

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ БОРНОЙ КИСЛОТЫ В ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ В КАЧЕСТВЕ БОРСОДЕРЖАЩИХ МИКРОУДОБРЕНИЙ. ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА БЕЛОЙ ГОРЧИЦЫ

**Н.А. Кодочилова<sup>1</sup>, Т.С. Бузынина<sup>1</sup>, В.В. Семенов<sup>2</sup>,  
Б.И. Петров<sup>2</sup>, Н.М. Лазарев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Нижегородский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,  
Нижегородская обл., Кстовский р-н, с. п. Селекционной станции, Россия

<sup>2</sup> Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН,  
г. Нижний Новгород, Россия

Концентрированные растворы борной кислоты в моноэтанолаmine, диэтанолаmine, триэтанолаmine, глицерине и этиленгликоле с содержанием  $H_3BO_3$  25,6; 19,9; 22,9; 20,4; 19,5 мас. % соответственно испытаны в качестве борсодержащих микроудобрений при возделывании белой горчицы. Растворы в органических жидкостях перед использованием многократно разбавлялись водой. Агрономические исследования проводились на светло-серой лесной среднесуглинистой почве в рамках полевого опыта на базе Нижегородского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2021 г. По урожайности зеленой массы горчицы при сравнении с контрольным вариантом достоверная прибавка отмечена на вариантах с использованием бората глицерина и диэтаноламина. Оценка влияния изучаемых растворов на урожайность зерна опытной культуры показала, что наибольший эффект наблюдался при использовании борной кислоты, растворенной в глицерине. На химический состав растительной продукции изучаемые растворы положительного влияния не оказали, однако, согласно справочным данным, горчица отличалась повышенным содержанием азота (более 4,50 %) и калия (более 0,59 %). Экономически наиболее целесообразно возделывать культуру на фоне внекорневой подкормки растений боратом глицерина. Кроме того, экономически обоснованным является проведение внекорневой подкормки боратами ди- и триэтаноламина. Положительное влияние на посевные качества семян было отмечено при использовании борной кислоты, растворенной в глицерине. Так, по энергии прорастания максимальные значения установлены при обработке семян борной кислотой в глицерине (вариация от 86 до 96 %). 100%-ные значения всхожести достигнуты при 0,005 %-ном разбавлении раствора борной кислоты в воде, борной кислоты в моноэтанолаmine (0,005–0,050 % концентрации), борной кислоты в глицерине (0,001–0,005 % концентрации). Наиболее длинный проросток отмечен на варианте с 0,100%-ным раствором борной кислоты в глицерине (7,8 см).

*Ключевые слова:* борная кислота, моноэтаноламин, диэтаноламин, триэтаноламин, глицерин, этиленгликоль, белая горчица, урожайность, структура урожая

### Введение

Необходимые для питания растений микроэлементы (бор, марганец, кобальт, медь, цинк, молибден) используются в виде разбавленных водных растворов при капельном поливе и предпосевной обработке семян. Товарная форма микроудобрений, приобретаемых сельскохозяйственными предприятиями, представляет собой близкий к насыщенному водный раствор солей. Перед использованием он подвергается многократному разбавлению до необходимых концентраций. Растворимость [1] сульфатов марганца, меди, цинка и кобальта в 5–13 раз больше, чем борной кислоты. Из двух выпускаемых промышленными предприятиями в больших количествах соединений бора – борной кислоты и буры (тетрабората натрия) – наибольшей растворимостью в водной среде (4,87 г в 100 мл при 20 °С) [1] обладает борная кислота. Соизмеримые с перечисленными металлами количества бора невозможно внести в водный раствор. В работах [2, 3] мы продемонстрировали возможность использования в агрономических мероприятиях крепких растворов борной кислоты в органических жидкостях: моноэтанолаmine  $H_2NCH_2CH_2OH$ , диэтанолаmine  $HN(CH_2CH_2OH)_2$ , триэтанолаmine  $N(CH_2CH_2OH)_3$ , глицерине  $HOCH_2CH(OH)CH_2OH$ , эти-

