

УДК 631.8;631.4

ПРИРОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЦИОННО-СТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРИ ВВЕДЕНИИ В ИХ СОСТАВ НЕИОНОГЕННЫХ ПАВ

© 2020 г. Член корреспондент РАН С. А. Шоба¹, И. В. Горепекин¹, Г. Н. Федотов¹,
Т. А. Грачева^{1,*}, О. А. Салимгареева¹

Поступило 07.04.2020 г.

После доработки 22.04.2020 г.

Принято к публикации 22.04.2020 г.

При помощи электронной микроскопии изучено влияние введения в раствор сорбционного препарата (БК-Г-АПД) неионогенного ПАВ Полисорбата 20 на структуры слоев сорбента на поверхности семян яровой пшеницы, образующихся при предпосевной обработке. Установлено, что повышение эффективности действия сорбционных препаратов при добавлении к ним Полисорбата 20 основано на активизации распада агрегатов частиц бентонита до индивидуальных частиц монтмориллонита и создании более плотного, защитного, сорбционного слоя на поверхности зерновок, лучше защищающего их от аллелотоксинов. Введение неионогенных ПАВ в препарат увеличивает сорбционную способность бентонито-гумусового комплекса, и это приводит к снижению активности гиббереллина в растворе. Поэтому для достижения максимальной физиологической активности гиббереллина в растворе требовалось увеличивать его концентрацию со 100 до 300 мг/л. В результате эффект стимуляции возрос с 36 до 55%.

Ключевые слова: стимуляция семян, препараты-стимуляторы, Полисорбат-20, полиэтиленгликоль, глинистые минералы, аллелотоксичность почв, электронная микроскопия

DOI: 10.31857/S2686738920050200

Одним из наиболее перспективных методов увеличения урожайности сельскохозяйственных культур является повышение посевных качеств семян путем их стимулирующей обработки физическими воздействиями или биологически активными препаратами [1].

Было показано [2], что низкая эффективность действия стимуляторов обусловлена негативным влиянием на биохимические процессы в семенах аллелотоксинов [3–8], поступающих из почв в семена.

В работе [9] было предложено обрабатывать семена сорбционно-стимулирующими препаратами (ССП) на основе бентонито-гуматовых комплексов, чтобы они поглощали и закрепляли аллелотоксины, поступающие из почв, снижая их негативное влияние на семена. Эксперименты подтвердили эффективность такого подхода.

При дальнейшем проведении исследований с ССП было обнаружено, что введение в них неионогенного поверхностно-активного вещества (ПАВ) – Полисорбата-20 ускоряет развитие растений на ранних стадиях [9].

Целью работы было выяснение природы возрастания эффективности обработки семян ССП при введении в их состав Полисорбата-20.

В экспериментах использовали семена яровой пшеницы (*Triticum*) урожая 2018 г сорт “Лиза”.

Проращивали семена в образцах дерново-подзолистой супесчаной почвы из окрестностей поймы р. Яхромы, Московская область.

Для защитного действия семян от почвенных аллелотоксинов [3–8] использовали гумат калия (Г), произведенный ООО НВЦ “Агротехнологии” (Россия) из бурого угля, и бентонит кальция (БК) по ОСТ 18-49-71 (Россия). В качестве биологически активных веществ к сорбционным препаратам добавляли: автолизат пивных дрожжей (АПД), произведенный ООО “Биотех плюс” (Россия) – 12–18 г/л, гиббереллин (Гибб) Китай – 100–400 мг/л. В качестве неионогенных ПАВ применяли Полисорбаты 20, 60 и 80 (П-20; П-60;

¹ Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: tanyadunaeva12@mail.ru

Таблица 1. Влияние состава препарата, применяемого для предпосевной обработки семян яровой пшеницы, на величину стимуляции развития проростков

