

УДК 631.8;631.4

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТИМУЛЯЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОРОСТКОВ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ ГОРМОНАМИ РОСТА РАСТЕНИЙ

© 2020 г. Член-корреспондент РАН С. А. Шоба<sup>1</sup>, И. В. Горепекин<sup>1</sup>, Г. Н. Федотов<sup>1</sup>, Т. А. Грачева<sup>1,\*</sup>

Поступило 20.12.2019 г.

После доработки 26.12.2019 г.

Принято к публикации 20.01.2020 г.

Изучено влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы гормонами роста растений совместно с сорбционными препаратами на основе бентонито-гуматовых смесей на их прорастание в почвах и развитие проростков. Установлено, что применение гормонов роста растений совместно с сорбционным препаратом (БК-Г-АПД), способным снижать поступление из почв в семена аллелотоксинов, в ряде случаев позволило заметно повысить эффективность действия гормонов роста растений при их использовании для предпосевной обработки семян. Показано, что введение в сорбционный препарат (БК-Г-АПД) веществ, относящихся к группе цитокининов (6-бензиламнопурин, кинетин и форхлорфенурон), оказывают заметно различающееся влияние на прорастание семян. Было обнаружено, что добавление к сорбционному препарату (БК-Г-АПД) Полисорбата-20 приводит к возрастанию эффективности его действия на прорастание семян.

*Ключевые слова:* аллелотоксичность, стимуляция семян, предпосевная обработка семян, гуматы, бентониты, гиббереллины

DOI: 10.31857/S2686738920040228

Стимулирующая предпосевная обработка семян известна достаточно давно [1, 2]. При этом наблюдаются эффекты, которые не всегда воспроизводятся. Неустойчивость стимулирующих эффектов объясняли погодными условиями, качеством семян и т.д., но в целом причины этого понятны не были.

Можно предположить, что небольшая величина эффектов при стимулирующей обработке семян и их невоспроизводимость обусловлены действием веществ-стимуляторов на фоне угнетающего воздействия на семена поступающих в них из почв аллелотоксинов [3, 4]. Как следствие, в зависимости от величины угнетающего действия аллелотоксинов стимулирующее влияние проявляется в различной степени.

Ранее было показано, что защита семян от ингибирующего действия аллелотоксинов сорбционными препаратами сама стимулирует их развитие, а также обеспечивает значительное повышение эффективности использования некоторых препаратов, содержащих веществ-стимуляторы [5, 6]. При этом было показано [6], что из почвы в

прорастающие семена поступают не только аллелотоксины, но и биологически активные вещества (БАВ), которые необходимы для их развития, а закрепление этих БАВ на сорбентах замедляет развитие семян. Поэтому в сорбционный препарат была введена добавка автолизата пивных дрожжей (АПД), содержащего большой набор разнообразных БАВ (витамины, ферменты, аминокислоты и т.д.), которые должны были блокировать сорбционные центры сорбента, способные закреплять, БАВ, поступающие в семена из почвы. Тем самым снималось негативное действие сорбционных препаратов на прорастание семян.

Целью работы являлась проверка перспективности применения сорбционных препаратов совместно с гормонами роста растений, их аналогами и стимуляторами роста растений широкого спектра действия для стимуляции роста проростков семян.

