

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ЗА ДВЕ РОТАЦИИ СЕВООБОРОТА

В. И. МАЗАЛОВ, доктор сельскохозяйственных наук

В. Г. НЕБЫТОВ, кандидат биологических наук

E - mail: nebuytov@yandex.ru.

ШАТИЛОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ЗБК

В условиях длительного стационарного опыта изучена за две ротации севооборота (2010-2016 гг.) сравнительная эффективность способов внесения суперфосфата и фосфоритной муки по N₆₀K₆₀ (фон I) и в сочетании с навозом по N₆₀K₆₀ (фон II). Под влиянием суперфосфата (Pc90 и Pc270) содержание подвижного фосфора в конце второй ротации севооборота возросло по фону I на 12,8 и 9,8 мг/кг и по фону II на 13,2-11,8 мг/кг. В вариантах применения фосфоритной муки (Pф90 и Pф 270) содержание подвижного фосфора увеличилось меньше, по фону I на 6,9 и 6,6 мг/кг и по фону II на 8,6 - 10,2 мг/кг. На первой культуре – озимой пшенице от 24 т/га по двум ротациям севооборота урожайность зерна повышалась на 1,27 и 1,47 т/га, силосной кукурузы на 2,1 и 20,3 т/га. Урожайность озимой пшеницы по ротациям севооборота от навоза (24 т/га) в сочетании с N₆₀K₆₀ повышалась на 1,23 и 1,51 т/га, силосной кукурузы на 46,7 и 19,7 т/га. Органоминеральная система удобрений при внесении суперфосфата (Pc90 и Pc270) при внесении 24 т/га навоза с N₆₀K₆₀ обеспечила наибольшую – 24,2 и 23,8 т. к. ед. га продуктивность севооборота. В вариантах ежегодного (Pф90) и запасного (Pф270) применения фосфоритной муки по N₆₀K₆₀ и по навозу с N₆₀K₆₀ продуктивность севооборота составила – 89-96% от эффективности суперфосфата.

Ключевые слова: способы внесения удобрений, суперфосфат, фосфоритная мука, навоз, выщелоченный чернозем, агрохимические свойства.

THE INFLUENCE OF LONG APPLICATION OF FERTILIZERS ON FERTILITY OF LEACHED CHERNOZEM AND PRODUCTIVITY OF CULTURES FOR TWO ROTATION OF THE CROP ROTATION

V. I. Mazalov, V.G. Nebytov

SHATILOVO AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION – BRANCH OF FSBSI
«FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In conditions of long-term stationary experiment the comparative efficiency of ways of application of superphosphate and phosphoritic flour on N₆₀K₆₀ (background I) and in a combination to manure on N₆₀K₆₀ (background II) was investigated for two rotations of crop rotation (2010-2016). Under the influence of superphosphate (Ps90 and Ps270) the contents of mobile phosphorus at the end of the second rotation of crop rotation had increased on background I by 12,8 and 9,8 mg/kg and on background II – 13,2-11,8 mg/kg. In variants of application of phosphoritic flour (Pф90 and Pф270) the contents of mobile phosphorus has increased less, on background I on 6,9 and 6,6 mg/kg and on background II-8,6-10,2 mg/kg. On the first culture – winter wheat from 24 t/ha on two rotation of crop rotation productivity of grain raised on 1,27 and 1,47 t/ha, silage corn – 2,1 and 20,3 t/ha. Productivity of winter wheat on rotation of a crop rotation from manure (24 t/ha) in a combination with N₆₀K₆₀ raised on 1,23 and 1,51 t/ha, silage corn - 46,7 and 19,7 t/ha. The organic mineral system of fertilizers at entering superphosphate (Ps90 and Ps270) at entering 24 t/ha manure with N₆₀K₆₀ has provided the greatest – 24,2 and 23,8*

t. f. u. ha efficiency of crop rotation. In variants annual (Pf90) and spare (Pf270) applications of phosphoritic flour on N₆₀K₆₀ and on manure with N₆₀K₆₀ efficiency of crop rotation has made – 89-96% from efficiency of superphosphate

Keywords: ways of application of fertilizers, superphosphate, phosphoritic flour, manure, leached chernozem, agrochemical properties.