Серия	Состав препарата стимулятора и концентрации компонентов	Величина эффекта, %
1	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + П-20 (120 мг/л)	+17 ± 2
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л)	+23 ± 3
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + П-20 (120 мг/л)	+31 ± 4
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + П-60 (120 мг/л)	+11 ± 2
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + П-80 (120 мг/л)	+20 ± 3
2	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + ПЭГ-400 (120 мг/л)	+32 ± 4
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + ПЭГ-1000 (120 мг/л)	+32 ± 4
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + ПЭГ-4000 (120 мг/л)	+32 ± 4
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + ПЭГ-20000 (120 мг/л)	+32 ± 4
3	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + ПЭГ-400 (200 мг/л)	+34 ± 4
	БК (40 г/л) – Г (10 г/л) – АПД (12 г/л) + Ги6б (100 мг/л) + ПЭГ-400 (300 мг/л)	+36 ± 4

П-80) концентрацией 120 мг/л и полиэтиленгликоль (ПЭГ) молекулярной массой 400; 1000; 4000 и 20000 – 120–300 мг/л фирмы “Merck”.

Обработку семян проводили полусухим способом при расходе 40 л раствора на тонну семян.

Для повышения воспроизводимости получаемых данных изучали изменение интегральной длины проростков 7.5 г семян (~200 шт), которую определяли, используя экспресс-метод, основанный на существовании линейной зависимости между насыпным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков [10].

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 до 7%.

Для получения ответа на вопрос о характере распределения частиц бентонита на поверхности зерновок при обработке семян препаратом были проведены электронно-микроскопические исследования при помощи растрового электронного микроскопа JEOL-6060A (фирмы JEOL, Япония).

Как было отмечено выше, введение в сорбционно-стимулирующий препарат Полисорбата-20 повышало эффективность применения препарата, поэтому на первом этапе исследования было изучено влияние введения в ССП других неионогенных ПАВ (П-60, П-80 и ПЭГ) вместо Полисорбата-20.

Хорошо видно (табл. 1, серии 1 и 2), что не все неионогенные ПАВ повышают эффективность применения ССП. Из трех изученных ПАВ стимулирующее воздействие аналогичное Полисорбату-20 оказал только полиэтиленгликоль. По-видимому, химическая природа Полисорбатов-60

и 80 оказывает негативное влияние на развитие семян. Отметим, что молекулярная масса ПЭГ не влияла на эффективность стимуляции¹ (табл. 1, серия 2), а увеличение его концентрации в растворе препарата до 300 мг/л (табл. 1, серия 3) приводило к росту эффекта, чего не наблюдалось для Полисорбата-20 [9].

На следующем этапе исследования было проведено изучение поверхности семян обработанных ССП не содержащим Полисорбат-20 (рис. 1а) и содержащим Полисорбат-20 (рис. 1б).

Из полученных данных хорошо видно, что при отсутствии в ССП Полисорбата-20 бентонит располагается на поверхности зерновок в виде агрегатов частиц монтмориллонита размером около 10 мкм (рис. 1а). При введении в ССП Полисорбата-20 агрегатов монтмориллонита на поверхности зерновок практически не остается, что хорошо видно на фотографии (рис. 1б).

Это, по-видимому, объясняется тем, что агрегаты частиц монтмориллонита распадаются до индивидуальных частиц и равномерно покрывают зерновки. Распад агрегатов частиц монтмориллонита приводит к созданию более плотного, защитного, сорбционного слоя на поверхности зерновок, сильнее снижающего проникновение в них аллелотоксинов. Таким образом, вводя в препарат неионогенные ПАВ, мы уменьшаем размеры частиц бентонита и увеличиваем качество защиты поверхности семян от проникновения в них из почв аллелотоксинов.

Необходимо учитывать, что распад агрегатов монтмориллонита до индивидуальных частиц может увеличивать активную площадь их поверхно-

¹ Можно предположить, что это связано с мало отличающимся влиянием молекул ПЭГ разной молекулярной массы на распад агрегатов частиц монтмориллонита.

