

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г. НЕБЫТОВ, кандидат биологических наук, E-mail: nebuytov@yandex.ru
В.И. МАЗАЛОВ, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: mazalov-1958@mail.ru
В.А. СТЕБАКОВ*, кандидат сельскохозяйственных наук

ШАТИЛОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И
КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, ПОС. ШАТИЛОВО
*ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В длительном стационарном полевом опыте, на черноземе выщелоченном, тяжелосуглинистом с очень низким содержанием подвижного фосфора (38-47 мг/кг) изучена сравнительная эффективность доз и способов внесения суперфосфата и фосфоритной муки по фону I ($N_{60}K_{60}$) и фону II (последствию 24 т/га навоза с $N_{60}K_{60}$) на урожай зерна яровой пшеницы в нестабильных погодных условиях 2009-2024 гг. Вегетационные периоды 2009 и 2024 гг. отличались контрастными погодными условиями. В самом засушливом 2010 г. продолжительность совместного действия засухи и высоких температур отмечалась в течение всего вегетационного периода. Осадки выпадали в недостаточном количестве ниже среднемноголетних показателей: в мае – 21 мм, июне – 11 мм, июле – 49 мм, августе – 50 мм. В наиболее влажном 2016 г. количество осадков было выше среднемноголетних: в апреле на 21 мм, мае 32 мм, июне 19 мм, июле 52 мм и августе 162 мм. Определена тенденция низкой зависимости урожая зерна яровой пшеницы от майских осадков при ежегодном ($P_{сд90}$) и запасном ($P_{сд270}$) по $N_{60}K_{60}$ и по последствию 24 т/га с $N_{60}K_{60}$, $R^2=0,070$ и $R^2=0,089$, $R^2=0,104$ и $R^2=0,113$, в контроле – $R^2=0,173$. Оценка по показателю «температура воздуха – урожайность по вариантам опыта» выявила за апрель более высокую зависимость урожая зерна яровой пшеницы от среднесуточных температур, $R^2=0,559$... $0,282$. Применение минеральных удобрений и последствие навозного удобрения являлись важным фактором устойчивости урожая зерна яровой пшеницы к воздействию нестабильных погодных условий. Лучшей адаптацией ($V=26\%$ и $V=28\%$, $V=27\%$ и $V=29\%$) к нестабильным погодным условиям с более устойчивой 16 – летней динамикой урожая зерна яровой пшеницы соответствовали варианты опыта с применением суперфосфата и фосфоритной муки ежегодно ($P_{сд90}$ и $P_{ф90}$) и в запас ($P_{сд270}$ и $P_{ф270}$) с $N_{60}K_{60}$ и по последствию 24 т/га навоза с $N_{60}K_{60}$, в контроле, $V=40\%$. Наибольший 41% долевого вклад в приросте урожайности зерна яровой пшеницы отмечался в варианте последствия 24 т/га навозного удобрения и меньший 16% и 37%, 35% и 24% от азотно – калийных и примененных ежегодно ($P_{сд90}$) и фосфоритной муки ($P_{ф90}$) и в запас $P_{сд270}$ и $P_{ф270}$ по $N_{60}K_{60}$. Показана равнозначная эффективность повышения урожая зерна яровой пшеницы от ежегодного и запасного способов внесения суперфосфата и фосфоритной муки. При несущественно различающихся в приросте (0,69 т/га и 0,64 т/га и 1,27 т/га и 1,26 т/га; 0,45 т/га, 1,11 т/га и 1,08 т/га) урожая зерна яровой пшеницы между ежегодным $P_{сд90}$ и $P_{ф90}$ и запасным $P_{сд270}$ и $P_{ф270}$ применением суперфосфата и фосфоритной муки по $N_{60}K_{60}$ и фону последствия навоза с $N_{60}K_{60}$ оправдано периодическое (запасное) внесение суперфосфата и фосфоритной муки в ротацию севооборота.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), способы внесения фосфорных удобрений, суперфосфат, фосфоритная мука, выщелоченный чернозем.

Для цитирования: Небытов В.Г., Мазалов В.И., Стебаков В.А. Эффективность фосфорных удобрений при длительном применении в повышении урожайности зерна яровой

THE EFFECTIVENESS OF PHOSPHOROUS FERTILIZERS WITH LONG-TERM USE IN INCREASING THE YIELD OF SPRING WHEAT GRAINS IN THE LEACHED CHERNOZEM OF THE OREL REGION

V. G. Nebytov V. I. Mazalov, V. A. Stebakov*

SHATILOVO AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION – BRANCH OF FSBSI
FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, pos. Shatilovo

* FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: In a long-term stationary field experiment, on leached, heavy loam chernozem with a very low content of mobile phosphorus (38-47 mg/kg), the comparative effectiveness of doses and methods of applying superphosphate and phosphoric acid according to background I ($N_{60}K_{60}$) and background II (aftereffect of 24 t/ha of manure from $N_{60}K_{60}$) on the crop was studied spring wheat grains in unstable weather conditions 2009-2024. The growing seasons of 2009 and 2024 were characterized by contrasting weather conditions. In the driest year of 2010, the duration of the combined effect of drought and high temperatures was observed throughout the growing season. Precipitation was insufficiently below the annual average: in May - 21 mm, in June - 11 mm, in July - 49 mm, in August - 50 mm. In the wettest year of 2016, precipitation was higher than the annual average: in April (21 mm), May (32 mm), June (19 mm), July (52 mm) and August (162 mm). A tendency of low dependence of the yield of spring wheat grain on May precipitation was found for annual (Ps90) and reserve (Ps270) $N_{60}K_{60}$ and aftereffect of 24 t/ha from $N_{60}K_{60}$, $R^2=0.070$ and $R^2=0.089$, $R^2=0.104$ and $R^2=0.113$, in the control - $R^2=0.173$. The assessment of the indicator "air temperature – yield according to experimental options" revealed in April a higher dependence of the yield of spring wheat grain on average daily temperatures, $R^2= 0.559...0.282$. The use of mineral fertilizers and the aftereffect of manure fertilizers were an important factor in the stability of spring wheat crops to the effects of unstable weather conditions. The best adaptation ($V=26\%$ and $V= 28\%$, $V=27\%$ and $V= 29\%$) to unstable weather conditions with a more stable 16-year dynamics of the spring wheat grain harvest corresponded to the variants of the experiment using superphosphate and phosphorous flour annually (Ps90 and Pf90) and in reserve (Ps270 and Pf270) with $N_{60}K_{60}$ and the aftereffect of 24 t/ha of manure from $N_{60}K_{60}$, in control, $V=40\%$. The largest 41% share in the increase in the yield of spring wheat grain was noted in the aftereffect of 24 t/ha of manure fertilizer and less than 16% and 37%, 35% and 24% of nitrogen – potash and applied annually (Ps90) and phosphorous flour (Pf90) and in the stock of Ps270 and Pf270 according to $N_{60}K_{60}$. The equivalent efficiency of increasing the yield of spring wheat grain from the annual and reserve methods of applying superphosphate and phosphorous flour is shown. With slightly different increments (0.69 t/ha, 0.64 t/ha and 1.27 t/ha, 1.26 t/ha; 0.45 t/ha and 1.11 t/ha and 1.08 t/ha) of spring wheat grain yields between the annual Ps90 and Pf90 and the annual Ps270 and Pf270 application superphosphate and phosphorous flour according to $N_{60}K_{60}$ and the background of the aftereffect of manure from $N_{60}K_{60}$, periodic (reserve) introduction of superphosphate and phosphorous flour into the rotation of crop rotation is justified.

Keywords: spring wheat (*Triticumaestivum* L.), methods of applying phosphorous fertilizers, superphosphate, phosphoric flour, leached chernozem.

В структуре посевных площадей Орловской области среди яровых зерновых яровая пшеница занимает второе место. Посевная ее площадь возросла с 19,7 тыс. га (2013 г.) до 104,4 тыс. га (2024 г.). Урожайность культуры в 2010-2011 гг. составляла 1,77-1,78 т/га и существенно повысилась до 3,92 т/га в 2024 г. Такому значительному наращиванию посевных площадей и прироста урожайности способствовали достижения селекционеров, создавших высокопродуктивные сорта яровой пшеницы и технологии ее возделывания [1, 2,

3]. Погодные условия Орловской области с сопровождающимися весенними и летними засухами в период вегетации, могут существенно снизить урожайность и хлебопекарные показатели зерна яровой пшеницы. Поэтому, наряду с высокой урожайностью, сорта должны быть приспособлены к местным условиям, с меньшим размахом колебаний урожайности по годам в меняющихся контрастных погодных условиях. Оптимизация минерального питания растений в сочетании с подкормками микроэлементами существенно повышали урожайность зерна яровой пшеницы [4]. В засушливых условиях наибольший агрономический эффект в повышении урожайности яровой пшеницы на почвах с низким содержанием подвижного фосфора обеспечивается улучшением фосфорного питания. Внесение фосфоритной муки является эффективным приемом повышения плодородия почв, по длительности последствий превышающим водорастворимые фосфорные удобрения [5, 6, 7, 8, 9]. Эффективность основного внесения суперфосфата и фосмуки под вспашку повышается, в условиях пересушенности верхнего слоя почвы ввиду недостаточной эффективности внесения под предпосевную культивацию водорастворимых фосфорных удобрений. Основным условием повышения почвенного плодородия, увеличения и стабилизации урожайности яровой пшеницы с высокими показателями ее качества является сбалансированное минеральное питание макроэлементами, включая применение навозного удобрения.