ленгликоле  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  и морфолине  $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2)_2\text{CH}_2$ . Борная кислота растворяется в них намного лучше, чем в воде. Испытания были выполнены на примерах двух сортов гороха, озимой и яровой пшеницы. В настоящей работе бораты моноэтаноламина, диэтаноламина, триэтаноламина, глицерина и этиленгликоля испытаны на примере белой горчицы. Соединения, получающиеся при растворении борной кислоты в функциональных органических жидкостях, имеют хелатное строение [4]. Производное триэтаноламина представляет собой широко известный боратран [5] – маловязкую жидкость, устойчивую на воздухе и быстро смешивающуюся с большим количеством воды с образованием прозрачных растворов. Морфолин оказался мало подходящим растворителем из-за подверженности полимеризации, в связи с чем он в дальнейшем не использовался. Моноэтаноламин, диэтаноламин, триэтаноламин, глицерин и этиленгликоль представляют собой крупнотоннажные продукты химической промышленности. Цель работы заключалась в выяснении влияния используемых растворов борной кислоты в органических жидкостях на рост и развитие белой горчицы.

### Экспериментальная часть

Определение плотности растворов производили с помощью набора ареометров общего назначения ИСП.А1, ТУ 25-11-1363-77 завода «Химлабприбор» ПО «Термоприбор». Показатели преломления измеряли на рефрактометре УРЛ. Использовали борную кислоту ГОСТ 9656-75 (АО «Химреактив», Н. Новгород), моноэтаноламин ТУ 2632-094-44493179-04 (ЭКОС-1), глицерин ГОСТ 6259-75, этиленгликоль ГОСТ 10164-75 (ЭКОС-1). Для испытаний на агрономическую эффективность были приготовлены [2] следующие растворы борной кислоты в органических жидкостях: раствор борной кислоты в моноэтанолаmine (БК-МЭА), С 25,6 % (4,98 моль/л),  $d_4^{20}$  1,161 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4660; раствор борной кислоты в диэтанолаmine (БК-ДЭА), С 19,9 % (3,61 моль/л),  $d_4^{21}$  1,192 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{21}$  1,4542; раствор борной кислоты в триэтанолаmine (БК-ТЭА), С 22,9 % (4,46 моль/л),  $d_4^{20}$  1,202 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4431; раствор борной кислоты в глицерине (БК-ГЛ), С 20,4 % (4,21 моль/л),  $d_4^{20}$  1,276 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4626, раствор борной кислоты в этиленгликоле (БК-ЭГ), С 19,5 % (3,55 моль/л),  $d_4^{20}$  1,122 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4274.

Агрономические исследования проводились в рамках полевого опыта на базе Нижегородского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2021 г. Почва опытного участка светло-серая лесная среднесуглинистая со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: обменная кислотность – 5,8 ед. рН (близкая к нейтральной); гидролитическая кислотность – 1,10 мг-экв./100 г почвы; сумма обменных оснований – 15,40 мг-экв./100 г почвы; содержание подвижного фосфора – 162 мг/кг (высокое); подвижного калия – 123 мг/кг (повышенное); гумуса – 1,43 % (очень низкое). Закладка полевого опыта проводилась по следующей схеме:

1. Контроль (NPK – азот, фосфор, калий) – фон.
2. Фон + внекорневая подкормка (водный раствор борной кислоты) – П.
3. Фон + внекорневая подкормка (хелатная форма бора) – П.

Опыт однофакторный, основанный на сравнении форм микроэлемента (водный раствор/хелатная форма).

Повторность опыта четырехкратная, общая площадь делянки – 60 м<sup>2</sup>, учётная – 26,5 м<sup>2</sup>. Размещение делянок в опыте систематическое. В 2021 году борсодержащие растворы использовались для обработки семян и внекорневой подкормки растений.

### Обсуждение результатов

#### *Влияние различных форм борной кислоты на формирование урожая горчицы белой*

Интегральным показателем, отражающим эффективность использования микроудобрений, является урожайность сельскохозяйственных культур. Улучшение условий минерального питания, в том числе за счет оптимальной обеспеченности растений микроэлементами, приводит к повышению продуктивности культурных растений, что подтверждается многочисленными исследованиями, проведенными в различных почвенно-климатических зонах нашей страны [6–9].

В рамках вышеобозначенного направления перед нами стояла задача изучить влияние различных форм микроудобрений при внекорневой подкормке на формирование элементов структуры урожая и урожайность горчицы белой. Отбор снопового материала проводился перед уборкой

## Неорганическая химия

культуры в фазу полной спелости зерна. Также проводился учет зеленой массы урожая культуры во время вегетации (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют, что по урожайности зеленой массы горчицы при сравнении с контрольным вариантом прибавка отмечена на вариантах с использованием боратов глицерина и диэтаноламина.

