

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ /
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247>
УДК 633.11:631.84



Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья

© 2022. Т. А. Барковская ✉, О. В. Гладышева, В. Г. Кокорева

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Исследования проводили с целью выявления отзывчивости пяти сортов яровой мягкой пшеницы на применение минеральных удобрений и особенности формирования элементов структуры урожайности. Работа проведена в 2019–2021 гг. на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в Рязанской области. Схема опыта: $N_0P_0K_0$ (контроль); $N_{64}P_{64}K_{64}$; $N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$; $N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30} + N_{15}$. За годы исследований урожайность в опыте варьировала от 2,45 до 5,57 т/га в зависимости от условий вегетации, внесенных минеральных удобрений и сорта. Применение минерального фона $N_{64}P_{64}K_{64}$ способствовало существенному увеличению продуктивности сортов на 1,02–1,69 т/га. Наиболее отзывчивыми на улучшение фона минерального питания были сорта Маэстро, Арсея и Агата, урожайность в сравнении с контролем увеличилась на 48, 42 и 39 % соответственно. Все сорта, за исключением Маэстро, положительно отреагировали на подкормку азотом в фазу кущения (N_{30}), увеличив урожайность на 0,48–0,62 т/га. Наилучшим образом использовали дополнительный азот (N_{30}) сорта РИМА, Лада и Агата, прибавка к фону $N_{64}P_{64}K_{64}$ составила 15, 12 и 11 % соответственно. Выявлено, что под воздействием дополнительного азота (N_{30}) у сортов увеличивался стеблестой на 7,3–11,2 %, число колосков в колосе – на 1,3–4,7 %, число зерен в колосе – на 0,3–12,3 %, масса зерна с колоса на 0,9–21,4 %. Применение второй подкормки азотом в фазу «выход в трубку» (N_{15}) привело к снижению продуктивности, особенно у сортов Лада и Арсея на 7,9–9,5 %. Сорт Маэстро показал себя как индифферентный к азотным подкормкам. Полученные данные будут использованы при корректировке сортовых технологий возделывания яровой пшеницы.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., азотное удобрение, элементы технологии, продуктивность, структура урожая, прибавка урожая

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема FGUN-2022-0013).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Барковская Т. А., Гладышева О. В., Кокорева В. Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(2):239–247. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247>

Поступила: 09.03.2022

Принята к публикации: 01.04.2022

Опубликована онлайн: 20.04.2022

Effect of mineral fertilizers on the yield of spring soft wheat varieties in the conditions of the Central Non-Chernozem Region

© 2022. Tatyana A. Barkovskaya ✉, Olga V. Gladysheva, Valeria G. Kokoreva

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

The studies were carried out in order to identify the responsiveness of five varieties of spring wheat to the variants with applying mineral fertilizers and to study the specific features of the formation of elements of the yield structure. The work was carried out in 2019–2021 on dark gray forest heavy loamy soil in the Ryazan region. The experiment scheme was: $N_0P_0K_0$ (control); $N_{64}P_{64}K_{64}$; $N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$; $N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30} + N_{15}$. Over the years of the research, the yield in the experiment varied from 2.45 to 5.57 t/ha, depending on the growing conditions, mineral fertilizers and variety. The use of the mineral background $N_{64}P_{64}K_{64}$ contributed to a significant increase in the productivity of varieties by 1.02–1.69 t/ha. The most responsive to the improvement of the background of mineral nutrition were varieties Maestro, Arsey and Agata, the yield increased by 48, 42 and 39 %, respectively, in comparison with the control. All varieties, with the exception of Maestro, reacted positively to nitrogen fertilization in the tillering phase (N_{30}), increasing the yield by 0.48–0.62 t/ha. The supplementary nitrogen of RIMA, Lada, and Agata varieties was used in the best way; the addition of $N_{64}P_{64}K_{64}$ to the background was 15, 12, and 11 %, respectively. It was revealed that under the influence of additional nitrogen (N_{30}) in varieties, the plant stand increased by 7.3–11.2 %, the number of spikelets – by 1.3–4.7 %, the number of grains – by 0.3–12.3 %, grain weight per ear – by 0.9–21.4 %. The use of the second fertilizing with nitrogen in the booting phase (N_{15}) led to a decrease in productivity, especially in Lada and Arsey varieties – by 7.9–9.5 %. Variety Maestro proved to be indifferent to nitrogen fertilizing. The data obtained will be used in the adjustment of varietal technologies for the cultivation of spring wheat.

Keywords: *Triticum aestivum* L., nitrogen fertilizer, elements of technology, productivity, yield structure, yield increase

Acknowledgements: 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 Scientific Agroengineering Center VIM (theme FGUN-2022-0013). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Kokoreva V. G Effect of mineral fertilizers on the yield of spring wheat varieties in the conditions of the Central Non-Chernozem Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(2):239-247. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247>

Received: 09.03.2022 Accepted for publication: 01.04.2022 Published online: 20.04.2022

Зерно мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) является базисным продуктом при производстве большого ассортимента продовольствия и кормов в мировом масштабе. Выращивание, а также экспорт пшеничного зерна в России находится на ведущем месте и в дальнейшем это направление должно развиваться [1].

