

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.307-317>

УДК 633.112.9:631.526.32

Влияние агроклиматических условий и минеральных удобрений на зерновую продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл

© 2022. Ю. А. Лапшин[✉], В. А. Максимов, Р. И. Золотарёва
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены данные 2019-2021 гг. по влиянию агроклиматических условий и доз внесения минеральных удобрений на зерновую продуктивность 13 сортов ярового тритикале. Установлена тесная зависимость урожайности сортов тритикале от запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см за периоды май-июнь ($r = 0,73$) и июль-август ($r = 0,85$). В засушливых условиях первой половины вегетации при запасе продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см 61...92 мм зерновая продуктивность сортов ярового тритикале без применения минеральных удобрений составила менее 3 т/га. При более благоприятных условиях почвенного увлажнения (154 мм) урожайность приближалась к 4 т/га, что для условий Республики Марий Эл является очень хорошим показателем. На фоне внесения минеральных удобрений в дозах $N_{30-60}P_{60}K_{60}$ зерновая продуктивность сортов повысилась: у Ровня на 20-33 %, Саур – 57-78 %, Савва – 5-22 %, Тимур – 39-77 %, Доброе – 42-60 %, Заозерье – 38-40 %, КНИИСХ 9 – 16-40 %, КНИИСХ 11 – 12-30 %, КНИИСХ 22 – 22-28 %. В среднем за три года исследований сорта ярового тритикале Доброе (3,43 т/га), Савва (3,12 т/га) и КНИИСХ 9 (3,26 т/га) отличались слабой реакцией на неблагоприятные условия почвенного увлажнения и обеспечивали стабильно высокую продуктивность кормового зерна. На примере сорта Доброе установлен наиболее оптимальный вариант возделывания ярового тритикале в моделируемом агрофитоценозе с нормой высева 4 млн всхожих семян на гектар при внесении $N_{60}P_{30}K_{30}$. В среднем за два года исследований урожайность этого сорта при норме высева 4 млн всхожих семян на гектар (4,12 т/га) была выше, чем в вариантах с контрольной (3 млн) и повышенной (5 млн) нормах высева – на 8 и 22 % соответственно.

Ключевые слова: сорта ярового тритикале, норма высева, минеральные удобрения

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0091).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лапшин Ю. А., Максимов В. А., Золотарёва Р. И. Влияние агроклиматических условий и минерального питания на зерновую продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(3):307-317. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.307-317>

Поступила: 24.02.2022

Принята к публикации: 06.05.2022

Опубликована онлайн: 23.06.2022

The influence of agroclimatic conditions and mineral fertilizers on the grain productivity of spring triticale in the conditions of Mari El Republic

© 2022. Yuri A. Lapshin[✉], Vladimir A. Maksimov, Rimma I. Zolotareva
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article presents data of 2019-2021 on the influence of agroclimatic conditions and doses of mineral fertilizers on the grain productivity of 13 varieties of spring triticale. A close dependence of the yield of triticale varieties on the reserves of productive moisture in the soil layer of 0-50 cm was established for the periods May-June ($r = 0.73$) and July-August ($r = 0.85$). Without the use of mineral fertilizers in arid conditions with reserves of productive moisture in 0-50 cm soil layer from 61 to 92 mm in the first half of the growing season, the grain productivity of spring triticale varieties was less than 3 t/ha. Under more favorable conditions of soil moistening (154 mm), the yield was almost 4 t/ha, which is a very good indicator for the conditions of Mari El Republic. Against the background of the application of mineral fertilizers in doses of $N_{30-60}P_{60}K_{60}$, the grain productivity of varieties increased: Rovnya by 20-33 %, Saur – 57-78 %, Savva – 5-22 %, Timur – 39-77 %, Dobroye – 42-60 %, Zaozerye – 38-40 %, KNIISKH 9 – 16-40 %, KNIISKH 11 – 12-30 %, KNIISKH 22 – 22-28 %. On average, over three years of research, the varieties of spring triticale Dobroye (3.43 t/ha), Savva (3.12 t/ha) and KNIISKH 9 (3.26 t/ha) were characterized by a weak reaction to unfavorable soil moisture conditions and provided consistently high productivity of feed

grain. The case of Dobroye variety, the most optimal variant for cultivating spring triticale in a simulated agrophytocenosis with a seeding rate of 4 million germinating seeds per hectare when applying $N_{60}P_{30}K_{30}$ is established. On average for two years of the research the yield of this variety has reached 4.12 t/ha with a seeding rate of 4 million germinating seeds per hectare, which is 8 % higher than the control (3 million germinating seeds per hectare) and 22 % higher than in the variant with a seeding rate of 5 million pcs/ha.

Keywords: *spring triticale varieties, seeding rate, mineral fertilizers*

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0091).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: authors declared no conflict of interest.

For citation: Lapshin Yu. A., Maksimov V. A., Zolotareva R. I. The influence of agro-climatic conditions and mineral fertilizers on the grain productivity of spring triticale in the conditions of Mari El Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(3):307-317. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.307-317>

Received: 24.02.2022

Accepted for publication: 06.05.2022

Published online: 23.06.2022

Животноводство является ведущей отраслью сельскохозяйственного производства Республики Марий Эл, продукция которой известна далеко за её пределами. Для своего поступательного развития оно нуждается в надёжной кормовой базе. По объективным причинам недостающие для производства животноводческой продукции объёмы кормового зерна республика вынуждена завозить из других регионов. Исследователи республики ведут поиск и апробируют новые варианты получения высококачественных зерновых кормов, в частности за счет более активной интродукции культуры тритикале [1, 2, 3].

