливают элементы питания при внесении удобрений.

2. За счет комплексного применения минеральных и органических удобрений заметно стабильное содержание в последних турах (VIII–XII по содержанию подвижного фосфора и с IX–XII по содержанию подвижного калия) основных элементов питания в пахотных почвах Лениногорского района и рост урожая сельскохозяйственных культур в целом.

3. Необходимо обеспечивать положительный баланс азота и калия, а также органического вещества почвы, с учетом потерь.

### Литература

1. Справочник агрохимика / И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. Казань: ООО «МеДДок», 2013. 300 с.
2. Справочник агрохимика Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов, И.Д. Давлятшин и др. Казань: ИП Шайхутдинова А.И., 2015. 324 с.
3. Лукманов А.А. Эколого-агрохимические основы плодородия почв Республики Татарстан Казань: Логос-Пресс, 2024. 272с. ISBN:978-5-00205-060-4
4. Лукин С. В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. 2021. № 3. С. 3-14. doi: 10.31857/S000218812103011X.
5. Шафран С. А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур (сообщение 2). Фосфорные и калийные удобрения // Агрохимия. 2021. № 8. С. 9-16. doi:10.31857/S0002188121080123.
6. Шафран С. А. Козенчева, Е. С. Роль плодородия почв и сорта в повышении урожайности зерновых культур // Агрохимия. 2024. № 2. С. 84-94. doi:10.31857/80002188124020105.
7. 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.
8. Амиров М. Ф. Толочков 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Минакаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш., Михайлова М. Ю. Управление факторами почвенного

плодородия в условиях Республики Татарстан // *Агробιοтехнологии и цифровое земледелие*. 2022. № 4(4). С. 34-39. doi:10.12737/2782-490X-2022-34-39.

13. 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.

14. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / О.П. Ермолаев, М.Е. Игонин, А.Ю. Бубнов и др. / Казань: «Слово», 2007. с. 411

15. Красная книга Республики Татарстан. / А.Б. Александрова, Н.А. Бережная, Б.Р. Григорян и др. – Казань: ИЗД-во «Фолант» 2012. 192 с.

16. Гаффарова Л. Г., Беляев С. М. Особенности структуры почвенного покрова северной части Актай-Шенталинского ландшафтного низменного района // *Агробιοтехнологии и цифровое земледелие*. 2023. № 1 (5). С. 17-21. doi:10.12737/2782-490X-2023-17-21.

17. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Книжный дом «ЛИБРИКОРМ», 2019. 334с. ISBN:978-5-397-06493-4

18. 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.

19. 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, No 2(70). С. 42-49. doi:10.12737/2073-0462-2023-42-49.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

#### Сведения об авторах:

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

Халитова Эльвина Ильдаровна - аспирант, e-mail: lero-12@yandex.ru

Матвеева Анастасия Игоревна - студент, e-mail: anastasia.matveeva02@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

### THE INFLUENCE OF INTENSIFICATION FACTORS ON SPRING WHEAT YIELD AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN LENINOGORSK MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN L. G. Gaffarova, E. I. Khalitova, A. I. Matveeva

**Abstract.** The article reveals the relationship between the content of mobile phosphorus and potassium and spring wheat yield in a time series using the example of Leninogorsk municipal district for 48 years (1976-2023). The weather and climatic conditions of the district are suitable for growing various agricultural crops, in particular food grain. The sum of positive active temperatures is 2168°C. It was found that the introduction of mineral and organic fertilizers led to an increase in the supply of arable soils of the district with mobile phosphorus and potassium until 2001, in subsequent years a negative trend. The content of mobile phosphorus forms increased from 62 to 165.0 mg/kg (according to Chirikov method) of soil by the seventh round (2001-2007), and the content of mobile potassium increased from 101 to 151.4 mg/kg (according to Chirikov method) of soil. In the content of mobile potassium, a systematic decrease in indicators is observed from 108.0 (2008-2010) to 118.0 (2018-2019) mg/kg of soil, in the last round an increase to 131.0 mg/kg was revealed. With mineral and organic fertilizers, 3417.6 kg/ha of nitrogen, 1678.6 kg/ha of phosphorus and 1846.2 kg/ha of potassium were introduced into the arable soil over 48 years, while the balance of nitrogen and mobile potassium is negative, with the exception of phosphorus (+506 kg active ingredient/ha). The results of statistical data processing showed a reliable correlation between the actual spring wheat yield and the content of mobile forms of phosphorus and potassium, equal to 0.29-0.30, respectively. Due to the complex use of mineral and organic fertilizers, the stabilization of basic nutrients content in arable soils of Leninogorsk district and an increase in the yield of spring wheat until 2011 are noticeable. Further, the spring wheat yield varies in a small range of 2.06 - 2.11 t/ha.