Над увеличением урожайности культуры в сельскохозяйственном производстве в нашей стране длительное время трудится целое научное сообщество. К примеру, были разработаны зональные системы удобрения яровой пшеницы, в том числе и для условий Нечернозёмной зоны [2, 3]. При этом следует отметить, что в производстве без учета конкретных почвенно-климатических и агротехнических условий, биологических особенностей современных сортов и их отзывчивости на элементы питания прежние рекомендации не могут быть использованы в полной мере [4, 5].

В настоящее время, по мнению многих исследователей, увеличение продуктивности неотделимо от использования сортовых агротехнологий [6, 7, 8]. В свою очередь рациональное применение различных средств химизации, в т.ч. удобрений, как составной части агротехнологии, является ключевым рычагом интенсификации земледелия наряду с сортом [9, 10]. Важнейшей задачей становится обоснование оптимальных экономически выгодных норм внесения удобрений с поправкой на генетическую специфику корневого питания конкретного сорта, что позволяет повысить их окупаемость и рентабельность производства зерна [11, 12, 13, 14]. Необходимо добиваться того, чтобы сорта и технологии их возделывания обеспечивали единую функциональную целостность в определённых условиях [15].

Яровая пшеница среди зерновых культур наиболее требовательна к минеральному питанию в связи с низкой усваивающей способностью корневой системы, особенно в начальный период развития. Использование минеральных

удобрений, и прежде всего азотных, повышает урожайность и улучшает качество зерна [16]. Для равномерного поступления в течение вегетации азота необходимо проводить подкормки в фазы «кущение-выход в трубку».

Вопрос выявления степени агрохимической отзывчивости новых сортов на фон минерального питания и азотные подкормки актуален.

Цель исследований – выявить отзывчивость сортов яровой мягкой пшеницы на применение минеральных удобрений и изучить особенности формирования элементов структуры урожайности в условиях Центрального Нечерноземья.

Новизна исследований заключается в получении экспериментальных данных для корректировки агрохимической составляющей сортовых технологий яровой пшеницы в условиях Рязанской области.

Материал и методы. Исследования проводили в 2019-2021 гг. в лаборатории селекции и первичного семеноводства Института семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Почва участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая (содержание органического вещества – 5,60 %, подвижного фосфора – 378 мг/кг почвы, подвижного калия – 275,0 мг/кг почвы, обменного магния – 2,16 ммоль/100 г почвы; рН_{сол.} – 4,88).

Объектом исследований являлись 5 сортов яровой мягкой пшеницы, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений по Центральному региону, которые относятся к группе среднеспелых с вегетационным периодом 71-102 дня и имеют среднюю устойчивость к засухе. Урожайность в конкурсном сортоиспытании филиала на фоне N₆₄P₆₄K₆₄ за 2015-2021 годы составляла: сорта Лада – 3,23-5,64 т/га, Агата – 4,03-5,39, РИМА – 3,59-5,31, Арсея – 4,24-5,87, Маэстро – 4,49-7,33 т/га. Сорта имели следующие показатели массы 1000 зерен: Лада 32-39 г, Агата 34-40,

РИМА 35-42, Арсея 37-41, Маэстро 32-40 г. Оригинаторами сортов Лада и Агата являются ФГБНУ ФНАЦ ВИМ и ФГБНУ ФИЦ Немчиновка, сортов РИМА, Арсея, Маэстро – ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Схема опыта: Фактор А – сорта яровой мягкой пшеницы различных периодов сорто-смены: Лада (1997 г.), Агата (2014 г.), РИМА (2017 г.), Арсея (2020 г.), Маэстро (2021 г.).

Фактор В – минеральные удобрения: 1. $N_0P_0K_0$ – контроль. 2. $N_{64}P_{64}K_{64}$ (перед посевом). 3. $N_{64}P_{64}K_{64}$ (перед посевом) + N_{30} (в фазу «начало кущения»). 4. $N_{64}P_{64}K_{64}$ (перед посевом) + N_{30} (в фазу «начало кущения») + N_{15} (в фазу «выход в трубку»).

Из минеральных удобрений использовали азофоску $N_{16}P_{16}K_{16}$ и аммиачную селитру N_{34} . Общая площадь опыта – 1392 м², площадь учетной делянки – 10 м², повторность – четырёхкратная, размещение делянок рендомизированное.

Закладку опыта произвели согласно методике государственного сортоиспытания¹, обработку урожайных данных – по Б. А. Доспехову². Посев проводили в оптимальные сроки для нечерноземной полосы Центрального региона по предшественнику черный пар, с нормой высева 600 шт. всхожих зерен на 1 м².

