

УДК 633.11"321"

DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-4-385-392

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ф. И. Грязина, Н. О. Бузова

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Производство зерна является важнейшей задачей в развитии сельского хозяйства. Разработка и совершенствование агротехнических приемов технологии возделывания – постоянный процесс, который коррелирует с биологическими особенностями и зональными условиями возделывания культуры. Еще одним из важнейших факторов, обеспечивающих стабильные урожаи сельскохозяйственных культур, является почвенное плодородие. В наших исследованиях предшественниками яровой пшеницы являлись сидеральные культуры: люпин узколистый и викоовсяная смесь. Одним из дешевых источников пополнения органического вещества в почве является солома зерновых культур. **Материалы и методы.** Полевые опыты проводили по схеме: 1 – озимая рожь, без удобрений (контроль); 2 – сидеральный люпиновый пар; 3 – сидеральный викоовсяный пар; 4 – озимая рожь + внесение $N_{77-90}P_{29-34}K_{10-14}$, рассчитанного на получение запланированной урожайности 3 т/га; 5 – озимая рожь + внесение на удобрение измельченной соломы озимой ржи при внесении компенсирующей дозы азота. **Результаты и обсуждение.** Все изучаемые факторы привели к достоверному повышению урожайности, по сравнению с контрольным вариантом. В среднем за 3 года исследований максимальная урожайность получена по люпиновому пару (3,03 т/га) и при внесении расчетных доз минеральных удобрений на 3 т/га (2,8 т/га). Результаты исследований показали улучшение основных мукомольных и хлебопекарных свойств зерна яровой пшеницы при внесении минеральных удобрений и применении викоовсяной и люпиновой сидерации. Заделка в почву зеленой массы сидератов оказывала положительное влияние на биологическую активность и структурный состав почвы. **Заключение.** Заделка в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву 45–64 т/га зеленой массы люпина узколистого, 32–44 т/га зеленой массы викоовсяной смеси приводит не только к существенному увеличению урожайности и улучшению качества зерна яровой пшеницы, но и улучшает структурный состав почвы.

Ключевые слова: яровая пшеница, сидеральный предшественник, люпин, викоовсяная смесь, урожайность, качество зерна, структурный состав почвы

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Грязина Ф. И., Бузова Н. О. Эффективный способ увеличения урожайности и улучшения качества зерна яровой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 4. С. 385–392. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-4-385-392>

AN EFFECTIVE WAY TO INCREASE THE YIELD AND IMPROVE THE QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN

F. I. Gryazina, N. O. Burova

Mari State University, Yoshkar Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Grain production is the most important task in the development of agriculture. The development and improvement of agrotechnical methods of cultivation technology is an ongoing process that correlates with the biological characteristics and zonal conditions of crop cultivation. Soil fertility is another of the most important factors that ensure stable crop yields. In our studies, the forecrop of spring wheat were green manure crops of narrow-leaved lupine and vetch-oat mixture. One of the cheap sources of soil organic matter replenishment is cereal straw. **Materials and methods.** Field experiments were carried out according to the scheme: 1 – winter rye, without fertilizers (control); 2 – green manure lupine fallow; 3 – green manure vetch-oat fallow; 4 – winter rye + application of $N_{77-90}, P_{29-34} K_{10-14}$, calculated to obtain the planned yield of 3 t/ha; 5 – winter rye + application of chopped winter rye straw for fertilizer with the introduction of a compensating dose of nitrogen. **Results and discussion.** All studied factors led to a significant increase in yield compared to the control variant. On average, over 3 years of research, the maximum

yield was obtained for lupine fallow (3.03 t/ha) and with the application of calculated doses of mineral fertilizers by 3 t/ha (2.8 t/ha). The results of the research showed an improvement in the main flour-grinding and baking properties of spring wheat grain when applying mineral fertilizers and using vetch-oat and lupine sideration. The incorporation of green manure into the soil had a positive effect on the biological activity and structural composition of the soil. **Conclusion.** The incorporation of 45–64 t/ha of narrow-leaved lupine green mass and 32–44 t/ha of vetch-oat mixture into sod-podzolic medium loamy soil leads not only to a significant increase in yield and improvement in the quality of spring wheat grain, but also improves the structural composition of the soil.

