

горизонте почвы валового, минерального и подвижного фосфора в 1,1-1,3 раза. Повышение его наблюдали до глубины 40-60 см.

Внесение минеральных удобрений под все зерновые культуры полевого семиротного севооборота в течение пяти ротаций (I ротация –  $N_{120-180}P_{120-180}K_{120}$ , II ротация –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , III-V ротации –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) способствовало существенному увеличению (в слое 0-20 см) валового, минерального и подвижного фосфора. Степень подвижности фосфатов возросла в 15 раз, что соответствует высокому уровню обеспеченности растений легкодоступным фосфором. Влияние минеральных удобрений на фосфатный режим почвы наблюдали по всему метровому профилю.

Максимальное увеличение органического фосфора отмечено при регулярном внесении ОСВ в сочетании с минеральными удобрениями. Запасы органического фосфора в метровом слое почвы увеличились почти в 2 раза.

Установлено, что повышение количества валового фосфора в почве происходило в основном за счёт увеличения его минеральной части. При применении

удобрений повысилась доля минерального фосфора и снизилась органического.

#### Литература

1. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1988. – 258 с.
2. Цуркан М.А., Архип О.Д., Русу А.П. Городские отходы и способы их утилизации. – Кишинев: Штиинца, 1989. – 134 с.
3. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
4. Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Нетрадиционные мелиорирующие средства и органические удобрения // Почвоведение. – 1996. – № 4. – С. 517-523.
5. Покровская С.Ф., Касатиков В.А. Использование осадков городских сточных вод в сельском хозяйстве. – ВНИИТЭИ агропром, 1987. – 56 с.
6. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрокультуре / Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 140 с.
7. Umweltfreundliche Phosphordünger aus Klärschlämmen // Forschungs Report. 2005. № 2. Р. 56.
8. Адрианов С.Н. Формирование фосфатного режима дерново-подзолистой почвы в разных системах удобрения. – М.: ВНИИА, 2004. – 296 с.
9. Титова В.И., Шафранов О.Д., Варламова Л.Д. Фосфор в земледелии Нижегородской области / Нижегородская ГСХА. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 219 с.

U.D.C. 631.416.2:631.445.24:631.8:628.381.1

### CHANGES IN PHOSPHATE REGIME ALONG THE PROFILE OF SODDY-PODZOLIC SOIL UNDER LONG-TERM FERTILIZATION

M.T. Vashieva, N.E. Zavyalova, D.S. Fomin, I.S. Teterlev

Perm Agricultural Research Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,  
ul. Kultury 12, Lobanovo, Perm district, Perm oblast, 614532 Russia, e-mail: vashieva@mail.ru

*The effect of the long-term application of sewage sludge, cattle manure, and mineral fertilizers on the content of total, mineral, organic, and mobile phosphorus and the mobility of phosphates in a soddy-podzolic soil (Umbric Albeluvisol Abruptic) was considered. The reserves of different phosphorus forms in the soil were calculated. Increase in the content of total and mineral phosphorus in 1.2–1.6 times in the 0- to 1-m layer of soil, organic phosphorus in 1.3–1.4 times to a depth of 20–40 cm, and mobile phosphorus in 1.3–1.9 times to a depth of 40–60 cm was noted at the application of sewage sludge during five cycles of crop rotation (1976–2013). Phosphate mobility significantly increased in the 0- to 40-cm soil layer. Tendencies toward an increase in the total, mineral, and mobile phosphorus content in 1.1–1.3 times (to a depth of 40–60 cm) and a decrease in organic phosphorus in 1.1–1.2 times (in the 0- to 20- and 20- to 40-cm soil layers) were noted at the application of manure (from the third to the fifth rotation cycles). Phosphate mobility increased in the plow layer in 2 times. The effect of mineral fertilizers on the phosphate regime throughout the 0- to 1-m layer of the soil was observed. The application of mineral fertilizers for all grain crops of field crop rotation during five cycles contributed to the significant increase in total, mineral, and mobile phosphorus in 1.1–2.6 times. Phosphates mobility increased in 2–15 times.*

*Keywords: total, organic, mineral, mobile phosphorus; phosphate mobility, sewage sludge, cattle manure, mineral fertilizers.*

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Н.А. Кирпичников, д.с.-х. н., Л.Б. Чернышкова, ВНИИА

Приведены результаты длительного (50 лет) полевого опыта с применением фосфоритной муки на высоких фонах извести в условиях слабоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы. Показано влияние доз извести на агрохимические свойства почвы. Приведена эффективность фосфоритной муки и суперфосфата на повышенных фонах извести

**Ключевые слова:** фосфоритная мука, суперфосфат, известкование, урожайность, фосфаты, кислотность почвы, многолетний опыт, севооборот, ротация.

