

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. ВИУА. – 1974. – №17. – С. 103-106.

6. Глазунова Н.М., Плешкова А.П. Влияние доз извести на доступность растений суперфосфата и фосфоритной муки//Бюлл. ВИУА. – 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-

службы, научно-исследовательских учреждений, опубликованных в открытой печати. В результате исследований создана база данных полевых опытов по эффективности применения борных удобрений под изучаемую культуру, включающая более 220 опыто-лет наблюдений. Агрохимическая характеристика основных типов почв опытов, пестрота ее показателей и эффективность применения под сахарную свеклу борных удобрений представлены в таблице 1.

**1. Характеристика выборок полевых опытов с основным (в почво-) внесением борных удобрений под сахарную свеклу на различных типах почв**

Агрохимические показатели почв	Число наблюдений, опыто-лет	Интервал значений показателей почв	Оценка агрохимических показателей по существующим градациям (число групп)	Вариация прибавок урожая, ц/га
<i>Дерново-подзолистые почвы (супесчаные и легкосуглинистые)</i>				
Гумус, %	17	1,1-3,0	3	27-60
pH, ед.	20	4,7-7,0	3	23-61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	20	28-81	3	23-75
K <sub>2</sub> O, мг/кг	20	23-70	3	23-61
B, мг/кг	17	0,14-0,38	1	16-64
Дозы B, кг д.в./га	20	0,50-2,00	3	20-61
<i>Серые лесные почвы (средне- и тяжелосуглинистые)</i>				
Гумус, %	24	2,5-3,8	3	23-48
pH, ед.	28	5,3-6,1	3	20-43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	27	27-175	4	27-43
K <sub>2</sub> O, мг/кг	26	15-223	4	20-40
B, мг/кг	27	0,17-0,36	1	20-43
Дозы B, кг д.в./га	35	0,40-2,00	3	16-61
<i>Черноземы оподзоленные (тяжелосуглинистые)</i>				
Гумус, %	14	3,1-6,2	3	26-42
pH, ед.	14	5,5-6,4	3	15-60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	15	20-125	3	10-60
K <sub>2</sub> O, мг/кг	15	3,0-16,5	4	10-60
B, мг/кг	15	0,18-0,41	2	26-42
Дозы B, кг д.в./га	17	0,30-2,00	2	26-60
<i>Лугово-черноземные оподзоленные (легко- и тяжелосуглинистые)</i>				
Гумус, %	17	2,6-3,2	2	20-70
pH, ед.	17	5,5-5,8	2	20-70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	17	24-145	3	20-70
K <sub>2</sub> O, мг/кг	17	67-76	3	20-70
B, мг/кг	37	0,30-0,50	2	15-70
Дозы B, кг д.в./га	37	0,20-3,00	3	14-70
<i>Черноземы выщелоченные (легко- и тяжелосуглинистые)</i>				
Гумус, %	49	5,4-7,4	4	17-58
pH, ед.	43	4,9-6,4	4	18-58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	43	56-254	4	20-62
K <sub>2</sub> O, мг/кг	43	85-187	4	20-60
B, мг/кг	43	0,24-1,86	3	14-34
Дозы B, кг д.в./га	50	0,50-3,00	3	10-62
<i>Черноземы обыкновенные и типичные (средне- и тяжелосуглинистые)</i>				
Гумус, %	31	4,3-8,1	4	20-62
pH, ед.	31	5,4-7,6	3	20-60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	31	46-200	4	20-82
K <sub>2</sub> O, мг/кг	31	100-400	4	20-60
B, мг/кг	35	0,24-1,50	4	20-46
Дозы B, кг д.в./га	48	0,50-5,00	4	20-82
<i>Каштановые почвы при орошении (средне- и тяжелосуглинистые)</i>				
Гумус, %	14	2,0-4,1	2	24-69
pH, ед.	14	7,5-8,0	2	26-42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	14	18-25	2	26-42
K <sub>2</sub> O, мг/кг	-	-	-	-
B, мг/кг	14	0,25-0,98	3	26-69
Дозы B, кг д.в./га	17	1,00-2,00	3	26-69

**Результаты и их обсуждение.** Результаты обобщения и анализа выборки полевых опытов по эффективности применения борных удобрений свидетельствуют о производственно значимых прибавках урожая изучаемой культуры при основном способе внесения бор-