Введение

Значение фосфора в формировании урожая сельскохозяйственных культур определяется наличием в почве доступных его форм в начальный период питания растений [1, 2]. Ввиду отчуждения фосфора с товарной продукцией ведущее место в оптимизации фосфорного питания растений принадлежит фосфорным удобрениям [3, 4]. Остаточный фосфор фосфорсодержащих удобрений при систематическом внесении накапливается в корнеобитаемом слое, обеспечивая в севообороте длительное последствие на последующие культуры севооборота, что послужило обоснованием периодического (запасного) способа внесения [5, 6]. Слаборастворимые фосфаты кальция – ближайший резерв фосфорного питания растений [7]. В сложившихся ограниченных финансовых условиях, повысить фосфатный уровень почв возможно за счет применения дешевого фосфатного удобрения - фосфоритной муки. Фосфоритная мука в условиях кислой реакции почвенного раствора и низкого содержания подвижного фосфора по эффективности не уступает, по длительности последствия превосходит водорастворимые фосфорные удобрения [8, 9]. Поэтому первоочередному фосфоритованию подлежат низкоплодородные почвы Орловской области с 19 тыс. га с очень низким и 290 тыс. га с низким содержанием подвижного фосфора [10]. При одностороннем внесении фосфоритной муки, а также по мере повышения обеспеченности почвы подвижным фосфором оплата удобрения приростом урожая снижается [11]. С целью создания оптимальных условий питания растений, повышения агрономической и экономической эффективности фосфоритной муки в прямом действии и последствии необходимо обеспечить сбалансированность макро и микроэлементами [3].

Цель исследований – сравнить по двум ротациям севооборота на четвертом фосфатном поле севооборота влияние ежегодного и периодического внесения форм фосфорных удобрений в сочетании с N₆₀K₆₀ и навозом на урожайность культур и агрохимические свойства чернозема выщелоченного.

Методика

Исследования проводили в 2010-2016 гг. в многолетнем стационарном полевом опыте Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции, на четвертом фосфатном поле – (Ф4). Опыт заложен в четырехпольном севообороте со следующим чередованием культур: пар, озимая пшеница, кукуруза на силос, яровая пшеница. Соответственно по полям севооборота все культуры севооборота возделывали ежегодно. Высевали сорта озимой и яровой пшеницы (Немчиновская 57, Московская 56) и Дарья, гибрид кукурузы – Краснодарский 194 МВ. Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур общепринятая для данной зоны. Суперфосфат и фосфоритная мука (Рсд90 и Рф90), вносились систематически ежегодно и периодически в запас (Рсд270 и Рф270) в сочетании с N₆₀K₆₀ (фон I) и по навозу с N60K60 (фон II). Доза навозного удобрения, вносимого в пару под зяблевую вспашку – 24 т/га. Почва – чернозем, выщелоченный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава на лессовидном карбонатном суглинке. В образцах почвы в слое (0-20 см) определяли общепринятыми методами: гумус по Тюрину; подвижный фосфор и калий – по Чирикову; рН_{KCl} – потенциометрически; гидролитическую кислотность по Каппену [12].

Результаты исследований

Применение фосфорных удобрений на выщелоченном черноземе отличается высокой эффективностью, сопровождается увеличением содержания в почве доступных форм фосфора и ростом урожайности сельскохозяйственных культур [1, 3, 10]. В пахотном слое выщелоченного чернозема в конце 2 – ой ротации севооборота содержание подвижного

фосфора под влиянием форм фосфорных удобрений, внесенных по $N_{60}K_{60}$ увеличивалось в сравнении с исходным (47,1 мг/кг) на 6,6-12,8 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1

Изменения в содержании подвижного фосфора в почве под влиянием форм фосфорных удобрений