Keywords: spring wheat, green manure forecrop, lupine, vetch-oat mixture, productivity, grain quality, structural composition of the soil

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Gryazina F. I., Burova N. O. An effective way to increase the yield and improve the quality of spring wheat grain. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2022, vol. 8, no. 4, pp. 385–392. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-4-385-392>

Введение

Производство зерна является важнейшей задачей в развитии сельского хозяйства. Разработка и совершенствование агротехнических приемов технологии возделывания – постоянный процесс, который не предполагает универсальных рекомендаций, а коррелирует с биологическими особенностями и зональными условиями возделывания культуры. Еще одним из важнейших факторов, обеспечивающих стабильные урожаи сельскохозяйственных культур, является почвенное плодородие. Несмотря на многочисленные научные исследования, поиск путей сохранения и повышения плодородия почвы продолжается. Общеизвестно, что определяющим фактором многогранного положительного воздействия на плодородие почвы является пополнение в почве органического вещества. Большой акцент исследователями уделяется к таким биологическим факторам, как внесение органических удобрений, рациональный севооборот, посев культур на зеленое удобрение [3].

Сидеральные культуры также по-разному воздействуют в зависимости от типа почвы и возделываемой культуры. По нашему мнению, для существенного улучшения плодородия дерново-подзолистых почв необходимо внесение большого количества зеленой массы сидератов. В Нечерноземной зоне сидеральные культуры используются в основном как предшественники для озимых зерновых культур. Для яровых зерновых культур сидерация используется только в промежуточных посевах. Из-за особенностей климатических условий в этом случае эти культуры не

успевают накапливать достаточного количества зеленой массы.

Как известно, яровая пшеница имеет наибольший вынос из почвы азота, поэтому возникает необходимость обеспечить поступление азота в почву различными возможными приемами. Самый быстрый и эффективный путь – это внесение минеральных удобрений. Многочисленными опытами нами установлена прямая коррелятивная связь между внесением минеральных удобрений и урожайностью и качеством зерна яровой пшеницы. К сожалению, повышенные дозы азотных удобрений чаще всего вызывают в наших условиях полегание посевов, что в итоге заметно снижает и урожайность, и качество зерна. Как отмечают исследователи, минеральные удобрения эффективно используют и сорные растения, одновременно при этом увеличивается себестоимость продукции [2].

Для изучения в качестве сидеральных культур мы выбрали люпин узколистый, как наиболее высокобелковую культуру и викоовсяную смесь, как наиболее распространенную в нашем регионе сидеральную смесь.

Одним из дешевых источников пополнения органического вещества в почве является солома зерновых культур. Озимая рожь является распространенным предшественником в полевых севооборотах в нашем регионе. Солому озимой ржи мы заделывали в почву в наших исследованиях.

В настоящее время научные исследования зарубежных ученых направлены на исследования свойств пшеничного генома [5; 8; 9; 13], на

получение экологически чистой продукции [7; 11; 12; 14], изучение характеристик пшеницы, выращенной при разных условиях [6; 10; 15].

Отдельные технологии, похожие на наши исследуемые, изучаются широко и при этом все они для конкретных природно-климатических условий России [1; 4]. Новизна наших исследований заключается в использовании в качестве предшественника яровой пшеницы самостоятельных посевов люпина узколистного и викоовсяной смеси на зеленое удобрение.

Материалы и методы

Научные исследования по теме «Экологически сбалансированная технология производства продовольственного зерна яровой пшеницы в Республике Марий Эл» нами проводились с 1996 по 2016 год. За такой длительный период проводили многочисленные полевые опыты: по изучению норм высева, приемов предпосевной и основной обработки почвы, влияния гуминовых удобрений, стимуляторов роста, предшественников, сидеральных культур на урожайность и качество зерна, изучали АВЗ-(антистрессовое высокоурожайное земледелие) технологии. Из всех исследуемых факторов наиболее существенное влияние на продуктивность яровой пшеницы, качество ее зерна оказали сидеральные культуры, поэтому в данной работе приводятся результаты трехлетних исследований по изучению влияния предшественников яровой пшеницы на урожайность, качество зерна и некоторые показатели плодородия почвы.