Цель исследований – оценка эффективности доз и способов внесения суперфосфата и фосфоритной муки, примененных по $N_{60}K_{60}$ и по последствию 24 т/га навоза с $N_{60}K_{60}$ в контрастных погодных условиях на выщелоченном, тяжелосуглинистом черноземе с очень низким содержанием подвижного фосфора в повышении урожайности зерна яровой пшеницы.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили в полевом стационарном опыте Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции, заложенном в 1899 году. Севооборот развернут в пространстве 4 полями: 1 – чистый пар, 2 – озимая пшеница, 3 – кукуруза на силос, 4 – яровая пшеница. С 2006 года на каждое поле вносятся (д. в - ва, кг/га) по фону аммиачной селитры и хлористого калия ($N_{60}K_{60}$) и по навозу с $N_{60}K_{60}$ – двойной суперфосфат и фосфоритная мука ежегодно ($P_{сд90}$ и $P_{ф90}$) и в запас на ротацию севооборота ($P_{сд270}$ и $P_{ф270}$). Доза навозного удобрения, вносимого в пару – 24 т/га. С учетом преемственности схемы опыта навоз, суперфосфат и фосфоритная мука вносятся на тех же делянках, где они вносились с 1913 по 1949 гг. Контрольные делянки с 1870 года и по настоящее время находятся в длительном сельскохозяйственном использовании. Общая площадь контрольной делянки и с отдельным внесением фосфорных удобрений – 144 м², на фоне навоза – 288 м². Повторность опыта 2-х – кратная. В 2009-2024 гг. возделывали сорт яровой пшеницы Дарья. Почва – чернозем выщелоченный, тяжелого гранулометрического состава (илистая фракция – 30%, физической глины – 53%), среднемощный на лессовидном карбонатном суглинке. Содержание в контроле (0– 20 см): гумуса по Тюрину- 6,7-6,9%; pH_{KCl} – 4,97 - 5,03; Нг – 6,87 – 7,12 мг – экв/100 г; S – 30,1-32,2 мг – экв/100 г; подвижного фосфора (P_2O_5) – 38-47 мг/кг и обменного калия (K_2O) 128 – 132 мг/кг (по Чирикову), степень подвижности – 0,16 мг/л P_2O_5 , CaP_1 -2,8, CaP_{11} -2,7, $Al-P$ – 4,8, $Fe-P$ – 13,9, $Ca-P_{111}$ – 13,2 (мг/кг). Статистическая обработка урожайных данных проведена методами дисперсионного, вариационного и корреляционного анализов (Б.А. Доспехов, 1985).

Результаты и их обсуждение

На рост и развитие, прохождение фаз вегетации, урожайность, содержание и состав белков зерна яровой пшеницы может оказывать негативное влияние условия засухи [10]. Поскольку урожайность яровой пшеницы зависит от фенофазы онтогенеза растений, на которую воздействовало стрессовое влияние погодных условий, необходимо учитывать связь гидротермических условий с прохождением основных фаз вегетации растений [11]. Вегетационные периоды 2009-2024 гг. отличались контрастными погодными условиями (табл. 1).

Таблица 1

Отклонения месячных значений суммы осадков и температуры воздуха от среднеголетних показателей (метеостанция Верховье)

Годы	Сумма осадков, мм					Температура воздуха, °С				
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
2009	-37	-8	-22	-55	-17	-1,4	-0,2	0,9	0,1	-2,2
2010	-21	-11	-49	-50	-15	0,3	2,4	2,9	5,8	5,3
2011	-10	-12	93	67	70	-1,6	2,0	1,5	2,3	0
2012	18	-20	-12	-46	83	1,3	2,4	-0,3	1,2	0,2
2013	-7	-10	-36	-12	5	-0,3	3,9	2,1	-1,2	0,4
2014	-9	-9	10	-79	-34	-0,4	2,7	-1,8	1,4	1,7
2015	4	-14	-23	-6	-49	-1,5	0,9	0,6	-0,6	0
2016	21	32	19	52	116	0,8	0,1	-0,2	0,9	1,3
2017	-26	-9	-10	-34	-16	-0,6	-1,6	-2,3	-1,7	1,4
2018	7	-12	-55	20	-38	-0,1	2,6	-0,2	0,4	1,7
2019	-19	21	2	-36	-27	0,8	1,8	2,4	-2,5	-0,9
2020	0	70	20	-22	-31	-2	-3,3	1,4	-0,5	-0,8
2021	40	11	5	-66	-11	-1,3	-0,2	1,9	2,4	2,3
2022	60	5	-21	-29	-4	-1,1	-3,4	1,3	-0,3	3,3
2023	27	-15	-17	-60	9	1,9	-0,9	-1,2	-0,8	1,8
2024	11	-17	-1	-47	-28	4	-1,4	1,5	2,5	1,8

В 2009 и 2017 гг. осадки выпадали в меньшем от среднемноголетних значений количестве: в мае – 37 и – 26 мм, июне – 8 и – 9 мм, июле – 22 и – 10 мм, августе – 55 и – 16 мм. В 2012, 2013, 2023, гг. основной недостаток осадков пришелся на май (– 20, – 10, – 15 мм), июнь (– 12, – 36, – 17 мм), июль (– 46, – 12, – 60 мм). В самом засушливом 2010 г. температуры воздуха были значительно выше среднемноголетних значений: в мае на 2,4°C, июне – 2,9°C, июле – 5,8°C и августе – 5,3°C. Продолжительность совместного действия засухи и высоких температур отмечались в течение всего вегетационного периода. Причем высокие температуры воздуха, включая продолжительные периоды температур выше 30°C сочетались с недостатком осадков. В 2010 г. осадки выпадали ниже среднемноголетних показателей: в мае – 21 мм, июне – 11 мм, июле – 49 мм, августе – 50 мм. Экстремально засушливые условия 2010 года существенно повлияли на использование растениями яровой пшеницы фосфора фосфоритной муки и суперфосфата. В фазе кущения содержание фосфора в листьях яровой пшеницы на делянках с ежегодным внесением суперфосфата было больше на 0,11-0,13%, в сравнении с ежегодным и запасным внесением фосфоритной муки, свидетельствовавшим о более интенсивном в этот период использования фосфора суперфосфата растениями культуры. В 2016 г. значения температуры воздуха в мае, июле и августе были выше среднемноголетних на 0,1, 0,9 и 1,3°C, количество осадков было выше среднемноголетних: в апреле на 21 мм, мае 32 мм, июне 19 мм, июле 52 мм и августе 162 мм, что свидетельствовало о высокой увлажненности вегетационного периода.