Вариант	P_2O_5 , кг/га в среднем за 2 ротации			Содержание, мг/кг		Изменения в содержании P_2O_5
	внесено	вынос	баланс	До внесения удобрений, 2006 г.	После 2-ой ротации, 2016 г.	
Контроль	-	91	-91	47,1	47,3	0,2
$N_{60}K_{60}$ – фон I	-	119	-119	46,5	46,8	0,3
Суперфосфат ежегодно+ фон I	270	131	139	53,0	65,8	12,8
Суперфосфат в ротацию + фон I	270	124	146	47,0	56,8	9,8
Фосф. мука ежег. + фон I	270	116	154	71,0	77,9	6,9
Фосф. мука в ротацию + фон I	270	117	153	79,0	85,6	6,6
Навоз 24 т/га – Н4	60	125	-65	49,5	49,8	0,3
$N_{60}K_{60}$ + навоз 24 т/га – фон I	60	151	-91	48,9	49,0	0,1
Суперфосфат ежег. + фон II	330	166	164	50,0	63,2	13,2
Суперфосфат в ротацию + фон II	330	162	168	52,0	63,8	11,8
Фосф. мука ежег. + фон II	330	159	171	76,0	84,6	8,6
Фосф. мука в ротацию + фон II	330	156	174	63,0	73,2	10,2

Из сравниваемых форм фосфорных удобрений наибольший эффект в увеличении содержания в пахотном слое подвижного фосфора наблюдался от суперфосфата. Под влиянием ежегодного и запасного применения суперфосфата по фону I содержание подвижного фосфора в конце второй ротации севооборота возросло на 12,8 и 9,8 мг/кг, по фону II на 13,2-11,8 мг/кг. В вариантах ежегодного и запасного применения фосфоритной муки содержание подвижного фосфора увеличилось меньше, по фону I на 6,9 и 6,6 мг/кг и по фону II на 8,6-10,2 мг/кг. Существенного снижения содержания подвижного фосфора к концу ротации севооборота в контроле и на делянках с внесением $N_{60}K_{60}$ не отмечено, что свидетельствовало о высокой буферности тяжелосуглинистого чернозема, находящегося с 1870 года в пашне. На первой культуре севооборота под растениями озимой пшеницы содержание подвижного фосфора после внесения 24 т/га навоза к контролю возросло: в 1 – ой ротации на 2,3 мг/кг, во 2 – ой на 3,1 мг/кг. Содержание подвижного фосфора перед внесением навоза в 2006 году составило 49,5 мг/кг и по завершении второй ротации севооборота (после внесения суммарно за две ротации 48 т/га навоза) увеличилось на 0,3 мг/кг. Чтобы поднять уровень содержания подвижного фосфора в почве на 10 мг/кг при низкой обеспеченности ее подвижным фосфором, доза 24 т/га навоза для внесения сверх выноса с урожаем недостаточна, необходимо применение фосфорсодержащих минеральных удобрений. Вынос фосфора с урожаем определялся величиной урожая озимой и яровой пшеницы, силосной кукурузы. При внесении в ротацию 24 т/га навоза вынос фосфора урожаем культурами севооборота в среднем за две ротации составил 125 кг/га. Баланс

фосфора в контроле, в вариантах внесения $N_{60}K_{60}$ и $N_{60}K_{60}$ с навозом отрицательный (91 и 119 кг/га). Поступление фосфора с фосфорными удобрениями в среднем за две ротации превышало вынос с урожаем. В среднем положительный баланс фосфора в вариантах внесения суперфосфата и фосфоритной муки составлял – 139-154 кг/га. Чтобы поднять уровень содержания подвижного фосфора в тяжелосуглинистом выщелоченном черноземе на 10 мг/кг необходимо внести сверх выноса с урожаем 90-120 кг/га суперфосфата [8, 13]. Более низкие затраты – 108 и 149 кг/га на увеличение содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг в пахотном слое выщелоченного чернозема получены в вариантах ежегодного запасного применения суперфосфата.

