

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩИХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ

**Н.Н. ГУСАКОВА,**

доктор химических наук, профессор,

**Е.А. ГОЛУБЕВА,**

соискатель (тел. 8 (8452) 48-08-70),

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов,

**О.В. ФЕДОТОВА,**

доктор химических наук, профессор, Саратовский ГУ

им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов

**Ключевые слова:** селеносодержащие биологически активные вещества, стимуляторы роста, ячмень Донецкий 8, продуктивность ячменя, протекторная роль селеносодержащих БАВ, тяжелые металлы, свинец.

Современный уровень агропромышленного производства связан с применением пестицидов широкого спектра действия при выращивании всех зерновых и овощных культур. Это вызывает ряд экологических проблем и снижает качество продукции. Одним из главных направлений развития сельского хозяйства является совершенствование применяемых в настоящее время интенсивных

технологий возделывания сельскохозяйственных культур. При осуществлении этой задачи важная роль отводится химической регуляции роста семян. Интерес представляют биологически активные вещества (БАВ), растворы которых, применяемые в низких концентрациях, используются при предпосевной обработке семян. Процесс применения таких препаратов технологически прост, а

Таблица 1

Исследуемые БАВ

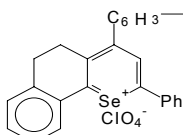
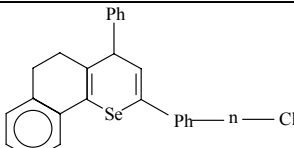
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_4-(\text{CH}_2)_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	этиловый эфир цис-5,8,11,14-эйкозатетраеновой кислоты	иммуноцитопит (ИМ)
	перхлорат-2-фенил-4-(2,4-диметоксифенил)-7,8-бензо-5,6-дигидроселенохромия	ПХСХ
	2-(п-хлорфенил)-4-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидроселенохромен	СХ

Таблица 2

Влияние БАВ, ионов свинца (II) и их сочетаний на всхожесть ячменя Донецкий 8

№	Вариант опыта	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %			
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006-2008 гг.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006-2008 гг.
1.	Контроль	10,9	13,7	15,3	13,3	60,7	63,9	71,9	65,5
2.	ИМ	14,3	16,9	17,8	16,3	70,1	74,5	82,6	75,7
3.	СХ	17,9	19,6	21,9	19,8	74,9	76,5	86,1	79,2
4.	ПХСХ	20,3	21,8	25,6	22,6	76,9	78,7	87,3	80,9
5.	$\text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-3}$	7,7	8,4	9,2	8,4	40,5	43,7	52,5	45,6
6.	$\text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-5}$	8,9	10,9	13,3	11,1	49,7	52,4	56,3	52,8
7.	$\text{ИМ} + \text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-3}$	11,7	13,7	15,8	13,7	68,8	72,3	80,7	73,9
8.	$\text{ИМ} + \text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-5}$	12,9	15,2	16,9	15,0	61,3	65,6	73,2	66,7
9.	$\text{СХ} + \text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-3}$	14,8	16,9	18,1	16,6	70,6	73,7	84,9	76,4
10.	$\text{СХ} + \text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-5}$	16,3	17,6	19,8	17,9	72,3	74,5	85,3	77,4
11.	$\text{ПХСХ} + \text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-3}$	17,3	18,3	20,4	18,7	73,4	75,3	85,8	78,2
12.	$\text{ПХСХ} + \text{Pb}^{+2} \cdot 10^{-5}$	18,5	20,5	22,7	20,6	74,1	77,8	86,2	79,4



Голубева Е.А.:

410001, г. Саратов,

ул. Ростовская д.36, кв.59.,

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, Тел. (8452) 26-16-96

использование их в малых дозах снижает воздействие на окружающую среду.