В фазу «полные всходы» применяли инсектицид Борей, СК – 0,1 л/га. В фазу «кущение» проводили обработку баковой смесью гербицидов (Балерина, СЭ – 0,4 л/га + Магnum, ВДГ – 7 г/га) с добавлением инсектицида Борей, СК – 0,1 л/га. Элементы структуры урожая определяли со снопового материала с учетных площадок, взятых с площади 0,25 м² в 4-х повторениях. Уборку делянок проводили в фазу полной спелости культуры комбайном Сампо 130, урожайные данные приводили к стандартной 14 % влажности.

Природные агроклиматические условия Центрального Нечерноземья благоприятны для возделывания культуры. Однако решающее значение для формирования урожая зерна имеет уровень влагообеспеченности растений в первую половину вегетации. В это время происходит интенсивный рост и закладка основных элементов продуктивности. За годы

исследований условия вегетации существенно различались. Вегетационный период 2019 года характеризовался критическим дефицитом влаги и повышенными температурами воздуха (ГТК = 0,73). Метеоусловия 2020 года отличались обильными осадками с резкими колебаниями среднесуточных температур (ГТК = 1,28). Первая половина вегетации 2021 года прошла в умеренно-прохладных условиях с достаточным количеством влаги (ГТК = 0,96), вторая половина – в экстремально жарких условиях, превышающих среднееголетние значения на 9,6 °С (ГТК = 0,5).

Результаты и их обсуждение. Средняя урожайность яровой пшеницы по опыту составила 4,34 т/га, с вариацией от 2,45 до 5,57 т/га в зависимости от условий вегетации, доз и способов внесения минеральных удобрений, сортовых особенностей (табл. 1).

Урожайность яровой мягкой пшеницы в вариантах без удобрения можно принять за потенциальную продуктивность изучаемых сортов культуры на почве с определённым уровнем плодородия в конкретных сложившихся метеорологических условиях года. Самая низкая продуктивность в неблагоприятный сезон 2019 года отмечена у сорта Лада – 2,45 т/га, наиболее высокая – у сорта Маэстро – 3,02 т/га. С улучшением погодных факторов тенденция сохранялась – сорт Лада был самым низкопродуктивным – 3,38 т/га, сорт Маэстро наоборот – 4,27 т/га. На основании полученных данных можно констатировать, что селекционная работа на увеличение продуктивности была успешной и современные сорта имеют больший выход продукции с единицы площади.

Использование минерального фона ($N_{64}P_{64}K_{64}$) способствовало увеличению урожайности всех сортов эксперимента на 1,02-1,69 т/га. Однако сортовая реакция на него была неодинаковой. Так, у сортов Лада и РИМА получена самая минимальная прибавка урожайности – 1,02 и 1,07 т/га соответственно. Наиболее отзывчивыми на улучшение уровня минерального питания были сорта Маэстро, Арсея и Агата: урожайность в сравнении с контролем увеличилась на 1,69, 1,42 и 1,28 т/га, или 48,0, 42,1 и 39,0 % соответственно.

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М.: ООО «Группа Компаний море», 2019. 384 с.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). 5 издание, перераб. и допол. Стереотип изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.

Таблица 1 – Реакция различных сортов яровой мягкой пшеницы на внесение минеральных удобрений (2019-2021 гг.) /

Table 1 – The reaction of various varieties of spring soft wheat to mineral fertilizers (2019-2021)

Удобрение (фактор В) / Fertilizer (Factor B)	Урожайность min-max, т/га / Productivity min-max, t/ha	Средняя урожай- ность, т/га / Average yield, t/ha	Отклонение от варианта, % / Variant deviation, %		
			N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀
Сорт (фактор А) / Variety (Factor A)					
Лада / Lada					
1. N ₀ P ₀ K ₀	2,45-3,38	2,93	-		
2. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	3,73-4,22	3,95	34,8	-	
3. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀	4,12-4,35	4,43	51,2	12,2	-
4. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	3,95-4,39	4,08	39,3	3,3	-7,90
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,15	-	-	-
Агата / Agata					
1. N ₀ P ₀ K ₀	2,63-3,99	3,28	-		
2. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	4,09-5,07	4,56	39,0	-	
3. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀	4,58-5,38	5,07	54,6	11,2	-
4. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	4,34-5,32	4,86	48,2	6,6	-4,14
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,23	-	-	-
РИМА / RIMA					
1. N ₀ P ₀ K ₀	2,63-3,99	3,00	-		
2. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	4,09-5,07	4,07	35,7	-	
3. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀	4,58-5,38	4,69	56,3	15,2	-
4. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	4,34-5,32	4,47	49,0	9,8	-4,69
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,27	-	-	-
Арсея / Arseya					
1. N ₀ P ₀ K ₀	2,67-4,15	3,37	-		
2. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	4,26-5,34	4,79	42,1	-	
3. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀	4,62-5,56	5,26	56,1	9,8	-
4. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	4,07-5,45	4,76	41,2	-0,6	-9,51
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,35	-	-	-
Маэстро / Maestro					
1. N ₀ P ₀ K ₀	3,02-4,27	3,52	-		
2. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	4,77-5,57	5,21	48,0	-	
3. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀	4,92-5,50	5,26	49,4	1,0	-
4. N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	4,90-5,43	5,24	48,9	0,6	-0,38
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,11	-	-	-
Среднее по опыту / Average by experience		4,34	-	-	-