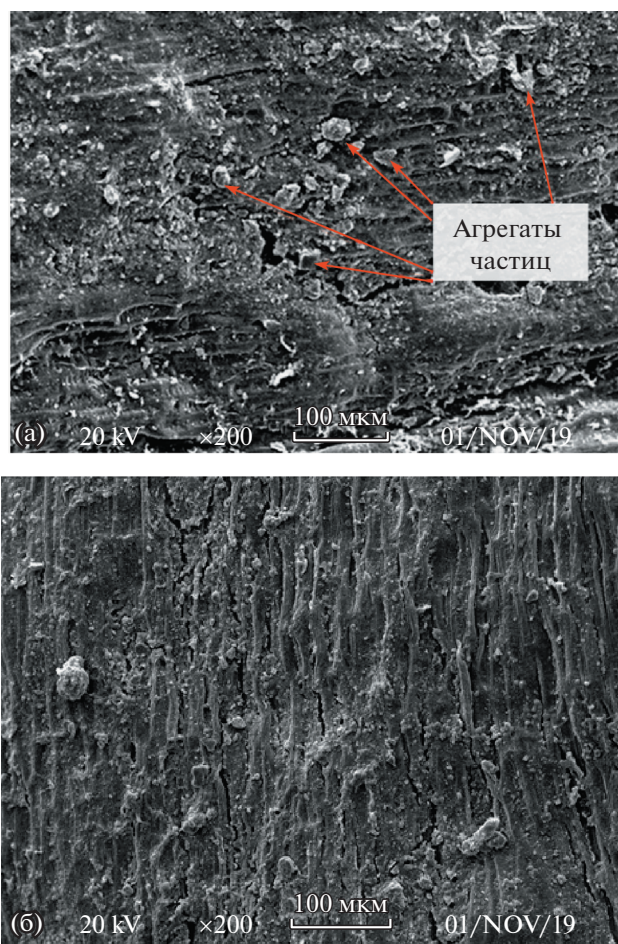


Рис. 1. Морфология поверхности зерновок пшеницы сорт “Лиза”, обработанных сорбционно-стимулирующим препаратом, не содержащим Полисорбат-20 (а) и содержащим Полисорбат-20 (б).

сти и, как следствие, сорбционную способность. В результате гиббереллин, который входит в состав ССП, будет закрепляться на монтмориллоните в большем количестве и может оказаться в суспензии препарата в неоптимальной для действия на семена концентрации. Поэтому было изучено влияние повышения концентрации гиббереллина в препарате, содержащем бентонит (40 г/л), гумат (10 г/л), АПД (12 г/л) и ПЭГ (300 мг/л).

Полученные данные (рис. 2) подтвердили наше предположение – оптимум концентрации гиббереллина в препарате возрастает со 100 до 300 мг/л, причем увеличение содержания гиббереллина в ССП привело к значительному усилению эффекта стимуляции с 36 до 55%.

ВЫВОДЫ

1. Повышение эффективности действия сорбционных препаратов при добавлении к ним Полисорбата-20 основано на активизации распада

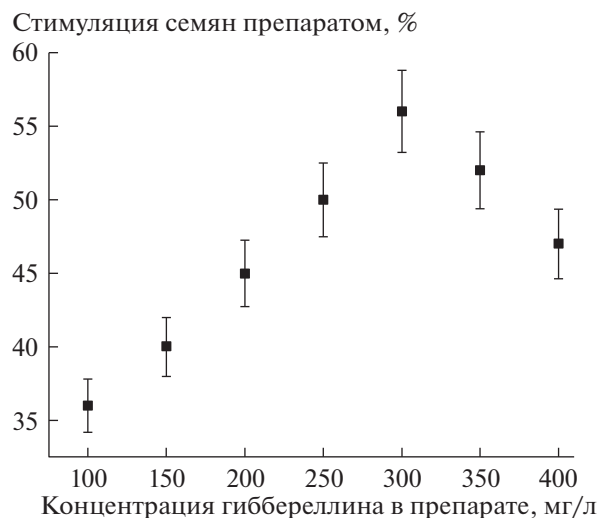


Рис. 2. Влияние увеличения содержания гиббереллина в сорбционно-стимулирующем препарате БК (40 г/л), Г (10 г/л), АПД (12 г/л), ПЭГ-400 (300 мг/л) на эффективность стимуляции прорастания семян яровой пшеницы сорт “Лиза” и развития проростков на дерново-подзолистой почве.