В последние годы на овощах показано, что некоторые БАВ снижают токсическое действие тяжелых металлов (Лукаткин, 2003). Однако влияние Se-содержащих регуляторов роста и других химических веществ на снижение негативного действия токсичных металлов на растения изучено недостаточно.

### Цель исследований

Целью исследований явилось изучение протекторной роли Se-содержащих БАВ по отношению к свинцу. Для решения поставленной цели изучали действие БАВ, ионов  $\text{Pb}^{2+}$ , а также систем БАВ+ $\text{Pb}^{2+}$  на показатели:

- всхожесть;
- прохождение этапов органогенеза;
- формирование площади листовой поверхности;
- фотосинтетический потенциал;
- структура урожайности.

### Материал и методика исследований

Объектом изучения явился яровой ячмень сорта Донецкий 8. Исследования проводили на растениях, выращенных в полевых мелкоделеночных опытах зернового севооборота СПК «Преображенский-2001» Пугачевского района Саратовской области. В качестве БАВ использованы препараты (табл. 1), впервые синтезированные на кафедре органической и биорганической химии Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.

Стандартом являлся используемый в практике сельского хозяйства стимулятор роста и развития растений иммуноцитопит (ИМ). Контролем служила вода. Семена обрабатывали водной суспензией БАВ с концен-

**Biologically active substances on the basis of selenium, growth factors, barley Donetsk 8, efficiency of barley, tread a role selenium contain bioactive substance, heavy metals, lead.**

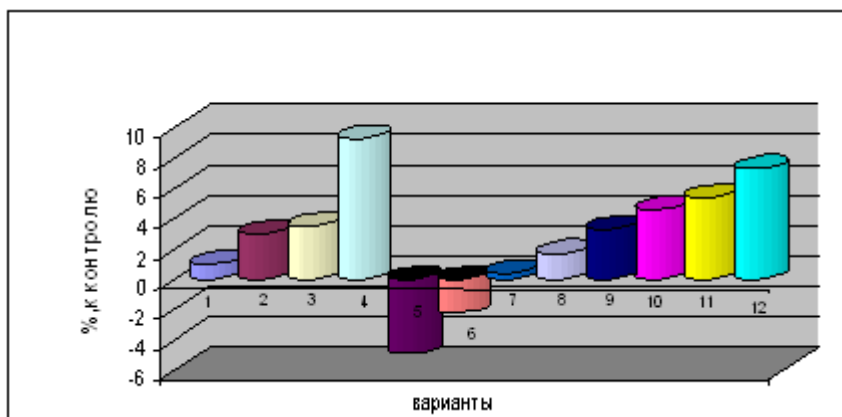


Рисунок 1. Энергия прорастания ячменя (2006-2008 гг., среднее значение)

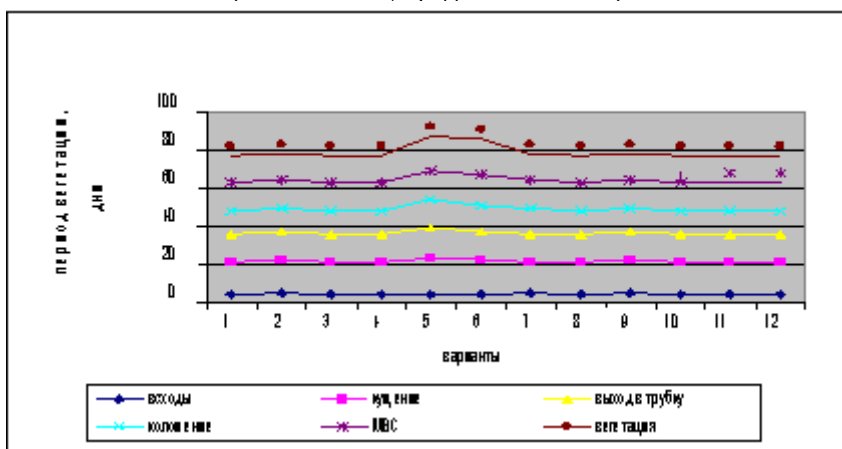


Рисунок 2. Влияние БАВ, ионов свинца (II) и их сочетаний на период вегетации ячменя (2006-2008 гг.)