С целью изучения зависимости между урожаем зерна яровой пшеницы и погодными условиями сопоставлялись данные ее урожайности по вариантам опыта с показателями месячных 16-летних значений осадков и температуры воздуха. Оценка статистической обработки данных показала отсутствие существенного взаимодействия между урожайностью по вариантам опыта и суммой осадков за апрель, май, июнь, июль, август и в целом за вегетационный период ($R^2=0,01$ – $R^2=0,293$), то есть, 1-9% варьирования урожаев было обусловлено колебаниями осадков (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент детерминации урожайности зерна яровой пшеницы в зависимости от суммы осадков, среднесуточной температуры воздуха и способов внесения форм фосфорных удобрений, среднее за 2019-2024 гг.

Вариант	Сумма осадков, мм						Температура воздуха, °С				
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Σ апрель август	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Коэффициент детерминации, R²											
Контроль	0,004	0,173	0,075	0,142	0,103	0,188	0,559	0,006	0,008	0,001	0,001
N ₆₀ K ₆₀ - фон I	0,001	0,124	0,013	0,145	0,113	0,150	0,440	0,023	0,025	0,004	0,003
P _{сд90} ежег.+ фон I	0,008	0,070	0,026	0,014	0,072	0,059	0,439	0,018	0,063	0,033	0,001
P _{сд270} запас.+ фон I	0,001	0,089	0,020	0,129	0,142	0,154	0,495	0,052	0,086	0,022	0,002
P _{ф90} ежег. + фон I	0,002	0,128	0,032	0,162	0,161	0,210	0,476	0,021	0,058	0,012	0,001
P _{ф270} запас.+ фон I	0,001	0,106	0,018	0,119	0,135	0,159	0,477	0,023	0,062	0,037	0,002
Навоз 24 т/га –N ₂₄	0,005	0,080	0,083	0,022	0,169	0,157	0,333	0,002	0,033	0,145	0,021
N ₆₀ K ₆₀ + N ₂₄ - фон II	0,018	0,121	0,067	0,074	0,293	0,264	0,282	0,001	0,062	0,094	0,005
P _{сд90} ежег.+ фон II	0,010	0,104	0,065	0,027	0,087	0,095	0,405	0,012	0,111	0,067	0,010
P _{сд270} запас.+ фон II	0,019	0,113	0,046	0,041	0,073	0,087	0,463	0,027	0,098	0,082	0,011
P _{ф90} ежег. + фон II	0,002	0,125	0,024	0,012	0,067	0,079	0,477	0,001	0,108	0,056	0,001
P _{ф270} запас.+ фон II	0,002	0,141	0,058	0,063	0,124	0,165	0,481	0,001	0,107	0,052	0,001

Низкие значения коэффициентов детерминации между показателями «сумма осадков и урожайность по вариантам опыта» находились в пределах: за май $R^2=0,173...0,070$, июнь $R^2=0,083...0,013$, июль $R^2=0,162...0,012$, за весь вегетационный период $R^2=0,210...0,079$. Несмотря на то, что в начальный период роста, растения яровой пшеницы предъявляют наибольшие требования к питанию фосфором, коэффициенты детерминации были за апрель еще меньше, $R^2=0,019...0,001$. В критический период поглощения влаги растениями пшеницы (кущение-выход в трубку) необходимо отметить тенденцию меньшей зависимости урожая зерна яровой пшеницы от майских осадков при ежегодном ($P_{сд90}$) и запасном ($P_{сд270}$) по $N_{60}K_{60}$ внесении суперфосфата, коэффициенты детерминации составили $R^2=0,070$ и $R^2=0,089$, соответственно, в контроле – $R^2=0,173$. В сравнении с контролем по последствию 24 т/га навоза в сочетании с ежегодным ($P_{сд90}$) и запасным ($P_{сд270}$) по $N_{60}K_{60}$ применении суперфосфата также проявилась аналогичная низкая зависимость урожая зерна яровой пшеницы от майских осадков, $R^2=0,104$ и $R^2=0,113$. В последующий период вегетации, отмечалась подобная тенденция меньшей зависимости урожая зерна яровой пшеницы по вариантам опыта от июньских и июльских осадков при ежегодном ($P_{сд90}$) и запасном ($P_{сд270}$) по $N_{60}K_{60}$ применении суперфосфата, $R^2=0,026$ и $R^2=0,014$, $R^2=0,020$ и $R^2=0,129$. При ежегодном ($P_{ф90}$) и запасном ($P_{ф270}$) внесении фосфоритной муки по фону I и по фону II в сравнении с суперфосфатом отмечена большая зависимость урожая зерна яровой пшеницы от майских осадков, коэффициенты детерминации составили $R^2=0,128$ и $R^2=0,106$, $R^2=0,125$ и $R^2=0,141$. Оценка по показателю «температура воздуха – урожайность по вариантам опыта» выявила за апрель более высокую зависимость урожая зерна яровой пшеницы от среднесуточных температур, $R^2= 0,559... 0,282$. Коэффициенты детерминации «температура воздуха – урожайность по вариантам опыта» за май 1-5%, июнь 1-11%, июль 1-14%, август 1-2%, невысоки и не позволяют использовать в полной мере данные показатели для оценки зависимости урожая зерна яровой пшеницы от удобрений и погодных условий. Вместе с тем обеспеченность теплом вегетационного периода опосредованно, через влагообеспеченность, оказывает существенное влияние на величину урожайности и показатели качества зерна яровой пшеницы.