В этой связи на опытном поле аграрно-технологического института Марийского государственного университета, проводились полевые опыты по схеме: 1 – озимая рожь, без удобрений (контроль); 2 – сидеральный люпиновый пар (45–64 т/га зеленой массы узколистного люпина в фазе сизых бобов); 3 – сидеральный викоовсяный пар

(32–44 т/га зеленой массы); 4 – озимая рожь + внесение $N_{77-90}P_{29-34}K_{10-14}$, рассчитанного на получение запланированной урожайности 3 т/га; 5 – озимая рожь + внесение на удобрение измельченной соломы озимой ржи (2,5 т/га) при внесении компенсирующей дозы азота из расчета 10 кг д.в. на 1 т соломы. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, в пахотном слое которой содержалось гумуса – 1,5–2,0 %, P_2O_5 – 20,6–25,6, K_2O –10,3–15,6 мг на 100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ – 5,9–6,2. Минеральные удобрения вносили под предпосевную обработку.

Ежегодно в посевах яровой пшеницы проводили фенологические наблюдения, определяли общую биологическую активность по интенсивности разложения льняного полотна, структурный состав почвы просеиванием воздушносухой почвы, водопрочность почвенных агрегатов – просеиванием этой же почвы в воде. Уборку зерна яровой пшеницы проводили сплошным способом комбайном. Из показателей качества зерна определяли массовую долю сырой клейковины, стекловидность, натуру общепринятыми стандартными методами.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали различное влияние изучаемых факторов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Все изучаемые факторы привели к достоверному повышению урожайности, по сравнению с контрольным вариантом. Данные таблицы 1 показывают, что в среднем за 3 года исследований максимальная урожайность получена по люпиновому пару (3,03 т/га) и при внесении расчетных доз минеральных удобрений на 3 т/га (2,8 т/га). По сравнению с контролем, прибавка зерна составила 0,9 т/га по люпину и 0,86 т/га по минеральным удобрениям. Прибавка урожайности была существенной также при заделке на зеленое удобрение викоовсяной смеси и при заделке в почву соломы.

Таблица 1 / Table 1

Влияние предшественников на урожайность и качество зерна яровой пшеницы (средние значения за три года) /
The influence of forecrops on the yield and grain quality of spring wheat (average values for three years)

Предшественники / Forecrops	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Стекловидность, % / Glassiness, %	Натура, г/л \ Nature, g/l	Количество клей- ковины, % / Amount of gluten, %	Число падения, с / Falling number, c
1	2	3	4	5	6
Озимая рожь (контроль)	2,13	40	686	23.8	175

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Люпиновый сидерат	3,03	71	743	30.9	210
Викоовсяный сидерат	2,82	64	724	29.1	205
Озимая рожь + НРК на 3 т/га	2,99	72	743	32.8	220
Озимая рожь + солома и N ₁₀ на 1 т соломы	2,54	41	707	27.3	190
НСР ₀₅	0,039	14,4	6,11	1,08	9,6

Увеличение урожайности вызвано повышением количества зерен в колосе, увеличением массы 1000 семян. По сравнению с контрольным вариантом, количество зерен в колосе увеличилось на 3–11 шт. в зависимости от исследуемых предшественников. Существенное увеличение массы 1000 зерен отмечалось при использовании расчетного количества минеральных удобрений (на 5,1 г), при использовании люпинового сидерата (на 5,9 г), при использовании викоовсяного сидерата (на 4,2 г), при НСР₀₅ 1,9 г. На вариантах с внесением минеральных удобрений люпинового сидерата увеличилось также количество продуктивных стеблей на 8–16 шт/м², по сравнению с контролем.