ных удобрений. При этом пределы колебаний прибавок урожая в опытах достаточно широки: на дерново-подзолистых почвах – от 16 до 75 ц/га, на серых лесных – от 20 до 61, на оподзоленных черноземах – от 10 до 60, на лугово-черноземных почвах – от 14 до 70, на черноземах выщелоченных – от 10 до 62, на обыкновенных и типичных черноземах – от 20 до 82 и на каштановых почвах при орошении – от 26 до 70 ц/га (см. табл.1). Следовательно, причины такого варьирования надо анализировать.

Установлено, что среди агрохимических показателей практически всех типов почв, влияющих на повышение эффективности применения бора на фоне NPK под сахарную свеклу, наиболее четко прослеживаются такие как, улучшение гумусового состояния почв, их кислотности, фосфатного режима, а также оптимизация доз применения борных удобрений. Выявлено, что при увеличении содержания гумуса на дерново-подзолистых и серых лесных почвах с 1,1 до 3,0-4,0% прибавки урожая корнеплодов сахарной свеклы от применения борных удобрений возрастают, соответственно, с 25 до 45 ц/га, и с 13 до 32 ц/га. Аналогичные тенденции выявлены на черноземах оподзоленных, выщелоченных, обыкновенных и типичных. В условиях орошения на всех подтипах каштановых почв при изменении содержания гумуса с <2,0 до 3,0-4,0% прибавки урожая увеличиваются с 21,0 до 33-44 ц/га.

Оптимизация реакции почвенной среды при возделывании сахарной свеклы является также одним из решающих агрохимических факторов повышения эффективности борных удобрений. Так, при изменении pH с 5,0 до 6,0-7,0 на дерново-подзолистых почвах прибавки урожая сахарной свеклы возрастают с 23 до 34-36 ц/га, а на серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и лугово-черноземных оподзоленных – с 20-26 до 38-46 ц/га. Однако, при подщелачивании почв, как установлено на каштановых почвах, выявлена тенденция к снижению уровня прибавок урожая с 36 ц/га (при pH <7,6) до 21 ц/га (при pH 8 и более). Это происходило не только в богарных условиях (по данным единичных опытов), но и при орошении.

Важным агрохимическим фактором, влияющим на эффективность борных удобрений, является уровень содержания подвижного фосфора в почвах. Так, на дерново-подзолистых почвах прибавки урожая корнеплодов сахарной свеклы при изменении содержания подвижного фосфора с 20-50 до 80 мг/кг и более возрастали с 40-42 до 61 ц/га, а на серых лесных почвах и черноземах оподзоленных и выщелоченных – с 20 до 30-31 ц/га. Аналогичные тенденции отмечены и на других типах почв. Так, на лугово-черноземных оподзоленных почвах, где массовыми опытами (порядка 37 опыто-лет наблюдений) отмечается увеличение прибавки урожая корнеплодов при использовании бора до 55 ц/га при уровне фосфатов в почве 100-145 мг/кг по сравнению с прибавкой урожая 25 ц/га при низком содержании фосфатов (<25 мг/кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Характер выявленных связей между эффективностью борных удобрений и содержанием подвижного калия под сахарную свеклу на различных типах почв показал определенную неоднозначность. Так, на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и выщелоченных при содержании в них калия, соответственно, 20-70, 120-230, 30-90, 100-187 мг/кг, влияние калийного режима на эффективность

применения борных удобрений существенно не проявилось. Уровень прибавок корнеплодов свеклы был примерно одинаковым, соответственно по вышеназванным почвам: 31-33, 26-30, 26-28, 25-31 ц/га. На других типах почв – черноземах типичных и обыкновенных, лугово-черноземных оподзоленных установлено положительное влияние улучшения калийного режима почв на повышение эффективности применения борных удобрений под сахарную свеклу.