Фосфоритная мука – труднорастворимое энергосберегающее фосфорное удобрение. На кислых дерново-подзолистых почвах её внесение высокоэффективно и не уступает суперфосфату. Её применение в настоящее время особенно актуально из-за дефицита фосфорных удобрений, когда слабо обеспеченные подвижными фосфатами почвы Центрального Нечерноземья состав-

ляют около 60% [1]. Б.А. Голубевым [2] установлена роль форм кислотности почвы, степени насыщенности основаниями и емкости поглощения в растворимости фосфоритной муки и повышении ее действия на растения. В его вегетационных опытах было показано, что почва начинает разлагать фосфорит при уровне гидролитической кислотности не менее 2,5 мг-экв/100 г.

Экспериментальные материалы [3,4] свидетельствуют о высоком действии фосфорита на известкованной почве небольшими дозами (0,25 и 0,5 гидролитической кислотности). При этом, гидролитическая кислотность остается высокой – эффективность фосфорита в этих условиях была равноценна суперфосфату.

Применение фосфоритной муки на произвесткованных почвах полными (по 1,0 г.к.) и более высокими дозами изучали в основном в вегетационных и полевых опытах, где было отмечено резкое снижение ее дей-

вия на растения по сравнению с суперфосфатом [5,6]. Но как показывают результаты исследований, в некоторых длительных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах фосфоритная мука по эффективности не уступает суперфосфату и на более высоких фонах извести [7-9]. Однако вопросы применения фосфоритной муки на повышенных фонах извести в условиях длительного полевого опыта изучены недостаточно.

Цель наших исследований – изучить эффективность фосфоритной муки в сравнении с суперфосфатом на повышенных фонах извести.

**Методика.** Исследования проводили в длительном полевом опыте, заложенном в 1966 г. на Центральной опытной станции ВИУА (Московская обл.). Почва – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая на покровном суглинке, сильноокислая:  $pH_{\text{кол}}$  3,9-4,2, гидролитическая кислотность 4,9-5,2 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями – 57-63%, содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову), соответственно, около 4,0 и 11,5 мг/100 г, гумус (по Тюрину) – 1,62%. В состав севооборота до шестой ротации (1993-1997 гг.) входили: 1 – озимая пшеница ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ); 2 – картофель ( $N_{120}H_{60}R_{120}$ ); 3 – ячмень ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) + клевер; 4 – клевер двух лет пользования. Начиная с шестой ротации и по настоящее время из севооборота исключен картофель. Минеральные удобрения ( $N_{\text{аа}}$ ,  $P_{\text{с д}}$ ,  $P_{\text{ф}}$ ,  $K_{\text{х}}$ ) применяли ежегодно. Известь в виде известняковой муки вносили в различных дозах: 1,5 г.к. (по 0,5 г.к. в течение первых трех ротаций), 2,5 г.к. (по 1,0 г.к. в пер-

вой и третьей и 0,5 г.к. в восьмой ротациях), 3,0 г.к. (по 1,0 г.к. в первой и 2,0 г.к. в третьей ротациях). Фосфоритная мука (19,5%  $P_2O_5$ ) Егорьевского месторождения.

**Результаты и их обсуждение.** В первый период после известкования (после третьей ротации) существенно изменились физико-химические свойства почвы, особенно при высоких (2,0 и 3,0 г.к.) дозах (табл. 1).

Так,  $pH_{\text{кол}}$  в третьей ротации известкованной почвы достиг 6,0 и 6,4, а гидролитическая кислотность снизилась с 5,2 до 0,8 и 1,0 мг-экв/100 г. Значительно повысилась и степень насыщенности основаниями (до 94,5%). То есть известкованная почва, характеризующаяся низкой гидролитической кислотностью (меньше 2,5 мг-экв/100 г) и высокой степенью насыщенности основаниями (выше 50-60%), не должна отзываться на фосфорит. Однако данные урожайности, полученные в полевом опыте при этих условиях, не подтверждают эту закономерность (табл. 2).