Как показывает практика, устойчивость тритикале к стрессам, обусловленным как погодными факторами, так и почвенными условиями, значительно выше, чем у других зерновых культур. Тритикале хорошо переносит не только засуху, но и заморозки, устойчива к вирусным и грибным болезням. Все это позволяет выращивать данную культуру и на полях, где произрастание сортов традиционной культуры яровой пшеницы затруднительно [4]. Приоритетным условием реализации потенциальной урожайности новых сортов является применение научно обоснованных технологий их возделывания в конкретных почвенно-климатических условиях [5]. С появлением высокопродуктивных сортов, обладающих хорошей адаптивной приспособленностью к стрессовым факторам окружающей среды [6, 7, 8, 9], сельхозтоваропроизводители стали рассматривать тритикале как надёжный источник производства кормового зерна с низкой себестоимостью. Современное состояние и развитие сельскохозяйственного производства в зоне рискованного земледелия сопряжено с ускоренным внедрением адаптивных сортов, биологические особенности которых определяют величину

урожайности и качество продуцируемого зерна [10, 11, 12, 13, 14]. Дальнейшее увеличение продуктивности тритикале возможно за счёт интенсификации земледелия, предусматривающей внесение в оптимальные сроки сбалансированных доз минеральных удобрений [15, 16, 17, 18], эффективность которых зависит от применяемых технологий [19, 20, 21].

Для более широкого внедрения культуры ярового тритикале на северо-востоке Нечерноземной зоны России и в Республике Марий Эл необходимо опытным путем установить экономически оправданные, сбалансированные по питательным веществам дозы минеральных удобрений, обеспечивающие достаточно высокий уровень урожайности. Актуален и поиск высокопродуктивных сортов отечественной селекции в агроклиматических условиях региона. Оба этих фактора в условиях Республики Марий Эл недостаточно изучены и требуют уточнения. Управлять уровнем урожайности тритикале можно нормами высева семян культуры [22, 23]. Этот научный вопрос в республике практически не изучался.

Цель исследований – изучить влияние доз минеральных удобрений и условий почвенного увлажнения на урожайность сортов ярового тритикале, на примере сорта Доброе уточнить оптимальную норму высева в условиях Республики Марий Эл.

Новизна исследований – оценка продуктивного потенциала перспективных сортов ярового тритикале различных селекционных центров в условиях Республики Марий Эл.

Материалы и методы. Экспериментальные данные получены в двухфакторных полевых опытах, заложенных в 2019-2021 гг. на опытном поле Марийского НИИСХ. Почва опытного участка – окультуренная дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая со сле-

дующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: содержание гумуса (ГОСТ 26213-91 п. 1) – 1,95-2,53 %, сумма обменно-поглощённых оснований (ГОСТ 27821-88) – 9,8-10,4 ммоль/100 г почвы, рН солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85) – 5,6-5,8, гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-91) – 2,13-2,25 ед., содержание общего азота (ГОСТ Р 58596-2019) – 0,05-0,08 %. Содержание подвижных форм фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 645-727 мг/кг почвы, калия – 358-496 мг/кг в пахотном слое.

В опыте №1 изучали зерновую продуктивность 13 районированных и перспективных сортов ярового тритикале (табл. 1) в зависимости от доз и сроков внесения минеральных удобрений: без удобрений; $N_{30}P_{60}K_{60}$ (под предпосевную культивацию); $N_{60}P_{60}K_{60}$ (под предпосевную культивацию); $N_{60}P_{60}K_{60}$ (под предпосевную культивацию) + N_{30} в фазу «кущение». В качестве контроля использовали сорт Ровня, принятый за стандарт на сортоиспытательных участках Республики Марий Эл. Сорта высевали с нормой 5 млн всхожих семян на гектар.

Таблица 1 – Сортимент изучаемых сортов ярового тритикале (2019-2021 гг.) /
Table 1 – Assortment of the studied varieties of spring triticale (2019-2021)

<i>Copm / Variety</i>	<i>Организация-оригинатор / Originator organization</i>
Ровня, ст. / Rovnya, st.	Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко / Upper Volga Federal Agrarian Research Center, National Grain Center named after P. P. Lukyanenko
Тимирязевская 42* / Timiriasevskaya 42*	Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии / All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology
Слово* / Slovo*	Верхневолжский федеральный аграрный научный центр / Upper Volga Federal Agrarian Research Center
Ботаническая 4* / Botanicheskaya 4*	Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии / All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology
Орден* / Orden*	Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко / Upper Volga Federal Agrarian Research Center, National Grain Center named after P. P. Lukyanenko
10-265ят1-22 (КНИИСХ 22) / 10-265ят1-22 (КНИСХН 22)	Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко / National Grain Center named after P. P. Lukyanenko
Савва / Savva	
Доброе / Dobroe	Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию / Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Scientific and Practical Center for Farming of the National Academy of Sciences of Belarus
09-206т9 (КНИИСХ 9) / 09-206т9 (КНИСХН 9)	Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко / National Grain Center named after P. P. Lukyanenko
Тимур / Timur	
11-265ят11 (КНИИСХ 11) / 11-265ят11 (КНИСХН 11)	
Саур / Saur	Федеральный Ростовский аграрный научный центр / Federal Rostov Agrarian Scientific Center
Заозерье / Zaozerie	Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию / Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Scientific and Practical Center for Farming of the National Academy of Sciences of Belarus

* Сортимент в 2021 году пополнился за счет новых перспективных сортов /

*The assortment in 2021 was supplemented by the inclusion of new promising varieties

В опыте № 2 определяли влияние норм высева (3, 4, 5 млн всхожих семян на гектар) и доз внесения минеральных удобрений: $N_{60}P_{30}K_{30}$ под предпосевную культивацию; $N_{30}P_{30}K_{30}$ под предпосевную культивацию + N_{30}

в фазу «кущение») на устойчивость агрофитоценоза и зерновую продуктивность ярового тритикале сорта Доброе.

