

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЦИОННО-СТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛОТОКСИНОВ ПОЧВ С РАСТЕНИЯМИ

И.В. Горепекин

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, ГСП-1,
Ленинские горы, д. 1, Евразийский Центр по продовольственной безопасности МГУ

decembrist96@yandex.ru

Представлены материалы изучения влияния аллелотоксичности почв на эффективность применения сорбционно-стимулирующего препарата, используемого для предпосевной обработки семян. Проведено сравнение негативного воздействия на развитие семян аллелотоксичности почв и водных вытяжек из них. Анализ полученных результатов показал, что на развитие семян оказывают влияние только аллелотоксины, содержащиеся в почве в непосредственной близости от растений, поступающие в них, по-видимому, за счет обменной сорбции, что хорошо объясняет эффективность стимулирующей предпосевной обработки семян сорбционными препаратами, сорбционная емкость которых на несколько порядков меньше количества аллелотоксинов, содержащихся в почве. Выполнено сравнение действия сорбционно-стимулирующих препаратов при предпосевной обработке ими семян и при внесении больших количеств (в 30 раз) в почву. Установлено, что результат применения препаратов не зависит от способа их использования, что подтверждает правильность предложенного механизма взаимодействия аллелотоксинов почв с растениями. Анализ результатов внесения в почву сорбционно-стимулирующих препаратов позволил предположить существование в снижении аллелотоксичности почв микробиологического фактора, использование которого дало возможность значительно повысить эффективность применения сорбционно-стимулирующих препаратов.

Ключевые слова: стимуляция семян, поглощение растениями аллелотоксинов из почв, взаимодействие почвенных аллелотоксинов и стимуляторов

Ссылка для цитирования: Горепекин И.В. Использование сорбционно-стимулирующих препаратов для обработки семян и взаимодействие аллелотоксинов почв с растениями // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 1. С. 45–52. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-45-52

Стимулирующая предпосевная обработка семян известна достаточно давно [1–6]. Для ее проведения используют различные химические вещества, физические воздействия, а также биологические препараты.

Выдвинуто предположение [7] о том, что недостаточная эффективность подобных обработок связана с наличием в почвах аллелотоксинов [8–17], которые угнетающе действуют на растения и снижают эффект от применения стимуляторов и стимулирующих воздействий.

Предложена [7] обработка семян составами, содержащими сорбенты, поглощающие и закрепляющие аллелотоксины, а также стимуляторы, эффективность которых резко возрастает при минимизации сорбентами влияния аллелотоксинов на растения.

Следует отметить, что механизм действия сорбционных препаратов (СП) не был установлен. В соответствии с предложенной методикой обработки семян [7], высеваемых в 60 г почвы, расходовали около 18 мг СП (сухого вещества). В сельскохозяйственном производстве на одну зерновку

приходится примерно в 1000 раз больше почвы и, соответственно, аллелотоксинов. Маловероятно, что емкость сорбционного препарата позволит ограничить поступление аллелотоксинов.

Однако проведенные вегетационные опыты, в которых соотношение навесок «дерново-подзолистая почва : семена» было близко к реальным полевым условиям, свидетельствующие об эффективности обработки семян составом, содержащим наряду с сорбентом гиббереллин (рис. 1).

В контрольном образце из 20 семян проросло только 17 (обработанные семена проросли все), а наземная вегетативная масса проростков, выросших из обработанных семян, была почти на 40 % больше массы проростков, выросших в контроле (1,65 и 1,19 г). Это хорошо видно на фотографии (см. рис. 1).

Цель работы

Цель работы — установление причины эффективности применения сорбционных препаратов для обработки семян и повышение стимулирующей способности этих препаратов на основе получения представлений о механизме их действия.



Рис. 1. Яровая пшеница сорта «Лиза», выросшая в дерново-подзолистой почве за 6 сут из необработанных (а) и обработанных сорбционно-стимулирующими препаратом семян (кальциевый бентонит — 40 г/дм³, гумат — 10 г/дм³, автолизат пивных дрожжей — 12 г/дм³, гиббереллин — 300 мг/дм³ и полиэтиленгликоль с молекулярной массой 400–300 мг/дм³) с расходом 60 дм³ суспензии препарата на 1 т семян (б)

Fig. 1. Spring wheat «Liza», grown in soddy-podzolic soil for 6 days from untreated (a) and treated with a sorption-stimulating preparation of seeds (calcium bentonite — 40 g/dm³, humate — 10 g/dm³, brewer's yeast autolysate — 12 g/dm³, gibberellin — 300 mg/dm³ and polyethylene glycol with a molecular weight of 400–300 mg/dm³) with a consumption of 60 dm³ of the preparation suspension per 1 ton of seeds (b)

Объекты и методы исследования

В экспериментах использовали семена яровой пшеницы (*Triticum*) сортов «Лиза», «Любава», «Злата», «Агата» и «Эстер», озимой пшеницы (*Triticum*) сортов «Московская-56» и «Немчиновская-17», ярового ячменя (*Hordeum*) сортов «Владимир», «Эльф», «Московский-86», «Златояр», «Яромир» и озимой ржи (*Secale*) сортов «Татьяна», «Московская-12» и «Московская-15».