Существенным недостатком выборки полевых опытов по изучению эффективности борных удобрений является то, что ранее это планировалось в основном на почвах с недостаточным содержанием бора. Поэтому в наших исследованиях проследить взаимосвязи различного содержания бора в почвах с эффективностью борных удобрений в полном объеме не удалось (табл.2). Вместе с тем, на черноземах выщелоченных, обыкновенных и типичных в целой серии опытов эффективность борных удобрений под сахарную свеклу была изучена и на почвах со средней и высокой обеспеченностью этим микроэлементом. В этих опытах установлено проявление тенденции к снижению эффективности борных удобрений под сахарную свеклу при повышении содержания бора в почвах от низких до средних и высоких значений.

**2. Влияние различных уровней содержания подвижного бора в почвах и доз бора на изменчивость прибавок урожая сахарной свеклы от борных удобрений при их основном внесении**

Бор в почве		Борные микроудобрения	
содержание, мг/кг	прибавка урожая от В, ц/га	дозы, кг/га	прибавка урожая от В, ц/га
<i>Дерново-подзолистые почвы (17-20)*</i>			
<0,14	19	<0,5	34
0,15-0,22	43	1,0-1,4	38
0,23-0,40	44	1,5-2,0	51
<i>Серые лесные почвы (24-35)*</i>			
<0,20	29	<0,5	20
0,21-0,30	25	1,0-1,4	26
0,31-0,36	27	1,5-2,0	37
<i>Черноземы оподзоленные (14-17)*</i>			
<0,30	32	<1,0	26
0,31-0,41	34	1,1-2,0	32
<i>Лугово-черноземные оподзоленные (27-37)*</i>			
<0,33	39	<0,5	30
0,38	31	0,6-1,2	37
>0,50	-	1,3-2,0	37
<i>Черноземы выщелоченные (43-50)*</i>			
<0,30	28	<0,5	17
0,31-1,34	25	0,6-1,0	28
1,35-1,86	25	1,1-2,0	26
-	-	2,1-3,0	20
<i>Черноземы обыкновенные и типичные (31-48)*</i>			
<0,33	32	<1,0	31
0,34-0,75	32	1,1-1,5	32
>0,76 (0,76-1,50)	25	1,6-2,0	39
-	-	2,1-3,0	24
-	-	>3,0 (3,1-5,0)	25
<i>Каштановые почвы при орошении (14-17)*</i>			
<0,30	45	<1,0	28
0,30-0,60	41	1,1-1,5	25
-	-	1,6-2,0	39

Примечание. \*В скобках указано число опыто-лет наблюдений.

Важным агрохимическим фактором является оптимизация доз применения борных удобрений. Установлено, что под сахарную свеклу на большинстве основных типов почв из наиболее широко изученных под нее доз бора (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 и 5,0 кг д.в/га) наиболь-

шие прибавки урожая корнеплодов обеспечиваются при дозе 2,0 кг д.в/га: на дерново-подзолистых почвах – 51 ц/га, на серых лесных – 37, на черноземах оподзоленных – 32, на черноземах обыкновенных и типичных – 38 и на каштановых почвах при орошении – 39 ц/га. На черноземах выщелоченных, обыкновенных и типичных, на которых изучали более широкий диапазон доз борных удобрений, выявлено, что дозы бора под сахарную свеклу более 3,0 кг/га применять нецелесообразно, так как они обеспечивают получение прибавки урожая более низкие, чем при использовании дозы бора 2,0 кг д.в/га. Следовательно, эту дозу бора при основном внесении в почву следует признать оптимальной под сахарную свеклу, возделываемую на большинстве типов почв, за исключением ее посевов на лугово-черноземных оподзоленных почвах и выщелоченных черноземах, на которых, по данным большого экспериментального материала (37-50 опыто-лет наблюдений), оптимальная доза бора более низкая -1,0-1,2 кг д.в/га.

*Окупаемость применения борных удобрений.* Применение борных удобрений под сахарную свеклу на фоне NPK достаточно выгодно с экономической точки зрения. Как показали исследования, они не только обеспечивают высокую окупаемость микроудобрения прибавками урожая корнеплодов, но и повышают эффективность используемых традиционных удобрений (NPK)(табл. 3).

В литературных источниках отсутствуют материалы об уровнях окупаемости применения борных удобрений под изучаемую культуру. Ранее в наших исследованиях была установлена высокая окупаемость цинковых удобрений прибавками урожая зерновых [11-14], которая на 2-3 порядка выше окупаемости традиционных NPK урожаями. С помощью расчетов практически впервые выявлено, что окупаемость борных удобрений при использовании их под сахарную свеклу необычно высокая – от 1700 до 5400 кг/кг в зависимости от прибавок урожая корнеплодов и доз используемых борных удобрений. Наиболее высокая окупаемость бора, естественно, при использовании его низких доз.