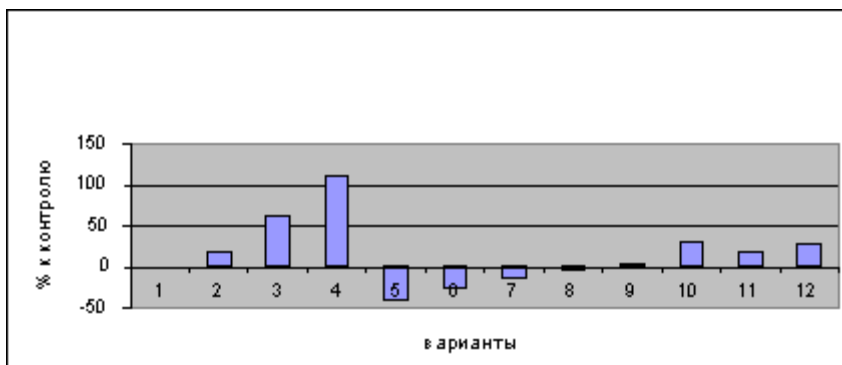


Рисунок 3. Влияние БАВ на площадь листовой поверхности за вегетационный период (2006-2008 гг.)

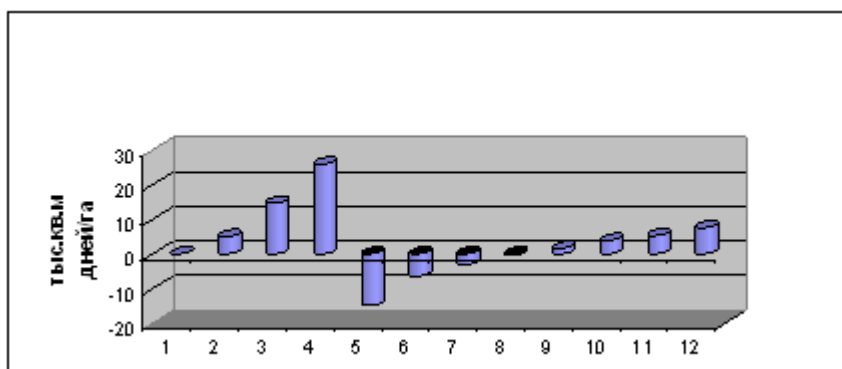


Рисунок 4. Влияние БАВ, ионов свинца и их сочетаний на фотосинтетический потенциал ярового ячменя за период вегетации

трацией вещества  $10^{-4}\%$ , замачивая их перед посевом на 24 часа. Использовали растворы нитрата свинца (II). Размах варьирования концентраций – от  $10^{-6}\%$  до  $10^{-3}\%$ .

**Результаты исследований**

Исследования протекторной роли биологически активных веществ (БАВ), в частности, Se-содержащих гетероциклических соединений по отношению к свинцу (II) проводились в течение трех лет (2006-2008).

Первым этапом научного исследования явилось изучение влияния БАВ, ионов  $Pb^{+2}$  и их сочетаний на всхожесть ячменя. Эти данные представлены в таблице 2. Анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы: при использовании растворов  $Pb^{+2}$  увеличение концентрации привело к снижению энергии прорастания и всхожести ячменя (варианты 5-6). Иммуноцитопит способствовал увеличению энергии прорастания на 3% и на 10,2% повысил всхожесть ячменя за три года исследования. Сочетания БАВ+ $Pb^{+2}$  во всех случаях нивелировало отрицательное влияние токсиканта на 2-7 и 8-14% соответственно (рис. 1).