Агротехнические приёмы возделывания ярового тритикале в опытах, кроме изучаемых

факторов, были типичными для яровых зерновых культур. Посев проводили по мере поспевания почвы: в 2019 г. – 5 мая, 2020 – 15 мая, 2021 г. – 13 мая. Площадь делянки – 20 кв. метров, повторность четырёхкратная. Размещение испытуемых сортов систематическое, уровней минерального удобрения – рендомизированное.

Фосфорно-калийные удобрения вносили под предпосевную обработку почвы в форме двойного суперфосфата и хлористого калия. Азотные удобрения применяли в виде аммиачной селитры в два этапа: основное внесение под предпосевную культивацию и прикорневая подкормка в фазу кущения растений ярового тритикале.

Наблюдения, учёты и анализ снопового материала проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹. Статистический анализ экспериментальных данных по методике Б. А. Доспехова². Для оценки условий тепло- и влагообеспеченности (сумма выпавших осадков) в годы проведения исследований рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову³. Определение запасов продуктивной влаги проводили послойно, через каждые 10 см в метровом слое почвы⁴.

Результаты и их обсуждение. Изменения климатических условий в России за последние годы привели к росту теплообеспеченности сельскохозяйственных культур. С повышением среднесуточных температур воздуха одновременно отмечается и тенденция сокращения продолжительности периода налива зерна, более раннее его созревание, что часто ведёт к снижению урожая [24]. Часто повторяющиеся засухи являются основной причиной междугодичной изменчивости урожая зерновых культур в России. Реализовать преимущества потепления климата возможно при выращивании новых более пластичных и высокоурожайных сортов и внесении коррекции в применяемые агротехнологии возделывания зерновых культур⁵.

Одним из ключевых факторов, оказывающих приоритетное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур, является наличие оптимального уровня почвенной влаги в периоды, когда растения испытывают максимальную водопотребность. Такими периодами у ярового тритикале являются фазы «выход в трубку» и «восковая спелость». Известно, что в годы с оптимальной влагообеспеченностью растений, урожайность зерна ярового тритикале увеличивается более чем в два раза, чем при дефиците почвенной влаги. Поэтому важной характеристикой условий вегетации культуры, оказывающей существенное влияние на формирование урожайности, является оценка почвенных влагозапасов в периоды ее произрастания [25].

Нами установлено, что между запасами продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см за период май-июнь и урожайностью тритикале существует сильная корреляционная связь ($r = 0,73$). Запасы продуктивной влаги второй половины вегетации (июль-август) оказывают более существенное влияние на величину урожая испытуемых сортов ($r = 0,85$). Из-за нестабильных по годам агроклиматических условий урожайность ярового тритикале в республике остаётся низкой и у современных сортов далеко не достигает её потенциально-возможных значений. В связи с этим важен поиск и выявление сортов с меньшей реакцией на неблагоприятные условия увлажнения.

Агроклиматические условия вегетационного периода ярового тритикале в 2019-2021 годах существенно отличались от средних многолетних значений (табл. 2) и оказали влияние на величину формируемого урожая зерна.

За осенне-зимний период на опытных участках накапливалось достаточное количество почвенной влаги к периоду сева культуры. В процессе вегетации тритикале запасы влаги последовательно снижались. В период от посева до полных всходов ГТК в 2019 году составил 0,60, в 2020 – 1,30 и 2021 году – 1,10.

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. Вып. 1, 2. 267 с.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2011. 352 с.

³Селянинов Г. Т. Принципы агроклиматического районирования территории СССР. В кн.: Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд. Минсельхоза СССР, 1958. С. 7-14.

⁴Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М., 1986. С. 150-151.

⁵Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Под ред. д-ра физико-математических наук В. М. Катцова. СПб.: Росгидромет, 2017. 105 с.

URL: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf>

При достижении фазы «выход в трубку», для которой характерна наибольшая потребность растений во влаге, запасы продуктивной почвенной влаги в вариантах опыта изменялись от 101 до 110 мм и оценивались как «удовлетворительные». Наступление фазы «восковая спелость» ярового тритикале приходилось на летний период с дефицитом атмосферных осадков, высокими среднесуточными температурами воздуха и нередкой атмосферной засухой. Это обусловило снижение запасов почвенной

влаги метрового слоя в вариантах опыта в среднем до 76-84 мм – до уровня «плохие». Почвенные влагозапасы под посевами тритикале в фазе «полная спелость» опускались до крайне низких величин, не превышая 36-44 мм. В среднем за годы исследований, во время наибольшей потребности во влаге растений тритикале, запасы почвенной влаги метрового слоя в вариантах опыта оценивались: в фазу «выход в трубку» – как «удовлетворительные», при достижении фазы «восковая спелость» – как «плохие».