Результаты исследований показали улучшение основных мукомольных свойств зерна яровой пшеницы при внесении минеральных удобрений и применении викоовсяной и люпиновой сидерации. При производстве муки из зерна пшеницы особое внимание уделяется показателю стекловидности, как фактору, влияющему на выход муки. К категории высокостекловидного (> 60 %) относится зерно в этих вариантах. Зерно контрольного варианта и с заделкой соломы занимает нижнюю границу среднестекловидной категории, по требованиям которой стекловидность должна быть в пределах 40–60 %. По показателю натуры зерна сохраняется такая же закономерность. Минеральные удобрения и оба вида сидерата существенно улучшили хлебопекарные свойства зерна, количество клейковины в этих вариантах увеличилось на 5,3–9,0 % в зависимости от вариантов. Количество клейковины и число падения существенно выше и при заделке в почву

соломы озимой ржи, но во все годы исследований клейковина зерна в этом варианте относилась ко II группе (больше 80 ед. ИДК)

Яровая пшеница – это главным образом продовольственная культура. Большая часть зерна мягкой пшеницы идет на производство хлебопекарной муки, поэтому логичнее завершать изучение хлебопекарных свойств проведением пробных выпечек. Мы выпекали формовой и подовый хлеб. Наилучшего качества (с интенсивно окрашенной коркой, глянцевой, с развитой пористостью (56–57 %) были изделия из зерна с люпинового сидерата и при использовании минеральных удобрений. Из зерна контрольного варианта корка хлеба была с трещинами, мякиш был недостаточно эластичным, у подовых изделий отмечались боковые подрывы корки.

Заделка в почву зеленой массы сидератов оказывала положительное влияние на биологическую активность и структурный состав почвы. Интенсивность разложения целлюлозы на опытных делянках с заделкой узколистного люпина в среднем за три года была выше на 27,4 %, по сравнению с контролем. На других вариантах в порядке убывания интенсивность разложения льняного полотна располагалась следующим образом: в варианте с викоовсяной сидерацией – 35,3 %, с заделкой соломы – 34,0 %, при использовании минеральных удобрений – 25,9 % и на контроле – 18,0 %.

Для дерново-подзолистых почв с невысоким содержанием гумуса важное значение имеют физические свойства почвы. В наших опытах мы определяли структурный состав почвы и водопрочность почвенных агрегатов.

