

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУПЕРФОСФАТА И ФОСФОРИТНОЙ МУКИ НА ФОНЕ АЗОТНО-КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ И НАВОЗА ЗА РОТАЦИЮ СЕВООБОРОТА

В.Г. Небытов, к.б.н., В.В. Коломейченко, д.с.-х.н., В.И. Мазалов, к.с.-х.н.,
Шатиловская сельскохозяйственная опытная станция

Показано, что в длительном полевом стационарном опыте с низким содержанием в почве подвижного фосфора при изменяющихся по годам погодных условиях внесение за ротацию севооборота 24 т/га навоза повышало урожайность озимой ржи, кукурузы на силос, яровой пшеницы, соответственно на 1,29, 26,4, 0,25 т/га и продуктивность севооборота до 18,73 т з.е/га. Суперфосфат при ежегодном и запасном его внесении в сочетании с навозом по $N_{60}K_{60}$ повышал продуктивность культур за ротацию севооборота до 20,15 и 20,01 т з.е/га, при низких (188 и 131 кг/га) затратах на увеличение содержания подвижного фосфора на 1 мг/100 г в пахотном слое почвы.

Ключевые слова: суперфосфат, фосфоритная мука, навоз, агрохимические свойства.

Черноземы северной части ЦЧР характеризуются высоким уровнем плодородия, однако недостаточные дозы внесенных фосфорных удобрений и как следствие несбалансированное минеральное питание отрицательно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур, особенно на почвах с очень низкой и низкой обеспеченностью подвижным фосфором, доля которых в пашне Орловской области составляет, соответственно, 17 и 350 тыс. га. Для возмещения недостатка фосфора и повышения фосфатного уровня почв следует наращивать объемы применения фосфорных удобрений. В перспективе прогнозируется снижение объемов производства фосфорных удобрений, содержащих фосфор в водорастворимой форме, ввиду сокращения основных запасов фосфатного сырья. В сложившихся условиях особое значение придать удобрению почв фосфоритной мукой. Научно обоснованная оценка роли фосфоритной муки, необходимая для разработки системы применения удобрений в севообороте и в оптимизации фосфатного питания растений, может быть получена в длительных стационарных опытах [6, 7]. Впервые научное обоснование возможности применения фосфоритной муки в качестве источника фосфатного питания растений на северной границе чернозема дано на основе экспериментальных данных длительного стационарного опыта «Обогащение почвы фосфатами» [2, 5, 9]. Полученные результаты показали практически одинаковое действие фосфоритной муки и суперфосфата на урожайность зерновых культур при основном их внесении, учтено длительное последствие на последующих культурах и рекомендовано в качестве постоянного приема в системе удобрения запасное внесение фосфоритной муки на ротацию севооборота.

Цель исследований – оценить эффективность ежегодного и запасного внесения суперфосфата и фосфоритной муки на фоне навоза и азотно-калийных удобрений, их влияние на урожайность культур и агрохимические свойства почвы за ротацию севооборота.

Методика. Исследования проводили в 2006–2009 гг. в стационарном полевом опыте, заложенном в 1899 г. в шестипольном севообороте. В 1912 г. А.Н. Лебедевцев разделил шестипольный севооборот на навозное и фосфатное трехполье. Опыт «Обогащение почвы фосфатами» был развернут на 4, 5, 6 полях севооборота, где суперфосфат ($Рс_{45}$) и фосфоритную муку ($Рф_{135}^1$), кг/га P_2O_5 , вносили ежегодно и с различной периодичностью ($Рс_{45}^3$, $Рф_{135}^3$, $Рф_{135}^6$) в соответствующие ротации трехпольного севооборота отдельно и по навозу. С 1949 по 2005 г. в опытах изучали последствие