**1. Влияние доз извести на агрохимические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы по ротациям.**

Варианты (по извести)	$pH_{\text{кол}}$			Нг, мг-экв/100 г			S, мг-экв/100 г		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Без удобрений	4,1	4,0	4,1	4,7	4,9	5,0	7,2	7,2	7,0
NK – фон	4,1	3,9	3,9	5,2	5,8	6,0	7,2	6,2	6,2
Фон + известь: по 1,5 г.к.	5,4	4,8	4,6	1,6	2,8	3,2	12,2	8,0	6,4
по 2,0 г.к.	6,0	5,3	5,1	1,0	2,3	2,4	15,0	9,8	9,0
по 3,0 г.к.	6,4	5,5	5,2	0,8	2,1	2,4	16,4	10,2	9,4

Примечание. Ротации: 1 – третья, 2 – седьмая, 3 – одиннадцатая.

## 2. Эффективность фосфоритной муки и суперфосфата на повышенных фонах извести в третьей и четвертой ротациях

Вариант опыта	Третья ротация				Четвертая ротация			
	Продуктивность севооборота, ц з.е./га	Прибавка, ц з.е./га	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	Прибавка, ц/га	Продуктивность севооборота, ц з.е./га	Прибавка, ц з.е./га	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	Прибавка, ц/га
Без удобрений	21,4	-	20,1	-	35,8	-	24,9	-
NK-фон	23,9	-	22,1	-	46,9	-	35,0	-
Фон+Рф	31,6	7,7	39,8	17,7	57,0	10,1	44,1	9,1
Фон+Рс	31,9	8,0	38,5	16,4	60,1	13,2	46,2	11,2
Фон+Са: по 1,5 г.к.	27,9	-	29,2	-	52,8	-	41,8	-
по 1,5г.к.+Рф	33,3	5,4	42,2	13,0	59,0	6,2	47,6	5,8
по 1,5 г.к.Рс	35,0	7,1	45,8	16,6	60,2	7,4	49,6	7,8
по 2,0 г.к.	28,1	-	31,2	-	53,9	-	46,6	-
по 2,0г.к.+Рф	31,7	3,6	39,0	7,8	59,7	5,8	50,7	4,1
по 2,0г.к.+Рс	33,5	5,4	42,8	11,6	61,0	7,1	51,2	4,6
по 3,0г.к.	30,9	-	33,9	-	54,8	-	47,8	-
по 3,0г.к.+Рф	32,8	1,9	37,0	3,1	57,5	2,7	49,3	2,5
по 3,0г.к.+Рс	32,9	2,0	40,7	6,8	60,2	5,4	50,7	3,9
HCP <sub>05</sub> , ц/га	-	-	-	3,9	-	-	-	5,2

С повышением фона извести, как показывают результаты исследований, эффективность фосфоритной муки, как и суперфосфата снижается, что объясняется улучшением обеспеченности растений фосфором за счет извести, особенно высоких доз (2,0 и 3,0 г.к.).

Так, продуктивность севооборота за счет извести по 3,0 г.к. повысилась в третьей ротации на 7,0, в четвертой – на 7,9 ц з.е./га. Урожайность озимой пшеницы в данном случае увеличилась на 11,8 и 12,8 ц/га соответственно. Наибольшая урожайность озимой пшеницы и продуктивность полевого севооборота достигались при сочетании фосфорных и известковых удобрений. Фосфоритная мука по своей эффективности не уступала суперфосфату не только на сильноокислой почве (без извести), но и на высоких фонах извести (по 2,0 и 3,0 г.к.). В первом случае гидролитическая кислотность

составляла 5,2-5,8 мг-экв/100 г, а  $pH_{\text{кол}}$  – 4,1, во втором – около 1,0-2,0 мг-экв/100 г и 5,5-6,4 соответственно.

В последующих ротациях произошло заметное подкисление известкованной почвы. Так,  $pH_{\text{кол}}$  почве фона извести по 2,5 г.к. составил в 8-й ротации 5,3, в 11-й – 5,1, на фоне 3,0 г.к. – 5,5 и 5,2 соответственно. Значительно повысилась гидролитическая кислотность и достигала 2,1-2,2 мг-экв/100 г. При таких агрохимических свойствах продуктивность севооборота и урожайность озимой пшеницы в вариантах Рф и Рс были примерно равными (табл. 3). По сравнению с первыми ротациями эффективность обеих форм фосфорных удобрений в 8-й и 11-й ротациях на высоких фонах извести повысилась в 2-3 раза, а уровни прибавок урожайности от их применения практически не отличались от таковых на фоне НК и низкой дозы извести (по 1,5 г.к.).