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

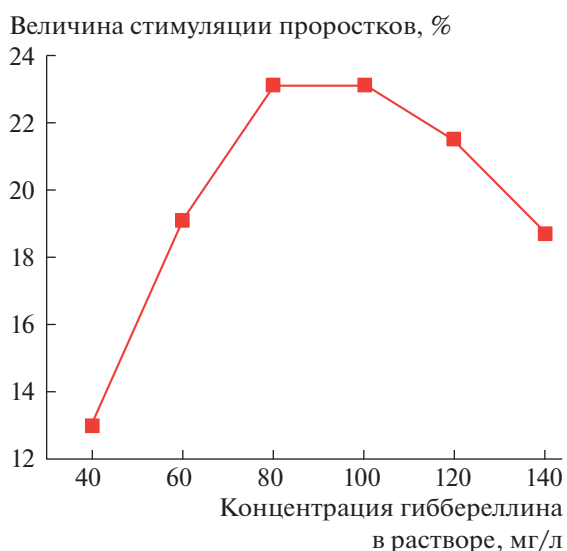
Проращивали семена в образцах окультуренной дерново-подзолистой глубокоподзолистой глубокопахотной легкосуглинистой почвы (а) на покровных суглинках, подстилаемых флювиогляциалом после картофеля (Чашниково, Московская область), дерново-неглубокоподзоли-

<sup>1</sup> Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*e-mail: tanyadunaeva12@mail.ru



**Рис. 1.** Влияние содержания 6-бензиламинопурина в суспензии бентонита (40 г/л) с гуминовым препаратом (10 г/л) и АПД (12 г/л) на прорастание семян яровой пшеницы сорт «Лиза» и на развитие их проростков в дерново-подзолистой почве (а).



**Рис. 2.** Влияние содержания гиббереллина в суспензии бентонита (40 г/л) с гуминовым препаратом (10 г/л) и АПД (12 г/л) на прорастание семян яровой пшеницы сорт «Лиза» и развитие их проростков в дерново-подзолистой почве (б).

стой освоенной глубокопахотной легкосуглинистой почвы (б) на покровных суглинках, подстилаемых мореной, залежь с 2015 г. (Чашниково, Московская область) и в образцах агродерново-глубокоподзолистой супесчаной на водноледниковых (древнеозерных) отложениях почвы (в), подстилаемой с глубины 92 см бескарбонатными лёссовидными (покровными) суглинками

после картофеля (окрестности поймы р. Яхрома, Московская область).

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). Для блокирования активных центров глино-гумусового комплекса, способных поглощать БАВ, поступающие из почвы в семена, использовали АПД, произведенный ООО «Биотех плюс» (Россия). Применяли суспензии сорбционного препарата, содержащие БК – 40 г/л, Г – 10 г/л, АПД – 12 г/л.

В качестве биологически активных веществ к сорбционным препаратам добавляли: гиббереллин (90%-ный) в концентрации 40–140 мг/л, 3-индолилуксусную кислоту в концентрации 50–240 мг/л, кинетин в концентрации 20–120 мг/л, 6-бензиламинопурина в концентрации 25–100 мг/л, форхлорфенурон в концентрации 20–120 мг/л, брассинолид, содержащий 0.1% брассиностероидов в концентрации 20–500 мг/л, диэтиламиноэтилгексаноат в концентрации 40–320 мг/л, триаконтанол в концентрации 20–120 мг/л и парааминобензойную кислоту (ПАБК) в концентрации 400–1500 мг/л.

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

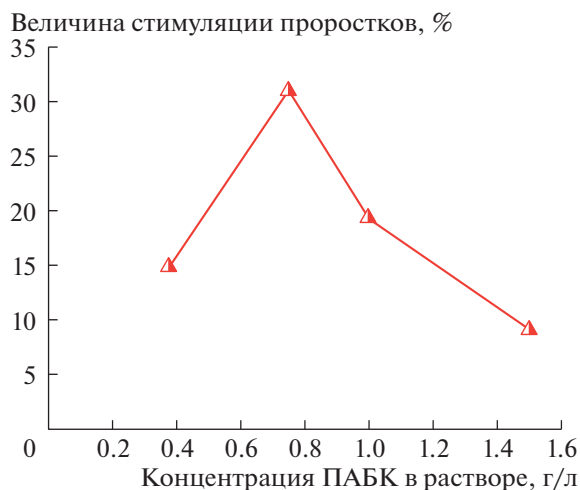
Для повышения воспроизводимости получаемых данных изучали изменение интегральной длины проростков 7.5 г семян (~200 шт.), которую определяли, используя экспресс-метод, основанный на существовании линейной зависимости между насыпным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков [7].