Таблица 2 – Метеорологические условия периода вегетации ярового тритикале (данные Марийского ЦГМС-филиала ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС») /

Table 2 – Meteorological conditions of the spring triticale vegetation period (data of the Mari CGMS-branch of the FSBI «Verkhne-Volzhskoe UGMS»)

Год / Year	Май / May			Июнь / June			Июль / July			Август / August			ГТК за вегетацию / HTC for vegetation
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2019	31,0	15,1	0,60	46,0	17,8	0,87	150,0	16,8	2,87	92,0	14,8	2,13	1,60
2020	76,0	15,1	1,30	78,0	15,7	1,60	98,0	20,7	2,50	119,0	16,2	2,40	2,00
2021	51,0	16,4	1,10	41,0	21,0	0,70	37,0	20,9	0,60	72,0	20,3	1,10	0,90
Среднее многолетнее / Average perennial	41,0	12,2	-	66,0	16,9	-	73,0	18,5	-	63,0	16,3	-	-

Примечания: 1 – Количество осадков, мм; 2 – Среднесуточная температура воздуха, °С; 3 – ГТК / Notes: 1 – Precipitation, mm; 2 – Average daily air temperature, °C; 3 – HTC

Недостаточная влагообеспеченность растений тритикале в период их наибольшей потребности в почвенной влаге отразилась на показателях продуктивности культуры. Различия в плотности посевов и уровне минерального питания ярового тритикале определили существенные отличия условий вегетации растений в вариантах опыта и отразились на показателях урожайности. Наиболее благоприятные для роста и развития растений ярового тритикале были агроклиматические условия 2020 года. Достаточное увлажнение почвенного профиля на протяжении всего периода вегетации и отсутствие значительных превышений среднесуточных температур воздуха от нормы позволило сформировать испытываемым сортам на неудобренном фоне уровень зерновой продуктивности от 2,5 до 3,7 т/га (табл. 3). В годы с меньшей влагообеспеченностью уровень урожайности варьировал от 1,76 до 2,74 т/га в 2019 году и от 1,96 до 2,23 т/га в 2021 году.

Наиболее продуктивное использование растениями питательных веществ из почвы и минеральных удобрений обеспечивается при высоком уровне агротехники в сочетании с рациональным, грамотным и своевременным

применением удобрений. Более засушливыми и менее благоприятными были 2019 и 2021 годы. Хорошие запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см в мае 2019 года позволили нивелировать отрицательное влияние проявившихся повышенных среднесуточных температур воздуха и недобор осадков. Однако июньская засуха негативно сказалась на продуктивности испытываемых сортов. На удобренных фонах все сорта тритикале по урожайности зерна достоверно превосходили контрольный сорт Ровня. Наибольший прирост урожайности от внесения минеральных удобрений отмечался у сортов: Ровня на 18-53 %, Саур – 9-32 %, Хайкар – 8-29 %, Савва – 16-34 %, Тимур – 24-48 %, Доброе – 14-40 %. Слабую реакцию на внесение различных доз NPK (с прибавкой 6-20 %) показал более позднеспелый сорт Заозерье с периодом вегетации 112 дней. Его наибольшая продуктивность 2,76 т/га получена на фоне основного внесения минеральных удобрений под предпосевную культувацию N₆₀P₆₀K₆₀. Наиболее продуктивным, независимо от доз внесенных удобрений, и существенно превосходящим по урожайности контрольный сорт тритикале Ровня отмечен

сорт Доброе с урожайностью зерна 2,7-3,8 т/га. Окупаемость килограмма минеральных удобрений зерном была очень низкой и составила 2-4 кг. В условиях 2019 года получение килограмма кормового зерна с низкой себестоимостью и уровнем рентабельности 25-60 %

было возможным при возделывании сортов ярового тритикале без применения удобрений, либо обладающих высокой отзывчивостью на внесение минеральных удобрений и обеспечивающих уровень урожайности более 3 т/га.

Таблица 3 – Влияние уровней минерального питания на урожайность сортов ярового тритикале, т/га (Опыт № 1) /

Table 3 – Effect of mineral nutrition levels on the yield of spring triticale varieties, t/ha (Variant No.1)

Доза удобрений, кг/га д.в. (B) / Fertilizer doses, kg/ha a. i. (B)	Год / Year	Сорт (A) / Variety (A)												
		Ровня, ст. / Rovnya, st	Саур / Saur	Доброе / Dobroe	Заозерье / Zaozerie	КНИИСХ 11 / KNISKH 11	КНИИСХ 9 / KNISKH 9	КНИИСХ 22 / KNISKH 22	Савва / Savva	Тимур / Timur	Тимирязевская 42 / Timiryazevskaya 42	Слово / Slovo	Орден / Orden	Ботаническая 4 / Botanicheskaya 4
Без удобрений / Without fertilizing	2019	1,76	2,17	2,74	2,32	2,38	2,38	2,48	2,15	2,06	-	-	-	-
	2020	3,36	2,50	3,04	2,93	3,56	3,70	3,34	3,85	2,70	-	-	-	-
	2021	1,96	2,01	2,31	2,23	1,98	1,98	1,73	2,17	2,03	1,98	2,15	1,83	2,01
	Среднее / Average	2,36	2,23	2,70	2,49	2,64	2,69	2,52	2,63	2,26	-	-	-	-
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	2019	2,18	2,59	3,68	2,66	2,77	2,88	2,81	2,65	3,04	-	-	-	-
	2020	4,36	4,29	4,85	3,95	4,61	5,18	4,27	4,56	4,03	-	-	-	-
	2021	2,14	2,03	2,73	2,58	1,89	2,23	1,67	2,63	2,13	1,79	2,58	1,68	1,90
	Среднее / Average	2,89	2,97	3,75	3,06	3,09	3,43	2,92	3,28	3,07	-	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2019	2,69	2,86	3,84	2,76	2,88	3,40	2,97	2,88	2,74	-	-	-	-
	2020	4,47	4,44	4,67	4,07	4,64	5,18	4,25	4,69	4,78	-	-	-	-
	2021	2,10	1,98	2,61	2,49	1,83	2,21	1,63	2,48	2,08	1,81	2,57	1,64	1,94
	Среднее / Average	3,09	3,09	3,71	3,11	3,12	3,60	2,95	3,35	3,20	-	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	2019	2,06	2,44	3,36	2,32	2,68	2,61	2,58	2,77	2,82	-	-	-	-
	2020	4,22	4,23	4,55	4,11	4,46	4,71	4,30	4,59	4,47	-	-	-	-
	2021	2,07	1,84	2,73	2,63	1,95	2,15	1,68	2,33	2,08	1,91	2,41	1,79	1,87
	Среднее / Average	2,78	2,84	3,55	3,02	3,03	3,16	2,85	3,23	3,12	-	-	-	-
Среднее (A) / Average (A)		2,78	2,78	3,43	2,92	2,97	3,26	2,81	3,12	2,91	-	-	-	