Навоз, внесенный в дозе 24 т/га за ротацию севооборота, повышал плодородие выщелоченного чернозема. Гидролитическая кислотность снижалась с 8,33 до 6,62 мг – экв/100 г, значение рН повышалось с 4,93 до 5,32, сумма поглощенных оснований возросла с 30,7 до 33,8 мг – экв/100 г (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на агрохимические показатели почвы, в среднем за две ротации, (0-20 см)

Вариант	рН	Нг	S	Гумус, %	K ₂ O, мг/кг
		мг – экв/100 г			
Контроль	4,93	8,33	30,7	6,85	121,3
$N_{60}K_{60}$ - фон I	4,83	9,34	30,9	6,56	129,4
Суперфосфат ежегодно+ фон I	5,08	9,86	30,7	6,88	128,6
Суперфосфат в ротацию + фон I	4,88	9,59	33,3	6,89	127,4
Фосф. мука ежег. + фон I	5,02	8,22	33,6	6,88	126,3
Фосф. мука в ротацию фон I	5,03	8,25	33,2	6,67	127,5
Навоз 24 т/га - Н4	5,32	6,62	33,8	6,93	129,1
$N_{60}K_{60}$ + навоз 24 т/га - фон I	5,09	8,54	33,5	6,91	123,2
Суперфосфат ежег. + фон II	5,33	8,32	32,6	6,95	128,8
Суперфосфат в ротацию + фон II	5,09	8,36	32,5	6,98	128,9
Фосф. мука ежег. + фон II	5,32	8,38	32,9	6,99	128,3
Фосф. мука в ротацию + фон II	5,33	8,39	32,3	6,97	128,3

Определение содержания гумуса по вариантам опыта с внесением навозного удобрения и под влиянием минеральных удобрений по фону навоза с $N_{60}K_{60}$ показало незначительную тенденцию его количественного роста на 0,06-0,14%. На урожайность зерна озимой и яровой пшеницы, силосной массы кукурузы существенно влияли изменяющиеся погодные условия (табл. 3).

Соответственно по ротациям севооборота урожайность зерна озимой пшеницы в контроле варьировала от 1,30 и 3,55 т/га, силосной кукурузы от 56,2 и 22,5 т/га, яровой пшеницы от 1,95 и 1,13 т/га. Озимая и яровая пшеница, силосная кукуруза существенно различались по отзывчивости на одностороннее внесение навоза и фосфорные удобрения. Несмотря на то, что в сравнении с фосфорными удобрениями за ротацию севооборота с навозом внесено меньшее количество – 60 кг/га P_2O_5 , эффективность навоза на первой культуре – озимой пшенице была выше фосфорных удобрений. Прибавки зерна озимой пшеницы к контролю составили в 1-ой ротации – 1,27 и во 2-ой – 1,47 т/га. Последствие навозного удобрения оказало также существенное влияние на урожайность последующих культур севооборота. Прибавки силосной кукурузы в 1-ой и во 2-ой ротациях составили: – 2,1 и 20,3 т/га, яровой пшеницы во 2-ой ротации – 0,59 т/га.

Таблица 3

Влияние удобрений на урожайность культур севооборота, т/га

Вариант	I ротация (2010 – 2012 гг.)			Продуктивность севооборота за 1 ротацию, т. к. ед. га	II ротация (2014 - 2016 гг.)			Продуктивность севооборота за 2 ротацию, т. к. ед. га	Продуктивность севооборота, в ср, за 2 ротации, т. к. ед. га
	Озимая пшеница	Кукуруза на силос	Яровая пшеница		Озимая пшеница	Кукуруза на силос	Яровая пшеница		
Контроль	1,30	56,2	1,95	15,7	3,55	22,5	1,13	10,9	13,3
N ₆₀ K ₆₀ - фон I	2,37	72,4	2,14	20,6	4,03	35,9	1,17	14,3	17,5
Суперфосфат	1,70	74,8	2,25	20,4	4,15	43,5	2,59	17,8	19,1
Суперфосфат в ротацию + фон I	1,93	75,5	2,19	20,7	4,15	37,8	1,80	15,7	18,2
Фосф. мука ежег. + фон I	1,65	71,5	2,22	19,6	4,04	36,4	1,29	14,5	17,1
Фосф. мука в ротацию фон I	1,50	72,2	2,33	19,7	4,02	36,8	1,34	14,7	17,2
Навоз 24 т/га - Н4	2,57	58,3	2,37	18,4	5,02	42,8	1,72	17,7	18,1
N ₆₀ K ₆₀ + навоз 24 т/га - фон I	2,53	102,9	2,46	27,4	5,06	42,2	1,47	17,3	22,4
Суперфосфат ежег. + фон II	2,81	103,5	2,95	28,6	5,16	44,2	2,92	19,8	24,2
Суперфосфат в ротацию + фон II	2,50	104,0	2,97	28,3	5,17	43,9	2,50	19,2	23,8
Фосф. мука ежег. + фон II	2,41	101,9	2,83	27,5	5,10	41,9	2,63	18,9	23,2
Фосф. мука в ротацию + фон II	2,43	100,5	2,89	27,4	5,12	41,5	2,21	18,3	22,9
НСР₀₅	0,24	1,79	0,60	-	0,22	4,81	0,36	-	-