Примечания. Средняя урожайность по вариантам фактора А (сорт): Лада – 3,85 т/га; Агата – 4,44 т/га; РИМА – 4,06 т/га; Арсея – 4,55 т/га; Маэстро – 4,81 т/га (HCP₀₅ = 0,26 т/га). Средняя урожайность по вариантам фактора В (удобрение): N₀P₀K₀ – 3,22 т/га; N₆₄P₆₄K₆₄ – 4,52 т/га; (N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀) – 4,94 т/га; (N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅) – 4,68 т/га (HCP₀₅ = 0,33 т/га) /

Notes. Average yield according to factor A variants (Variety): Lada – 3.85 t/ha; Agata – 4.44 t/ha; RIMA – 4.06 t/ha; Arseya – 4.55 t/ha; Maestro – 4.81 t/ha (LSD₀₅ = 0.26 t/ha). Average yield by factor B options (Fertilizer): N₀P₀K₀ – 3.22 t/ha; N₆₄P₆₄K₆₄ – 4.52 t/ha; (N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀) – 4.94 t/ha; (N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅) – 4.68 t/ha (LSD₀₅ = 0.33 t/ha)

С дополнительным внесением азота в фазу «кущение» ($N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$, вариант 3) урожайность всех изучаемых сортов относительно контроля возрастала в 1,5 раза. Анализ урожайности сортов при сопоставлении с вариантом 2 ($N_{64}P_{64}K_{64}$) выявил, что не все изучаемые сорта в равной мере использовали азот на формирование зерновой части урожая. Наилучшим образом на формирование зерна дополнительный азот использовали сорта РИМА, Лада и Агата, повысив урожайность соответственно на 15,2, 12,2 и 11,2 % по сравнению с фоновым внесением минеральных удобрений. Нейтрально реагирующим на азотную подкормку в фазе «кущение» оказался сорт Маэстро, изменив урожайность незначительно – всего лишь на 1,0 %.

Увеличение поступления азота в фазу «выход в трубку» ($N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30} + N_{15}$, вариант 4) негативным образом сказалось на продуктивности. Сорта отреагировали снижением урожайности в разной степени, особенно существенно сорта Лада и Арсея – на 7,9-9,5 %. Сорт Маэстро оказался менее чувствительным к дополнительному азотному питанию и практически не отреагировал, изменив урожайность на 0,02 т/га. Можно предположить, что для сорта Маэстро с целью выявления дальнейшего увеличения урожайности необходимо изучить различные дозы сложного удобрения.

Как фон минерального питания, так и азотная подкормка яровой пшеницы повлияли на элементы структуры урожая (табл. 2). Практически во всех вариантах с применением удобрений отмечено достоверное превышение контрольных показателей, кроме высоты растений у сорта РИМА ($N_{64}P_{64}K_{64}$) и массы зерна с колоса у сортов Маэстро ($N_{64}P_{64}K_{64}$) и Арсея ($N_{64}P_{64}K_{64}$ и $N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30} + N_{15}$), значения которых находились ниже предела ошибки опыта. Наиболее значительное увеличение отмечено при использовании азотной подкормки в фазу «кущение» культуры ($N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$).

В среднем высота растений во 2 варианте ($N_{64}P_{64}K_{64}$) наиболее значительно изменялась у сорта Лада (выше на 7 см по отношению к контролю), на втором месте сорта Агата и Арсея с увеличением на 4 см. Самая слабая реакция на фон минерального удобрения по признаку «высота» отмечена у сорта РИМА. Азотная подкормка в фазу «кущение» оказала влияние на высоту растений сорта РИМА, увеличив её на 3 см, сорта Агата – на 4 см.

Существенным преимуществом по продуктивному стеблестоя в среднем по вариантам с удобрениями обладали сорта Маэстро, Арсея, Агата ($HCP_{05} = 57$ шт/м²). В свою очередь, значимое воздействие на количество продуктивных стеблей (в среднем по изучаемым сортам) оказали все варианты применения минеральных удобрений ($HCP_{05} = 42$ шт/м²). Число продуктивных стеблей под воздействием азота, внесённого в фазу «кущение», увеличивалось на 7,3-11,2 %.

Наибольшим продуктивным стеблестоем в варианте без удобрений отличались сорта Маэстро и Арсея, наименьшим – РИМА и Лада. Во 2 варианте ($N_{64}P_{64}K_{64}$) число продуктивных стеблей по сравнению с контролем ($N_0P_0K_0$) увеличивалось на 11,9-32,3 %. Высокая отзывчивость на фон минерального питания отмечена у сортов Агата и РИМА, в меньшей степени отреагировал сорт Лада.

Сорта Лада, Арсея, Маэстро в среднем по опыту существенно превысили по длине колоса (8,0-8,2 см) сорта Агата и Рима (7,4-7,6 см), HCP_{05} (А) = 0,32 см. Длина колоса увеличилась во 2 варианте ($N_{64}P_{64}K_{64}$) у сорта Арсея – на 8,1 % по отношению к контролю и в 3 варианте ($N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$) у сортов Арсея и Маэстро на 5 % по отношению ко 2 варианту ($N_{64}P_{64}K_{64}$).