В 2007 году наилучшим оказался препарат СХ (вариант 9-10). Энергия прорастания увеличилась на 2-7%. А в 2008-м лучшим оказался препарат ПСХП (вариант 11-12) и энергия прорастания увеличилась на 3-6%. В сравнении за три года исследований лучшим был препарат ПСХП (вариант 11-12) (рис. 1). В данном случае оба препарата оказали практически одинаковое нивелирующее действие на свинец и повысили всхожесть на 15-27% (вариант 9-12). По результатам 2008 года можно сказать, что нивелирующее действие Se-содержащих препаратов по отношению к свинцу находится на уровне ИМ или чуть выше (препарат ПСХП, вариант 12).

Следующим этапом было изучение влияния препаратов на прохождение этапов органогенеза и за вегетационный период в целом, данные за три года исследования (рис. 2). При обработке семян растворами БАВ мы наблюдали у растений более раннее прохождение основных этапов органогенеза и сокращение вегетационного периода по сравнению с контролем.

Применение предпосевной обработки ячменя сочетаниями БАВ+ $Pb^{+2}$  способствовало нивелированию негативного действия ионов  $Pb^{+2}$ .

Третьим этапом исследования явилось изучение влияния данных препаратов на формирование площади листовой поверхности. Применение БАВ способствовало нивелированию негативного действия ионов свинца и увеличению площади листовой поверхности на 5-20% по сравнению с контролем. Сравнение протекторного действия исследуемых

## Биология

БАВ на площадь листьев позволяет выделить препарат ПСХП как наиболее эффективный. При замачивании семян в растворах ПСХП в сочетании с  $Pb^{2+}$  различных концентраций негативное воздействие свинца снижается, площадь листьев увеличивается за весь вегетационный период на 20-84% (рис. 3).

Промышленный препарат иммуноцитифит в чистом виде повысил площадь листовой поверхности на 20-30%, а в сочетании с различными концентрациями ионов свинца (II) нивелирующего действия не показал.

От площади листьев напрямую зависит фотосинтетический потенциал (ФП). Из литературы известно (Пшибытко и др., 2004), что фотосинтетический потенциал изменяется в стадии фенофаз и влияет на устойчивость растения к действию различных стрессовых факторов. Влияние БАВ, ионов свинца (II) и их сочетаний на фотосинтетический потенциал за период вегетации оказалась аналогичным их влиянию на площадь листовой поверхности.

Растворы БАВ, использованные в чистом виде, повысили фотосинтетический потенциал растений по сравнению с контрольным вариантом на 15-38%. Наилучший эффект получен от применения препарата ПСХП.

Растворы  $Pb(NO_3)_2$  во всех концентрациях свинца в течение периода вегетации негативно сказались на фотосинтетическом потенциале, способствовали его снижению на 12-25%.

Установленное нивелирование токсического действия наблюдалось на всех вариантах сочетания БАВ и ионов свинца (II). Превышение контроля в вариантах 9-12 составило 8-38%. Промышленный препарат иммуноцитифит проявил себя на уровне контроля и незначительно нивелировал действие ионов свинца (II) (рис. 4). Следует отметить, что наибольший эффект нивелирования негативного действия ионов свинца получен при использовании препарата ПСХП.

Одним из важных показателей продуктивности ячменя является озерненность колоса. Нами исследовано изменение озерненности колоса под влиянием предпосевной обработки растворами БАВ,  $Pb^{2+}$  и их сочетаний в вегетационные периоды 2006-2008 годов. Число зерен в колосе во всех вариантах опытов колебалось от 18 до 27,19 шт. (табл. 3). В варианте с иммуноцитифитом – 27,19 шт. При использовании БАВ значение данного показателя изменилось от 23 (препарат СХ) до 27 шт. (препарат ПХСХ).