2019 2020 2021

НСР₀₅ частных различий / LSD₀₅ private differences

0,30 0,21 0,16

НСР₀₅ (фактор А) / LSD₀₅ (factor A)

0,18 0,10 0,10

НСР₀₅ (фактор В) / LSD₀₅ (factor B)

0,08 0,10 0,11

В 2020 году на неудобренном фоне урожайность сортов ярового тритикале варьировала от 2,5 до 3,9 т/га. На этом фоне сорта

КНИИСХ 11, КНИИСХ 9 и Савва с уровнем урожайности соответственно 3,56, 3,70 и 3,85 т/га достоверно превысили стандартный

сорт Ровня (при $НСР_{05} = 0,10$ т/га). В вариантах с внесением минеральных удобрений урожайность зерна, в сравнении с неудобренным фоном, увеличилась у сорта Ровня на 20-33 %, Саур – 57-78 %, Савва – 5-22 %, Тимур – 39-77 %, Доброе – 42-60 %, Заозерье – 38-40 %, КНИИСХ 9 – 16-40 %, КНИИСХ 11 – 12-30 %, КНИИСХ 22 – 22-28 %. Наибольшую зерновую продуктивность сорта обеспечивали на фоне внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ в фазу «кущение»: КНИИСХ 11 (4,6 т/га), КНИИСХ 9 (5,18 т/га), Савва (4,69 т/га), Тимур (4,78 т/га). Сорт Доброе с урожайностью 4,85 т/га был наиболее продуктивен в варианте с основным внесением минеральных удобрений $N_{30}P_{60}K_{60}$. Продуктивность сортов Заозерье (4,11 т/га) и КНИИСХ 22 (4,30 т/га) была наивысшей на фоне применения $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ в фазу «кущение».

В 2021 году засушливые условия проявились в конце первой и большей части второй половины вегетации. К этому времени растения тритикале успели хорошо раскуститься, но в процессе вегетации боковые стебли либо погибли, либо сформировали низкопродуктивный колос с количеством зерен от 3 до 5 шт. Урожай формировался за счет колоса главного стебля, особенностью которого были наличие щуплого зерна и меньшая озерненность. Сорта Слово, Доброе, Ровня и Савва в меньшей степени пострадали от засухи. На фоне возделывания без удобрений зерновая продуктивность испытуемых сортов составила от 1,83 до 2,31 т/га, наибольшей продуктивностью отличился сорт Доброе. Сорта Слово и Савва достоверно превысили по урожайности стандартный сорт Ровня. Зерновая продуктивность всех других испытуемых сортов на неудобренном фоне была достоверно ниже стандартного сорта Ровня. У сортов Тимирязевская 42, Ботаническая 4, Орден, КНИИСХ 22, КНИИСХ 11, наоборот, на удобренных фонах наблюдали достоверное снижение зерновой продуктивности в сравнении с неудобренным. Структурный анализ снопа показал, что данные сорта лучше других раскустились, но в условиях недостатка доступной влаги боковые стебли к уборке урожая засохли, а главный стебель был менее продуктивным. Достоверную прибавку зерновой продуктивности в сравнении со стандартом Ровня большинство сортов обеспечивали в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ под предпосевную культивацию: КНИИСХ 9 – 2,23 т/га, Савва – 2,63, Доброе – 2,73, Слово – 2,58 т/га.

Увеличение дозы азота под предпосевную культивацию и внесение азотной подкормки в фазу «кущение» в 2021 году, в связи с погодными особенностями, было неэффективным.

Тритикале, как полевая культура, нуждается в наличии оптимальных условий среды обитания в соответствии с её биологическими особенностями [26]. Одним из агротехнических приёмов в технологии возделывания тритикале ярового является норма высева, позволяющая оптимизировать освещённость и площадь питания – факторы, которые оказывают прямое влияние на результативность фотосинтетической деятельности посева. Эффективность данного процесса и, как следствие, урожай зависят от планирования посева как фотосинтезирующей системы. Поэтому изучение возможностей оптимизации данной системы – одна из актуальных проблем кормопроизводства в целом [27].

Изучение влияния нормы высева семян на устойчивость агрофитоценозов и их зерновую продуктивность проводили на сорте Доброе, который районирован по Республике Марий Эл с 2020 года, на двух фонах минерального питания. Наибольший урожай зерна сорт Доброе обеспечил в 2020 году (табл. 4). Огромное значение для формирования таких показателей урожайности имели сложившиеся агроклиматические условия.