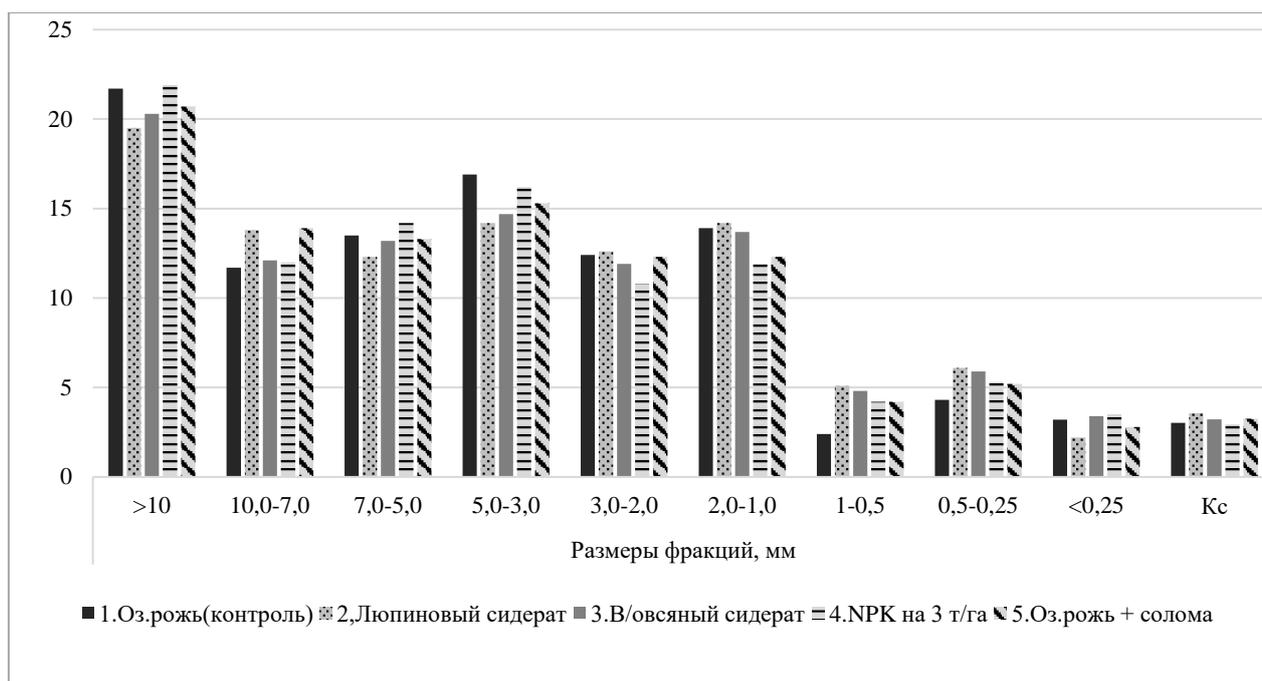


Рис. 1. Структурный состав дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (слой 0–20 см) /
Fig. 1. Structural composition of sod-podzolic medium loamy soil (layer 0–20 cm)

Для сравнительной оценки влияния предшественников на структурный состав почвы мы использовали ситовой метод. Общее количество агрегатов различного размера, выраженное в процентах и показанное на рисунке 1, устанавливали сухим просеиванием. Количество водопрочных агрегатов, приведенное в таблице 2, определяли мокрым просеиванием этой же почвы в воде. В целом почва всех вариантов имеет

хорошее структурное состояние, содержание агрегатов оптимального размера (0,25–10 мм) составляет 74,6–78,3 %. Применение сидератов и соломы приводит к увеличению содержания таких агрегатов на 1,4–3,2 %. Важным показателем является водопрочность агрегатов. Результаты исследований показали, что заделка сидеральных культур приводит к увеличению водопрочности почвенных агрегатов всех размеров.

Таблица 2 / Table 2

Водопрочность агрегатов дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, % (слой 0–20 см) /
Water resistance of aggregates of sod-podzolic medium loamy soil % (layer 0–20 cm)

Варианты / Variants	Размеры фракций, мм / Fraction sizes, mm					
	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	5-0,25
Озимая рожь (контроль)	4,4	5,3	7,0	9,2	11,2	37,1
Люпиновый сидерат	4,8	5,8	8,9	13,7	16,3	49,4
Викоовсяный сидерат	4,7	5,8	8,8	12,8	15,8	47,9
Озимая рожь+ NPK на 3 т/га	4,3	5,5	6,9	9,8	12,9	39,4
Озимая рожь +солома и N ₁₀ на 1 т соломы	4,5	5,7	7,8	10,7	12,9	41,6
НСР ₀₅	0,29	0,48	0,54	0,49	1,12	-

Люпиновый сидерат приводит к увеличению водорочности агрегатов почвы на 12,3 %, викоовсяный сидерат – на 10,8 %, заделка соломы – на 4,5 %, по сравнению с контролем. Заделка в почву соломы приводит к увеличению водорочности только мелких агрегатов (0,25–1,0 мм). Водопрочность почвенных агрегатов в варианте применения минеральных удобрений остается на уровне контроля.

Заключение

Таким образом, заделка в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву 45–64 т/га зеленой мас-

сы люпина узколистного, 32–44 т/га зеленой массы викоовсяной смеси приводит не только к существенному увеличению урожайности и улучшению качества зерна яровой пшеницы, но и улучшает структурный состав почвы. Эффективным агроприемом в увеличении урожайности яровой пшеницы является и заделка в почву соломы озимой ржи при внесении компенсирующей дозы азота. Минеральные удобрения приводят к существенному увеличению урожайности и улучшению качества зерна яровой пшеницы, но не оказывают положительного влияния на биологическую активность и агрофизические свойства почвы.