Проращивали семена в образцах дерново-подзолистой почвы: агродерново-глубокоподзолистой легкосуглинистой на водно-ледниковых (древнеозерных) отложениях почвы (высушенная увлажненная (ВУ)), исходная (И) и автоклавированная (Авт), подстилаемая с глубины 92 см бескарбонатными лёссовидными (покровными) суглинками (окрестности поймы р. Яхрома, Московская обл.). Индекс ВУ означает, что почвенный образец готовили общепринятым в почвоведении способом — после отбора образца его доводили до воздушно-сухого состояния. Для получения из него увлажненного образца добавляли воду при тщательном перемешивании

и выдерживали в таком состоянии не менее двух недель. Индекс И означает, что отобранный образец, содержащий влагу, хранили при комнатной температуре, поддерживая его увлажненное состояние. Индекс Авт означает, что образец исходной почвы автоклавировали при избыточном давлении 0,46 Мпа в течение 2 ч. Такая пробоподготовка позволяла получать из имеющегося образца дерново-подзолистой почвы образцы с сильно отличающейся аллелотоксичностью. При этом содержание элементов питания в образцах почв оставалось неизменным, что позволяло исключить влияние этого фактора на развитие семян.

Для И-образца почвы аллелотоксичность составляла +27 % — почва стимулировала развитие семян, ВУ-образцы почвы угнетали развитие семян на 23 % (аллелотоксичность — 23 %), Авт-образцы почвы угнетали развитие семян на 77 % (аллелотоксичность — 77 %).

Для защитного действия семян от почвенных аллелотоксинов использовали гумат калия (Г), произведенный ООО НВЦ «Агротехнологии» (Россия) из бурого угля, и бентонит кальция (БК) по ОСТ 18-49-71 (Россия), к которым добавляли автолизат пивных дрожжей (АПД), произведенный ООО «Биотех плюс» (Россия). Применяли суспензии сорбционного препарата, содержащие БК — 40 г/дм³, Г — 10 г/дм³, АПД — 12 г/дм³. В качестве биологически активных веществ к компонентам сорбционного препарата добавляли 90%-й гиббереллин (Китай) в концентрации 300 мг/дм³ и полиэтиленгликоль (ПЭГ) с молекулярной массой 400 у. е. в концентрации 300 мг/дм³. Данный 5-компонентный препарат назвали ССП-5 (сорбционно-стимулирующий препарат пятикомпонентный). Также при изготовлении ССП-6 в состав ССП-5 добавляли сахарозу.

Обработку семян проводили полусухим способом при расходе 40...60 дм³ раствора (суспензии) препарата на 1 т семян.

Образцы почв готовили, внося в них необходимое количество добавок, тщательно перемешивая и оставляя на 3 сут. После этого проводили посев семян в образцы почв.

Вытяжки из образцов почв готовили, добавляя к ним воду из расчета 170 г воды на 200 г абсолютно сухой почвы, перемешивали в течение 20 мин и отделяли почвенный раствор центрифугированием при 4000 об/мин. Полученные вытяжки добавляли в песок (15 г вытяжки на 60 г песка), в который высевали 7,5 г семян. Такое соотношение между водой и песком обеспечивает оптимальные водно-воздушные условия для развития семян [18].

Изучали изменение интегральной длины проростков 7,5 г семян (~200 шт.), которую определяли, используя экспресс-метод биотестирования,

основанный на существовании линейной зависимости между насыпным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков [18]. Биотестирование на данный момент считается единственным методом, пригодным для изучения аллелотоксичности почв [10]. Связано это с тем, что, даже зная концентрации сотен аллелотоксинов, которые могут содержаться в почвах, невозможно предсказать эффект от их совместного действия вследствие взаимного влияния аллелотоксинов друг на друга и разной степени их закрепления в почвах.

Для определения воздействия почв на развитие семян (аллелотоксичности почв) проводили сравнительные испытания по развитию проростков семян в песке и почвах. При проведении этих экспериментов принимали за 100 % развитие семян в песке и рассчитывали относительно полученного значения замедление или ускорение развития проростков семян почвой.

Применяли шестикратную повторность с последующей статистической обработкой результатов. Таким образом, в одном опыте использовали 1000...1200 семян, а доверительный интервал не превышал 15 %.

Результаты и обсуждение

Для выяснения причины эффективности применения для обработки семян ССП провели ряд экспериментов. Во-первых, было изучено влияние аллелотоксичности почв на прорастание семян пшеницы и развитие из них растений сортов «Лиза» и «Любава» (рис. 2). Во-вторых, сравнили влияние на прорастание семян аллелотоксичности почв и вытяжек из почв (табл. 1). В-третьих, оценили действие ССП при обработке ими семян и при внесении их в почву (табл. 2).