Водный раствор борной кислоты снизил урожайность с 168 до 136 ц/га. Однако использование для внекорневой подкормки диэтаноламина (БК-ДЭА) и глицерина (БК-ГЛ) привело к ее увеличению до 184 и 204 ц/га соответственно (на 9,5 и 21,4 %). Раствор БК-МЭА подействовал идентично БК-Н<sub>2</sub>O (снизил урожайность зеленой массы), в то время как триэтаноламин (БК-ТЭА) и этиленгликоль (БК-ЭГ) скомпенсировали отрицательное воздействие БК-Н<sub>2</sub>O до уровня фона.

Таблица 1

Влияние борной кислоты на урожайность зеленой массы белой горчицы

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка			
		к фону		к варианту с традиционной формой микроэлемента	
		ц/га	%	ц/га	%
1. Контроль (фон)	168	–	–	–	–
2. Фон + БК-Н <sub>2</sub> O	136	–32	–19,0	–	–
3. Фон + БК-МЭА	136	–32	–19,0	0	0,0
4. Фон + БК-ДЭА	184	16	9,5	48	35,3
5. Фон + БК-ТЭА	164	–4	–2,4	28	20,6
6. Фон + БК-ГЛ	204	36	21,4	68	50,0
7. Фон + БК-ЭГ	162	–6	–3,6	26	19,1
<i>HCP<sub>05</sub></i>		<b>35</b>		<b>12</b>	

Весьма эффективным оказалось действие растворов БК в органических жидкостях на урожайность зерна горчицы белой, в то время как водный раствор только незначительно ее увеличил – с 2,3 до 2,4 ц/га (табл. 2). Из пяти использованных препаратов только моноэтаноламин более чем в два раза снизил урожайность (с 2,3 до 1,1 ц/га). Использование БК-ДЭА, БК-ТЭА, БК-ГЛ и БК-ЭГ привело к увеличению сбора зерна до 4,4, 3,7, 7,0 и 2,7 ц/га соответственно, т. е. в 1,9; 1,6; 3,0 и 1,2 раза.

Таблица 2

Влияние борной кислоты на урожайность зерна белой горчицы

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка			
		к фону		к варианту с традиционной формой микроэлемента	
		ц/га	%	ц/га	%
1. Контроль (фон)	2,3	–	–	–	–
2. Фон + БК-Н <sub>2</sub> O	2,4	0,1	4,3	–	–
3. Фон + БК-МЭА	1,1	–1,2	–52,2	–1,3	–54,2
4. Фон + БК-ДЭА	4,4	2,1	91,3	2,0	83,3
5. Фон + БК-ТЭА	3,7	1,4	60,9	1,3	54,2
6. Фон + БК-ГЛ	7,0	4,7	204,3	4,6	191,7
7. Фон + БК-ЭГ	2,7	0,4	17,4	0,3	12,5
<i>HCP<sub>05</sub></i>		<b>0,11</b>		<b>0,05</b>	

Наиболее ярко выраженное действие раствор борной кислоты оказал на длину растений и число зерен с растения: прибавка составила 12,7 и 292,5 % соответственно (табл. 3). Борат моноэтаноламина положительно повлиял на разветвленность растений (в 7,35 раз выше контроля) и увеличение числа зерен в стручке (в 1,25 раза выше контроля). Наибольшей сохранности растений горчицы способствовал раствор борной кислоты в диэтанолаmine, где количество растений с 1 м<sup>2</sup> составило 130,0 шт., что на 29 растений больше фонового варианта. Борат глицерина (вариант 6) увеличил биомассу 1000 семян на 1,0 г к фону, что превысило варианты с водой и традиционной формой бора.