При длительном 155- летнем сельскохозяйственном использовании в пашне выщелоченного чернозема с очень низким содержанием в пахотном слое подвижного фосфора (в контроле – 38-47 мг/кг) урожай зерна яровой пшеницы в среднем за 16 лет составил 1,85 т/га, с варьированием в 2011 и 2024 гг. от 1,03 т/га до 4,60 т/га (табл.3).

Таблица 3

Эффективность удобрений в повышении и стабилизации урожая зерна яровой пшеницы сорта Дарья, т/га

Вариант	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Среднее	Коэффициент вариации, V%
Контроль	2,00	1,46	1,03	1,95	1,84	2,08	2,15	1,13	1,30	1,92	1,87	1,34	1,03	1,66	2,84	4,06	1,85	40
N ₆₀ K ₆₀ - фон I	2,15	1,56	1,67	2,14	2,14	2,62	2,29	1,17	1,80	1,98	2,01	2,04	1,25	1,89	3,26	4,29	2,14	34
P _{сд90} ежег.+ фон I	2,15	1,81	1,75	2,25	2,19	2,87	3,58	2,59	2,30	2,68	2,72	2,10	1,44	2,29	3,38	4,50	2,54	29
P _{сд270} запас.+ фон I	2,20	1,81	1,75	2,19	2,21	3,12	2,43	1,80	2,75	2,58	2,64	2,21	1,55	2,43	3,43	4,70	2,49	30
P _{ф90} ежег. + фон I	2,05	1,89	1,67	2,22	2,18	2,87	2,33	1,29	2,40	2,33	2,41	2,13	1,24	2,09	3,35	4,33	2,30	32
P _{ф270} запас.+ фон I	2,05	1,58	1,75	2,33	2,17	2,80	2,15	1,34	2,50	2,50	2,63	2,11	1,25	2,19	3,11	4,35	2,30	31
Навоз 24 т/га –N ₂₄	2,25	1,92	1,81	2,37	2,17	2,18	3,54	1,72	2,70	3,46	3,77	2,18	1,38	2,00	4,09	4,08	2,60	33
N ₆₀ K ₆₀ + N ₂₄ - фон II	2,20	2,15	1,96	2,46	2,16	3,04	3,70	1,47	3,13	3,48	3,81	2,23	1,68	2,13	3,76	4,31	2,73	31
P _{сд90} ежег.+ фон II	2,25	2,69	2,18	2,95	2,25	3,19	4,31	2,92	3,45	3,52	3,92	2,27	2,06	2,95	4,5	4,56	3,12	26
P _{сд270} запас.+ фон II	2,24	2,55	2,39	2,97	2,27	2,95	3,63	2,50	3,50	3,60	4,03	2,29	2,02	3,12	5,02	4,66	3,11	28
P _{ф90} ежег. + фон II	2,25	2,44	2,44	2,83	2,18	3,09	3,72	2,63	3,25	3,54	3,87	2,16	1,72	2,35	4,3	4,56	2,96	27
P _{ф270} запас.+ фон II	2,24	2,49	2,09	2,89	2,19	3,16	3,66	2,21	3,30	3,50	3,81	2,19	1,76	2,30	4,42	4,67	2,93	29
НСР ₀₅	0,17	0,23	0,11	0,60	0,26	0,28	1,11	0,36	0,46	0,31	0,38	0,24	0,21	0,82	0,38	0,41	-	-