По представленным на рис. 2 данным хорошо видно, что эффективность действия ССП-5 с ростом аллелотоксичности почвенных образцов снижается, что не совпадает с ранее полученными результатами [7]. В составе ССП-5 были гумат и бентонит кальция, эффект от применения которого возрастал с ростом аллелотоксичности почв. Однако необходимо учесть, что в работе [7] представлены результаты изучения влияния аллелотоксичности почв на действие препарата БК-Г со значительно большей сорбционной емкостью. Введение в этот препарат дополнительных трех компонентов (АПД, ПЭГ и гиббереллина), состоящих в основном из органических низкомолекулярных веществ, должно значительно снизить его остаточную сорбционную емкость. По-видимому, ее было недостаточно для закрепления аллелотоксинов, поступающих из почв при росте их аллелотоксичности, что привело к снижению эффективности применения ССП-5.

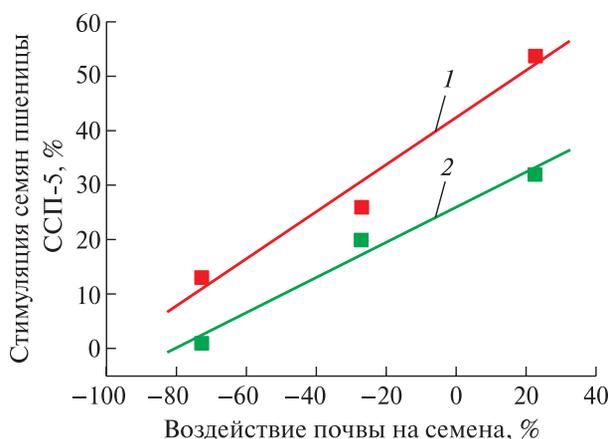


Рис. 2. Влияние аллелотоксичности образцов дерново-подзолистой почвы на действие стимулятора ССП-5 при обработке им семян яровой пшеницы сортов «Лиза» (1) и «Любава» (2) при расходе препарата 40 л/дм³ семян

Fig. 2. Influence of allelotoxicity of samples of soddy-podzolic soil on the effect of the SSP-5 stimulant when it is treated with seeds of spring wheat «Liza» (1) and «Lyubava» (2) at a preparation consumption of 40 l/dm³ of seeds

Т а б л и ц а 1

Аллелотоксичность образцов почв и водных вытяжек из почвенных образцов, определенная на яровой пшенице сорта «Лиза»

Allelotoxicity of soil samples and water extracts from soil samples, determined on spring wheat variety «Liza»

Почвенный образец	Аллелотоксичность почв, %	Аллелотоксичность вытяжек, %
Исходная (И)	+23 ± 3	-23 ± 3
Высушенная-увлажненная (ВУ)	-27 ± 3	-15 ± 2
Автоклавированная (Авт)	-77 ± 6	-24 ± 3

Т а б л и ц а 2

Действие сорбционно-стимулирующих препаратов на снижение негативного влияния аллелотоксичности почв на яровую пшеницу сорта «Лиза»

The effect of sorption-stimulating preparations on reducing the negative impact of soil allelotoxicity on spring wheat variety «Liza»

Состав препарата	Обработка семян, %	Внесение в почву*, %
БК-Г	25 ± 3	20 ± 2
БК-Г-ПЭГ	20 ± 2	16 ± 2
БК-Г-АПД	32 ± 3	34 ± 3

Примечание. *При добавлении в почву использовали в 30 раз большее количество препарата в сравнении с предпосевной обработкой.

Исходя из полученных данных, можно предположить, что при использовании препарата ССП-5 для обработки семян перед их посевом в дерново-подзолистую ВУ-почву сорбционная емкость препарата становится сравнимой с содержанием аллелотоксинов почв, которые могут ингибировать развитие семян и которые необходимо закрепить. Отметим, что на обработку 7,5 г (~200 шт.) семян применяли 18 мг сухого препарата, и после проведения вегетационных опытов их высевали в 20 кг почвы. В соответствии с классической работой по аллелопатии [10] почвенные растворы, вызывающие угнетение растений, должны содержать 500...1000 мг/дм³ аллелотоксинов (в пересчете на кумарин). Учитывая влажность исследуемых почв — около 20 % — в 20 кг почвы, только в почвенном растворе должно содержаться ориентировочно 1500...4000 мг аллелотоксинов. Считается [10], что в почвенных растворах содержится лишь небольшая часть аллелотоксинов, которые находятся в почвах. Вполне очевидно, что 18 мг сорбционного препарата не могут закрепить или значимо повлиять на активность такого количества аллелотоксинов, обеспечивая этим стимуляцию прорастания семян и развитие их проростков. Наличие стимулирующего эффекта однозначно свидетельствует о том, что для снижения негативного влияния аллелотоксичности почв на растения на сорбционном препарате необходимо закрепить небольшое количество аллелотоксинов, и, следовательно, только небольшая часть аллелотоксинов, содержащихся в почвах может оказывать ингибирующее влияние на прорастание семян и развитие их проростков.

Исходя из сравнения аллелотоксичности почв и вытяжек из почв (см. табл. 1) следует, что почва оказывает стимулирующее воздействие на семена, в то время как вытяжка из этой почвы ингибирует развитие семян.