Во всех вариантах с нормами высева на фоне предпосевного внесения минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{30}K_{30}$ зерновая продуктивность сорта Доброе в 2020 году варьировала от 4,5 до 5,5 т/га. В засушливом 2021 году уровень урожайности зерна получен в 2 раза ниже (2,25-2,75 т/га). Азотная подкормка в условиях достаточного почвенного увлажнения способна компенсировать недостаток питательных веществ в почве и повысить продуктивность зерновых культур на малоплодородном фоне. Сравнительное изучение влияния внесения дозы N_{60} под предпосевную культивацию и варианта дробного внесения (N_{30} – под культивацию + N_{30} – в подкормку в фазу «кущение») на зерновую продуктивность тритикале выявило неоспоримое преимущество предпосевного внесения N_{60} . Полученные данные исследований согласуются с результатами структурного анализа отобранного снопового материала. Важнейшим элементом, оказывающим огромное значение на величину урожая, является выполненность зерна, или масса 1000 зерен. Результаты опыта показали, что предпосевное внесение $N_{60}P_{30}K_{30}$ положи-

тельно влияло на выполненность зерна и массу зерна с колоса. В условиях 2020 года масса 1000 семян варьировала от 38,5 до 50,3 г. В 2021 году получили более щуплое зерно с

массой 1000 семян от 28 до 39 г. Наиболее выполненное зерно получено в моделируемом агрофитоценозе тритикале с нормой высева 4 млн всхожих семян на га.

Таблица 4 – Влияние минерального питания на урожайность ярового тритикале сорта Доброе при разных нормах высева, т/га (среднее за 2020-2021 гг., опыт №2) /

Table 4 – Effect of mineral nutrition on the yield of spring triticale variety Dobroe with different seeding rates, t/ha (average for 2020-2021, variant No. 2)

Норма высева (фактор B) / Seeding rate (factor B)	Доза внесения удобрений (фактор A) / Doses of fertilizer application (factor A)				Среднее (B) / Average (B)	
	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀		2020 г.	2021 г.
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.		
3 млн всхожих семян/га (контроль) / 3 million germinating seeds/ha (control)	5,20	2,42	5,00	2,15	5,10	2,28
4	5,50	2,75	5,10	2,53	5,30	2,64
5	4,50	2,25	4,10	1,85	4,30	2,05
Среднее (A) / Average (A)	5,06	2,47	4,73	2,18	-	-
НСР ₀₅ частных различий / LSD ₀₅ private differences	0,48	0,28				
НСР ₀₅ фактор A / LSD ₀₅ Factor A	0,28	0,16				
НСР ₀₅ фактор B / LSD ₀₅ Factor B	0,34	0,14				

Таким образом, в среднем за два года исследований наибольшую устойчивость к условиям среды наблюдали в моделируемом агрофитоценозе тритикале сорта Доброе при норме высева 4 млн всхожих семян на гектар. Его зерновая продуктивность достигала 4,12 т/га, что на 8 % выше контроля и на 22 % выше, чем в варианте с нормой высева 5 млн/га. В данном варианте получен и наибольший уровень рентабельности (69 %) производства кормового зерна. Увеличение нормы высева до 5 млн всхожих семян на гектар и дробное внесение азотного удобрения привело к уменьшению зерновой продуктивности моделируемого агрофитоценоза ярового тритикале.

Заключение. Контрастные агроклиматические условия в годы исследований позво-

лили выявить сорта ярового тритикале с минимальной реакцией на неблагоприятные условия увлажнения. К таковым относятся сорта Доброе, Савва и КНИИСХ 9. В 2020 году наиболее рентабельным производство кормового зерна отмечено в вариантах с внесением минеральных удобрений. В засушливые годы (2019 и 2021 гг.), напротив, в вариантах без применения удобрений. В условиях Республики Марий Эл сорт ярового тритикале Доброе наибольшую зерновую продуктивность (2,8-5,5 т/га) обеспечивал в моделируемом агрофитоценозе с нормой высева 4 млн всхожих семян на гектар на фоне предпосевного внесения минеральных удобрений в дозе N₆₀P₃₀K₃₀.

Список литературы

1. Новоселов С. И., Куклина Т. Е., Гусева О. С. Влияние удобрений на урожайность сортов яровой тритикале в условиях дерново-подзолистых почв Республики Марий Эл. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017;3(4 (12)):27-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32321197>
2. Лапшин Ю. А., Новоселов С. И., Данилов А. В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019;(56):74-81. DOI: <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-13074>
3. Скатова С. Е. Организация селекции зерновых культур как фактор ее эффективности и конкурентоспособности. Владимирский земледелец. 2017;(3(81)):2-5. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30006096>
4. Бирюков К. Н., Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Некоторые аспекты технологии возделывания ярового тритикале на севере Ростовской области. Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. II. Тритикале. Агротехника, физиология, технология и продукты переработки зерна. Ростов-на-Дону, 2016. С. 6-13. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27324628&selid=27324640>