удобрений. С 2006 г. перешли к территориально развернутому на четырех полях ($Ф_1$, $Ф_2$, $Ф_3$, $Ф_4$) севообороту – пар, озимые, кукуруза на силос, яровые. На каждом последовательно введенном поле суперфосфат и фосфоритную муку ($Рс_{90}$ и $Рф_{90}$), вносили ежегодно и в запас ($Рс_{270}$ и $Рф_{270}$) на фоне $N_{аа60}K_{х60}$ и по навозу с $N_{аа60}K_{х60}$ на тех же делянках, где их вносили с 1913 по 1949 гг. Доза навоза, вносимого в пару, 24 т/га. Общая площадь контрольной делянки и с отдельным внесением фосфорных удобрений – 144 м², на фоне навоза – 288 м². Повторность опыта 2-кратная. Почва – чернозем глинисто-иллювиальный типичный тяжелосуглинистый насыщенный среднесиловый на лессовидных суглинках. По общепринятым методикам [8] в почвенных образцах определяли: содержание гумуса по Тюрину; подвижный фосфор и калий – по Чирикову; кальций и магний комплексометрически с использованием трилона Б; $pH_{сол}$ – потенциометрически; гидролитическую кислотность – по Каппену. Основные экспериментальные результаты были обработаны с использованием метода дисперсионного анализа по Доспехову [1].

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия за период проведения исследований влияли на рост и развитие растений, урожайность культур. В 2007 г. погодные условия для перезимовки озимых складывались благоприятно, повреждений и изреженности растений озимой ржи не наблюдалось. Выпавшие осадки в июне – июле способствовали формированию урожайности озимой ржи 3–5 т/га. 2008 г. характеризовался наличием засухи, с максимальной температурой 35 – 36⁰С в августе и неблагоприятными условиями для роста кукурузы. 2009 г. по количеству выпавших осадков в течение вегетационного периода был благоприятным для роста и развития растений яровой пшеницы.

Навоз, внесенный в дозе 24 т/га в чистом пару, оказывал существенное влияние на урожайность первой культуры севооборота – озимой ржи, при этом прибавка по отношению к контролю составила 1,29 т/га (табл. 1).

1. Влияние удобрений на урожайность культур за ротацию севооборота, т/га (поле $Ф_1$)

Вариант опыта	Озимая рожь, Орловский малыш (2007 г.)	Кукуруза на силос, Краснодарский 194 МВ (2008 г.)	Яровая пшеница, Дарья (2009 г.)	Всего за ротацию, т з. е/га	Прибавка, т з. е/га
Контроль	3,50	42,7	2,00	12,80	-
$N_{60}K_{60}$	4,33	66,1	2,15	17,68	4,88
$N_{60}P_{90}K_{60}$	4,46	67,3	2,15	18,01	5,21
$N_{60}P_{270}K_{60}$	4,42	67,9	2,20	18,12	5,32
$N_{60}P_{90}K_{60}$	4,79	68,2	2,05	18,34	5,54
$N_{60}P_{270}K_{60}$	4,52	67,1	2,05	17,97	5,17
Навоз, 24 т/га - H_4	4,79	69,1	2,25	18,74	5,94
$N_{60}K_{60} + H_4$	4,82	71,7	2,20	19,12	6,32
$N_{60}P_{90}K_{60} + H_4$	5,40	73,9	2,25	20,15	7,35
$N_{60}P_{270}K_{60} + H_4$	5,27	73,7	2,24	20,01	7,21
$N_{60}P_{90}K_{60} + H_4$	5,24	72,9	2,25	19,79	6,99
$N_{60}P_{270}K_{60} + H_4$	4,97	72,7	2,24	19,51	6,71
HCP_{05}	0,23	4,7	0,17	-	-

По навозу с $N_{60}K_{60}$ получена более высокая – 1,32 т/га прибавка урожая зерна озимой ржи, несколько меньшая – 0,83

т/га от внесения азотно-калийных удобрений ($N_{60}K_{60}$). Эффективность ежегодного ($Рс_{90}$) и запасного ($Рс_{270}$) внесения суперфосфата по $N_{60}K_{60}$ была примерно одинаковой. Прибавки урожая зерна составили, соответственно, 0,96 и 0,92 т/га. В варианте ежегодного применения фосфоритной муки на фоне НК ($Рф_{90}$) прибавка урожая зерна составила 1,29 т/га. Ежегодное применение суперфосфата ($Рс_{90}$) на фоне дополнительного внесения навоза (24 т/га) в ротацию севооборота с НК было более эффективным, чем ежегодное и запасное внесение фосфоритной муки, прибавка урожая зерна по отношению к контролю составила 1,90 т/га.