Применение органических удобрений – основное условие улучшения физических, химических и биологических свойств, водного и воздушного режимов почв, обеспечивающих устойчивость по годам и получение высоких урожаев зерновых культур. По результатам данного опыта можно подтвердить высокую эффективность органической и органоминеральной систем удобрения, обеспечивших получение наибольших прибавок урожая зерна яровой пшеницы по сравнению с контролем – на 0,75 – 1,27 т/га. Самый большой 41% долевого вклад в росте урожайности яровой пшеницы отмечался в варианте последствия навозного удобрения (Навоз 24 т/га – Н₂₄). Последствие 24 т/га навоза увеличило урожайность яровой пшеницы в 2009 году на – 0,25 т/га, 2010 – 0,46 т/га, 2011 – 0,78 т/га, 2018 – 1,54 т/га, 2019 – 1,90 т/га и 2023 – 1,25 т/га. Расчеты показали меньшее на 16% доленое участие в приросте урожая зерна яровой пшеницы от азотно – калийных удобрений и на 37%, 35% и 24% от примененных ежегодно (Р_{сд90} и Р_{ф90}) и в запас (Р_{сд270} и Р_{ф270}) по N₆₀K₆₀. В среднем за 2009-2024 гг. отмечено высокое положительное действие суперфосфата в сравнении с фосфоритной мукой на урожайность яровой пшеницы. Величина прибавок существенно не зависела от доз и способов внесения форм фосфорных удобрений, однако изменялась по годам. Важным условием получения наибольшего эффекта от применения фосфорных удобрений было обеспечение растений пшеницы азотом. Ежегодное Р_{сд90} и запасное Р_{сд270} внесение суперфосфата по N₆₀K₆₀ в сравнении с аналогичным внесением фосфоритной муки в среднем за 16 лет имело существенное преимущество в больших прибавках урожая – 0,69 т/га и 0,64 т/га. Фосфоритная мука, внесенная ежегодно (Р_{ф90}) и в запас (тройная доза Р_{ф270}) по N₆₀K₆₀ обеспечила одинаковый 0,45 т/га прирост урожая зерна яровой пшеницы. В динамике за 2009 г. – 2024 гг. ежегодный способ внесения суперфосфата в дозе Р_{сд90} по N₆₀K₆₀ имел существенное преимущество в 2015 г. и 2016 г. перед запасным Р_{сд270}, получены существенные прибавки урожая – 1,43 и 1,46 т/га. В 2014 и 2017 гг. напротив запасный способ внесения суперфосфата в дозе Р_{сд270} по N₆₀K₆₀ был более эффективен в росте урожая перед ежегодным Р_{сд90}, получены прибавки урожая – 1,04 и 1,75 т/га. В варианте последствия 24 т/га навоза по азотно-калийному фону (N₆₀K₆₀) величина прироста урожая зерна яровой пшеницы в среднем за 16 лет составила – 0,88 т/га. Последствие 24 т/га навоза с N₆₀K₆₀ существенно увеличивало урожайность яровой пшеницы: в 2009 году на – 0,20 т/га, 2010 – 0,69 т/га, 2011 - 0,093 т/га, 2013 г. – 0,32 т/га, 2014 г. – 0,96 т/га, 2015 г. – 1,33 т/га, 2017 г. – 1,83 т/га, 2018 – 1,38 т/га, 2019 – 1,34 т/га т/га, 2020 – 0,89 т/га, 2021 – 0,65 т/га и 2023 на – 0,92 т/га. Из сравниваемых способов внесения суперфосфата отмечалась практически одинаковая отдача (1,27 и 1,26 т/га) прироста урожая зерна яровой пшеницы от ежегодного Р_{сд90} и запасного Р_{сд270} применения по фону последствия навоза с N₆₀K₆₀. Самая высокая урожайность зерна яровой пшеницы (5,02 т/га) получена в варианте запасного внесения суперфосфата Р_{сд270} по фону последствия навоза с N₆₀K₆₀ в 2023 году. Эффект ежегодной и тройной дозы (Р_{ф90} и Р_{ф270}) по фону II в среднем за 16 лет проявлялся в меньших на 10 - 8% прибавках урожая, чем при ежегодном и запасном внесении суперфосфата. По фону II в 2011 году ежегодный способ внесения фосфоритной муки Р_{ф90} имел преимущество в росте урожая перед подобным способом внесения суперфосфата, прирост урожая зерна яровой пшеницы составил 1,41 т/га. Результаты 16 летних исследований позволяют заключить, что при практически одинаковом приросте (0,69 и 0,64 т/га) и (1,27 и 1,26 т/га) урожая зерна яровой пшеницы от ежегодного Р_{сд90} и запасного Р_{сд270} применения суперфосфата по N₆₀K₆₀ и последствию навоза с N₆₀K₆₀ рекомендовано его запасное применение в ротацию севооборота. При равных (0,45 т/га) прибавках урожая зерна яровой пшеницы от ежегодного (Р_{ф90}) и запасного (Р_{ф270}) внесения фосфоритной муки с N₆₀K₆₀ и несущественных различиях между способами ее внесения фону последствия навоза с N₆₀K₆₀ (1,11 и 1,08 т/га) оправдано ее запасное внесение в ротацию севооборота. Полученные экспериментальные данные соответствуют выводам об эффективности периодического в запас внесения фосфорных удобрений, научной основой которого является действие остаточных количеств удобрений (А.В. Соколов, К.Ф. Гладкова, 1979). Данные 16 – летних исследований свидетельствовали о стабилизирующем влиянии удобрений на варьирование урожая зерна яровой пшеницы в 2009-2024 гг. от погодных