5. Федюшкин А. В., Пасько С. В., Парамонов В. А. Развитие растений ярового тритикале в зависимости от предшественника и доз азотных удобрений. Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: мат-лы 8-й Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2018. С. 209-216. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35609766>
6. Тысленко А. М., Скатова С. Е., Зуев Д. В., Лачин А. Г. Итоги селекции ярового тритикале в Верхневолжском федеральном аграрном научном центре. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020;(2(34)):90-95. DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11175>
7. Тысленко А. М., Зуев Д. В. Продуктивность перспективных селекционных линий яровой тритикале в условиях Владимирской области. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020;8(47):92-95. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2020-10937>
8. Асеева Т. А., Зенкина К. В. Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды. Юг России: экология, развитие. 2020;15(1):49-59. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-1-49-59>
9. Скатова С. Е., Тысленко А. М. Новый сорт яровой тритикале для диверсификации кормопроизводства. Зернобобовые и крупяные культуры. 2016;(4(20)):100-103. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27471665>
10. Абделькави Р. Н. Ф. Сравнительная характеристика отдельных генотипов яровой тритикале по признакам урожайности и качества зерна. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат-лы V Междунар. научн.-практ. конф. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 3-6. Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf>
11. Алтынова Н. В., Мефодьев Г. А. Сортовое разнообразие тритикале яровой в Волго-Вятском регионе. Рациональное природопользование и социально экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного использования АПК региона: мат-лы Всероссийск. научн.-практ. конф. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2017. С. 34-39.
12. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Новый сорт яровой тритикале Савва. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат-лы V Междунар. научн.-практ. конф. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 81-84. Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf>
13. Рябчун В. К., Мельник В. С., Капустина Т. Б., Щеченко О. Е. Урожайність тритикале ярового та її стабільність залежно від генотипу та умов середовища. Plant varieties and protection. 2016;(1):37-44. Режим доступа: <http://journal.sops.gov.ua/article/view/61765/57524>
14. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Совместные сорта как результат экологического сортоиспытания. Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: мат-лы 8-й Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2018. С. 72-79. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36274482&pff=1>
15. Gill K. S., Omokanye A. T. Spring Triticale Varieties Yield, Nutrients Composition and Suitability for Beef Cattle Production. Journal of Agricultural Science. 2016;8(10):1-14. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>
16. Wysokinski A., Kuziemska B. The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. Plant Soil Environ. 2019;65:145-151. DOI: <https://doi.org/10.17221/644/2018-PSE>
17. Janauskaite D., Feiziene D., Feiza V. Nitrogen-induced variations in leaf gas exchange of spring triticale under field conditions. Acta. Physiologiae Plantarum. 2017;39:193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2495-5>
18. Федюшкин А. В., Пасько С. В. Развитие растений ярового тритикале в зависимости от предшественника и азотных удобрений. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018;(8):73-77. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35619972>
19. Manni K., Lötjönen T., Huuskonen A. Comparing spring triticale varieties to barley and wheat varieties when harvested as whole crop. Agricultural and Food Science. 2021;30:24-35. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.100693>
20. Новосёлов С. И., Хлебников И. Г., Горохов С. А. Эффективность минеральных удобрений в севооборотах с разными видами паров. Плодородие. 2011;(5):21-22. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16972866>
21. Зинченко В. Е., Кулыгин В. А., Гринько А. В., Вошедский Н. Н. Влияние приёмов возделывания на урожайность яровой тритикале в условиях обыкновенных чернозёмов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018;(4(32)):250-265. DOI: <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2018-4-250-265>
22. Пшеничко Н. М., Тощев В. С. Влияние нормы высева на урожайность и качество зерна ярового тритикале. Совершенствование технологий производства и повышение качества продуктивности растениеводства. Н.Новгород, 2008. С. 28-30.
23. Гринько А. В., Кулыгин В. А. Влияние нормы высева семян при различных способах основной обработки почвы на урожайность яровой тритикале. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018;(2):106-110. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32637648>
24. Brown M. E., de Beurs K. M., Marshall M. Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over 26 years. Remote Sensing of Environment. 2012;126:174-183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.009>
25. Шекутьева Н. А. Влияние агрометеорологических факторов на продуктивность перспективных сортов ярового тритикале. Молочнохозяйственный вестник. 2016;(2):60-66. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26336755>

26. Муратов А. А. Влияние густоты посева на площадь листовой поверхности растений ярового тритикале. Наука и инновации – современные концепции: сб. научн. ст. по итогам работы Международ. научн. форума. Т. 2. Отв. ред. Д. Р. Хисматуллин. М.: Изд-во Инфинити, 2019. С.97-100.

27. Троц В. Б. Фотосинтез и продуктивность одновидовых и бинарных посевов силосных культур. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010;(3):123-126.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14868940>

References

1. Novoselov S. I., Kuklina T. E., Guseva O. S. Effect of fertilizers on the yieldity of summer triticale varieties in the conditions of sod-podzolic soils of the Republic of Mari El. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki»* = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics». 2017;3(4 (12)):27-31. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32321197>

2. Lapshin Yu. A., Novoselov S. I., Danilov A. V. Influence of mineral fertilizers on the productivity of spring triticale in the conditions of the Republic of Mari El. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2019;(56):74-81. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-13074>

3. Skatova S. E. Organization of breeding of cereal crops as a factor of its efficiency and competitiveness. *Vladimirskiy zemledelets* = Vladimir agriculturist. 2017;(3(81)):2-5. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30006096>

4. Biryukov K. N., Grabovets A. I., Krokhal A. V. Some aspects of technology of cultivation of spring triticale Rostov region in the north. Triticale and stabilization of grain production, feed and products of their processing: Proceedings of the International scientific and practical Conference. Part II. Triticale. Agrotechnics, physiology, technology and grain processing products. Rostov-na-Donu, 2016. pp. 6-13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27324628&selid=27324640>

5. Fedyushkin A. V., Pasko S. V., Paramonov V. A. Of plants of spring triticale depending on predecessors and doses of nitrogen fertilizers. Triticale and stabilization production of grain, fodder and products of their processing: Proceedings of 8-th International Scientific-Practical Conference. Rostov-na-Donu, 2018. pp. 209-216. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35609766>

6. Tyslenko A. M., Skatova S. E., Zuev D. V., Lachin A. G. Results of selection of spring triticale in the upper Volga Federal Agricultural Research Center. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2020;(2(34)):90-95. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11175>

7. Tyslenko A. M., Zuev D. V. Productivity of prospective breeding lines spring tritikale in the conditions of the Vladimir region. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* = International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2020;8(47):92-95. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2020-10937>

8. Aseeva T. A., Zenkina K. V. Environmental Sustainability of Triticales to Adverse Environmental Factors. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* = South of Russia: ecology, development. 2020;15(1):49-59. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-1-49-59>

9. Skatova S. E., Tyslenko A. M. A new variety of spring triticale to diversify fodder. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2016;(4(20)):100-103. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27471665>

10. Abdelkavi R. N. F. Comparative characteristics of individual genotypes of spring triticale on the basis of yield and grain quality. Methods and Technologies in Plant Breeding and Crop Production: Proceedings of the V International scientific and practical Conference. Kirov: FANC Severo-Vostoka, 2019. pp. 3-6.
URL: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf>

11. Altnova N. V., Mefodev G. A. Varietal diversity of spring triticale in the Volgo-Vyatka region. Rational nature management and socio-economic development of rural areas as the basis for the effective use of the region's agro-industrial complex: Proceedings of the All-Russian scientific and practical. conf. Cheboksary: *Chuvashskaya GSKhA*, 2017. pp. 34-39.