В условиях 2008 г. внесение азотно-калийных удобрений обеспечило получение существенной прибавки урожая зеленой массы кукурузы – 23,4 т/га. Отдача от последствия навоза была выше и составила 26,4 т/га. Последствие навоза способствовало получению существенной (0,25 т/га) прибавки урожая зерна яровой пшеницы. На фоне $N_{60}K_{60}$ и по навозу с $N_{60}K_{60}$ эффект от фосфорных удобрений отсутствовал при ежегодном и запасном внесении суперфосфата и фосфоритной муки. Уровень продуктивности севооборота на контроле

за счет естественного плодородия был низким и составил 3,2 т з. е/га. При внесении $N_{60}K_{60}$, навоза, фосфорных удобрений на фоне $N_{60}K_{60}$ и фосфорных удобрений на фоне $N_{60}K_{60}$ в сочетании с навозом был достигнут средний (4,4-5,0 т з. е/га) уровень продуктивности севооборота. За ротацию севооборота установлена более высокая эффективность навоза, прибавка урожая составила 5,94 т з. е/га. Применение азотно-калийных удобрений способствовало получению прибавки 5,21 т з. е/га. Наибольшая продуктивность за ротацию севооборота – 20,15 и 20,01 т з. е/га получена в вариантах ежегодного и запасного внесения суперфосфата по $N_{60}K_{60}$ и навозу. В вариантах ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки по $N_{60}K_{60}$ и по навозу она была меньше и составила, соответственно, 19,79 и 19,51 т з. е/га. За ротацию севооборота были получены практически одинаковые прибавки при ежегодном и запасном внесении суперфосфата – 7,35 и 7,21 т з. е/га и фосфоритной муки – 6,99 и 6,71 т з. е/га соответственно. Внесение фосфорных удобрений увеличивало содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см (табл. 2).

2. Содержание подвижного фосфора в почве (0-20 см) (поле Ф1)

Вариант опыта	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг						Внесено P_2O_5 удобрений сверх выноса, кг/га	Затраты P_2O_5 на увеличение содержания подвижного фосфора в почве на 1 мг/100 г, кг/га
	До внесения удобрений (2006 г.)	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее за 2007 - 2009 гг.	Увеличение содержания P_2O_5		
Контроль	27,9	28,1	28,8	27,6	28,2	-	-	-
$N_{60}K_{60}$	28,5	27,5	28,9	27,6	28,0	-	-	-
$N_{60}Pс_{90}K_{60}$	26,1	36,5	35,2	34,9	35,5	9,4	101	107
$N_{60}Pс_{270}K_{60}$	29,9	35,5	35,9	35,7	35,7	5,8	100	172
$N_{60}Pф_{90}K_{60}$	25,8	31,9	30,4	30,9	31,1	5,3	97	183
$N_{60}Pф_{270}K_{60}$	29,0	34,8	34,7	34,1	34,5	5,5	102	185
Навоз 24 т/га – H_4	29,5	32,9	31,6	30,0	31,5	-	-	-
$N_{60}K_{60} + H_4$	30,9	31,7	30,9	30,7	31,1	-	-	-
$N_{60}Pс_{90}K_{60} + H_4$	33,0	39,1	40,9	41,2	40,4	7,4	139	188
$N_{60}Pс_{270}K_{60} + H_4$	30,6	43,4	40,9	39,5	41,3	10,7	140	131
$N_{60}Pф_{90}K_{60} + H_4$	32,1	37,8	38,9	38,9	38,5	6,4	142	192
$N_{60}Pф_{270}K_{60} + H_4$	32,7	39,2	39,9	39,5	39,5	6,8	150	221