По-видимому, подобный результат объясняется тем, что стимулирующие биологически активные вещества (БАВ) не переходят в вытяжку, а из почв в семена (растения) поступают за счет обменных реакций сорбции [10] — растения выделяют вещества, которые замещают сорбированные БАВ, после чего последние поступают в растения.

Учитывая, что растения поглощают из почв обе группы веществ — БАВ и аллелотоксины [10], можно считать, что измеряемая аллелотоксичность почв представляет собой результирующую характеристику действия БАВ и аллелотоксинов.

Принимая во внимание, что в дерново-подзолистой почве при ее высушивании или автоклавировании стимулирующие БАВ не будут распадаться, а должны сохраняться и далее погло-

щаться растениями, повышение аллелотоксичности может свидетельствовать о переходе дополнительных больших количеств аллелотоксинов из недоступного состояния в доступную для растений форму, обеспечивая 50%-й рост аллелотоксичности для ВУ-почвы и 100%-й рост аллелотоксичности для автоклавированной почвы (см. табл. 1).

Учитывая, что стимулирующие БАВ в основном не переходят в вытяжку, можно предположить, что рост аллелотоксичности вытяжек должен быть намного больше того, который наблюдается. Оценочные расчеты показывают, что аллелотоксинов в вытяжках при условии их полного перехода из почв в вытяжки в условиях проведения экспериментов должно быть примерно в 3 раза больше — они должны оказывать в 3 раза больший эффект при проращивании семян в песке с добавлением вытяжек по сравнению с их проращиванием в образцах почв. Следовательно, для вытяжек из ВУ-почвы аллелотоксичность должна быть –40 %, а не –15 %, а для Авт-почвы — –56 %, а не –24 %. Несмотря на ряд предположений, использованных при анализе результатов сравнения аллелотоксичности почв и вытяжек из почв, это является дополнительным подтверждением того, что в почвенных растворах в доступном для растений состоянии содержится значительно меньше аллелотоксинов, чем в почвах.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Не все аллелотоксины из почвы могут поступать в зерновку и развивающиеся растения, а только находящиеся в почвах в активном состоянии. Высушивание-увлажнение и автоклавирование обеспечивают переход большего количества аллелотоксинов, находящихся в почве, в активное состояние. К активному состоянию аллелотоксинов, по-видимому, следует отнести нахождение аллелотоксинов в растворенном состоянии в почвенном растворе и в сорбированном состоянии на почвенных частицах. Наличие механизма прочного закрепления аллелотоксинов в почве, когда они не доступны растениям, следует из экспериментальных данных и не вызывает сомнений, однако он пока неясен и требует изучения.

2. Меньший выход аллелотоксинов в вытяжки из почв по сравнению с ожидаемым связан, вероятно, с поглощением растениями аллелотоксинов в основном непосредственно из почвы, а не из почвенного раствора, вследствие обменных реакций и выделения веществ, вытесняющих аллелотоксины из почв.

3. Стимулирующее действие сорбционных стимуляторов на семена связано, на наш взгляд, с небольшим расстоянием, на котором эффективно

могут проявлять себя процессы обменной адсорбции (обменной сорбции).

Из перечисленных предположений о механизме поступления аллелотоксинов из почв в семена и развивающиеся растения следует, во-первых, что для стимуляции растений необходимо, чтобы СП могли закреплять аллелотоксины, находящиеся в почве в непосредственной близости от растительных объектов. Во-вторых, если эффект при использовании СП для обработки семян на почвах с более высокой аллелотоксичностью снижается, то должно быть достаточно некоторого увеличения дозы препарата для обеспечения поглощения аллелотоксинов, находящихся в почве вблизи зерновок.

Последний вывод подтвержден экспериментально. Увеличение расхода ССП-5 при обработке им семян яровой пшеницы сорта «Лиза» с 40 до 60 $\text{дм}^3/\text{т}$ семян привело на дерново-подзолистой ВУ-почве к значительному повышению эффективности применения ССП-5 — с 25 до 50 %, т. е. эффект возрос практически до величины, наблюдаемой на образцах исходной почвы.

Из сравнения действия ССП при обработке ими семян и при внесении их в почву (см. табл. 2) следует, что значимая разница между эффективностью препарата в обоих случаях отсутствует. Это значит, что использование на обработку семян в 30 раз меньшего количества препарата, чем при внесении в почву, дает примерно равный эффект, — еще одно подтверждение приведенного выше объяснения о поступлении аллелотоксинов в семена и растения вследствие обменной адсорбции из почвенных частиц, примыкающих к семенам. Поэтому внесение в почву большого количества СП при их равномерном распределении в почве оказывает на стимуляцию развития семян такое же влияние, как и создание сорбционного барьера вокруг семян.

Для получения дополнительной информации по механизму действия ССП проведены эксперименты по изучению влияния внесения в почву различных сорбентов на их аллелотоксичность (рис. 3).