По количеству колосков в колосе в среднем по вариантам удобрений сорта Агата и Маэстро (15,7 шт.) значимо превысили сорт Лада (14,5 шт.), HCP_{05} (А) = 0,76 шт. Существенное влияние на количество колосков в колосе у изучаемых сортов оказали все варианты внесения минеральных удобрений (относительно контроля без удобрений), однако дополнительная азотная подкормка в фазе «выход в трубку» снизила значение этого показателя в сравнении с вариантом ($N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$). В наибольшей степени число колосков в колосе увеличилось у сорта Арсея во 2 варианте ($N_{64}P_{64}K_{64}$) на 5,6 %, отмечено увеличение этого показателя от дополнительного азота (N_{30}) у сортов РИМА, Арсея, Агата, Лада на 4,7 %, 3,9, 3,8 и 3,5 %, соответственно.

По количеству зерен в колосе сорта РИМА, Арсея и Маэстро (31,7-31,8 шт.) имели преимущество перед Лада и Агата (27,4-27,6 шт.), HCP (А) = 3,7 шт. На улучшение минерального питания ($N_{64}P_{64}K_{64}$) наиболее позитивно отреагировал сорт Лада, увеличив количество зёрен в колосе на 14,3 %, на втором

месте сорт Маэстро – на 9,1 %, на третьем РИМА – на 6,6 %. Азотная подкормка (N₃₀) в фазу «кущение» наиболее эффективно повлияла на увеличение количества зёрен в колосе у сортов РИМА, Агата, Лада на 12,3, 9,0 и 8,1 % соответственно.

яла на увеличение количества зёрен в колосе у сортов РИМА, Агата, Лада на 12,3, 9,0 и 8,1 % соответственно.

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на элементы урожайности сортов яровой мягкой пшеницы (2019-2021 гг.) /
 Table 2 – Influence of mineral fertilizers on the elements of spring soft wheat yield for 2019-2021

Удобрение (фактор В) / Fertilizer (Factor B)	Высота, см / Height, cm	Число продуктивных стеблей, шт/м² / Number of pro- ductive stems, psc/m²	Длина колоса, см / Spike length, cm	Количество, шт. / Quantity, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g
				колосков / spikelets	зерен в колосе / grains in an ear		
Сорт (фактор А) / Variety (Factor A)							
Лада/ Lada							
1. N₀P₀K₀	113	320	7,9	14,1	23,8	0,89	32,2
2. N₆₄P₆₄K₆₄	120	358	8,1	14,3	27,2	1,03	37,3
3. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀	121	384	8,4	14,8	29,4	1,11	37,8
4. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅	124	386	8,3	14,7	29,2	1,06	39,7
Среднее (фактор А) / Average (factor A)	120	362	8,2	14,5	27,4	1,02	36,8
HCP₀₅ / LSD₀₅	1,5	18	0,1	0,1	0,5	0,07	0,5
Агата/ Agata							
1. N₀P₀K₀	110	351	7,3	15,2	26,0	0,91	31,3
2. N₆₄P₆₄K₆₄	114	455	7,4	15,7	26,8	1,07	39,4
3. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀	118	506	7,4	16,3	29,2	1,08	40,5
4. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅	116	515	7,5	15,7	28,5	1,08	39,4
Среднее (фактор А) / Average (factor A)	115	457	7,4	15,7	27,6	1,04	37,7
HCP₀₅ / LSD₀₅	1,6	23	0,1	0,1	0,7	0,05	0,4
РИМА/ RIMA							
1. N₀P₀K₀	117	297	7,4	14,6	28,9	1,06	34,9
2. N₆₄P₆₄K₆₄	118	393	7,6	15,0	30,8	1,29	39,8
3. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀	121	426	7,7	15,7	34,6	1,34	40,3
4. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅	120	406	7,5	15,3	32,5	1,28	39,4
Среднее (фактор А) / Average (factor A)	119	381	7,6	15,2	31,7	1,24	38,4
HCP₀₅ / LSD₀₅	1,3	20	0,1	0,2	0,9	0,04	0,5
Арсея/ Arseyay							
1. N₀P₀K₀	113	403	7,4	14,4	30,1	1,13	34,2
2. N₆₄P₆₄K₆₄	117	494	8,0	15,2	31,5	1,15	35,5
3. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀	119	532	8,4	15,8	32,6	1,21	36,1
4. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅	119	522	8,3	15,9	33,0	1,17	36,5
Среднее (фактор А) / Average (factor A)	117	488	8,0	15,3	31,8	1,17	35,6
HCP₀₅ / LSD₀₅	1,5	16	0,1	0,2	0,6	0,06	0,5
Маэстро/ Maestro							
1. N₀P₀K₀	104	411	7,9	15,4	29,7	1,05	34,6
2. N₆₄P₆₄K₆₄	106	517	8,0	15,8	32,4	1,07	34,4
3. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀	107	572	8,4	16,0	32,5	1,14	36,0
4. N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅	107	564	8,2	15,5	32,1	1,14	34,2
Среднее (фактор А) / Average (factor A)	106	516	8,1	15,7	31,7	1,10	34,8
HCP₀₅ / LSD₀₅	1,1	28	0,1	0,2	0,3	0,07	0,5
HCP₀₅ (А) / LSD₀₅ (А)	5,1	56,8	0,32	0,76	3,7	0,13	4,3
HCP₀₅ (В) / LSD₀₅ (В)	2,2	41,8	0,25	0,53	1,9	0,10	3,8

