

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ АГРОЦЕНОЗОВ

Б.А. Сушеница<sup>1</sup>, д.с.-х.н., В.Н. Капранов<sup>1</sup>, д.с.-х.н., П.В. Прудников<sup>2</sup>, к.с.-х.н.

<sup>1</sup>Лаборатория удобрений и мелиорантов, e-mail: sovetsdis@ya.ru

<sup>2</sup>ФГУ «Брянскагрохимрадиология», e-mail: agrohim32@mail.ru

*В многолетнем полевом опыте на дерново-подзолистой почве, загрязненной радионуклидами, изучена агрохимическая и антирадиационная эффективность новых видов комплексных удобрений. Установлено существенное повышение урожайности полевых культур и двукратное снижение радиоцезия в сельхозпродукции.*

*Ключевые слова: комплексные удобрения, антирадиационные барьеры, удельная активность почвы, накопление радиоцезия, продуктивность звена севооборота.*

### EFFICIENCY OF NEW COMPLEX FERTILIZERS UNDER RADIOACTIVE POLLUTION

B.A. Sushenitsa, V.N. Kapranov, P.V. Prudnikov

*Study of agrochemical and anti-radiation efficiency of new complex fertilizers in long-term period experiment of sod-podzolic soil, polluted by radionuclides. Essential increase of yield and double decrease of radio-caesium concentration in plants were established.*

*Keywords: complex fertilizers, anti-radiation barriers, specific soil activity, radio-caesium accumulation, productivity of crop rotation chain.*

После аварии на Чернобыльской АЭС загрязненными радионуклидами и наиболее опасным и долгоживущим из них <sup>137</sup>Cs оказались 57 тыс. км<sup>2</sup> территории нашей страны, включая сопредельные государства. Больше всего пострадали Брянская, Калужская, Орловская, Тульская области.

Для реабилитации радиоактивно загрязненных почв и получения нормативно чистой продукции растениеводства целесообразно использовать агрохимические средства, которые характеризуются высокой емкостью обмена, что обеспечивает снижение биологической подвижности радионуклидов, а также доз облучения работающего персонала. Этим требованиям отвечает комплексное удобрение «Борофоска гранулированная» (ТУ 2183-003-35608560-2005), производимая ЗАО «АИП-Фосфаты» (марки А и Б).

Удобрение зарегистрировано в Министерстве сельского хозяйства России (Свидетельство о государственной регистрации агрохимиката № 0046-06-204-016-0001 от 17 февраля 2006 г.), а на способ получения гранулированных комплексных минеральных удобрений (марки А и Б) выдан патент № 2342350 от 27 декабря 2008 г. Массовая доля общего P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в продукте составляет 10-12%, K<sub>2</sub>O – 13-16%, CaO – 20%, MgO – 2%, бора – 0,25%. Кроме того фосфоритная мука содержит в своем составе 31% SiO<sub>2</sub>, 4 x 10<sup>-4</sup>% кобальта, 8 x 10<sup>-4</sup>% меди, 3 x 10<sup>-3</sup>% цинка, 8 x 10<sup>-5</sup>% молибдена.

Цель исследований состояла в изучении новых комплексных минеральных удобрений, позволяющих снизить поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, и получении практических результатов по совершенствованию, апробированию и внедрению их в производство.

Эффективность применения удобрений изучена в 2004-2009 гг. в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве СПК «Заречье» Новозыбковского района в звене севооборота (озимая рожь – овес с мн. травами – мн. травы 1 г.п. – мн. травы 2 г.п.), размещенного

во времени и пространстве (на трех полях). Изучали разные формы удобрений: борофоску с калием электролитным; борофоску с калием хлористым; нитроборофоску с калием электролитным и аммиачной селитрой; нитроборофоску с калием хлористым и аммиачной селитрой. Их влияние на агрохимические свойства почвы, урожайность культур и снятие радиационной нагрузки на продукцию растениеводства сравнивали с действием традиционных видов NPK удобрений.

До закладки опыта в среднем по трем полям почва характеризовалась близкой к нейтральной реакцией среды (рН<sub>KCl</sub> 5,8-6,0), высоким содержанием подвижного фосфора (228-277 мг/кг) и повышенной обеспеченностью подвижным калием (126-172 мг/кг). Через 4 года применения удобрений обменная кислотность почвы осталась на исходном уровне, а гидролитическая кислотность повысилась в среднем на 0,3 мг-экв/100 г почвы во всех вариантах опыта, но в меньшей мере от применения борофоски и нитроборофоски, приготовленной с хлористым калием.

