

УДК 631.8; 631.4

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ АЛЛЕЛОТОКСИНОВ ПОЧВ ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ КАК ОСНОВА СТИМУЛЯЦИИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Член-корреспондент РАН С. А. Шоба, О. А. Салимгареева\*,  
И. В. Горепекин, Г. Н. Федотов, А. Л. Степанов

Поступило 15.04.2019 г.

Изучено влияние почв по сравнению с песком на прорастание семян пшеницы и развитие их проростков, а также влияние обработки семян гуминовыми веществами на их развитие в песке и почвах. На примере почв Русской равнины показано, что почвы заметно ингибируют прорастание семян. Установлено, что предпосевная обработка семян гуминовыми препаратами оказывает заметное стимулирующее действие при посеве обработанных семян в дерново-подзолистую почву и практически не оказывает влияния при их посеве в песок. На основе известного явления аллелотоксичности почв выдвинуто предположение о том, что стимуляция развития семян гуминовыми веществами состоит в их защите от ингибирующего действия аллелотоксинов.

*Ключевые слова:* аллелотоксичность почв, гуминовые вещества, семена зерновых культур, ингибирование, стимуляция.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524873342-345>

Стимулирующее влияние гуминовых веществ (ГВ) на рост и развитие растений хорошо известно [1–4]. Отмечено положительное влияние ГВ на развитие семян, укоренение черенков и развитие растений в целом при фолиарной обработке.

Необходимо отметить, что при изучении биологической активности ГВ, проявляющейся в стимуляции роста растений, воспринимают стимуляцию как ускорение развития растений под влиянием используемых препаратов и рассматривают различные механизмы влияния ГВ на биохимические реакции, протекающие в клетках и органах растений [4].

Однако применение подобного подхода к предпосевной обработке семян растворами ГВ вызывает вопросы, так как изучают взаимодействие ГВ только с самими семенами, а не с системой, в которой они развиваются. В результате из рассмотрения исключается почва и её взаимодействие с прорастающими семенами. Между тем для почв характерно существование аллелотоксичности [5–7], которое обусловлено наличием в них токсинов, вырабатываемых в первую очередь самими растениями, а также микроорганизмами. Всего определено 14 групп аллелотоксинов [8].

Целью работы была проверка влияния обработки семян ГВ на их прорастание в почвах по сравнению с песчаным субстратом.

*Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова*

\*E-mail: [tavtava@yandex.ru](mailto:tavtava@yandex.ru)

В экспериментах использовали семена яровой пшеницы (*Triticum*), сорт “Лиза”, и озимой пшеницы (*Triticum*), сорт “Безенчукская 380”.

Для проращивания помещали 7,5 г семян в пластиковые ёмкости объёмом 600 мл, содержащие 60 г субстратов, изготовленных на основе сухого отмытого речного песка с размером частиц 0,5–0,8 мм, образцов дерново-подзолистой почвы из окрестностей поймы р. Яхромы влажностью 18,1%, серой лесной почвы из Тульской области влажностью 21,6%, чернозёма типичного из Липецкой области влажностью 33,1%, а также каштановой почвы из Волгоградской области влажностью 19,3%.

Основная сложность при сравнении прорастания семян в почвах по сравнению с песком состоит в том, что влажность субстратов (почв и песка) оказывает сильное влияние на протекающие в семенах процессы. Поэтому сравнение разных субстратов, имеющих одинаковую влажность, но разное сродство к ним влаги, не позволяет получать корректные результаты. Для преодоления этой проблемы проводили сравнение прорастания семян в разных субстратах при влажностях, при которых процессы развития семян в каждом из них протекают с максимальной скоростью.

Оптимумы водно-воздушных условий прорастания семян для субстратов находили, построив для них зависимости “количество выделяющейся за двое суток углекислоты в закрытой ёмкости — исходная влажность субстрата”, имеющие один максимум.

Концентрацию углекислоты измеряли прибором Testo 535. В качестве примера приведены кривые, полученные для песка и дерново-подзолистой почвы (рис. 1).

Опыты проводили в семикратной повторности с последующей статистической обработкой результатов. В экспериментах использовали навески семян по 2,5 г. Ошибка не превышала 5% при 95%-й доверительной вероятности.

Для проверки стимулирующего действия ГВ использовали гумат калия из бурого угля при концентрации раствора 10 г/л. Применяли исходный гумат и препарат на его основе, полученный активацией исходного гумата путём освобождения его сорбционных центров кипячением в течение часа в гептане при соотношении 1:100.

Обработку семян проводили полусухим способом при расходе растворов 20 литров на 1 тонну семян. Для этого к 50 г семян добавляли 1 г раствора, тщательно перемешивали.