Для обоснования целесообразности применения борных удобрений под сахарную свеклу очень существенно, что они повышают эффективность применения традиционных макроудобрений (NPK). По материалам выборки полевых опытов выявлено, что не во всех ранее проведенных исследованиях в схемах опытов присутствовал контрольный вариант (без удобрений), и это не дало возможность рассчитать прибавку урожая от NPK, а, следовательно, и их окупаемость в полном объеме, т.е. на всех типах почв. Вместе с тем, в опытах с сахарной свеклой на черноземах оподзоленных (39 опыто-лет наблюдений), выщелоченных (75 опыто-лет наблюдений) и типичных (39 опыто-лет наблюдений) с наличием контрольного варианта выявлено, что окупаемость NPK (без бора) составила, соответственно, 25, 9 и 15 кг/кг, тогда как NPK + В была более высокой, т.е. – 37; 16 и 25 кг/кг. Таким образом, использование борных удобрений на фоне NPK под сахарную свеклу способствует повышению окупаемости традиционных удобрений (NPK) на 48-60%, в том числе на черноземах оподзоленных – на 48, выщелоченных – на 56 и на черноземах типичных – на 60%.

**3. Окупаемость применения борных, NPK и NPK+B удобрений прибавками урожая сахарной свеклы при их основном внесении на различных типах почв**

Число опыто- лет наблю- дений	Вариант опыта	Урожай корней сах. св., ц/га	Прибавка урожая корней сах. св. , ц/га		Окупаемость, кг/кг		
			к кон- тролю от NPK и NPK+B	к фону от В	NPK	NPK+B	В
Дерново-подзолистые почвы (супесчаные и среднесуглинистые)							
45	(NPK) <sub>90-120</sub> – фон	296	-	-	-	-	-
	Фон + В 0,5-2,0	361	-	65	-	-	3450
Серые лесные почвы (тяжело- и среднесуглинистые)							
69	(NPK) <sub>90-120</sub> – фон	324	-	-	-	-	-
	Фон+ В 0,4-2,0	380	-	56	-	-	2602
Черноземы оподзоленные (тяжелосуглинистые)							
39	Контроль	232	-	-	-	-	-
	(NPK) <sub>40-120</sub> -фон	329	97	-	25	-	-
	Фон+ В 0,3-2,0	247	115	18	-	37	5131
Лугово-черноземные оподзоленные (легко- и тяжелосуглинистые)							
110	(NPK) <sub>20-120</sub> + 20 т/га навоза – фон	469	-	-	-	-	-
	Фон +В 0,2-3,0	524	-	55	-	-	5404
Черноземы выщелоченные (легко- и тяжелосуглинистые)							
75	Контроль	226	-	-	-	-	-
	(NPK) <sub>60-220</sub> -фон	285	59	-	9	-	-
	Фон + В 0,5-3,0	305	79	20	-	16	3246
Черноземы обыкновенные (средне- и тяжелосуглинистые)							
45	(NPK) <sub>60-120</sub> – фон	252	-	-	-	-	-
	Фон + В 1,0-4,5	230	-	28	-	-	2316
Черноземы типичные (легко- и тяжелосуглинистые)							
39	Контроль	209	-	-	-	-	-
	(NPK) <sub>90-120</sub> – фон	304	96	-	15	-	-
	Фон + В 0,5-3,0	329	120	25	-	25	1685
Каштановые почвы при орошении (средне- и тяжелосуглинистые)							
36	(NPK) <sub>90-160</sub> – фон	489	-	-	-	-	-
	Фон + В 1,2-2,0	520	-	31	-	-	1815

Влияние борных удобрений на содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и его сборы с урожаем. Исследованиями подтверждено, что борные удобрения практически во всех зонах свеклосеяния повышают содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и увеличивают сборы сахара (табл.4).