агрегатов частиц бентонита до индивидуальных частиц и созданию более плотного, защитного, сорбционного слоя на поверхности зерновок, лучше защищающего их от проникновения аллелотоксинов.

2. Введение неионогенных ПАВ в препарат увеличивает сорбционную способность бентонито-гумусового комплекса и это приводит к снижению активности гиббереллина в растворе. Поэтому для достижения для достижения максимальной физиологической активности гиббереллина в растворе требовалось увеличивать его концентрацию со 100 до 300 мг/л. В результате эффект стимуляции возрос с 36 до 55% .

3. Установлено, что действие ССП при введении в него полиэтиленгликоля эквивалентно введению в ССП Полисорбата-20.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Изд. Колос, 1983. 349 с.
2. Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Горепекин И.В. Аллелотоксичность почв и повышение эффективности использования гиббереллинов для предпосевной обработки семян // Лесной вестник. 2019. Т. 23. № 6. С. 45–50.
3. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление: Избр. тр. Киев: Наук. думка, 1991, 432 с.
4. Лобков В.Т. Использование почвенно-биологического фактора в земледелии: монография. Орел, 2017. 166 с.

5. Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications. M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzalez (Eds.) / Published by Springer. Printed in the Netherlands. 2006. 637 p.
6. 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. Article 1020.
7. McCalla T.M., Haskins F.A. Phytotoxic substances from soil microorganisms and crop residues // *Bacteriological Rev.* 1964. V. 28. P. 181–207.
8. Rice E.L. Allelopathy. N.Y.: Academic Press, 1984. 422 p.
9. Шоба С.А., Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Грачева Т.А. // Повышение эффективности стимуляции семян яровой пшеницы при предпосевной обработке гормонами роста растений. *ДАН. Науки о жизни*, 2020. Т. 493. № 1. С. 404–407.
10. 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.

THE NATURE OF APPLICATION EFFICIENCY INCREASE OF SORPTION-STIMULATING PREPARATIONS FOR PRE-SOWING SEED TREATMENT WHEN INTRODUCING NON-IONIC SURFACTANTS INTO THEIR COMPOSITION

**Corresponding Member of the RAS S. A. Shoba^a, I. V. Gorepekin^a, G. N. Fedotov^a,
T. A. Gracheva^{a,#}, and O. A. Salimgareeva^a**

^a *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

[#]*e-mail: tanyadunaeva12@mail.ru*

The laminate structure of a sorption preparation on the spring wheat seeds surface formed as a result of their pre-sowing treatment containing non-ionic surfactant Polysorbate 20 was studied using electron microscopy. It is established that an increase in the effectiveness of a sorption preparations containing Polysorbate-20 is based on the disintegration of bentonite particle aggregates to the individual particles and creating a denser protective sorption layer on the seed surface which may better protect them from the allelotoxins. The introduction of non-ionic surfactants into the preparation increases the sorption capacity of bentonite-humus complex but leads to a decrease in the activity of gibberellin in the solution. Therefore, to achieve the maximum physiological activity of gibberellin in the solution, it is necessary to increase its concentration from 100 to 300 mg/l. As a result, the effect of stimulation increases from 36 to 55%.

Keywords: seed stimulation, stimulation preparations, Polysorbate-20, polyethylene glycol, clay minerals, soil allelotoxicity, electron microscopy