По полученным данным можно подвести следующий итог:

- добавка к почве сорбционного препарата, состоящего из бентонита кальция (БК) с гуматом (Г), снижает аллелотоксичность почв (см. рис. 3, 3);
- введение в сорбционный препарат БК-Г полиэтиленгликоля (ПЭГ) не оказывает значимого влияния на действие препарата БК-Г (см. рис. 3, 4);
- введение в сорбционный препарат БК-Г автолизата пивных дрожжей (АПД) заметно усиливает действие препарата БК-Г (рис. 3, 2);
- добавление ПЭГ к сорбционному препарату БК-Г-АПД усиливает его действие (см. рис. 3, 1);
- внесение в почву одного АПД в количестве, содержащемся в препарате БК-Г-АПД при его

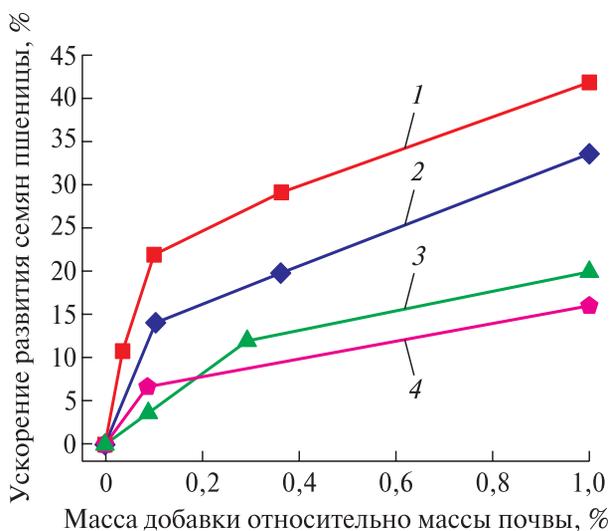


Рис. 3. Зависимость изменения аллелотоксичности дерново-подзолистой ВУ-почвы от внесения различного количества сорбционно-стимулирующих препаратов на примере семян яровой пшеницы сорта «Лиза»: 1 — бентонит кальция — гумат — автолизат пивных дрожжей — полиэтиленгликоль; 2 — бентонит кальция — гумат — автолизат пивных дрожжей; 3 — бентонит кальция — гумат; 4 — бентонит кальция — гумат — полиэтиленгликоль

Fig. 3. Dependence of the change in the allelotoxicity of the soddy-podzolic VU-soil on the introduction of various amounts of sorption-stimulating preparations on the example of spring wheat seeds «Liza»: 1 — calcium bentonite — humate — brewer's yeast autolysate — polyethylene glycol; 2 — calcium bentonite — humate — brewer's yeast autolysate; 3 — calcium bentonite — humate; 4 — calcium bentonite — humate — polyethylene glycol

добавлению к почве в количестве 1 %, ингибирует развитие семян примерно на 20 %.

Согласно полученным результатам, можно прийти к заключению, что действие СП основано не только на сорбции аллелотоксинов из почвы. Об этом свидетельствует, во-первых, отсутствие положительного влияния добавления ПЭГ к препарату БК-Г, который уменьшает размеры его частиц [19] и, следовательно, должен увеличивать его поверхность и сорбционную емкость. Во-вторых, введение в СП (БК-Г) АПД, ингибирующего развитие семян и, согласно своему составу [20, 21], закрепляющегося на сорбенте, должно уменьшать сорбционную емкость препарата БК-Г и, как следствие, снижать эффективность его действия, а значит, усиливать снижение аллелотоксичности почвы. В-третьих, введение ПЭГ в препарат БК-Г-АПД, который не оказал влияния на эффективность препарата БК-Г, усиливает его действие.

Из изложенного выше следует, что в проведенных экспериментах:

- проявляются эмерджентные свойства препаратов, которые действуют не как смесь отдельных компонентов, а как единая система, обладающая новыми свойствами;

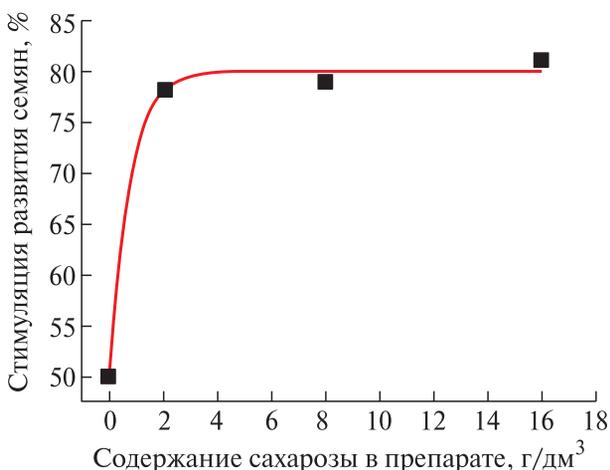


Рис. 4. Эффективность стимуляции прорастания семян при добавлении сахарозы к ССП-5 и развитие из них растений яровой пшеницы сорта «Лиза»

Fig. 4. Efficiency of stimulation of seed germination with the addition of sucrose to SSP-5 and the development of spring wheat plants of «Liza»