Применение новых гранулированных минеральных удобрений на основе фосфоритной муки оказало позитивное воздействие на производственные процессы формирования урожая сельскохозяйственных культур. Данные таблицы 1 показывают, что от свежеснесенных форм нитроборофосок получено дополнительно 10 ц/га зерна озимой ржи, и по эффективности они превзошли действие традиционных минеральных удобрений на 20-30%. Прибавки урожая от применения обеих форм борофосок и минеральных удобрений были соизмеримы, а наибольший эффект достигнут в варианте с борофоской, приготовленной с калием хлористым, где рост урожайности озимой ржи составил 49% к контролю. На второй культуре звена севооборота (овес с подсевом многолетних трав), применение борофосок обеспечило дополнительно к контролю 46-59 ц/га, нитроборофосок – 63-68 ц/га зеленой массы травяной смеси. При этом эффективность последних была выше промышленных удобрений

## 1. Эффективность новых комплексных и минеральных удобрений в звене зернотравяного севооборота (полевой опыт, 2004-2009 гг.)

Вариант	Урожайность в контроле и прибавка от удобрений по вариантам, ц/га				Продуктивность звена севооборота	
	озимая рожь (зерно)	овес (з.м.)	мн. травы 1 г.п. (з.м.)	мн. травы 2 г.п. (з.м.)	ц/га з.е.	прибавка к контролю
Контроль (без удобрений)	17,4	190	223	175	84	–
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> (аммиачная селитра, суперфосфат, калий хлористый)	7,8	40	42	32	105	21
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> (азофоска)	8,1	50	35	15	103	19
P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (борофоска)*	7,3	46	48	27	105	21
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (нитроборофоска)**	9,8	63	50	32	110	26
P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (борофоска)***	8,6	59	65	35	111	27
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (нитроборофоска)****	10,3	68	70	41	115	31
<i>HCP<sub>05</sub>, ц/га</i>	2,2	7,5	7,3	3,3		

\* удобрение на основе Рф, калия электролитного и борной кислоты; \*\* – то же самое, с включением аммиачной селитры; \*\*\* удобрение на основе Рф, калия хлористого и борной кислоты; \*\*\*\* – то же самое и аммиачная селитра

## 2. Влияние удобрений на содержание <sup>137</sup>Cs в почве и многолетних травах 2 г.п. (в среднем по 3 полям)

Вариант	Почва				Зеленая масса, Бк/кг	Кн	Кп	Кратность снижения
	до закладки опыта (2004 г.)		после уборки мн. трав (2007 г.)					
	Бк/кг	кБк/м <sup>2</sup>	Бк/кг	кБк/м <sup>2</sup>				
Контроль (без удобрений)	2285	618	1905	514	118	0,062	0,23	–
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> (аммиачная селитра, суперфосфат, калий хлористый)	2310	624	2059	556	60	0,029	0,11	2,1
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> (азофоска)	2206	596	2017	544	89	0,044	0,16	1,4
P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (борофоска)*	2309	624	2071	560	54	0,026	0,10	2,3
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (нитроборофоска)**	2271	614	1930	522	79	0,041	0,15	1,5
P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (борофоска)***	2082	567	1947	530	67	0,034	0,13	1,8
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> V <sub>0,5</sub> (нитроборофоска)****	2204	595	2033	549	77	0,038	0,14	1,6

\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\* – см. таблицу 1

на 10-12%. В последствии в вариантах с новыми гранулированными удобрениями, при производстве которых использовали калий электролитный, урожайность зеленой массы многолетних трав 1 г.п. увеличилась в среднем на 20%, а где применяли калий хлористый – на 30% к контролю. Стандартные удобрения обеспечили прибавку урожая на 16-19%. На второй год возделывания многолетних трав эффективность отдельных видов промышленных и новых удобрений с калием электролитным была равнозначной, обеспечив прирост урожая зеленой массы порядка 30 ц/га. Прибавка урожая от борофоски и нитроборофоски с калием хлористым была выше и составила 35 и 41 ц/га к контролю.