Содержание подвижного фосфора в пахотном слое под влиянием ежегодного внесения суперфосфата на фоне $N_{60}K_{60}$ по сравнению с исходным его количеством возросло на 9,4 мг/кг. Под влиянием запасного применения суперфосфата $Рс_{270}$ на фоне $N_{60}K_{60}$ содержание подвижного фосфора увеличилось меньше – на 5,8 мг/кг. Фосфоритная мука, при ежегодном и запасном внесении, в сравнении с суперфосфатом по фону $N_{60}K_{60}$, была менее эффективна, содержание в пахотном слое подвижного фосфора возросло, соответственно, на 4,1 и 3,9 мг/кг. По навозу с $N_{60}K_{60}$ суперфосфат, внесенный в запас на ротацию севооборота, способствовал наибольшему (на 10,7 мг/кг) увеличению содержания в почве подвижного фосфора. По сравнению с исходным содержанием подвижного фосфора в вариантах ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки по $N_{60}K_{60}$ увеличилось почти одинаково – на 5,3 и 5,5 мг/кг и на фоне $N_{60}K_{60}$ в сочетании с навозом – на 6,4 и 6,8 мг/кг. На контроле и в варианте $N_{60}K_{60}$ содержание подвижного фосфора по сравнению с исходным не изменилось. Для увеличения содержания фосфора в почве на 1 мг/100 г расходовалось 107-221 кг/га P_2O_5 сверх выноса урожаем. По данным исследований, для увеличения содержания подвижного фосфора на 1 мг/100 г в выщелоченных черноземах необходимо внести фосфорные удобрения в дозе 90-130 кг/га [3]. Затраты удобрений на увеличение содержания подвижного фосфора на 1 мг/кг в пахотном слое почвы в вариантах ежегодного и запасного применения суперфосфата по фону $N_{60}K_{60}$ составили, соответственно, 107 и 172 кг/га. Более высокие затраты (183 и 185 кг/га) на увеличение содержания подвижного фосфора на 1 мг/100 г в пахотном слое агрочернозема отмечены в вариантах ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки. По фону навоза с $N_{60}K_{60}$ в вариантах ежегодного и запасного применения суперфосфата они также были ниже (188 и 131 кг/га), чем в вариантах ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки (192 и 221 кг/га).

Баланс азота и калия по вариантам опыта с внесением навоза и минеральных удобрений отрицательный и равен, соответственно, -131, -306 и -98, -269. Оптимальная интенсивность баланса азота, обеспечивающая экологическую безопасность севооборота на черноземах, по данным ВИАУ, должна составлять 70-100% [4]. При внесении $N_{60}K_{60}$ в сочетании с навозом и в вариантах применения фосфорных удобрений была обеспечена интенсивность баланса азота 66-69%. Поэтому с учетом оптимальной интенсивности баланса азота дозу азотных удобрений необходимо увеличить. В вариантах ежегодного $Рс_{90}$ и запасного внесения суперфосфата $Рс_{270}$ и фосфоритной муки $Рф_{90}$ и $Рф_{270}$ в сочетании с $N_{60}K_{60}$ и с дополнительным внесением навоза (8 т/га) на севооборотную площадь с $N_{60}K_{60}$ установился положительный баланс фосфора за ротацию севооборота – 97-150 кг/га. Интенсивность баланса фосфора в вариантах ежегодного и запасного внесения суперфосфата и фосфоритной муки в сочетании с $N_{60}K_{60}$ составила, соответственно, 161%, 159 и 157, 162 %. Положительный баланс фосфора 139-140 и 142-150 кг/га сложился в севообороте при ежегодном и запасном внесении суперфосфата и фосфоритной муки по навозу с $N_{60}K_{60}$. При таких способах внесения фосфорных удобрений была обеспечена интенсивность баланса фосфора 174-184%.