В варианте внесения навоза (24 т/га) в сочетании с $N_{60}K_{60}$ урожайность озимой пшеницы, повышалась по ротациям севооборота на 1,23 и 1,51 т/га, силосной кукурузы на 46,7 и 19,7 т/га. Внесение суперфосфата являлось эффективным приемом повышающим устойчивость растений озимой пшеницы к засухе.

В экстремально засушливых условиях 2010 года в фазе кущения культуры содержание фосфора в листьях на делянках с ежегодным внесением суперфосфата было больше на 0,14-0,16%, чем в вариантах с ежегодным и запасным внесением фосфоритной муки, что свидетельствовало о более интенсивном использовании фосфора суперфосфата растениями пшеницы [10]. В условиях низкой обеспеченности тяжелосуглинистого чернозема подвижным фосфором внесение суперфосфата, обеспечившего большее увеличение содержания в пахотном слое подвижного фосфора, способствовало получению более высоких в сравнении с фосфоритной мукой прибавок урожая всех культур севооборота. От ежегодного и запасного внесения суперфосфата по фону I получены прибавки зерна озимой пшеницы – 0,4 и 0,6 т/га; 0,63 и 0,6 т/га, силосной кукурузы 18,6 и 19,3; 21,0 и 15,3 т/га. Во второй ротации севооборота урожайность зерна яровой пшеницы возросла на 1,46 и 0,67 т/га. Внесенный ежегодно и в запас на ротацию севооборота суперфосфат по фону II увеличивал урожайность озимой и яровой пшениц, силосной кукурузы: в первой ротации на 1,51 и 1,2 т/га; 1,0 и 1,2 т/га; 47,3 и 47,8 т/га, во второй ротации – на 1,61 и 1,62 т/га; 1,79 и 1,37 т/га; 21,7 и 21,4 т/га.

Урожайность озимой пшеницы, силосной кукурузы при ежегодном и запасном внесении фосфоритной муки $N_{60}K_{60}$ была меньше. Прибавки озимой пшеницы и силосной кукурузы в 1-ой и во 2-ой ротациях севооборота от ежегодного внесения фосфоритной муки по фону I составили: – 0,35 и 0,49 т/га; 15,3 и 13,9 т/га. Урожай силосной массы кукурузы достоверно повышался от запасного внесения фосфоритной муки по фону I во 2-ой ротации севооборота на 16,0 и 14,3 т/га. Прибавки озимой и яровой пшеницы, силосной кукурузы при ежегодном и запасном внесении фосфоритной муки по фону II были также меньше и составили: в 1 ой ротации – 1,11 и 0,88; 1,13 и 0,94 т/га, 45,7 и 44,3 т/га, во второй -1,55 и 1,57; 1,50 и 1,08, 19,4 и 19,0 т/га.