Результаты определения длины колоса показали, что она в контроле колебалась от 8,5 до 9,0 см (табл. 4). В варианте с иммуноцитифитом

(стандарт) она достигала значений 9,2-9,5 см. Применение БАВ в чистом виде способствовало росту колоса до 11,5 см в 2007 году и в среднем за три года до 11,1 см. Обработка семенного материала чистыми растворами нитрата свинца (II) способствовала уменьшению длины колоса до 5,9-7,2 см (69,4-84,7%). Сочетания БАВ+ $Pb^{2+}$  нивелировали не-

гативное действие ионов свинца (II). Длина колоса колебалась от 8,7 (ИМ+ $Pb^{2+}10^{-5}$ ) до 9,5 (ПХСХ+ $Pb^{2+}10^{-5}$ ). В среднем за три года наилучший эффект получен при использовании препарата ПХСХ – длина колоса колебалась от 8,9 до 9,5 см (2,4-11,8% по отношению к контролю).

Влияние БАВ, ионов свинца (II) и их сочетаний на количество продук-

Таблица 3  
Влияние БАВ на некоторые показатели структуры урожая зерновых культур

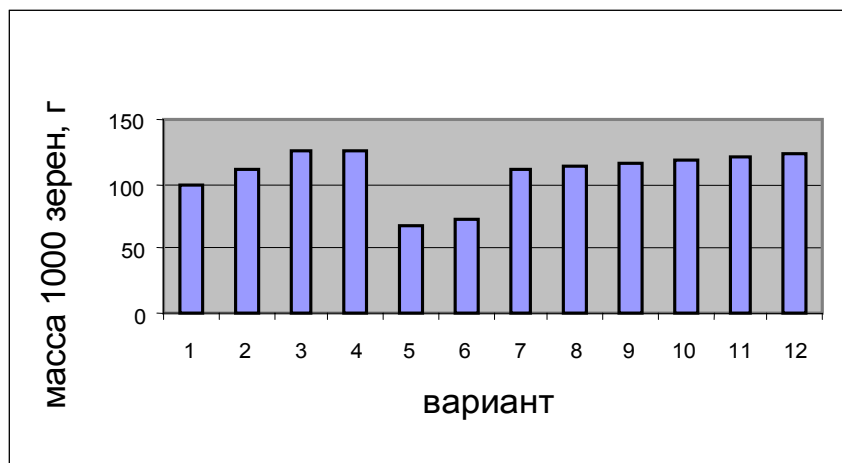
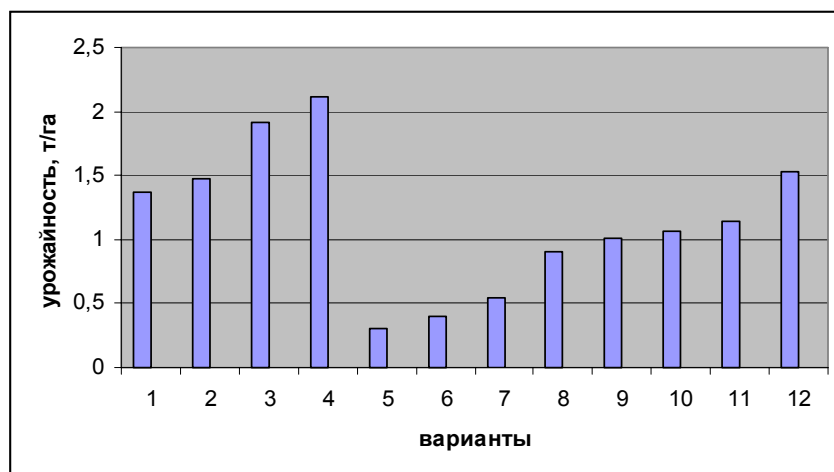
Вариант опыта	Число зерен в колосе, шт.			Масса зерна с колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
1.	18,82	20,8	18,26	0,83	0,85	0,95	50,9	51,8	52,5
2.	19,69	20,93	19,63	0,94	1,00	1,02	56,98	57,39	58,43
3.	21,37	22,83	23,45	1,05	1,13	1,33	63,78	64,41	65,43
4.	24,69	25,95	27,86	1,39	1,48	1,62	64,74	65,29	66,68
5.	6,35	7,07	7,93	0,30	0,33	0,35	34,09	34,58	35,18
6.	7,33	8,79	9,38	0,39	0,42	0,46	36,33	36,98	37,81
7.	10,85	11,49	12,32	0,51	0,58	0,62	57,73	58,02	58,82
8.	14,67	15,08	15,67	0,69	0,73	0,79	58,19	58,79	59,85
9.	15,06	15,39	16,58	0,78	0,81	0,87	60,07	60,38	61,27
10.	15,87	16,67	17,53	0,82	0,89	0,93	60,98	61,75	62,06
11.	16,38	17,18	18,49	0,89	0,93	0,99	63,01	63,36	63,79
12.	17,78	18,54	19,75	0,98	1,03	1,06	63,98	64,07	64,42