Т а б л и ц а 3

Предпосевная обработка ССП-5 и ССП-6 семян различных культур и сортов и ее влияние на стимуляцию прорастания и начальную фазу развития растений, произрастающих на дерново-подзолистой почве

Pre-sowing treatment of SSP-5 and SSP-6 seeds of various crops and varieties and its effect on the stimulation of germination and the initial phase of development of plants growing on soddy-podzolic soil

Культура	Сорт	Стимуляция на исходной дерново-подзолистой почве, %	Стимуляция на дерново-подзолистой ВУ-почве, %
Яровая пшеница	Лиза	56 ± 5	80 ± 7
	Любава	32 ± 3	–
	Злата	33 ± 4	–
	Агата	4 ± 2	–23 ± 3
Яровой ячмень	Эстер	3 ± 2	–
	Злагояр	17 ± 2	–
	Эльф	–4 ± 2	31 ± 3
	Яромир	25 ± 3	–
	Московский-86	31 ± 4	–
Озимая пшеница	Владимир	28 ± 3	–
	Московская-56	21 ± 2	–
Озимая рожь	Немчиновская-17	24 ± 3	–
	Московская-15	11 ± 2	9 ± 2
	Московская-12	15 ± 2	–
	Татьяна	15 ± 2	–

– речь идет уже не только об изменении сорбционных свойств вносимых в почву препаратов; – внесение в почву в достаточно больших количествах СП делает заметным существование не только сорбционного, но и другого, по-видимому, микробиологического фактора, который не был учтен в исследованиях по обработке семян ССП.

Для проверки влияния микробиологического фактора в действии ССП в состав ССП-5 добавили сахарозу, которая должна была усилить развитие микроорганизмов в областях почвы, примыкающих к семенам, и могла оказать влияние на эффективность действия препарата.

Полученные результаты (рис. 4) подтвердили изложенные предположения. Добавление в ССП сахарозы в качестве шестого компонента более чем в 1,5 раза повысило эффективность его действия. Однако механизм влияния микроорганизмов на эффективность действия ССП пока не известен. Требуется дальнейшее тщательное изучение этого вопроса.

Проверка эффективности препарата, проведенная на других сортах и культурах зерновых, показала, что задействование микробиологического фактора значительно повышает универсальность препарата ССП-6 по сравнению с ССП-5 (табл. 3). Из 15 изученных сортов и культур семян зерновых обработка ССП-5 оказалась эффективна (стимуляция более 20 %) только для половины из них, а обработка ССП-6 — для подавляющего большинства.

Таким образом, выдвинутые для объяснения полученных экспериментальных результатов предположения позволили более чем в 3 раза увеличить эффективность использования ССП для предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта «Лиза», а также дали возможность значительно повысить универсальность препарата — эффективность его применения на большом числе зерновых культур. На яровой пшенице сорта «Лиза» на дерново-подзолистой ВУ-почве эффект стимуляции при обработке ССП-5 при расходе 40 дм³/т семян составил 25 % (см. рис. 2). Для этого же сорта на дерново-подзолистой ВУ-почве при обработке ССП-6 при расходе 60 дм³/т семян эффект составил 80 %.

Список литературы

- [1] Алтухов И.В., Федотов В.А. Воздействие ИК-излучения различных длин волн на семена пшеницы // Ползуновский вестник, 2011. № 2/1. С. 156–159.
- [2] Дмитриев А.М., Страцкевич Л.К. Стимуляция роста растений / под ред. Н.Ф. Батыгина. Минск: Ураджай, 1986. 118 с.
- [3] Кравец А.В., Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Зотикова А.П. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом из торфа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011. № 4 (78). С. 22–24.