### 3. Эффективность фосфоритной муки и суперфосфата на повышенных фонах извести в девятой и одиннадцатой ротациях

Вариант опыта	Девятая ротация				Одиннадцатая ротация			
	Продуктивность севооборота, ц з.е./га, (2003-2007 гг.)	Прибавка, ц з.е./га	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	Прибавка, ц/га	Продуктивность севооборота, ц з.е./га (2012-2016 гг.)	Прибавка, ц з.е./га	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	Прибавка, ц/га
Без удобрений	24,2	-	26,4	-	25,4	-	21,7	-
NK-фон	29,0	-	28,2	-	26,9	-	23,1	-
Фон+Рф	37,4	8,4	33,7	5,5	36,6	9,7	39,5	16,4
Фон+Рс	39,0	10,0	34,4	6,2	38,0	11,1	41,8	18,7
Фон + Са: по 1,5 г.к.	35,3	-	34,4	-	38,2	-	37,3	-
по 1,5 г.к.+Рф	44,0	8,7	43,9	9,5	50,3	12,1	53,3	16,0
по 1,5 г.к.+Рс	46,5	11,2	45,4	11,0	51,7	13,5	55,2	17,9
по 2,5 г.к.	41,1	-	45,9	-	43,6	-	47,5	-
по 2,5 г.к.+Рф	49,6	8,5	56,9	11,0	55,8	12,2	60,8	13,3
по 2,5 г.к.+Рс	50,7	9,6	56,0	10,1	57,2	13,6	62,6	15,1
по 3,0 г.к.	43,0	-	47,0	-	43,9	-	48,1	-
по 3,0 г.к.+Рф	50,2	7,2	57,2	10,2	54,2	10,3	60,9	12,8
по 3,0 г.к.+Рс	51,9	8,9	56,9	9,9	55,6	11,7	62,8	14,7
НСР <sub>05</sub> , ц/га	-	-	-	5,4	-	-	-	4,3

Для выявления высокой эффективности фосфоритной муки на фоне повышенных доз извести в полевом опыте определяли кислотность почвы в смешанных образцах и отдельных очагах (5 см) пахотного слоя, изучали ее фосфатный режим. Известно, что фактор кислотности почвы в эффективности фосфоритной муки играет основную роль. Установлено, что при внесении извести вследствие неравномерного распределения ее в пахотном слое в первое время наблюдалась относительная неоднородность реакции почвенной среды. В почве, известкованной по 1,5; 2,0 и 3,0 г.к.  $pH_{\text{пол.}}$  отдельных слоев – очагов колебался от 4,2 до 6,5 и 7,0, а в неизвесткованной – от 3,8 до 4,3. Общее количество очагов с  $pH$  до 5,5 в почве, известкованной по 1,5 г.к., составляло 62%, по 3,0 г.к. – 46%. Это свидетельствует о том, что даже многократная обработка почвы существующими орудиями не обеспечивает равномерное распределение извести в пахотном слое, в результате образуются очаги почвы с кислой реакцией. С этим, очевидно, и связана эффективность фосфоритной муки. В последующий период, как показали результаты исследований, не обнаруживались очаги с высокими значениями  $pH$  (выше 5,5-6,0) – происходило подкисление всего пахотного слоя почвы. В условиях вегетационного и микрополевого опытов при тщательном перемешивании извести с почвой такое не достигается. Причем за короткий период не происходит полного разложения фосфорита. Поэтому данные длительных полевых исследований не подтверждают результаты вегетационных и микролевых опытов.

При высоких значениях  $pH$  (выше 6,0) известкованной почвы полевого опыта снижалась концентрация  $P_2O_5$  в солевой вытяжке (степень подвижности фосфатов), происходили образование карбонатов кальция и связывание фосфатов [10,11].