условий. В контроле отмечено наибольшее варьирование урожая по годам, коэффициент вариации имел самое высокое значение – $V=40\%$. В сравнении с контролем, низким варьированием урожая ($V=26-34\%$) отличались варианты опыта с минеральными удобрениями и последствием навоза. В вариантах внесения азотно-калийных удобрений коэффициент вариации был равен $V=34\%$ и более его низкое значение – $V=29\%$ и $V=30\%$ отмечено в вариантах ежегодного ($P_{сд90}$) и запасного внесения суперфосфата ($P_{сд270}$) с $N_{60}K_{60}$. Несколько большая величина $V=32\%$ и $V=31\%$ коэффициентов вариации выявлена в вариантах ежегодного $P_{ф90}$ и запасного $P_{ф270}$ внесения фосфоритной муки по азотно-калийному фону. В сравнении с контролем, последствие 24 т/га навоза, способствовало меньшей колеблемости урожая зерна яровой пшеницы от погодных условий – $V=33\%$. Стабилизирующее влияние последствия 24 т/га навоза в сочетании с азотно-калийными ($N_{60}K_{60}$) и фосфорными удобрениями проявилось в меньшей вариабельности урожая зерна яровой пшеницы по годам – $V=31\%$ – $V=26\%$. Лучшей адаптацией с более устойчивой динамикой 16-летней урожайности яровой пшеницы к погодным условиям соответствовали варианты опыта с применением суперфосфата и фосфоритной муки ежегодно ($P_{сд90}$ и $P_{ф90}$) и в запас ($P_{сд270}$ и $P_{ф270}$) по последствию 24 т/га навоза с $N_{60}K_{60}$, коэффициенты вариации были соответственно равны $V=26\%$ и $V=28\%$, $V=27\%$ и $V=29\%$.

Заключение

Отмечена тенденция меньшей зависимости урожая зерна яровой пшеницы от майских осадков при ежегодном ($P_{сд90}$) и запасном ($P_{сд270}$) по $N_{60}K_{60}$ применении суперфосфата, $R^2=0,070$ и $R^2=0,089$, в контроле – $R^2=0,173$. По последствию 24 т/га навоза в сочетании с ежегодным ($P_{сд90}$) и запасным ($P_{сд270}$) по $N_{60}K_{60}$ применением суперфосфата проявилась аналогичная низкая зависимость урожая зерна яровой пшеницы от майских осадков, $R^2=0,104$ и $R^2=0,113$. Оценка по показателю «температура воздуха – урожайность по вариантам опыта» выявила за апрель более высокую зависимость урожая зерна яровой пшеницы от среднесуточных температур, $R^2=0,559... 0,282$. Применение азотно-калийных и фосфорных удобрений, последствие навозного удобрения являлись важным условием повышения устойчивости яровой пшеницы к воздействию нестабильных погодных условий. По сравнению с контролем ($V=40\%$), азотно-калийными удобрениями ($V=34\%$), фосфоритной мукой, примененной ежегодно ($P_{ф90}$) и в запас ($P_{ф270}$) по фону I и II ($V=32\%$, $V=31\%$ и $V=27\%$, $V=29\%$) наиболее высокое стабилизирующее влияние с наименьшей ($V=29\%$, $V=30\%$ и $V=26\%$, $V=28\%$) зависимостью урожая зерна яровой пшеницы от погодных условий отмечено в вариантах ежегодного ($P_{сд90}$) и в запас ($P_{сд270}$) на ротацию севооборота внесения суперфосфата по $N_{60}K_{60}$ и последствию 24 т/га навоза с $N_{60}K_{60}$. Наибольшее 41% долевое участие в приросте урожая определено в варианте последствия 24 т/га навозного удобрения по фону, которого получен в 2023 году самый высокий – 5,02 т/га урожай зерна яровой пшеницы. Меньший на 16%, вклад в приросте урожая зерна яровой пшеницы получен от азотно – калийных удобрений и на 37%, 35% и 24% от примененных ежегодно ($P_{сд90}$ и $P_{ф90}$) и в запас ($P_{сд270}$ и $P_{ф270}$) по $N_{60}K_{60}$. Преимущество ежегодного $P_{сд90}$ и запасного $P_{сд270}$ внесения суперфосфата по $N_{60}K_{60}$ га по фону I и II в сравнении с фосфоритной мукой выражалось в высоких прибавках урожая – 0,69 т/га и 0,64 т/га и 1,43, и 1,46 т/га. При несущественных различиях в прибавках (0,69 т/га, 0,64 т/га и 1,27 т/га, 1,26 т/га; 0,45 т/га и 1,11 т/га и 1,08 т/га) урожая зерна яровой пшеницы между ежегодным $P_{сд90}$ и $P_{ф90}$ и запасным $P_{сд270}$ и $P_{ф270}$ способами применения суперфосфата и фосфоритной муки по $N_{60}K_{60}$ и фону последствия навоза с $N_{60}K_{60}$ рекомендовано периодическое (запасное) внесение суперфосфата и фосфоритной муки ($P_{сд270}$ и $P_{ф270}$) в ротацию севооборота