Таблица 4  
Влияние БАВ, ионов  $Pb^{2+}$  и их сочетаний на элементы структуры урожайности (усредненные значения за 3 года)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Кол-во продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Длина колоса, см
1.	1,37	5	18	0,945	52,5	8,5
2.	1,48	5	19	1,021	58,43	9,2
3.	1,91	6	23	1,329	65,43	10,7
4.	2,11	6	27	1,617	66,68	11,5
5.	0,31	3	7	0,352	35,18	5,9
6.	0,41	3	9	0,463	37,8	7,2
7.	0,54	3	12	0,624	58,8	8,5
8.	0,91	4	15	0,788	59,85	8,7
9.	1,00	4	16	0,865	61,27	8,4
10.	1,08	4	17	0,928	62,06	8,1
11.	1,15	4	18	0,992	63,79	9,5
12.	1,53	5	19	1,057	64,42	8,9

Таблица 5  
Влияние БАВ, ионов (II) и их сочетаний на количество продуктивных стеблей ярового ячменя сорта Донецкий 8

№	Количество зерен в главном колосе					Количество зерен в боковых колосках (в пересчете на 1 колос)				
	шт.				% к контролю	шт.				% к контролю
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее		2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее	
1.	16	20	19	18	100	11	9	10	10	100
2.	18	17	20	19	105,6	12	10	11	11	110
3.	24	21	23	23	127,8	11	12	12	12	120
4.	27	26	28	27	150	13	12	13	13	130
5.	8	7	5	7	38,9	4	5	4	4	40
6.	9	8	10	9	50,0	5	7	6	6	60
7.	12	11	13	15	83,3	8	6	7	7	70
8.	11	10	10	12	66,7	8	7	8	8	80
9.	16	14	14	16	88,9	8	8	7	8	80
10.	17	18	17	17	94,4	10	8	9	9	90
11.	15	15	16	18	100	7	7	9	8	80
12.	16	17	17	19	108,7	11	8	8	9	90

Рисунок 5. Влияние БАВ, ионов Pb<sup>2+</sup> и их сочетаний на массу 1000 зеренРисунок 6. Влияние БАВ, ионов Pb<sup>2+</sup> и их сочетаний на урожайность

тивных стеблей ячменя сорта Донецкий 8 выглядит следующим образом. В контроле количество продуктивных стеблей составило около 1256,5 шт./м<sup>2</sup>. При использовании стандарта количество стеблей составило 1580 шт./м<sup>2</sup>.

Обработка семенного материала чистыми растворами БАВ привела к увеличению количества продуктивных стеблей по сравнению с контролем в среднем за три года на 46-52%. Обработка семян растворами нитрата свинца (II) высокой концентрации негативно сказалась на количестве продуктивных стеблей снизив данный показатель на 42%. Низкая концентрация оказала небольшое стимулирующее действие и повысила количество стеблей в среднем на 8,2% по сравнению с контролем. Применение сочетаний БАВ+Pb<sup>2+</sup> способствовало увеличению стеблей в среднем до 1556,5 шт./м<sup>2</sup>. Наилучшим оказал-

ся препарат ПХСХ, повысив значение изучаемого показателя на 49%.