Средняя масса зерна с колоса существенно больше у сортов РИМА и Арсея (1,24 и 1,17 г.). Масса зерна с колоса под влиянием фона минерального питания значительно увеличилась у сортов РИМА, Агата, Лада на 21,7 %, 17,6, 15,7 % соответственно. Азотная подкормка (N_{30} в фазу «кущение») значимо повлияла на массу зерна с колоса у сортов Лада – на 7,8 %, Маэстро – на 6,5 % и Арсея – на 5,2 %, у остальных сортов незначительно.

Наибольшей массой 1000 зерен, как начальным сортовым признаком, обладают сорта РИМА, Маэстро, Арсея. Однако в опыте по средней массе 1000 зерен не выявлено существенных различий среди изучаемых сортов, НСР (А) = 4,3 г. Отзывчивость на фон минерального питания проявили сорта Агата, Лада и РИМА, увеличив массу 1000 зёрен относительно контрольного варианта на 25,9, 15,8 и 14,0 % соответственно. Возделывание сорта Маэстро по фону $N_{64}P_{64}K_{64}$ не привело к увеличению массы 1000 зерен. Дополнительная азотная подкормка (N_{30} в фазу «кущение») оказала слабое влияние на увеличение массы 1000 зерен изучаемых сортов (на 1,0-2,8 %), за исключением Маэстро (4,7 %). По опыту большую массу 1000 зёрен имели сорта Агата и РИМА в варианте 3 ($N_{64}P_{64}K_{64} + N_{30}$). При повторной азотной подкормке (вариант 4) отмечено некоторое снижение значений этого признака у сортов Агата, РИМА, Маэстро.

Таким образом, возделывание яровой мягкой пшеницы на фоне минеральных удобрений оказало влияние на следующие элементы структуры урожайности (в порядке убывания): у сорта Лада – количество зёрен в колосе, масса 1000 зёрен, масса зерна с колоса; Агата – масса 1000 зёрен, число продуктивных стеблей, масса зерна с колоса; РИМА – число продуктивных стеблей, масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен; Арсея – длина колоса, количество колосков в колосе, число

продуктивных стеблей; Маэстро – число продуктивных стеблей, количество зёрен в колосе.

Под влиянием азотной подкормки в фазе «кущение» наиболее эффективно нарастали значения следующих элементов структуры урожайности (в порядке убывания): у сорта Лада – масса зерна с колоса, длина колоса, количество колосков и зёрен в колосе; Агата – число продуктивных стеблей, количество колосков в колосе, масса 1000 зёрен; РИМА – количество колосков и зёрен в колосе, число продуктивных стеблей; Арсея – длина колоса, количество колосков в колосе, масса зерна с колоса; Маэстро – длина колоса, число продуктивных стеблей, масса 1000 зёрен, масса зерна с колоса.

Закключение. Выявлена отличительная особенность реакции сортов яровой мягкой пшеницы на варианты внесения минеральных удобрений. Наиболее отзывчивыми на фоновое внесение удобрений ($N_{64}P_{64}K_{64}$) были современные сорта Маэстро, Арсея и Агата: существенное увеличение урожайности в сравнении с контролем без удобрений составило 1,69, 1,42 и 1,28 т/га, или 48, 42 и 39 % соответственно. Дополнительную азотную подкормку (N_{30} в фазу кушения) наиболее эффективно использовали сорта РИМА, Агата и Лада, увеличив урожайность на 0,62, 0,51 и 0,48 т/га, или 15, 12 и 11 % соответственно. Сорт Маэстро показал себя как индифферентный к данному приёму.

Установлено, что под воздействием дополнительного азота (N_{30}) у сортов яровой пшеницы увеличивался стеблестой на 7,3-11,2 %, число колосков на 1,3-4,7 %, количество зерен на 0,3-12,3 %, масса зерна с колоса на 0,9-21,4 %. Выявлена сортовая специфика изменений элементов урожайности яровой пшеницы под влиянием агрохимических приемов.

Полученная информация может быть использована при разработке агрохимической составляющей сортовых технологий возделывания яровой пшеницы.