- [4] Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А., Бобрешова И.Ю., Злотников А.К. Полифункциональное действие препарата Альбит при предпосевной обработке семян яровой пшеницы // *Агрохимия*, 2009. № 10. С. 39–47.
- [5] Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983. 349 с.
- [6] Balakhina T., Bulak P., Nosalewicz M., Pietruszewski S. The influence of wheat *Triticum aestivum* L. seed pre-sowing treatment with magnetic fields on germination, seedling growth, and antioxidant potential under optimal soil watering and flooding // *Acta physiologiae plantarum*, 2015, Vol. 37, no. 3, p. 59.
- [7] Федотов Г.Н., Шоба С.А., Горепекин И.В. Аллелотоксичность почв и способ уменьшения ее негативного влияния на начальную стадию развития растений // *Почвоведение*, 2020, № 8. С. 1007–1015.
- [8] Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. Л.: ВНИИСХМ, 1978. С. 7–30.
- [9] Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление. Киев: Наукова думка, 1991. 432 с.
- [10] Гродзинский А.М., Богдан Г.П., Головки Э.А., Дзюбенко Н.Н., Мороз П.А., Прутенская Н.И. Аллелопатическое почвоутомление. Киев: Наукова думка, 1979. 248 с.
- [11] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 464 с.
- [12] Лобков В.Т. Использование почвенно-биологического фактора в земледелии. Орел: Изд-во Орловского ГАУ, 2017. 166 с.
- [13] Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications. Edited by M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzalez. Published by Springer. Printed in the Netherlands, 2006. 637 p.
- [14] Cheng F., Cheng Z. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy // *Frontiers in Plant Science*, 2015, v. 6, p. 1020.
- [15] Ghulam J., Shaukat M., Arshad N.C., Imran H., Muhammad A. Allelochemicals: sources, toxicity and microbial transformation in soil – a review // *Annals of Microbiology*, 2008, v. 58 (3), pp. 351–357.
- [16] McCalla T.M., Haskins F.A. Phytotoxic Substances from Soil Microorganisms and Crop Residues // *Bacteriological Reviews*, 1964, v. 28, pp. 181–207.
- [17] Rice E.L. Allelopathy. New York: Academic Press, 1984. 422 p.
- [18] Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф., Горепекин И.В. Влияние аллелотоксичности почв на прорастание семян зерновых культур // *Почвоведение*, 2019. № 4. С. 489–496.
- [19] Шоба С.А., Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Грачева Т.А., Салигареева О.А. Природа повышения эффективности применения сорбционно-стимулирующих препаратов для предпосевной обработки семян при введении в их состав неионогенных ПАВ // *Доклады Российской академии наук. Науки о жизни*, 2020. Т. 494. С. 513–516.
- [20] Федосова А.А. Автолизат пивных дрожжей в кормлении цыплят-бройлеров кросса Конкурент-3: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2009. 21 с.
- [21] Чичина Т.В. Разработка технологии белковых ингредиентов на основе остаточных пивных дрожжей с использованием холодильной обработки: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2014. 126 с.

Сведения об авторе

Горепекин Иван Владимирович — ведущий инженер Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ, decembrist96@yandex.ru

Поступила в редакцию 16.05.2022.

Одобрено после рецензирования 28.09.2022.

Принята к публикации 30.11.2022.

USE OF SORPTION-STIMULATING PREPARATIONS FOR SEED TREATMENT AND INTERACTION OF SOIL ALLELOTOXINS WITH PLANTS

I.V. Gorepekin

M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, GSP-1, 1, p. 12, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia
decembrist96@yandex.ru

The influence of soil allelotoxicity on the application efficiency of a sorption-stimulating preparation used for pre-sowing seed treatment was studied. A comparison was also made of the negative effects of allelotoxicity of soils and water extracts from these soils on the seed development. From the analysis of the results, it followed that the development of seeds is influenced only by allelotoxins contained in the soil in the immediate vicinity of plants, entering them, apparently, due to exchange sorption. This mechanism of interaction of soil allelotoxins with plants explains well the effectiveness of stimulating pre-sowing seed treatment with sorption preparations, the sorption capacity of which is several orders of magnitude less than the amount of allelotoxins contained in the soil. A comparison was made that effect of sorption-stimulating preparations during the pre-sowing treatment of seeds and when introducing into the soil 30 times larger quantities. It was found that result of the preparations use does not depend on the method of their application, which confirms the correctness of the proposed mechanism of interaction between soil allelotoxins and plants. Results analysis of the introduction into the soil the sorption-stimulating preparations suggested the existence of a microbiological factor in reducing the allelotoxicity of soils, the use of which made it possible to significantly increase the effectiveness of the sorption-stimulating preparations.

Keywords: seed stimulation, plant uptake of allelotoxins from soils, interaction of soil allelotoxins and stimulants

Suggested citation: Gorepekin I.V. *Ispol'zovanie sorbtionno-stimuliruyushchikh preparatov dlya obrabotki semyan i vzaimodeystvie allelotoksinov pochv s rasteniyami* [Use of sorption-stimulating preparations for seed treatment and interaction of soil allelotoxins with plants]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 1, pp. 45–52. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-45-52