Статистические данные о качестве продукции сахарной свеклы, выращиваемой в основных районах ее возделывания, в последние годы говорят о достаточно существенном снижении содержания сахара в корнеплодах и его сборов. Считаю, что одной из причин такого положения является отсутствие широкого применения борных удобрений под эту культуру. Анализ данных значительного количества опыто-лет наблюдений показал, что применение боросодержащих удобрений в полевых опытах, максимально приближенных к производственным условиям (опыты агрохимслужбы проводились на полях колхозов и совхозов), способствует

повышению сахаристости корнеплодов на большинстве изученных типов почв на 0,4-0,7%, а на черноземах типичных – на 1,4%. Дополнительные сборы сахара с 1 га посева культуры при этом могут достигать на большинстве почв (дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные) 5,0-6,9 ц/га, а на черноземах типичных, обыкновенных и каштановых почвах – 8,1-10,7 ц/га, что от валового сбора сахара с 1 га только от NPK-удобрений может составлять 10-16% в первом случае и 19-25% – во втором. Таким образом при средних ежегодных площадях посева сахарной свеклы порядка 1 млн га при самых минимальных дополнительных сборах сахара с каждого гектара от борных удобрений можно было бы в целом по стране ранее получать до 500-700 тыс. т сахара, а при более оптимальных дополнительных сборах продукции с каждого гектара – более 1 млн т сахара, что могло бы существенно снизить закупки этого продукта за рубежом.

**4. Влияние борных удобрений на содержание сахара в сахарной свекле и на его сбор с урожаем на различных типах почв**

Вариант опыта	Урожай корне-плодов сах.свеклы, ц/га	Прибавка урожая корней сах. свеклы к фону от В , ц/га	Содержание сахаров в корнеплодах сах.свеклы	
			Общий % / прибавка от бора, %	Сбор сахара, ц/га/ прибавка от бора
Дерново-подзолистые почвы(27)*				
(NPK) <sub>90-120</sub> – фон	323	-	17,0	54,9
Фон+ В 0,5-2,0	353	30	17,5/0,5	61,8/6,9
Серые лесные почвы (42)*				
(NPK) <sub>90-120</sub> – фон	338	-	17,4	58,8
Фон+ В 0,4-1,5	359	21	18,1/0,7	65,0/6,2
Черноземы оподзоленные (39)*				
(NPK) <sub>120-180</sub> -фон	330	-	16,6	54,5
Фон+ В 0,3-2,0	346	16	17,3/0,7	59,9/5,4
Лугово-черноземные оподзоленные (110)*				
(NPK) <sub>20-120</sub> +20 т/га навоза – фон	488	-	17,2	83,9
Фон +В 0,2-2,0	526	38	17,8/0,6	93,6/9,7
Черноземы выщелоченные (51)*				
(NPK) <sub>60-220</sub> - фон	271	-	17,1	46,3
Фон + В 0,5-2,0	287	16	17,5/0,4	50,2/5,0
Черноземы обыкновенные (36)*				
(NPK) <sub>60-120</sub> – фон	270	-	14,9	40,2
Фон + В 1,0-4,5	337	67	15,1/0,2	50,9/10,7
Черноземы типичные (39)*				
(NPK) <sub>90-120</sub> -фон	304	-	16,1	48,5
Фон + В 0,5-3,0	329	25	17,5/1,4	57,6/9,1
Каштановые почвы (при орошении) (30)*				
(NPK) <sub>90-100</sub> -фон	435	-	16,8	73,1
Фон + В 1,2-2,0	464	29	17,5/0,7	81,2/8,1

\*Количество опыто-лет наблюдений.

**Заключение.** Проанализирован большой объем информации по эффективности борных удобрений при основном их внесении под сахарную свеклу, возделываемую на преобладающих типах почв в регионах. Установлено, что эффективность применения борных удобрений под изучаемую культуру существенно зависит от основных агрохимических показателей плодородия почв (гумус, кислотность и содержание подвижного фосфора), а также от выбора оптимальных доз борных удобрений. Достоверно подтверждено, что борные удобрения не только повышают урожайность сахарной свеклы, но и существенно увеличивают содержание сахара в ее корнеплодах. Исследованиями установлено, что применение борных удобрений достаточно высоко окупается прибавкой урожая корнеплодов. Они также способствуют повышению эффективности применения традиционных (NPK) удобрений. На ряде исследованных почв (черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные) окупаемость NPK+B – удобрений дополнительной прибавкой урожая корнеплодов сахарной свеклы увеличивается на 48-60% от уровня окупаемости только NPK ( без бора). Борные удобрения, вносимые в почву в дозах 1,0-2,0 кг д.в./га повышают содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы на 0,7-1,4%, что обуславливает возможное получение дополнительного сбора сахара с общей площади ее посева в стране до 0,7-1,0 млн т. Следовательно, научно обоснованное применение борных удобрений под сахарную свеклу не только теоретически и практически значимо, но и может способствовать сокращению затрат на покупку недостающего для отечественного населения необходимого продукта – сахара.

#### Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. – М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. – 524 с.

2. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонова А.Ф., Толстоусов В.П., Ефимова Н.К., Буцуев Н.Н. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления. – М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.
3. Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Оптимизация применения микроудобрений под сахарную свеклу // Московский экономический журнал (QJE.Su). – 2017. – №2 (в рубрике «Сельское хозяйство»).
4. Державин Л.М., Мерзлая Г.Е., Хайдуков К.П. Интегрированное применение удобрений и других средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях производства сахарной свеклы. – М.: ВНИИА, 2015. – 379 с.
5. Статистические материалы развития агропромышленного производства России – М.: Россельхозакадемия, 2014. – 35 с.
6. Катайлов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. – М.-Л.: Химия, 1965. – 121 с.
7. Анспок П.И. Микроудобрения (справочная книга). – М.-Л.: Колос, Ленинградское отд., 1978. – 272 с.
8. Бузовер Ф.Я., Ваганов А.П. Влияние микроэлементов на сахаристость и нарастание корней сахарной свеклы. / Тез. докл. 5-го Всесоюзного совещания «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». – Улан-Удэ, 1965. Т.3. – С. 233–234.
9. Сапатый С.Е. Влияние микроэлементов на рост, развитие, биохимические показатели и урожайность сахарной свеклы сорта В-031 / Тез. докл. 5-го Всесоюзного совещания «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». – Улан-Удэ, 1965. Т.3. – С. 237–240.
10. Аристархов А.Н. Мои университеты в жизни, образовании и научной сфере. – М.: ВНИИА, 2017 – 192 с.
11. Аристархов А.Н., Волков А.В., Яковлева Т.А. Агроэкономическая эффективность применения цинковых удобрений под яровую пшеницу на различных типах почв//Плодородие. – 2016. – №2. – С. 2-10
12. Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Влияние агрохимических свойств различных типов почв на эффективность применения цинковых удобрений под кукурузу (*Zea mays* L.) на зерно в основных природно-сельскохозяйственных зонах России//Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – №3. – С. 21-27.
13. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Цинк в агроэкосистемах России: мониторинг и эффективность применения. – М.: Изд-во ВНИИА, 2015. – 203 с.
14. Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Влияние агрохимических свойств различных типов почв на эффективность применения цинковых удобрений под кукурузу на зеленую массу//Плодородие. – 2017. – №1. – С. 30-35.

## AGROECONOMIC EFFICIENCY OF BORON FERTILIZERS FOR SUGAR BEET ON THE MAIN SOIL TYPES

A.N. Aristarkhov, T.A. Yakovleva

Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Sciences,  
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

*It is established that the integrated application of fertilizers (NPK + B) for sugar beet not only increases the yield and improves the crop quality, but it also increases the recoupment of traditional NPK fertilizers by 48–60%, sugar content of roots by 0.7–1.4%, and sugar yield to 7–11 t/ha, which is equivalent to 0.7–1.0 million tons of additional sugar yield for the total crop area in our country.*

**Keywords:** sugar beet, basic application of boric fertilizers, root yield gain, sugar content, sugar yield, fertilizer recoupment.

### Вниманию читателей!

В журнале «Плодородие» №4 в статье В.В. Бородычева и Е.Е. Михайлова

«Минеральное питание столовой свеклы при капельном орошении» на стр.11

в таблице для каждого уровня предполивной влажности неверно указаны дозы удобрений,

следует читать:

$N_{30}P_{70}K_0$

$N_{80}P_{110}K_{90}$

$N_{130}P_{150}K_{180}$