Таблица 3

Структура урожая горчицы белой на фоне использования борсодержащих препаратов

Варианты опыта	Длина растения, см		Количество						Масса			
			растений с 1 м <sup>2</sup> , шт.		ветвей с 1 м <sup>2</sup> , шт.		зерен в стручке, шт.		зерен с 1 растения, г		масса 1000 зерен, г	
	сред.	± к фону	сред.	± к фону	сред.	± к фону	сред.	± к фону	сред.	± к фону	сред.	± к фону
1. Контроль (фон)	71,3	–	101,0	–	12,0	–	4,0	–	49,6	–	3,9	–
2. Фон + БК-Н <sub>2</sub> O	80,4	9,1	110,0	9,0	85,0	73,0	4,5	0,5	194,7	145,1	3,9	0,0
3. Фон + БК-МЭА	73,1	1,8	122,0	21,0	88,2	76,2	5,0	1,0	121,0	71,4	4,0	0,1
4. Фон + БК-ДЭА	76,1	5,0	130,0	29,0	66,7	54,7	3,5	–0,5	65,2	15,6	4,2	0,3
5. Фон + БК-ТЭА	68,1	–3,2	124,0	23,0	83,7	71,7	4,2	0,2	79,8	30,2	4,1	0,2
6. Фон + БК-ГЛ	75,4	4,3	110,0	9,0	75,6	63,6	3,7	–0,3	127,9	78,3	4,9	1,0
7. Фон + БК-ЭГ	74,4	3,1	115,0	14,0	70,3	58,3	3,7	–0,3	77,3	27,7	4,4	0,5
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>2,3</b>		<b>10,0</b>		<b>46,2</b>		<b>0,2</b>		<b>24,7</b>		<b>0,2</b>	

*Влияние различных форм борной кислоты на химический состав зерна белой горчицы*

Согласно данным табл. 4, содержание азота в зерне горчицы на контрольном варианте оказалось наибольшим (4,99 % в пересчете на абсолютно сухое вещество). Среди растворов бора положительные результаты получены при использовании моноэтаноламина, который повысил концентрацию азота до 4,63 %, что хотя и уступает контрольному варианту, но превосходит справочные данные (4,50 %) [10].

По сравнению с подкормкой растений водой (контрольный вариант) на вариантах с применением борной кислоты и бората этиленгликоля содержание фосфора в зерне составило 1,17 %.

Содержание калия при внекорневой подкормке горчицы белой растворами бора варьировало от 0,90 (борат глицерина) до 1,02 % (водный раствор борной кислоты), что соответственно на 0,09 % было ниже контроля и на 0,03 % выше его.

Таблица 4

Содержание макроэлементов в зерне горчицы белой на фоне использования растворов борной кислоты

Варианты опыта	Азот, %		Фосфор, %		Калий, %	
	Среднее	Отклонение от контроля	Среднее	Отклонение от контроля	Среднее	Отклонение от контроля
1. Контроль (фон)	4,99	–	1,15	–	0,99	–
2. Фон + БК-Н <sub>2</sub> O	4,58	–0,41	1,17	0,02	1,02	0,03
3. Фон + БК-МЭА	4,63	–0,36	1,15	0,00	0,99	0,00
4. Фон + БК-ДЭА	4,52	–0,47	1,14	–0,01	0,94	–0,05
5. Фон + БК-ТЭА	4,46	–0,53	1,14	–0,01	0,94	–0,05
6. Фон + БК-ГЛ	4,52	–0,47	1,11	–0,04	0,90	–0,09
7. Фон + БК-ЭГ	4,37	–0,62	1,17	0,02	0,94	–0,05
<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>0,25</b>		<b>0,02</b>		<b>0,03</b>

*Влияние растворов борной кислоты в органических растворителях на посевные качества семян и морфометрические показатели проростков горчицы белой*

В рамках лабораторных исследований нами было изучено влияние различных концентраций исследуемых борсодержащих соединений на прорастание семян белой горчицы. Действие изучаемого препарата – хелатного соединения сопоставлялось с влиянием, оказываемым на растения традиционной формой – водного раствора борной кислоты, используемой в практике сельскохо-

## Неорганическая химия

звестного производства как источник данного микроэлемента. Также при постановке эксперимента был предусмотрен контрольный вариант с использованием дистиллированной воды. В ходе проведения лабораторных экспериментов нами были изучены показатели энергии прорастания и всхожести проростков опытной культуры, а также их длина (табл. 5).

На фоне высоких концентраций растворов борной кислоты в диэтаноламине, триэтаноламине, этиленгликоле наблюдается ярко выраженный токсический эффект на энергию прорастания (–18...–6 %) и всхожесть (–16...–6 %) семян опытной культуры. Разбавление способствовало увеличению ответной реакции растений, однако изменения не выходят за пределы ошибки опыта.