Для повышения воспроизводимости получаемых данных изучали изменение интегральной длины проростков — суммарной длины проростков 7,5 г семян (~200 шт.), которую определяли, используя экспресс-метод, основанный на существовании линейной зависимости между насыпным объёмом проросших семян в воде и длиной их проростков [9]. Оптимальное количество воды, добавляемой в субстраты, составило для песка 15 г, дерново-подзолистой почвы 9 г, серой лесной почвы 13,5 г, чернозёма 13,5 г, каштановой почвы 15 г.

Применяли шестикратную повторность с последующей статистической обработкой результатов. В связи с использованием в одном опыте 1000—

1200 семян удавалось минимизировать ошибку, связанную с разнокачественностью семян [10] до 7%.

На первом этапе исследования было изучено прорастание необработанных семян и развитие их проростков в почвах по сравнению с песком.

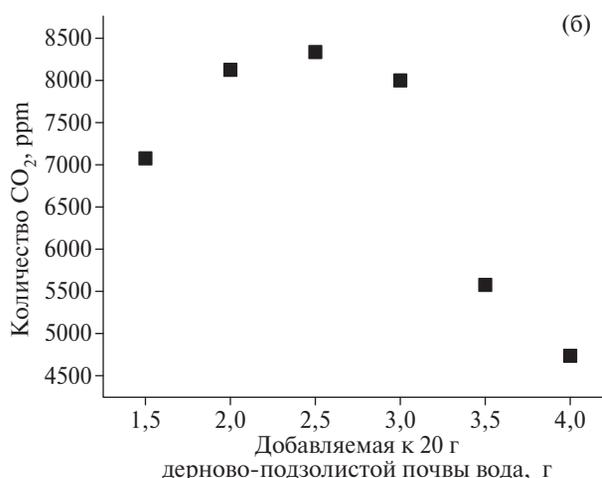
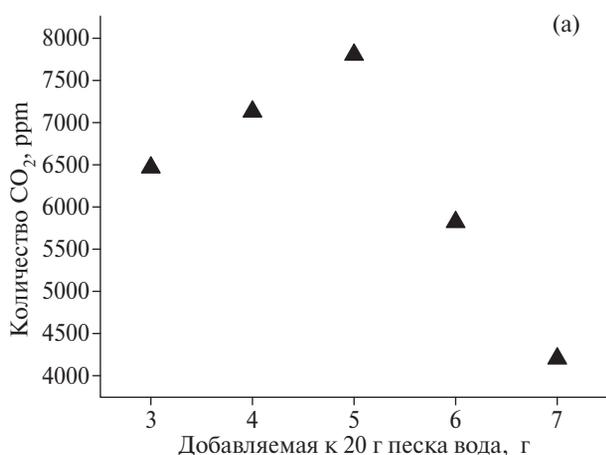
Полученные результаты свидетельствуют (табл. 1), что все используемые в работе почвы угнетают прорастание семян и развитие их проростков. Наиболее сильное ингибирующее действие оказала серая лесная почва, а наиболее слабое — каштановая почва.

Исследование влияния обработки семян растворами гуматов, проведённое на дерново-подзолистой почве (табл. 2), показало, что влияние обработки для семян пшеницы сорта “Лиза” при их посеве в песок достаточно мало, но возрастает при посеве в дерново-подзолистую почву. При этом освобождение у гуматов активных центров в гептане заметно повышает эффект стимуляции, проявляющийся при посеве семян пшеницы в дерново-подзолистую почву.

Для семян пшеницы сорт “Безенчукская 380” обработка неактивированным гуматом не оказывает

**Таблица 1.** Угнетение прорастания и развития семян (по суммарной длине проростков) за двое суток разными почвами по сравнению с песчаным субстратом, %

Культура	Почвы			
	Дерново-подзолистая	Чернозём	Серая лесная	Каштановая
Яровая пшеница, сорт “Лиза”	-38	-76	-67	-25
Озимая пшеница, сорт “Безенчукская 380”	-36	-50	-80	-27



**Рис. 1.** Влияние количества добавляемой воды в стаканчик с 2,5 г семян и с 20 г песка (а) и дерново-подзолистой почвы влажностью 18,1% (б) на изменение концентрации углекислоты в трёхлитровой ёмкости за двое суток.

**Таблица 2.** Влияние предпосевной обработки семян зерновых культур гуматами на их прорастание и развитие проростков в различных субстратах

№	Сорт пшеницы	Субстрат	Препарат	Эффект, %
1	“Лиза”	Песок	Гумат	+4
2	“Лиза”	Дерново-подзолистая почва	Гумат	+12
3	“Лиза”	Песок	Гумат, активированный в гептане	+6
4	“Лиза”	Дерново-подзолистая почва	Гумат, активированный в гептане	+25
5	“Безенчукская 380”	Песок	Гумат	-3
6	“Безенчукская 380”	Дерново-подзолистая почва	Гумат	0
7	“Безенчукская 380”	Песок	Гумат, активированный в гептане	+3
8	“Безенчукская 380”	Дерново-подзолистая почва	Гумат, активированный в гептане	+11

значимого влияния ни на песке, ни на дерново-подзолистой почве, но обработка активированным гуматом при посеве на дерново-подзолистой почве стимулирует развитие семян по сравнению с их посевом в песок (табл. 2).