Список литературы

1. Стасюк А. И., Леонова И. Н., Пономарева М. Л., Василова Н. З., Шаманин В. П., Салина Е. А. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана. Сельскохозяйственная биология. 2021;56(1):78-91. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78rus>
2. Михайлов Н. Н., Книпер В. П. Определение потребности растений в удобрениях. М.: Колос, 1971. 256 с.
3. Политыко П. М., Киселев Е. Ф., Афанасьева В. К., Тоноян С. В., Войтович Н. В., Зяблова М. Н. и др. Технология возделывания яровых зерновых культур в Центральном Нечерноземье: рекомендации. М.: МосНИИСХ, 2010. 92 с.
4. Афанасьев Р. А., Иванчик В. А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Нечерноземья при внесении минеральных удобрений. Плодородие. 2019;(6):11-14. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.03>
5. Шерстобитов С. В., Абрамов Н. В. Урожайность яровой пшеницы при дифференцированном внесении азотных удобрений в режиме off-line. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;2(76):51-55. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38195024>

6. Якушев В. П., Михайленко И. М., Драгавцев В. А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России. Сельскохозяйственная биология. 2015;50(5):550-560. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.5.550rus>
7. Барковская Т. А., Гладышева О. В., Давыдова Н. В. Сорты яровой мягкой пшеницы для Нечерноземья. Земледелие. 2018;(8):38-41. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10811>
8. Hossain A., Skalicky M., Brestic M., Maitra S., Ashraf Alam M., Abu Syed M., Hossain J., Sarkar S., Saha S., Bhadra P., Shankar T., Bhatt R., Chaki A. K., EL Sabagh A., Islam T. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate. Agronomy. 2021;11(2):241. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020241>
9. Алферов А. А., Завалин А. А., Кожемяков А. П., Чернова Л. С. Влияние удобрения и ризоагрина на урожайность и качество зерна яровой пшеницы, потоки азота в системе удобрение-почва-растение. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(9):10-15. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10902>
10. Amirov M., Shaykhudinov F., Serzhanov I., Semushkin N. Main directions of development of spring wheat production agricultural technologies for sustain-able arable farming in the forest-steppe belt of the Middle Volga region. Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017;9(1):559-568 DOI: <https://doi.org/10.15544/RD.2017.254>
11. Вольнкина О. В. Предельные прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от азота и его окупаемость на среднесуглинистом выщелоченном черноземе. Плодородие. 2021;119(2):9-13. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.119.03>
12. Давлятшин И. Д., Лукманов А. А. Урожайность яровой пшеницы и окупаемость удобрений. Почвоведение и агрохимия. 2017;(3):68-75. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42399108>
13. Келер В. В., Хижняк С. В. Аспекты повышения продуктивности и рентабельности производства зерна яровой пшеницы в Красноярском крае. Вестник КрасГАУ. 2019;(6):28-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39531878>
14. Завьялова Н. Е., Сторожева А. Н. Агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур при внесении возрастающих доз полного минерального удобрения. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(4(47)):35-41. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23857050>
15. Давыдова Н. В., Казаченко А. О., Широколава А. В., Нардид В. А., Резепкин А. М., Шарошкина Е. Е., Грачева А. В., Романова Е. С. Экологическая оценка стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы различных периодов сортосмены. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020;(3):142-149. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-3-142-149>
16. Абашев В. Д., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Жук С. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы Свеча. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(2(57)):35-40. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862003>

References

1. Stasyuk A. I., Leonova I. N., Ponomareva M. L., Vasilova N. Z., Shamanin V. P., Salina E. A. *Fenotipicheskaya izmenchivost' selektsionnykh liniy myagkoy pshenitsy (Triticum aestivum L.) po elementam struktury urozhaya v ekologicheskikh usloviyakh Zapadnoy Sibiri i Tatarstana*. [Phenotypic variability of common wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding lines on yield components under environmental conditions of Western Siberia and Tatarstan]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2021;56(1):78-91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.1.78rus>
2. Mikhaylov N. N., Kniper V. P. *Opreделение potrebnosti rasteniy v udobreniyakh*. [Determination of the need of plants for fertilizers]. Moscow: Kolos, 1971. 256 p.
3. Polityko P. M., Kiselev E. F., Afanas'eva V. K., Tonoyan S. V., Voytovich N. V., Zyablova M. N. et al. *Tekhnologiya vozdeystviya yarovykh zernovykh kul'tur v Tsentral'nom Nечернозем'e: rekomendatsii*. [Technology of cultivation of spring grain crops in the Central Non-Chernozem region: recommendations]. Moscow: MosNIISKh, 2010. 92 p.
4. Afanasev R. A., Ivanchik V. A. *Urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy v usloviyakh Nечернозем'ya pri vnesenii mineral'nykh udobreniy*. [Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of spring wheat under conditions of non-chernozem zone]. *Plodorodie*. 2019;(6):11-14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.03>
5. Sherstobitov S. V., Abramov N. V. *Urozhaynost' yarovoy pshenitsy pri differentsirovannom vnesenii azotnykh udobreniy v rezhime off-line*. [Effect of differentiated application of nitrogen fertilizers in the off-line mode on spring wheat yields]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;2(76):51-55. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38195024>
6. Yakushev V. P., Mikhaylenko I. M., Dragavtsev V. A. *Agrotekhnologicheskie i selektsionnye rezervy povysheniya urozhayev zernovykh kul'tur v Rossii*. [Reserves of agro-technologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2015;50(5):550-560. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.5.550rus>
7. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Davydova N. V. *Sorta yarovoy myagkoy pshenitsy dlya Nечернозем'ya*. [Spring Soft Wheat Varieties for the Non-Black Soil Zone]. *Zemledelie*. 2018;(8):38-41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10811>
8. Hossain A., Skalicky M., Brestic M., Maitra S., Ashraf Alam M., Abu Syed M., Hossain J., Sarkar S., Saha S., Bhadra P., Shankar T., Bhatt R., Chaki A. K., EL Sabagh A., Islam T. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate. *Agronomy*. 2021;11(2):241. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020241>