Таблица 5

Влияние борсодержащих соединений на посевные качества семян горчицы белой

№ п/п	Вариант	Концентрация раствора, %	Энергия прорастания, %		Всхожесть, %		Длина проростка, см	
			Среднее	± К контролю	Среднее	± К контролю	Среднее	± К контролю
1	Контроль (H <sub>2</sub> O)	0,000	86	–	96	–	5,8	
2	БК–H <sub>2</sub> O	0,100	86	0	94	–2	6,8	1,0
3		0,050	80	–6	92	–4	6,4	0,6
4		0,010	84	–2	98	2	6,1	0,3
5		0,005	88	2	100	4	6,4	0,6
6		0,001	88	2	98	2	7,0	1,2
		<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0,4</b>
7	БК–МЭА	0,100	88	2	96	0	6,6	0,8
8		0,050	82	–4	100	4	6,2	0,3
9		0,010	80	–6	100	4	6,3	0,4
10		0,005	82	–4	100	4	7,3	1,5
11		0,001	86	0	98	2	6,8	1,0
		<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>3</b>		<b>3</b>		<b>0,7</b>
12	БК–ДЭА	0,100	72	–14	86	–14	5,2	–0,6
13		0,050	74	–12	88	–8	5,6	–0,2
14		0,010	78	–8	88	–8	5,7	–0,1
15		0,005	80	–6	92	–4	6,2	0,4
16		0,001	92	6	94	–2	6,4	0,6
		<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>6</b>		<b>4</b>		<b>0,3</b>
17	БК–ТЭА	0,100	68	–18	80	–16	4,8	–1,0
18		0,050	72	–14	84	–12	4,5	–1,3
19		0,010	76	–10	88	–8	5,3	0,5
20		0,005	80	–6	94	–2	4,9	–0,9
21		0,001	86	0	96	0	5,3	0,5
		<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>9</b>		<b>6</b>		<b>0,4</b>
22	БК–ГЛ	0,100	94	8	96	0	7,8	2,0
23		0,050	92	6	98	2	7,2	1,4
24		0,010	92	6	98	2	6,8	1,0
25		0,005	92	6	100	4	6,4	0,6
26		0,001	96	10	100	4	7,2	1,4
		<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>4</b>		<b>2</b>		<b>0,8</b>
27	БК–ЭГ	0,100	80	–6	90	–6	6,0	0,2
28		0,050	78	–8	90	–6	5,9	0,1
29		0,010	82	–4	92	–4	6,0	0,2
30		0,005	82	–4	94	–2	6,4	0,6
31		0,001	84	–2	96	0	6,3	0,7
		<b>НСР<sub>05</sub></b>		<b>4</b>		<b>2</b>		<b>0,2</b>

Водный раствор борной кислоты оказал незначительный положительный эффект на посевные качества семян. При снижении концентрации опытного раствора были отмечены прибавки на 2,0 % по энергии прорастания (5 и 6 варианты) и по всхожести на 2–4 % (4–6 варианты опыта).

Максимальные значения энергии прорастания были отмечены на вариантах с боратом глицерина при разном разбавлении. К моменту определения всхожести 100%-ные значения были получены при использовании водного раствора борной кислоты при 0,005%-ном разбавлении, моноэтаноламина (0,050–0,005 %) и глицеролата бора при 0,005–0,001%-ной концентрации раствора.

Анализ длины проростка показал, что при снижении концентрации опытных растворов до 0,005–0,001 % показатель достиг наибольших прибавок при сравнении с более насыщенными формами борсодержащих растворов. Так, на вариантах с диэтаноломином, триэтаноломином и этиленголиколем показатель варьировал от 5,3 до 6,4 см при разбавлении до 0,005 %, что также не обеспечило прибавки к длине, но токсический эффект был менее выражен. Водный раствор борной кислоты при 0,001%-ной концентрации дал прибавку 1,2 см к контролю (5,8 см). На варианте с боратом моноэтаноламина максимальная прибавка составила 1,5 см (7,3 см) при 0,005%-ной концентрации раствора. Раствор борной кислоты в глицерине оказал более стимулирующий эффект на длину проростка. Показатель варьировал от 6,4 до 7,8 см, что в 1,10–1,34 раз больше фонового варианта.