О полном разложении фосфоритной муки можно судить по величине  $P_2O_5$  в солевых вытяжках при сравнении вариантов с внесением суперфосфата. Данные определения этого показателя фосфатного режима (табл. 4) в нашем опыте показали, что они зависели от формы фосфорных удобрений лишь в первое время (в третьей ротации). В данный период величина  $P_2O_5$  в солевой вытяжке была выше в вариантах с применением суперфосфата, чем фосфоритной муки. Такая закономерность отмечается на всех фонах, включая неизвесткованный (NK). В четвертой ротации такие большие различия

наблюдались на самом высоком фоне извести (по 3,0 г.к.). В последующих ротациях степень подвижности фосфатов в вариантах с применением обеих форм фосфорных удобрений была примерно равная и на высоких фонах извести, т.е. степень разложения фосфоритной муки зависит от времени и дозы извести. В известкованной почве вариантов с применением фосфорных удобрений концентрация  $P_2O_5$  в последние сроки несколько повышалась по сравнению с неизвесткованной почвой, т. е. происходил процесс мобилизации фосфатов, внесенных с удобрениями.

### 4. Влияние извести и фосфорных удобрений на концентрацию $P_2O_5$ в солевой вытяжке

Вариант опыта	$P_2O_5$ в 0,02 н. $CaCl_2$ , мг/л			
	1	2	3	4
Без удобрений	0,032	0,038	0,040	0,031
NK-фон	0,045	0,046	0,050	0,036
Фон+Рф	0,11	0,16	0,10	0,12
Фон+Рс	0,14	0,15	0,10	0,12
Фон+Са: по 1,5 г.к.	0,046	0,038	0,041	0,040
по 1,5 г.к.+Рф	0,088	0,13	0,12	0,13
по 1,5 г.к.+Рс	0,16	0,16	0,13	0,13
по 2,0 г.к.	0,040	0,046	0,050	0,038
по 2,0 г.к.+Рф	0,062	0,19	0,14	0,15
по 2,0 г.к.+Рс	0,14	0,22	0,12	0,14
по 3,0 г.к.	0,089	0,034	0,050	0,042
по 3,0 г.к.+Рф	0,058	0,070	0,12	0,13
по 3,0 г.к.+Рс	0,13	0,12	0,13	0,12

Примечание. Ротации: 1 – третья, 2 – четвертая, 3 – седьмая, 4 – десятая.

Эффективность фосфоритной муки на высоких фонах извести в полевом опыте связана не только с кислотностью, временем взаимодействия ее с почвой, улучшением фосфатного режима известкованной почвы, но и с наличием бобовой культуры (клевера) в севообороте.

**Заключение.** Исследования в длительном (50 лет) полевом опыте на слабокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве показали, что фосфоритная мука при систематическом применении на высоких фонах извести (по 1,5; 2,5 и 3,5 г.к.) оказывает такое же влияние на урожайность культур, как и суперфосфат. Ее эффективность определяется образованием очагов почвы с кислой реакцией ( $pH_{\text{пол.}}$  до 5,5) в первый период, подкислением всего пахотного слоя и улучшением фосфатного режима в последующий, а также наличием в севообороте клевера (20-40%).

Высокая эффективность фосфоритной муки обеспечивалась при величине гидролитической кислотности известкованной почвы 1,5-2,0 мг-экв/100 г и степени насыщенности основанием около 80-85%.

#### Литература

1. Сычев В.Г., Шафран С.А. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА. – 200 с.
2. Голубев Б.А. Кислые почвы и их улучшение. – М.: Сельхозиздат, 1954. – С. 30-92.
3. Шильников И.А., Игнатов В.Г. Влияние известкования на эффективность фосфоритной муки и суперфосфата/Сб. Вопросы известкования почв. – Горки, 1973. – С. 63-69.
4. Асаров Х.К. Известкование и фосфоритование кислых почв Нечерноземной зоны//Доклады ТСХА.- 1980. – Вып. 263.- С. 16-22.
5. Игнатов В.Г. Влияние извести на эффективность фосфоритной муки//Бюлл. ВИАУ. – 1974. – №17. – С. 103-106.

6. Глазунова Н.М., Плешкова А.П. Влияние доз извести на доступность растений суперфосфата и фосфоритной муки//Бюлл ВИАУ. – 1971. – № 47. – С.66-70.
7. Сиротин Ю.П. Проблема использования на удобрение фосфоритов СССР//Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. – М.,1980. – 27 с.
8. Янишевский Ф.В., Дзикович К.А., Безуглая Ю.М. Влияние известкования на эффективность минеральных удобрений в многолетних полевых опытах//Химия в сельском хозяйстве. – 1985.-№11. – С.14-17.
9. Алиев Ш.А., Дышко В.Н., Сушеница Б.А. Использование местных фосфоритов для повышения продуктивности земледелия. – М.:ВНИИА, 2004. – 248 с.
10. Похлебкина Л.П., Игнатов В.Г. Влияние известкования на подвижность фосфатов в дерново-подзолистой почве//Агрохимия. – 1984. – №10. – С. 80-85.
11. Сычев В.Г., Кирпичников Н.А., Шильников И.А. Эффективность фосфоритной муки при известковании дерново-подзолистых почв. – М.: ВНИИА, 2015. – 138 с.

## SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF PHOSPHORITE MEAL APPLICATION IN A LONG-TERM FIELD EXPERIMENT

*N.A. Kirpichnikov, L.B. Chernyshkova, Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia*

*Results of a 50-year-long field experiment with the application of phosphorite meal and high lime rates to a poorly cultivated loamy soddy-podzolic soil are presented. The effect of lime rates on the agrochemical properties of soils is shown. The efficiency of phosphorite meal and superphosphate applied together with high lime rates is determined.*

*Keywords: phosphorite meal, superphosphate, liming, crop yield, phosphates, soil acidity, long-term experiment, crop rotation, cycle.*

## АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД САХАРНУЮ СВЕКЛУ НА ОСНОВНЫХ ТИПАХ ПОЧВ В ЗОНАХ ЕЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

*А.Н. Аристархов, д.б.н., Т.А. Яковлева, ВНИИА*

Установлено, что комплексное применение удобрений (NPK + B) под сахарную свеклу способствует не только повышению урожая и качества продукции, но и окупаемости традиционных NPK удобрений на 48-60%, улучшению сахаристости корнеплодов на 0,7-1,4% и получению дополнительного сбора сахара до 7-11 ц/га, что в пересчете на общую площадь ее посева в нашей стране может составить 0,7-1,0 млн т.

Ключевые слова: сахарная свекла, основное внесение борных удобрений, прибавка урожая корнеплодов, сахаристость, выход сахара, окупаемость применения удобрений.

Сахарная свекла – культура достаточно требовательная как к традиционным NPK удобрениям, так и к микроудобрениям. При отсутствии целевого применения последних недобор урожая многих сельскохозяйственных культур, в том числе и сахарной свеклы, может достигать 15-20%, а в ряде случаев и более [1-3]. В 2012 г. площадь посевов сахарной свеклы в России составляла 1143 тыс. га, ее урожайность – 398 ц/га, а валовой сбор – 43,4 млн т, производство свекловичного сахара – 4,73 млн т. В 2013 г. урожайность корнеплодов данной культуры возросла до 432 ц/га на посевной площади 905 тыс. га, что обусловило падение валового сбора продукции до 37,7 млн т [4, 5]. Особо подчеркивается, что с ростом урожайности корнеплодов происходит снижение их сахаристости. Так, в 2008-2009 гг. она составляла 17,4%, в 2010 г. – 16,6, в 2011 г. – 16,0, а в 2012 г. – 15,5%. Вместе с тем, научными исследованиями и передовой практикой земледелия систематически подтверждается, что урожайность культуры и качество ее продукции при оптимизации применения агрохими-

ческих средств можно существенно увеличить урожай – до 500-600 ц/га и более, а сахаристость корнеплодов – до 18-19%, в том числе за счет микроудобрений на 0,9-1,9% [1, 4, 6-10]. Показательным примером перспективности получения очень высоких урожаев сахарной свеклы может служить опыт одного из лучших хозяйств РФ – Госплемзавода-колхоза «Россия» Ставропольского края. Он в 2013-2016 гг. довел продуктивность этой культуры до 793-886 ц/га на значительной площади посева (530-660 га) с валовым ежегодным сбором корнеплодов 420-540 тыс. т [10]. Следовательно, при возделывании сахарной свеклы в производственных условиях имеются существенные резервы повышения ее урожайности. К их числу следует отнести научно обоснованное применение борных микроудобрений. Большой объем экспериментальных исследований по этому вопросу накоплен в системе научно-исследовательских учреждений и Государственной агрохимической службы страны. Однако он еще недостаточно обобщен и проанализирован, особенно это касается факторов, ограничивающих продуктивность культуры, обоснования экономической целесообразности применения агрохимических средств, в том числе микроудобрений и влияния их на улучшение качества получаемой растительной продукции.

Цель исследований – установить агроэкономическую эффективность применения борных удобрений под сахарную свеклу на основных типах почв в зонах ее возделывания.

**Методика.** Исследования проводили путем обобщения экспериментальных данных, полученных в массовых краткосрочных полевых опытах Геосети, агрохим-