Определение среднего числа зерен в колосе в течение 2006-2008 гг. показало, что в контроле оно составило 18 шт. (табл. 5).

В варианте с иммуноцитифитом и другими БАВ – 19-27 шт. Применение чистых растворов нитрата свинца (II) способствовало снижению числа зерен в колосе до 7-9 шт. (39-50%). Сочетание БАВ+Pb<sup>2+</sup> способствовали нивелированию токсического действия токсиканта и увеличению количества зерен в колосе до 15-19 шт. (83-109%). Применение чистых БАВ способствовало увеличению числа зерен в главном колосе на 27,8-50%, а в боковых – на 20-30% по отношению к контролю.

Наибольшее количество зерен в колосе сформировалось при обработке семенного материала препаратом ПХСХ, что отразилось на массе 1000

зерен. Детальный анализ данных по массе зерна с колоса и массе 1000 зерен, полученных в результате полевых исследований, показал, что применение растворов нитрата свинца (II) негативно сказывается на растениях и способствует снижению этих показателей на 18-33% по сравнению с контролем. Применение БАВ в комплексах со свинцом способствует не только нивелированию негативного действия свинца, но и увеличению данных показателей на 12-27% (рис. 5).

Анализ результатов полевого эксперимента показал, что обработка семенного материала растворами изучаемых препаратов сказалась на урожайности ячменя сорта Донецкий 8 (рис. 6).

Так, в контроле она составила 1,4 т/га. Урожайность в результате обработки растворами чистых биологически активных веществ колебалась с 1,5 до 2,1 т/га (7-50%). Обработка семян растворами нитрата свинца негативно сказалась на урожайности и составила 0,3-0,4 т/га (21-29%). Замачивание семенного материала в растворах БАВ+Pb<sup>2+</sup> во всех случаях способствовало нивелированию негативного действия токсиканта на урожайность. Так, препарат иммуноцитифит (стандарт) способствовал прибавке по сравнению с контролем на 0,2-0,5 т/га (14-36%). Препарат СХ снизил негативное действие свинца и повысил урожайность на 0,37-0,54 т/га (26-39%). Наилучший нивелирующий эффект получен при использовании препарата ПХСХ, способствовавшего получению 0,69-0,81 т/га прибавки.

#### Выводы. Рекомендации

Таким образом, проведенное нами исследование показало, что все изученные БАВ не только полностью нивелируют отрицательное влияние ионов свинца при выращивании ячменя на загрязненных территориях, но и увеличивают урожайность на 7-11%. Наибольшая эффективность наблюдалась при использовании перхлората-2-фенил-4-(2,4-диметоксифенил)-7,8-бензо-5,6-дигидроселенохромилия (ПХСХ). Результаты полевых исследований свидетельствуют о том, что предпосевная обработка семян ячменя изучаемыми синтетическими регуляторами роста является эффективным приемом повышения их урожайности в Нижнем Поволжье.

С достаточной степенью уверенности можно прогнозировать успешное применение для этих целей Se-содержащих БАВ.

#### Литература

1. Лукаткин А. С., Башмаков Д. И., Кипайкина И. В. Протекторная роль обработки тиадазурином проростков огурца при действии тяжелых металлов и охлаждения // Физиология растений. 2003. № 3. Т. 50. С. 346-348.
2. Пшибытко Н. Л., Башмаков Д. И., Жаворонкова Н. Б., Кабашникова Н.Б. Состояние фонда хлорофилловых пигментов в проростках ячменя разного возраста в условиях теплового шока и водного дефицита // Физиология растений. 2004. № 1. Т. 51. С. 20.