Общая продуктивность звена севооборота от применения новых гранулированных удобрений составила 105-115 ц/га зерн.ед., с дополнительным сбором зерновых единиц продукции 21-31 ц/га к контролю. От применения промышленных видов минеральных удобрений в сумме за 4 года получено 103-105 ц/га зерн.ед. с меньшей прибавкой – 19-21 ц/га зерн.ед.

Влияние традиционных и новых минеральных удобрений на подвижность радионуклида в почве и накопление его в растениеводческой продукции оценено на злаковых многолетних травах. Из таблицы 2 следует, что в СПК «Заречье» Новозыбковского района почва характе-

ризовалась высоким уровнем радиоактивного загрязнения <sup>137</sup>Cs, а именно удельная активность почвы по вариантам полевого опыта в среднем по 3 полям колебалась от 2163 до 2343 Бк/кг, а плотность радиационного загрязнения составила 587-633 кБк/м<sup>2</sup>. После уборки многолетних трав 2 г.п. мониторинг радиационной обстановки выявил различное воздействие изучаемых в опыте удобрений на поведение радиоцезия в почве. Если в контроле за краткосрочный период его содержание в почве снизилось на 380 Бк/кг, в основном за счет выноса культурами звена севооборота, то разные виды удобрений способствовали его фиксации в ППК в необменной форме, главным образом, посредством калийного компонента, что способствовало меньшему поступлению радиоцезия в зеленую массу трав и выносу его урожаем. В большей мере переход радиоцезия в труднодоступное для растений состояние обеспечило внесение борофоски и нитроборофоски с калием хлористым, в вариантах с которыми абсолютные значения удельной активности уменьшились на 135-171 Бк/кг.

По содержанию радиоцезия в зеленой массе продукция соответствовала допустимым санитарным нормам (СанПиН 2.3.2.1078-01 – 370 Бк/кг). Наибольшее снижение поступления радиоцезия в растения многолетних трав отмечается от применения борофоски с калием

электролитным – в 2,3 раза в сравнении с контролем. Наименьший эффект получен от азофоски – в 1,4 раза. Существенная (2,1 и 1,8 раза) кратность снижения отмечается от раздельного внесения НРК-удобрений и борофоски с калием хлористым. С введением в состав борофоски азотного удобрения ее эффективность в плане снижения поступления радиоцезия в растения злаковых трав имела меньшее (1,5-1,6 раза) значение кратности. Причина тому – ингибирование положительного эффекта калия азотом.

При расчете экономической эффективности применения новых форм комплексных удобрений на основе фосфоритов Полпинского месторождения в наших исследованиях основное внимание было уделено двум важным показателям: условно-чистому доходу (руб./га) и окупаемости затрат (руб./руб.). Расчет экономической эффективности показал, что борофоска, приготовленная на основе хлористого калия, обеспечила условно чистый доход 2,5 рубля на 1 рубль затрат. Незначительно по рентабельности уступила борофоска, в состав которой был введен калий электролитный. От ее применения условно чистый доход составил 2,2 рубля на 1 рубль затрат. Нитроборофоска, приготовленная на основе хлористого калия и калия электролитного, обеспечила условно чистый доход 2 рубля на 1 рубль затрат. Экономическая эффективность раздельного внесения НРК-удобрений в дозе  $N_{80}P_{80}K_{80}$  отмечается на уровне приме-

нения нитроборофоски. Наиболее затратным было использование азофоски, которая обеспечила условно чистый доход 1,3 рубля на 1 рубль затрат.

По эффективности снижения поступления цезия-137 в растениеводческую продукцию предпочтительным удобрением также была борофоска, приготовленная на основе калия электролитного, где кратность снижения в среднем за 4 года составила 3,1 раза. Менее эффективными в снижении цезия-137 в продукцию отмечались формы нитроборофоски, приготовленные на основе хлористого калия и калия электролитного, где кратность снижения составляла 1,8 и 1,7 раза. Наименьший эффект (1,2 раза) снижение по этому показателю получен от применения азофоски.

*Таким образом, новое комплексное удобрение «Борофоска гранулированная» и другие ее композиции являются экономически выгодными и экологически безопасными агрохимическими средствами, способными конкурировать на рынке минеральных удобрений. При этом они способствуют повышению урожайности полевых культур и получению нормативно чистой продукции за счет снижения поступления радиоцезия в растения. Удобрения следует рекомендовать для реабилитационных мероприятий и для создания антирадиационных барьеров на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодьях.*