1. Борисова Е. Е. Влияние сельскохозяйственных культур и сидерации на урожайность яровой пшеницы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 8. С. 61–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-selskohozyaystvennyh-kultur-i-sideratsii-na-urozhaynost-yarovoy-pshenitsy-na-svetlo-seryh-lesnyh-pochvah-nizhegorodskoy> (дата обращения: 02.10.2022).
2. Грязина Ф. И., Цыганова Н. А. Агротехнические приемы борьбы с засоренностью в посевах яровой пшеницы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 29. С. 15–19
3. Исаева Е. И., Артюхов А. И. Люпин узколистный и соя как предшественники ячменя в севообороте // Земледелие. 2016. № 1. С. 8–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lyupin-uzkolistnyy-i-soya-kak-predshestvenniki-yachmenya-v-sevooborotev> (дата обращения: 02.10.2022).
4. Кравцова Е. В., Рудакова Л. В. Значение сидератов в технологиях возделывания зерновых культур на юге Ростовской области // Мичуринский агрономический вестник. 2016. № 2. С. 7–12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36931081> (дата обращения: 02.10.2022).
5. Chang Qu, Peijun Li, Chengming Zhang. A spectral index for winter wheat mapping using multi-temporal Landsat NDVI data of key growth stages // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. Vol. 175. Pp. 431–447. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.03.015>
6. Chen Chen, Kenneth Frank, Tiancai Wang et al. Global wheat trade and Codex Alimentarius guidelines for deoxynivalenol: A mycotoxin common in wheat // Global Food Security. 2021. Vol. 29. Art. 100538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100538>
7. Ghulam Mustafa, Haider Mahmood, Asim Iqba. Environmentally friendly farming and yield of wheat crop: A case of developing country // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 314. Art. 127978. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127978>
8. Guangyi Wang, Xiaoyan Li, Jian Dong et al. Proteomics unravels new candidate genes of *Dasypyrum villosum* for improving wheat quality // Journal of Proteomics. 2021. Vol. 245. Art. 104292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104292>
9. Hui-juan Li, Zhi-xin Jiao, Yong-jing Ni. Heredity and gene mapping of a novel white stripe leaf mutant in wheat // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20. Issue 7. Pp. 1743–1752. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63345-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63345-7)
10. Jianan Wang, Hui Jiang, Quansheng Chen. High-precision recognition of wheat mildew degree based on colorimetric sensor technique combined with multivariate analysis // Microchemical Journal. 2021. Vol. 168. Art. 106468. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106468>
11. Krishna Prasad Devkota, Sudhir Yadav, E. Humphreys et al. Land gradient and configuration effects on yield, irrigation amount and irrigation water productivity in rice-wheat and maize-wheat cropping systems in Eastern India // Agricultural Water Management. 2021. Vol. 255. Art. 107036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107036>
12. Naveen-Gupta, E. Humphreys, P. L. Eberbach et al. Effects of tillage and mulch on soil evaporation in a dry seeded rice-wheat cropping system // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 209. Art. 104976. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104976>
13. Ning Zhang, Lingran Zhang, Linjie Li et al. Global Profiling of 2-hydroxyisobutyrylome in Common Wheat // Genomics, Proteomics & Bioinformatics. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2020.06.008>
14. Stefan M. Marković, Dragan Živančev, Daniela Horvat et al. Correlation of elongation factor 1A accumulation with photosynthetic pigment content and yield in winter wheat varieties under heat stress conditions // Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 166. Pp. 572–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.035>
14. Yale Wang, Yingming Xu, Xuefeng Liang. Soil application of manganese sulfate could reduce wheat Cd accumulation in Cd contaminated soil by the modulation of the key tissues and ionic of wheat // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 770. Art. 145328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145328>

Статья поступила в редакцию 18.10.2022 г.; одобрена после рецензирования 02.11. 2022 г.; принята к публикации 18.11.2022 г.

Об авторах

Грязина Фаина Ивановна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Марийский государственный университет (420000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4804-1779>, fgryazina@mail.ru