Получение результатов по ингибированию почвами прорастания семян и развития их проростков не является неожиданным, так как известно, что в растения из почв могут поступать содержащиеся в них аллелотоксины [5–7].

С учётом существования явления аллелотоксичности почв стимуляция развития растений ГВ выглядит несколько иначе. Она может вызывать не ускорение неких биохимических реакций в клетках растений после попадания в них ГВ, а снижение ингибирующего влияния на растения и их органы аллелотоксинов. Подобное будет происходить за счёт замедления гуминовыми веществами поступления в растения из почв аллелотоксинов или удаления ГВ из растений аллелотоксинов при фоллиарной обработке. Причём такая гипотеза не заставляет вводить никаких дополнительных предположений, а использует хорошо известное свойство ГВ — их высокую сорбционную способность.

С этих позиций незначительное влияние обработки семян ГВ, наблюдаемое на песке (табл. 2), становится вполне понятным. Стимуляция ГВ основана на снижении доступа в семена аллелотоксинов, но в песке аллелотоксины отсутствуют. Как следствие, отсутствует и эффект от стимулирующей обработки семян гуматами. Если бы действие гуматов было основано на их воздействии на биохимические реакции в семенах, то эффект обработки семян ГВ, несомненно, наблюдался бы и на песке. Только снижением негативного действия аллелотоксинов можно объяснить эффект от обработки семян ГВ на дерново-подзолистой почве и его отсутствие на песке.

Заметное повышение стимуляции ГВ при использовании активированных гуматов (табл. 2),

у которых освобождены дополнительные сорбционные центры, связано, по-видимому, с лучшей сорбцией на них аллелотоксинов. Это приводит к появлению значительного стимулирующего эффекта при посеве в почву семян, обработанных активированным гуматом.

Таким образом, объяснить наблюдаемые в почвах и не наблюдаемые в песке эффекты стимуляции ГВ чем-то иным, а не наличием в почвах аллелотоксинов и снижением их ингибирующего влияния под воздействием гуматов, достаточно сложно.

**Источник финансирования.** Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 17–14–01120.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Христева Л.А.* О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений. В кн.: Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев, 1968. Ч. 3. С. 13–28.
2. *Александрова И.В.* О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов их метаболизма. В кн.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. М., 1972. С. 30–69.
3. *Дмитриев А.М., Страцкевич Л.К.* Стимуляция роста растений. Минск: Ураджай, 1986. 118 с.
4. *Безуглова О.С.* Гуминовые вещества в биосфере: Учебное пособие. Ростов-н/Д.: Изд-во Южного федерального ун-та, 2009. 120 с.
5. *Красильников Н.А.* Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 464 с.
6. *Гродзинский А.М., Богдан Г.П., Головкин Э.А., Дзюбенко Н.Н., Мороз П.А., Прутенская Н.И.* Аллелопатическое почвоутомление. Киев: Наук. думка, 1979. 248 с.
7. *Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications / M.J. Reigosa, N. Pedrol, L. Gonzalez Eds.* Amsterdam: Springer, 2006. 637 p.
8. *Rice E.L.* Allelopathy. N.Y.; L.: Acad. Press, 1984. 422 p.

9. Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Горепекин И.В. Методика для оценки эффективности действия стимуляторов прорастания семян // Лес. вестн. 2018. Т. 22. № 6. С. 95–101.
10. Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983. 349 с.

## STIMULATION OF SEED GERMINATION BY HUMIC SUBSTANCES: ON THE NATURE OF THE PHENOMENON

Corresponding Member of the RAS S. A. Shoba, O. A. Salimgareeva,  
I. V. Gorepekin, G. N. Fedotov, A. L. Stepanov

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

Received April 15, 2019

The effect of soil compared to sand on the germination of wheat seeds and the development of their seedlings, as well as the effect of seed treatment with humic substances on their development in sand and soils, was studied. For a number of the Russian Plain soils, it was shown that the soils inhibit seed germination significantly. It was established that pre-sowing treatment of seeds with humic preparations has a noticeable stimulating effect when sowing treated seeds in sod-podzolic soil and has no effect practically when sowing these seeds in sand. On the basis of the known phenomenon of soil allelotoxicity, it was suggested that the stimulating effect of humic substances on seed development is to limit the influence of allelotoxins on their development.

*Keywords:* allelotoxicity of soils, humic substances, cereal seeds, inhibition, stimulation.