**Исследования выполнены в рамках госзадания (Тема № 45.4 «Химия функциональных материалов», рег. № 0094-2016-0012) с использованием оборудования центра коллективного пользования «Аналитический центр ИМХ РАН» в Институте металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН при поддержке гранта «Обеспечение развития материально-технической инфраструктуры центров коллективного пользования научным оборудованием» (Уникальный идентификатор RF-2296.61321X0017, номер соглашения 075-15-2021-670).**

#### Литература

1. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1991. 432 с.
2. Использование растворов борной кислоты в органических жидкостях в качестве борсодержащих микроудобрений. Влияние на урожайность и химический состав зерна озимой и яровой пшеницы / Н.А. Кодочилова, А.О. Иваненкова, Т.С. Бузынина и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия Химия. 2021. Т. 13, № 2. С. 49–61. DOI: 10.14529/chem210205.
3. Влияние борной кислоты в органических жидкостях на проростки зернобобовых культур / Н.А. Кодочилова, Т.С. Бузынина, В.В. Семенов, Б.И. Петров // Агрехимический вестник. 2021, № 6. С. 78–85. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-6-016.
4. Несмеянов А.Н., Соколик Р.А. Методы элементорганической химии. Бор, алюминий, галлий, индий, таллий. М.: Наука, 1964. 499 с.
5. Convenient and fast synthesis of boratrane in water medium / Yu.I. Bolgova, G.A. Kuznetsova, O.M. Trofimova, M.G. Voronkov // Chem. Heterocycl. Comp. 2013. Vol. 49, no. 8. P. 1246–1248. DOI: 10.1007/s10593-013-1370-6.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 2011. 251 с.
7. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. 1986-01-07. М.: Стандартиформ, 2011. С. 30.
8. Комаров В.И., Калинина З.Т., Гришина А.В. Динамика агрохимических показателей плодородия почв пахотных угодий и объемов применения средств химизации во Владимирской области // Достижения науки и техники АПК. 2016, № 11. С. 17–23.
9. Корчагин В.И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв Воронежской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. н.: 06.01.04. Воронеж. ГАУ им. Петра I. Воронеж, 2017. 28 с.
10. Булдыкова И.А., Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Микроэлементы на посевах подсолнечника // Научный журнал КубГАУ. 2015, № 107(03). С. 1–14.

**Кодочилова Наталья Александровна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Нижегородский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 607686, Нижегородская обл., Кстовский р-н, с. п. Селекционной станции, ул. Центральная, д. 38. E-mail: nnov-niish@mail.ru

**Бузынина Татьяна Сергеевна**, младший научный сотрудник, Нижегородский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 607686, Нижегородская обл., Кстовский р-н, с. п. Селекционной станции, ул. Центральная, д. 38. E-mail: tattiana121@yandex.ru

**Семенов Владимир Викторович** – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук, 603950, г. Нижний Новгород, бокс 445, ул. Тропинина, 49. E-mail: vvsemenov@iomc.ras.ru

**Петров Борис Иванович**, доктор технических наук, заместитель директора, Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук, 603950, г. Нижний Новгород, бокс 445, ул. Тропинина, 49. E-mail: bip@iomc.ras.ru

**Лазарев Николай Михайлович**, кандидат химических наук, научный сотрудник, Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук, 603950, г. Нижний Новгород, бокс 445, ул. Тропинина, 49. E-mail: nikolai-lazarev@mail.ru

*Поступила в редакцию 27 мая 2022 г.*

---

DOI: 10.14529/chem220409

### USE OF BORIC ACID SOLUTIONS IN ORGANIC LIQUIDS AS BORON-CONTAINING FERTILIZERS. INFLUENCE ON YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF WHITE MUSTARD SEEDS

**N.A. Kodochilova**<sup>1</sup>, *nnov-niish@mail.ru*

**T.S. Buzynina**<sup>1</sup>, *tattiana121@yandex.ru*

**V.V. Semenov**<sup>2</sup>, *vvsemenov@iomc.ras.ru*

**B.I. Petrov**<sup>2</sup>, *bip.@iomc.ras.ru*

**N.M. Lazarev**<sup>2</sup>, *nikolai-lazarev@mail.ru*

<sup>1</sup> *Nizhny Novgorod Research Agricultural Institute – Branch of «Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitskogo», Nizhny Novgorod region, Kstovo district, s.p. Breeding station, Russian Federation*

<sup>2</sup> *G.A. Razuvaev Institute of Organometallic Chemistry of the RAS, Nizhny Novgorod, Russian Federation*