Литература

1. Лобода Б.П., Давыдова Н.В. Продуктивность и качество зерна новых сортов яровой пшеницы Немчиновской селекции. // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 2. – С. 15-22.
2. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Давыдова Н.В. Сорта яровой мягкой пшеницы для Нечерноземья. // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 38-41. DOI:10/24411/0044-3913-2018-10811.
3. Игнатьева Г.В., Викулина Е.В., Сатарина З.Е., Булатова С.А. Сорта яровой пшеницы для Центрального Нечерноземья Российской Федерации. // Владимирский земледелец. – 2020. – № 2. – С. 56-62. DOI: 10.24411/2225-2584-2020- 10121

4. Федоренко В.Ф., Завалин А.А., Милащенко Н.З. и др. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2018. – 396 с.
5. Комаров В.И., Комарова Н.А., Гришина А.В. Темников В.Н. Оценка применения фосфоритной муки и динамика фосфатного режима почв. // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 6. – С. 32-34.
6. Емельянов Ю.Я., Копылов А.Н., Волюнкина О.В., Кириллова Е.В. Эффективность доз и способов внесения фосфорного удобрения при систематическом применении под яровую пшеницу. // *Плодородие*. – 2013. – № 3. – С. 11-13.
7. Кобякова Т. И. Эффективность фосфоритования черноземных почв северной лесостепи Курганской области. // *Аграрный вестник Урала*. – 2019. – № 9 (188). – С. 8-11. DOI: 10.32417/article_5dadfe3b006243.52917052.
8. Сорокина О.А. Эффективность действия и последствия фосфоритной муки на черноземе выщелоченном. // *Вестник КрасГАУ*. – 2020. – № 6. – С. 1-10. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-6-3-10.
9. Гарафутдинова К.Р., Рахманова Г.Ф., Маснавиева Р.Р. Влияние фосфоритной муки на агрохимическую характеристику чернозема выщелоченного и урожайность возделываемых культур. // *Плодородие*. – 2022. – № 5 (128). – С. 23-26.
10. Румянцева Н.И., Валиева А.И., Акулов А.Н., Асхадуллин Дан. Ф., Асхадуллин Дам. Ф., Василова Н.З. Влияние засухи и высоких температур на урожайность и качество зерна фиолетовозерных линий яровой мягкой пшеницы // *Biomics*. – 2021. – Т.13 (3). – С. 254-273. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-17.
11. Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Пасынков А.В. Зависимость урожая зерна яровой пшеницы от гидротермических условий межфазных периодов вегетации. // *Плодородие*. – 2010. – № 4. – С. 7-9.

References

1. Loboda B.P., Davydova N.V. Productivity and grain quality of new varieties of spring wheat of Nemchinovskaya breeding. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2015, no.2, pp. 15-22. (In Russian)
2. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Davydova N.V. Varieties of spring soft wheat for the Non-Black Earth Region. *Zemledelie*, 2018, no. 8, pp. 38-41. DOI:10/24411/0044-3913-2018-10811. (In Russian)
3. Ignat'eva G.V., Vikulina E.V., Satarina Z.E., Bulatova S. A. Spring wheat varieties for the central Non-Black Earth Region of the Russian Federation. *Vladimirskii zemledelets*, 2020, no.2, pp. 56-62. DOI: 10.24411/2225-2584-2020- 10121 (In Russian)
4. Fedorenko V. F., Zavalin A.A., Milashchenko N. Z. et al. Scientific basis for the production of high-quality wheat grain. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2018, 396 p. (In Russian)
5. Komarov V.I., Komarova N.A., Grishina A. V. Temnikov V. N. Evaluation of the use of phosphate rock and the dynamics of the phosphate regime of soils. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2008, no. 6, pp.32-34. (In Russian)
6. Emel'yanov Yu.Ya., Kopylov A.N., Volynkina O.V., Kirillova E.V. Efficiency of doses and methods of application of phosphorus fertilizers with systematic application under spring wheat. *Plodorodie*, 2013, no. 3, pp. 11-13. (In Russian)
7. Kobyakova T. I. Efficiency of phosphorization of chernozem soils of the northern forest-steppe of the Kurgan region. *Agrarnyi vestnik Urala*. 2019, no. 9 (188). pp. 8-11. DOI:10.32417/article_5dadfe3b006243.52917052. (In Russian)
8. Sorokina O.A. Efficiency of action and after-effect of phosphate rock on leached chernozem. *Vestnik KrasGAU*. 2020, no. 6, pp. 1-10. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-6-3-10.
9. Garafutdinova, K. R., Rakhmanova G. F., Masnavieva R. R. The influence of phosphate rock on the agrochemical characteristics of leached chernozem and the yield of cultivated crops. *Plodorodie*, 2022. no. 5 (128), pp. 23-26 (In Russian)
10. Rumyantseva N.I., Valieva A.I., Akulov A.N., Askhadullin Dan. F., Askhadullin Dam. F., Vasilova N. Z. The influence of drought and high temperatures on the yield and grain quality of purple-grained lines of spring soft wheat. *Biomics*, 2021, Vol.13 (3), pp. 254-273. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-17. (In Russian)
11. Zavalin A. A., Pasyunkova E. N., Pasyunkov A. V. Dependence of spring wheat grain yield on hydrothermal conditions of interphase vegetation periods. *Plodorodie*, 2010, no. 4, pp. 7-9. (In Russian)