Выводы. 1. Внесение на ротацию севооборота 24 т/га навоза способствовало повышению урожая озимой ржи, кукурузы на силос, яровой пшеницы, соответственно, на 1,29, 26,4, 0,25 т/га и продуктивности севооборота до 18,73 т з. е/га. 2. При низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором и изменяющихся погодных условиях из сравниваемых форм фосфорных удобрений, суперфосфат при ежегодном и запасном его внесении в сочетании с навозом по $N_{60}K_{60}$ был более эффективен, чем фосфоритная мука. Его преимущество проявилось в более высокой (20,15 и 20,01 т з. е/га) продуктивности культур за ротацию севооборота, низких (188 и 131 кг/га) затратах на увеличе-

ние содержания подвижного фосфора на 1 мг/100 г в пахотном слое почвы. 3. Суперфосфат при ежегодном и запасном его внесении на ротацию севооборота по фону N₆₀K₆₀ и в сочетании с навозом по N₆₀K₆₀ повышал содержание подвижного фосфора в почве на 9,4 и 5,8 и 7,4 и 10,7 мг/кг соответственно. Его ежегодное и запасное внесение обеспечило положительный баланс по фосфору, интенсивность которого составила, соответственно, 161, 159 и 174, 175 кг/га.

Литература

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с. 2. Лебедев А. Н. Избранные труды. - М.: Сельхозгиз, 1960. - 658 с. 3. Литвак Ш. И. Системный подход к агрохимическим исследованиям. - М.: Агропромиздат, 1990. - 220 с. 4. Ляшенко И. Е.

Эффективность минеральных удобрений на слабовыщелоченном малогумусном тяжелосуглинистом черноземе на различных фосфатных и фосфорно-калийных уровнях Краснодарского края // Автореф. дис... канд. с.-х. н. Орджоникидзе, 1980. - 17 с. 5. Мельников Н. И. Результаты опыта «Обогащение почвы фосфатами» // Известия Шатиловской опытной с.-х. станции. - 1929. - №3. - С. 21-32. 6. Никитишен В. И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии. - М.: Наука, 1984. - 214 с. 7. Панников В. Д., Минеев В. Г. Почва, климат, удобрение, урожай. - М.: Агропромиздат, 1987. - 510 с.

8. Практикум по агрохимии/ Под ред. акад. РАСХН В. Г. Минеева. - М.: Изд-во МГУ, 2001. - 689 с. 9. Трифонов А. А. Опыты с фосфоритом и суперфосфатом 1914 - 1921 гг. // Тр. Шатиловской опытной станции. - 1925. - № 16. - 96 с.

EFFICIENCY OF SUPERPHOSPHATE AND PHOSPHORITE MEAL IN COMBINATION WITH NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZERS AND MANURE PER CROP ROTATION CYCLE

V.G. Nebytov, V.V. Kolomeichenko, V.I. Mazalov

Shatilovskaya Agricultural Experimental Station, All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops, Mokhovoe, Novodereven'kovskii raion, Orel oblast, 303623 Russia, E-mail: nebuytov@yandex.ru

It has been shown in a long field stationary experiment with the low content of mobile phosphorus in the soil under varying weather conditions that the application of 24 t/ha manure per crop rotation cycle increased the yield of winter rye, fodder corn, and spring wheat by 1.29, 26.4, and 0.25 t/ha, respectively, and the efficiency of crop rotation to 18.73 t g.u./ha. The annual and reserve application of superphosphate at 188 and 131 kg/ha in combination with manure and N60K60 increased the productivity of crops to 20.15 and 20.01 t g.u/ha per crop rotation cycle, respectively, at the increase in the content of mobile phosphorus by 1 mg/100 g in the plow layer of soil.

Keywords: superphosphate, phosphorite meal, manure, agrochemical properties.