12. Kovtunen V. Ya., Panchenko V. V., Kalmysh A. P. A new variety of spring triticale Savva. Methods and Technologies in Plant Breeding and Crop Production: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. Kirov: FANC Severo-Vostoka, 2019. pp. 81-84. URL: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf>

13. Riabchun V. K., Melnyk V. S., Kapustina T. B., Shchechenko O. E. Spring triticale yield and its stability depending on the genotype and environmental conditions. Plant varieties and protection. 2016;(1):37-44. (In Ukraine). URL: <http://journal.sops.gov.ua/article/view/61765/57524>

14. Kovtunen V. Ya., Panchenko V. V., Kalmysh A. P. Joint varieties as a result of ecological variety testing. Triticale and stabilization production of grain, fodder and products of their processing: Proceedings of 8-th International Scientific-Practical Conference. Rostov-na-Donu, 2018. С. 72-79. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36274482&pf=1>

15. Gill K. S., Omokanye A. T. Spring Triticale Varieties Yield, Nutrients Composition and Suitability for Beef Cattle Production. *Journal of Agricultural Science*. 2016;8(10):1-14. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>

16. Wysokinski A., Kuziemska B. The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. *Plant Soil Environ*. 2019;65:145-151. DOI: <https://doi.org/10.17221/644/2018-PSE>

17. Janusauskaite D., Feiziene D., Feiza V. Nitrogen-induced variations in leaf gas exchange of spring triticale under field conditions. *Acta. Physiologiae Plantarum*. 2017;39:193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2495-5>

18. Fedyushkin A. V., Pasko S. V. Development of plants of spring triticale depending on predecessor and nitrogen fertilizer. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* = International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018;(8):73-77. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35619972>
19. Manni K., Lötjönen T., Huuskonen A. Comparing spring triticale varieties to barley and wheat varieties when harvested as whole crop. *Agricultural and Food Science*. 2021;30:24-35. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.100693>
20. Novoselov S. I., Khlebnikov I. G., Gorokhov S. A. Efficiency of mineral fertilizers in crop rotations with different fallows. *Plodorodie*. 2011;(5):21-22. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16972866>
21. Zinchenko V. E., Kulygin V. A., Grinko A. V., Voshedskiy N. N. The influence of elements of cultivation technology on spring triticale yield under the conditions of ordinary chernozems. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* = Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2018;(4(32)):250-265. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2018-4-250-265>
22. Pshenichko N. M., Toshchev V. S. Influence of the seeding rate on the yield and quality of spring triticale grain. Improvement of production technologies and improvement of the quality of crop production productivity. N. Novgorod, 2008. pp. 28-30.
23. Grinko A. V., Kulygin V. A. The effect of seeding under different methods of primary tillage on yield of spring triticale. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* = International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018;(2):106-110. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32637648>
24. Brown N. E., de Beurs K. M., Marshall M. Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over 26 years. *Remote Sensing of Environment*. 2012;126:174-183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.009>
25. Shekut'eva N. A. The effect of agrometeorological conditions on the productivity of promising spring triticale varieties. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2016;(2):60-66. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26336755>
26. Muratov A. A. Influence of sowing density on the leaf surface area of spring triticale plants. Science and innovation - modern concepts: Collection of scientific articles based on the results of the work of the international scientific forum. Vol. 2. *Otv. red. D. R. Khismatullin*. Moscow: *Izd-vo Infiniti*, 2019. pp.97-100.
27. Trots V. B. Photosynthesis and productivity of single-species and binary crops of silage crops. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2010;(3):123-126. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14868940>

Сведения об авторах

✉ **Лапшин Юрий Алексеевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Победы, д. 10, п. Руэм, Медведевский район, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 425231, e-mail: via@mari-el.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5701-4118>, e-mail: yuri2.lapshin@gmail.com

Максимов Владимир Алексеевич, кандидат с.-х. наук, заведующий отделом, Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Победы, д. 10, п. Руэм, Медведевский район, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 425231, e-mail: via@mari-el.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1584-9491>

Золотарева Римма Ивановна, старший научный сотрудник, Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Победы, д. 10, п. Руэм, Медведевский район, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 425231, e-mail: via@mari-el.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3538-0202>

Information about the authors

✉ **Yuri A. Lapshin**, DSc in Agricultural Science, leading researcher, Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Pobedy St., 10, Medvedevsky district, Ruem, Mari El Republic, Russian Federation, 425231, e-mail: via@mari-el.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5701-4118>, e-mail: yuri2.lapshin@gmail.com

Vladimir A. Maksimov, DSc in Agricultural Science, Head of the Department, Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Pobedy St., 10, Medvedevsky district, Ruem, Mari El Republic, Russian Federation, 425231, e-mail: via@mari-el.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1584-9491>

Rimma I. Zolotareva, senior researcher, Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Pobedy St., 10, Medvedevsky district, Ruem, Mari El Republic, Russian Federation, 425231, e-mail: via@mari-el.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3538-0202>

✉ – Для контактов / Corresponding author