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

**For citation:** Gaffarova L.G., Khalitova E.I., Matveeva A.I. The influence of intensification factors on spring wheat yield and agrochemical properties of soils in Leninogorsk municipal district of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2024. No. 4 (12). 12-17 p.

#### References

1. Davlyatshin ID, Gilyazov MYu, Lukmanov AA. *Spravochnik agrokhimika*. [Agrochemistry's handbook]. Kazan: ООО "MeDDok". 2013; 300 p.

2. Chekmarev PA, Lukmanov AA, Davlyatshin ID. *Spravochnik agrokhimika Respubliki Tatarstan*. [Agrochemistry's handbook of the Republic of Tatarstan]. Kazan: IP Shaykhutdinova A.I. 2015; 324 p.

3. 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

4. Lukin SV. [Monitoring fertility of arable soils of the south-western part of the Central Chernozem district of Russia]. *Agrokimiya*. 2021; 3. 3-14 p. doi:10.31857/S000218812103011X.

5. Shafran SA. [Contribution of mineral fertilizers to the field crop yield formation (message 2). Phosphorus and potassium fertilizers]. *Agrokimiya*. 2021; 8. 9-16 p. doi:10.31857/S0002188121080123.

6. Shafran SA, Kozeycheva ES. [The role of soil fertility and variety in increasing the crops yield]. *Agrokimiya*. 2024; 2. 84-94 p. doi:10.31857/80002188124020105.

7. Konishchev AA, Garifullin II, Konishcheva EN. [Analysis of techniques of increasing crops yield to reduce the interannual variation of its productivity]. *Agrokimiya*. 2024; 2. 95-102 p. DOI: 10.31857/80002188124020118.

8. 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.

9. Selezneva NA, Tishkova AG, Fedorova TN, Aseeva TA. [Influence of anthropogenic load on changes in soil agro-biological properties, productivity 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.

10. Mikhaylova MYu, Gilyazov MYu, Nizamov RM, Minnullin GS. [The role of macro- and microfertilizers in in-

creasing 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.

11. 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.

12. Minikaev RV, Faskhutdinov FSh, Mikhaylova MYu. [Management of soil fertility factors in the conditions of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie*. 2022; 4(4). 34-39 p. DOI10.12737/2782-490X-2022-34-39.

13. Badin AE, Logoshina TP. [Monitoring of soil fertility of Tambov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; Vol.33. 10. 18-21 p. doi:10.24411/0235-2451-2019-11004.

14. Ermolaev OP, Igonin ME, Bubnov AYu. *Landshafty Respubliki Tatarstan. Regionalnuy landshaftno-ekologicheskoy analiz*. [Landscapes of the Republic of Tatarstan. Regional landscape and ecological analysis]. Kazan: Slovo. 2007; 411 p.

15. Aleksandrova AB, Berezhnaya NA, Grigoryan BR. *Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan*. [Red book of the Republic of Tatarstan]. Kazan: IZD-vo "Foleant". 2012; 192 p.

16. Gaffarova LG, Belyaev SM. [Features of the structure of the soil cover of the northern part of the Aktay-Shentalinsky landscape lowland area]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie*. 2023; 1(5). 17-21 p. doi:10.12737/2782-490X-2023-17-21.

17. Dmitriev EA. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii*. [Mathematical statistics in soil science]. Moscow: Knizhnuy dom "LIBRIKORM". 2019; 334 p. ISBN:978-5-397-06493-4

18. Garafutdinova KR, Gaffarova LG, Prishchepenko EA, Rakhmanova GF. [Agrochemical state of arable soils and winter rye yield of LLC "Duslyk" of Baltasi district of the Republic of Tatarstan]. *Vladimirskiy zemledelets*. 2020; 3(93). 8-11 p. doi:10.24411/2225-2584-2020-10124.

19. Serzhanova AR, Gilyazov MYu, Shaykhtudinov FSh. [Nature and strength of spring wheat yield correlation with soil factors in gray forest soil conditions]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.18. 2 (70). 42-49 p. doi:10.12737/2073-0462-2023-42-49.

#### Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

#### Authors:

Gaffarova Liliya Abdulbarovna – Ph.D. of Biological sciences, Associate Professor of Agrochemistry and soil science Department, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3511-7378>

Khalitova Elvina Ildarovna – student, e-mail: lero-12@yandex.ru

Matveeva Anastasia Igorevna – student, e-mail: anastasia.matveeva02@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.