Concentrated solutions of boric acid in monoethanolamine, diethanolamine, triethanolamine, glycerol, and ethylene glycol with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> content of 25.6, 19.9, 22.9, 20.4, and 19.5 wt. % were tested as boron-containing microfertilizers on the example of white mustard. Solutions in organic liquids were repeatedly diluted with water before use. Agronomic studies were carried out as part of a field experiment on the basis of the Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Research Center of the North-East, in 2021 on light gray forest medium loamy soil. In terms of mustard green mass yield, compared with the control variant, a significant increase was noted only in the variant with the use of glycerol and diethanolamine borate. Evaluation of the influence of the studied solutions on the crop yield of the experimental cultures showed that the greatest effect was observed when boric acid dissolved in glycerol was used. The studied solutions did not have a positive effect on the chemical composition of plant products, however, according to reference data mustard had a high content of nitrogen (more than 4.50%) and potassium (more than 0.59%). It is economically most expedient to cultivate a crop against the background of foliar feeding by glycerol borate. In addition, foliar top dressing with di- and triethanolamine borates is economically justified. A positive effect on the sowing qualities of seeds was noted in the case of boric acid dissolved in glycerol. Thus, in terms of germination energy, the maximum values were established when seeds were treated with boric acid in glycerol (the range from 86 to 96%). Germination values up to 100% were achieved with a 0.005% aqueous solution of boric acid, boric acid in monoethanolamine (0.005–0.050% concentration), boric acid in glycerol (0.001–0.005% concentration). The longest seedling was noted in the variant with a 0.100% solution of boric acid in glycerol (7.8 cm).

*Keywords: boric acid, monoethanolamine, diethanolamine, triethanolamine, glycerol, ethylene glycol, white mustard, productivity, crop structure*

### References

1. Rabinovich V.A., Khavin Z.Ya. *Kratkiy khimicheskiy spravochnik*. [Brief chemical handbook]. Leningrad: Khimiya Publ., 1991.
2. Kodochilova N.A., Ivanenkova A.O., Buzynina T.S., Semenov V.V., Petrov B.I., Lazarev N.M. [The use of solutions of boric acid in organic liquids as boron-containing microfertilizers. Influence on yield and chemical composition of winter and spring wheat]. *Bulletin of SUSU. Series Chemistry*. 2021;13(2):49–61. DOI: 10.14529/chem210205. (In Russ.).
3. Kodochilova N.A., Buzynina T.S., Semenov V.V., Petrov B.I. [Influence of boric acid in organic liquids on seedlings of leguminous crops]. *Agrochemical Bulletin*. 2021;6:78–85. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-6-016. (In Russ.).
4. Nesmeyanov A.N., Sokolik R.A. *Methody elementoorganicheskoy khimii. Bor, aluminiy, galliy, talliy*. [Organoelemental chemistry methods. Boron, aluminum, gallium, thallium]. Moscow: Nauka Publ., 1964.
5. Bolgova Yu.I., Kuznetsova G.A., Trofimova O.M., Voronkov M.G. Convenient and fast synthesis of boratrane in water medium. *Chem. Heterocycl. Comp.* 2013;49(8):1246–1248. DOI: 10.1007/s10593-013-1370-6.
6. Dosperhov B.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results. M.: Agropromizdat, 2011.
7. GOST 12038-84. Seeds of agricultural crops. Germination methods. 1986-01-07. Moscow: Standartinform, 2011. P. 30.
8. Komarov V.I., Kalinina Z.T., Grishina A.V. Dynamics of agrochemical indicators of soil fertility of arable land and the volume of chemicalization agents used in the Vladimir region. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2016;11:17–23.
9. Korchagin V.I. Ecological and agrochemical assessment of soil fertility in the Voronezh region: abstract of the thesis of a candidate of agricultural sciences 06.01.04. Voronezh. GAU im. Peter I. Voronezh. 2017. 28 p.
10. Buldykova I.A., Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N. Trace elements on sunflower crops. Scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015;107(03):1–14.

*Received 27 May 2022*

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Использование растворов борной кислоты в органических жидкостях в качестве борсодержащих микроудобрений. Влияние на урожайность и химический состав зерна белой горчицы / Н.А. Кодочилова, Т.С. Бузынина, В.В. Семенов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 4. С. 88–95. DOI: 10.14529/chem220409

### FOR CITATION

Kodochilova N.A., Buzynina T.S., Semenov V.V., Petrov B.I., Lazarev N.M. Use of boric acid solutions in organic liquids as boron-containing fertilizers. Influence on yield and chemical composition of white mustard seeds. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2022;14(4):88–95. (In Russ.). DOI: 10.14529/chem220409