Бурова Наталья Олеговна

кандидат технических наук, доцент, Марийский государственный университет (420000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2664-1423>, natsta@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Borisova E. E. Vliyaniye sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i sideratsii na urozhainost' yarovoi pshenitsy na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Nizhegorodskoi oblasti [Influence of agricultural crops and siderala on productivity of the spring wheat on light grey wood soils of the Nizhniy Novgorod area]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of KrasSAU, 2014, no. 8, pp. 61–64. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-selskohozyaystvennyh-kulturn-i-sideratsii-na-urozhainost-yarovoy-pshenitsy-na-svetlo-seryh-lesnyh-pochvah-nizhegorodskoy> (accessed 02.10.2022). (In Russ.).
2. Gryazina F. I., Tsyganova T. A. Agrotekhnicheskie priemy bor'by s zasorennost'yu v posevakh yarovoi pshenitsy [Agrotechnical methods of weed control in spring wheat crops]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University, 2012, no. 29, pp. 15–19. (In Russ.).
3. Isaeva E. I., Artyukhov A. I. Lyupin uzkolistnyi i soya kak predshhestvenniki yachmenya v sevooborote [Blue lupine and soybean as preceding crops for barley in crop rotation]. *Zemledelie* = Agriculture, 2016, no. 1, pp. 8–10. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/lyupin-uzkolistnyy-i-soya-kak-predshhestvenniki-yachmenya-v-sevooborote> (accessed 02.10.2022). (In Russ.).
4. Kravtsova E. V., Rudakova L. V. Znachenie sideratov v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur na yuge Rostovskoi oblasti [The value of green manure in the technologies of crop cultivation in the south of the Rostov region]. *Michurinskii agronomicheskii vestnik* = Michurinsk Agronomy Bulletin, 2016, no. 2, pp. 7–12. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36931081> (accessed 02.10.2022). (In Russ.).
5. Chang Qu, Peijun Li, Chengming Zhang. A spectral index for winter wheat mapping using multi-temporal Landsat NDVI data of key growth stages. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2021, vol. 175, pp. 431–447. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.03.015>
6. Chen Chen, Kenneth Frank, Tiancai Wang et al. Global wheat trade and Codex Alimentarius guidelines for deoxynivalenol: A mycotoxin common in wheat. *Global Food Security*, 2021, vol. 29, art. 100538. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100538>
7. Ghulam Mustafa, Haider Mahmood, Asim Iqba. Environmentally friendly farming and yield of wheat crop: A case of developing country. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 314, art. 127978. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127978>
8. Guangyi Wang, Xiaoyan Li, Jian Dong et al. Proteomics unravels new candidate genes of *Dasypyrum villosum* for improving wheat quality. *Journal of Proteomics*, 2021, vol. 245, art. 104292. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104292>
9. Hui-juan Li, Zhi-xin Jiao, Yong-jing Ni et al. Heredity and gene mapping of a novel white stripe leaf mutant in wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021, vol. 20, issue 7, pp. 1743–1752. (In Eng.). DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63345-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63345-7)
10. Jianan Wang, Hui Jiang, Quansheng Chen. High-precision recognition of wheat mildew degree based on colorimetric sensor technique combined with multivariate analysis. *Microchemical Journal*, 2021, vol. 168, art. 106468. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106468>
11. Krishna Prasad Devkota, Sudhir Yadav, E. Humphreys et al. Land gradient and configuration effects on yield, irrigation amount and irrigation water productivity in rice-wheat and maize-wheat cropping systems in Eastern India. *Agricultural Water Management*, 2021, vol. 255, art. 107036. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107036>
12. Naveen-Gupta, E. Humphreys, P. L. Eberbach et al. Effects of tillage and mulch on soil evaporation in a dry seeded rice-wheat cropping system. *Soil and Tillage Research*, 2021, vol. 209, art. 104976. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104976>
13. Ning Zhang, Lingran Zhang, Linjie Li et al. Global Profiling of 2-hydroxyisobutyrylome in common wheat. *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, 2021. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2020.06.008>
14. Stefan M. Marković, Dragan Živančev, Daniela Horvat et al. Correlation of elongation factor 1A accumulation with photosynthetic pigment content and yield in winter wheat varieties under heat stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2021, vol. 166, pp. 572–581. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.035>

15. Yale Wang, Yingming Xu, Xuefeng Liang. Soil application of manganese sulfate could reduce wheat Cd accumulation in Cd contaminated soil by the modulation of the key tissues and ionic of wheat. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 770, art. 145328. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145328>

The article was submitted 18.10.2022; approved after reviewing 02.11.2022; accepted for publication 18.11.2022.

About the authors

Faina I. Gryazina

Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4804-1779>, fgryazina@mail.ru

Natalya O. Burova

Ph. D. (Technical Sciences), Associate Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2664-1423>, natsta@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.