9. Alferov A. A., Zavalin A. A., Kozhemyakov A. P., Chernova L. S. *Vliyanie udobreniya i rizoagrina na urozhaynost' i kachestvo zerna yaro-voy pshenitsy, potoki azota v sisteme udobrenie-pochva-rastenie*. [Effect of Fertilizer and Rhizoagrin on the Yield and Grain Quality of Spring Wheat; Nitrogen Flows in the Fertilizer – Soil – Plant System]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(9):10-15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10902>
10. Amirov M., Shaykhudinov F., Serzhanov I., Semushkin N. Main directions of development of spring wheat production agricultural technologies for sustain-able arable farming in the forest-steppe belt of the Middle Volga region. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2017;9(1):559-568. DOI: <https://doi.org/10.15544/RD.2017.254>
11. Volynkina O. V. *Predel'nye pribavki urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur ot azota i ego okupaemost' na srednesuglinistom vyshchelochennom chernozeme*. [Limit increases of yield of agricultural cultures from nitrogen doses and his payback in the experiments of the Kurgan Research Institute]. *Plodorodie*. 2021;119(2):9-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.119.03>
12. Davlyatshin I. D., Lukmanov A. A. *Urozhaynost' yarovoy pshenitsy i okupaemost' udobreniy*. [Productivity of summer wheat and performance of fertilizers FGBI]. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2017;(3):68-75. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42399108>
13. Keler V. V., Khizhnyak S. V. *Aspekty povysheniya produktivnosti i rentabel'nosti proizvodstva zerna yarovoy pshenitsy v Krasnoyarskom krae*. [The aspects of productivity and profitability increasing in spring wheat grain production in Krasnoyarsk region]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2019;(6):28-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39531878>
14. Zavyalova N. E., Storozheva A. N. *Agrokhimicheskie svoystva dervno-podzolistoy pochvy i urozhaynost' polevykh kul'tur pri vnesenii vozrastayushchikh doz polnogo mineral'nogo udobreniya*. [Agrochemical properties of sod-podzolic soil and productivity of field crops at entering of increasing doses of complete mineral fertilizer]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(4(47)):35-41. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23857050>
15. Davydova N. V., Kazachenko A. O., Shirokolava A. V., Nardid V. A., Rezepkin A. M., Sharoshkina E. E., Gracheva A. V., Romanova E. S. *Ekologicheskaya otsenka stabil'nosti i plastichnosti sortov yarovoy myagkoy pshenitsy razlichnykh periodov sortosmeny*. [Ecological evaluation of stability and plasticity of spring soft wheat varieties of different variety changing periods]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;(3):142-149. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-3-142-149>
16. Abashev V. D., Popov F. A., Noskova E. N., Zhuk S. N. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy Svecha*. [Influence of mineral fertilizers on productivity and grain quality in spring wheat Svecha]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(2(57)):35-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862003>

Сведения об авторах

✉ **Барковская Татьяна Анатольевна**, старший научный сотрудник отдела селекции, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая д. 1, с. Подвьязь, Рязанская обл., Российская Федерация, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4453-0367>, e-mail: barkovskaya-1960@mail.ru

Гладышева Ольга Викторовна, кандидат с.-х. наук, директор, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» ул. Парковая д. 1, с. Подвьязь, Рязанская обл., Российская Федерация, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9030-0055>

Кокорева Валерия Геннадьевна, младший научный сотрудник отдела селекции, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая д. 1, с. Подвьязь, Рязанская обл., Российская Федерация, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6584-4747>

Information about the authors

✉ **Tatiana A. Barkovskaya**, senior researcher, the Department of Breeding, the Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, st. Parkovaya, 1, s. Podvyazye, Ryazan Region, Russian Federation, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4453-0367>,
e-mail: barkovskaya-1960@mail.ru

Olga V. Gladysheva, PhD in Agricultural Science, director, the Department of Breeding, the Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, st. Parkovaya, 1, s. Podvyazye, Ryazan region, Russian Federation, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9030-0055>

Valeria G. Kokoreva, junior researcher, Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, st. Parkovaya, 1, s. Podvyazye, Ryazan Region, Russian Federation, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6584-4747>

✉ – Для контактов / Corresponding author