В среднем за две ротации одностороннее и совместное с минеральными удобрениями внесение навоза обеспечивало высокую (22,4-24,2 т. к. ед. га) продуктивность севооборота. Из сравниваемых форм фосфорных удобрений, внесенных по фонам I и II наиболее высокая продуктивность получена от суперфосфата. В среднем за две ротации в вариантах ежегодного и запасного внесения суперфосфата по фону I продуктивность севооборота составила – 19,1 и 18,2 т. к. ед. га, по фону II – 24,2 и 23,8 т. к. ед. га. Рекомендуемым способом применения фосфоритной муки является запасное внесение большой дозы удобрения в ротацию севооборота [1, 8, 10, 14]. Данный способ внесения удобрения не снижал прибавок урожая в сравнении с ежегодным систематическим ее внесением, что давало основание рекомендовать ее запасное внесение в ротацию севооборота. Так, при ежегодном (Рф90) и запасном (Рф270) внесении по фону I продуктивность севооборота в 1-ой и во 2 ой ротациях была практически равной - 19,6 и 19,7 т. к. ед. га; 14,5 и 14,7 т. к. ед. га и ее применении по фону II составила – 27,5 и 27,4 т. к. ед. га; 18,9 и 18,3 т. к. ед. га.

Выводы

Из сравниваемых форм фосфорных удобрений, внесенных по $N_{60}K_{60}$ и по навозу с $N_{60}K_{60}$, преимущество ежегодного и запасного применения суперфосфата проявилось в большем увеличении содержания в пахотном слое подвижного фосфора на 12,8 - 9,8 и на 13,2-11,8 мг/кг. Соответственно содержание подвижного фосфора в вариантах ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки возросло меньше – на 6,9-6,6 мг/кг и – на 8,6-10,2 мг/кг. Наибольшую – 24,2 и 23,8 т. к. ед. га продуктивность севооборота в среднем за две ротации обеспечила органоминеральная система удобрений: 24 т/га навоза по $N_{60}K_{60}$ с ежегодным и запасным внесением суперфосфата (Рс90 и Рс270). В вариантах внесения фосфоритной муки из сравниваемых ежегодном (Рф90) и запасном (Рф270) способах внесения фосфоритной муки по $N_{60}K_{60}$ получена одинаковая продуктивность севооборота в

среднем за две ротации – 17,1 и 17,2; 23,2 и 22,9 т. к. ед. га – (89-96% от эффективности суперфосфата), что давало основание рекомендовать ее запасное внесение в ротацию севооборота.

Литература

1. Чумаченко И.Н. Фосфор в жизни растений и плодородие почв. – М., 2003. – С. 39-42.
2. Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора. – М.: Сельхозгиз, – 1956. – 464 с.
3. Лебедянец А.Н. Избранные труды. – М.: Сельхозгиз, - 1960. – С. 114-156.
4. Касицкий Ю.И. Внесение фосфорных и калийных удобрений в запас на ряд лет. – М., – 1972. – 82 с.
5. Соколов А.В. Запасы в почвах усвояемых фосфатов и их накопление при внесении фосфорных удобрений // Почвоведение. 1958. №2. – С. 1 -14.
6. Сушеница Б.А., Капранов В. Н. Роль фосфоритов в решении агрохимических и экологических проблем // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. - № 1. – С. 22-25.
7. Фокин А.Д., Раджабова П.А. Биологическая мобилизация фосфора из минеральных соединений // Известия ТСХА. – 1994. – №2. – С. 72-78.
8. Ермаков, А. А. Муленков В. Г. Проблема фосфора в почвах Подмосковья и пути ее решения // Плодородие. - 2013. – № 3. – С. 14-17.
9. Христенко А. О., Максимова В. П., Юнакова Т. А., Бурлакова Л. М. Методологические проблемы изучения агрохимической эффективности фосфоритов месторождений Украины // Вісник ХДАУ, Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». - Харків: ХДАУ, – 2002. – № 2. – С. 124-127.
10. Небытов В. Г., Коломейченко В. В., Мазалов В. И., Николаев А. В. Эффективность севооборота при внесении органо-минеральных удобрений // Вестник Орел ГАУ. – 2014 № 5 (50). – С. 110-115.
11. Сушеница Б. А. Фосфатный уровень почв и его регулирование: – М.: Колос, – 2007. – 376 с.
12. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, – 2001. – 689 с.
13. Литвак Ш. И. Системный подход к агрохимическим исследованиям. – М: Агропромиздат. – 1990. – 220 с.
14. Музычкин Е. Т. Эффективность запасного и ежегодного внесения удобрений на мощном чернозёме // Агрохимия. – 1981. - №2. – С. 27-32.