References

- [1] Altukhov I.V., Fedotov V.A. *Vozdeystvie IK-izlucheniya razlichnykh dlin voln na semena pshenitsy* [The impact of IR radiation of various wavelengths on wheat seeds]. *Polzunovskiy vestnik*, 2011, no. 2/1, pp. 156–159.
- [2] Dmitriev A.M., Stratskevich L.K. *Stimulyatsiya rosta rasteniy* [Stimulation of plant growth]. Ed. N.F. Batygin. Minsk: Urjay, 1986, 118 p.
- [3] Kravets A.V., Bobrovskaya D.L., Kasimova L.V., Zotikova A.P. *Predposevnaya obrabotka semyan yarovoy pshenitsy guminovym preparatom iz torfa* [Pre-sowing treatment of spring wheat seeds with a humic preparation from peat]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], 2011, no. 4 (78), pp. 22–24.
- [4] Ryabchinskaya T.A., Kharchenko G.L., Sarantseva N.A., Bobreshova I.Yu., Zlotnikov A.K. *Polifunktsional'noe deystvie preparata Al'bit pri predposevnoy obrabotke semyan yarovoy pshenitsy* [Polyfunctional effect of Albit preparation during presowing treatment of spring wheat seeds]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry], 2009, no. 10, pp. 39–47.
- [5] Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko O.K., Ivashchenko V.G., Kuznetsov E.D. *Ekologiya semyan pshenitsy* [Ecology of wheat seeds]. Moscow: Kolos, 1983, 349 p.
- [6] Balakhina T., Bulak P., Nosalewicz M., Pietruszewski S. The influence of wheat *Triticum aestivum* L. seed pre-sowing treatment with magnetic fields on germination, seedling growth, and antioxidant potential under optimal soil watering and flooding. *Acta physiologiae plantarum*, 2015, v. 37, no. 3, p. 59.
- [7] Fedotov G.N., Shoba S.A., Gorepekin I.V. *Allelotoksichnost' pochv i sposob umen'sheniya ee negativnogo vliyaniya na nachal'nyuyu stadiyu razvitiya rasteniy* [Soil allelotoxicity and a way to reduce its negative impact on the initial stage of plant development]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2020, no. 8, pp. 1007–1015.
- [8] Berestetskiy O.A. *Fitotoksiny pochvennykh mikroorganizmov i ikh ekologicheskaya rol'* [Phytotoxins of soil microorganisms and their ecological role]. *Fitotoksicheskie svoystva pochvennykh mikroorganizmov* [Phytotoxic properties of soil microorganisms]. Leningrad: VNIISHM, 1978, pp. 7–30.
- [9] Grodzinskiy A.M. *Allelopatiya rasteniy i pochvoutomlenie* [Plant allelopathy and soil fatigue]. Kyiv: Naukova Dumka, 1991, 432 p.
- [10] Grodzinskiy A.M., Bogdan G.P., Golovko E.A., Dzyubenko N.N., Moroz P.A., Prutenskaya N.I. *Allelopaticheskoe pochvoutomlenie* [Allelopathic soil fatigue]. Kyiv: Naukova Dumka, 1979, 248 p.
- [11] Krasil'nikov N.A. *Mikroorganizmy pochvy i vysshie rasteniya* [Soil microorganisms and higher plants]. Moscow: AN SSSR, 1958, 464 p.
- [12] Lobkov V.T. *Ispol'zovanie pochvenno-biologicheskogo faktora v zemledelii* [The use of the soil-biological factor in agriculture]. Orel: Publishing House of the Orlovsky State Agrarian University, 2017, 166 p.
- [13] Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications. Edited by M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzalez. Published by Springer. Printed in the Netherlands, 2006, 637 p.
- [14] Cheng F., Cheng Z. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 2015, v. 6, p. 1020.
- [15] Ghulam J., Shaikat M., Arshad N.C., Imran H., Muhammad A. Allelochemicals: sources, toxicity and microbial transformation in soil — a review. *Annals of Microbiology*, 2008, v. 58 (3), pp. 351–357.
- [16] McCalla T.M., Haskins F.A. Phytotoxic Substances from Soil Microorganisms and Crop Residues. *Bacteriological Reviews*, 1964, v. 28, pp. 181–207.
- [17] Rice E.L. *Allelopathy*. New York: Academic Press, 1984, 422 p.
- [18] Fedotov G.N., Shoba S.A., Fedotova M.F., Gorepekin I.V. *Vliyanie allelotoksichnosti pochv na prorastanie semyan zernovykh kul'tur* [Influence of soil allelotoxicity on the germination of seeds of grain crops]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2019, no. 4, pp. 489–496.
- [19] Shoba S.A., Gorepekin I.V., Fedotov G.N., Gracheva T.A., Saligareeva O.A. *Priroda povysheniya effektivnosti primeneniya sorbtionno-stimuliruyushchikh preparatov dlya predposevnoy obrabotki semyan pri vvedenii v ikh sostav neionogennykh PAV* [The nature of increasing the efficiency of the use of sorption-stimulating preparations for presowing treatment of seeds with the introduction of nonionic surfactants into their composition]. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o zhizni* [Reports of the Russian Academy of Sciences. Life Sciences], 2020, v. 494, pp. 513–516.
- [20] Fedosova A.A. *Autolizat pivnykh drozhzhey v kormlenii tsyplyat-broylerov krossa Konkurent-3* [Autolysate of brewer's yeast in feeding broiler chickens of the Competitor-3 cross-country]. *Diss. Cand. Sci (Biol.)*. Moscow, 2009, 21 p.
- [21] Chichina T.V. *Razrabotka tekhnologii belkovykh ingredientov na osnovе ostatochnykh pivnykh drozhzhey s ispol'zovaniem kholodil'noy obrabotki* [Development of technology of protein ingredients based on residual brewer's yeast using refrigeration]. *Diss. Cand. Sci. (Tech.)*. St. Petersburg, 2014, 126 p.

Author's information

Gorepekin Ivan Vladimirovich — Leading Engineer of the Eurasian Center for Food Security of Lomonosov Moscow State University, decembrist96@yandex.ru

Received 16.05.2022.

Approved after review 28.09.2022.

Accepted for publication 30.11.2022.