References

1. Chumachenko I.N. Fosfor v zhizni rastenii i plodorodie pochv [Phosphorus in plant life and soil fertility]. Moscow, 2003, pp. 39-42. (In Russian)
2. Chirikov F.V. Agrokhimiya kaliya i fosfora [Agrochemistry of potassium and phosphorus]. Moscow, *Sel'khozgiz*, 1956, 464 p. (In Russian)
3. Lebedyantsev A.N. Izbrannyye trudy [Selected Works]. Moscow, *Sel'khozgiz*, 1960, pp. 114-156. (In Russian)
4. Kasitskii Yu. I. Vnesenie fosfornykh i kaliynykh udobrenii v zapas na ryad let [Introduction of phosphorus and potash fertilizers into the stock for a number of years]. Moscow, 1972, 82 p. (In Russian)
5. Sokolov A.V. Zapasy v pochvakh usvoyaemykh fosfatov i ikh nakoplenie pri vnesenii fosfornykh udobrenii. [Stocks of assimilable phosphates in soils and their accumulation during the introduction of phosphorus fertilizers]. *Pochvovedenie*, 1958, no.2, pp. 1 -14. (In Russian)
6. Sushenitsa B.A., Kapranov V.N. Rol' fosforitov v reshenii agrokhimicheskikh i ekologicheskikh problem [The role of phosphorites in solving agrochemical and environmental problems]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2008, no. 1, pp. 22 - 25. (In Russian)
7. Fokin A.D., Radzhabova P.A. Biologicheskaya mobilizatsiya fosfora iz mineral'nykh soedinenii [Biological mobilization of phosphorus from mineral compounds]. *Izvestiya TSKHA*, 1994, no.2, pp. 72 - 78. (In Russian)
8. Ermakov A.A. Mulenkov V.G. Problema fosfora v pochvakh Podmoskov'ya i puti ee resheniya [The problem of phosphorus in the soils of the Moscow region and ways to solve it]. *Plodorodie*, 2013, no. 3, pp. 14-17. (In Russian)
9. Khristenko A.O., Maksimova V.P., Yunakova T.A., Burlakova L. M. Metodologicheskie problemy izucheniya agrokhimicheskoi effektivnosti fosforitov mestorozhdenii Ukrainy [Methodological problems of studying the agrochemical efficiency of phosphorite deposits in Ukraine]. *Visnik KHDAU, Seriya «Gruntoznavstvo, agrokhimiya, zemlerobstvo, lisove gospodarstvo»*. KHarkiv: *KHDAU*, 2002, no.2, pp. 124-127. (In Russian)
10. Nebytov V.G., Kolomeichenko V.V., Mazalov V.I., Nikolaev A.V. Effektivnost' sevooborota pri vnesenii organo-mineral'nykh udobrenii [Efficiency of crop rotation when applying organic-mineral fertilizers]. *Vestnik Orel GAU*. 2014, no. 5 (50), pp. 110-115. (In Russian)
11. Sushenitsa B.A. Fosfatnyi uroven' pochv i ego regulirovanie [Phosphate level of soils and its regulation]. Moscow, *Kolos*, 2007, 376 p. (In Russian)
12. Praktikum po agrokhimii: uchebnoe posobie. 2-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Pod red. akademika RASKHN V. G. Mineeva [Workshop on agrochemistry: a tutorial. 2nd edition, revised and enlarged. Ed. Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences V.G. Mineev], Moscow, *Izd-vo MGU*, 2001, 689 p. (In Russian)
13. Litvak Sh.I. Sistemnyi podkhod k agrokhimicheskim issledovaniyam [Litvak Sh.I. Systematic approach to agrochemical research]. Moscow, *Agropromizdat*, 1990, 220 p. (In Russian)
14. Muzychkin E.T. Effektivnost' zapasnogo i ezhegodnogo vneseniya udobrenii na moshchnom chernozeme [Efficiency of spare and annual fertilization on powerful black soil]. *Agrokhimiya*. 1981, no.2, pp. 27-32. (In Russian)