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%.

Предварительно проведенные эксперименты по предпосевной обработке семян растворами, содержащими только изучаемые индивидуальные гормоны роста растений, показали, что величина стимуляции этими растворами не превышает 5–8%, а в некоторых случаях ее не удалось обнаружить.

При введении гормонов роста растений в раствор сорбционного препарата (БК-Г-АПД) эффективность применения многих гормонов резко возросла (рис. 1–4).

Хорошо видно, что стимуляция при подобном применении 6-бензиламинопурина увеличивается с 8 до 47% (рис. 1), гиббереллина – с 5 до 23% (рис. 2), парааминобензойной кислоты – с 5 до 32% (рис. 3), брассинолида – с 0 до 20% (рис. 4). При этом интервал концентраций высокой эф-



**Рис. 3.** Влияние содержания парааминобензойной кислоты (ПАБК) в суспензии бентонита (40 г/л) с гуминовым препаратом (10 г/л) и АПД (12 г/л) на прорастание семян яровой пшеницы сорт “Лиза” и развитие их проростков в дерново-подзолистой почве (а).

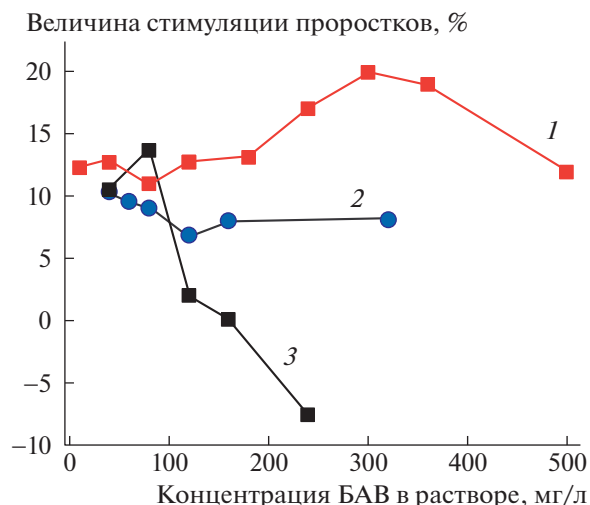
фективности применения этих гормонов был достаточно узок.

В тоже время не было отмечено стимуляции при использовании диэтиламиноэтилгексаноата (рис. 4), а также кинетина и форхлорфенурона. При использовании гормона ауксиновой природы (3-индолилуксусной кислоты) отсутствие стимуляции при малых концентрациях сменялось заметным ингибированием (рис. 4).

Большинство из полученных результатов были вполне предсказуемы. Так трудно было ожидать высоких стимулирующих эффектов при любых применяемых концентрациях 6-бензиламинопурина, гиббереллина, парааминобензойной кислоты и brassinosteroidов. Это связано с тем, что для растений играет важную роль не увеличение концентрации какого-либо одного гормона, а сбалансированность концентраций гормонов и других БАВ в растениях и их отдельных органах [8]. По-видимому, по этой же причине не все изученные препараты оказывали стимулирующее действие на прорастание семян. Если их наличие в растении после поступления необходимых для развития семян БАВ из почвы находилось на близком к оптимальному уровню, то дополнительное введение растительных гормонов уже не могло оказывать стимулирующего действия.

Однако было непонятно, почему вещества, относящиеся к группе цитокининов (6-бензиламинопурин, кинетин и форхлорфенурон), оказывают столь разное воздействие на прорастание семян.

При изучении влияния триаконтанола в составе сорбционного препарата для обработки семян и их прорастании в дерново-подзолистой почве



**Рис. 4.** Влияние содержания биологически активных веществ (1 – brassinolid; 2 – диэтиламиноэтилгексаноат; 3 – 3-индолилуксусная кислота) в суспензии бентонита (40 г/л) с гуминовым препаратом (10 г/л) и АПД (12 г/л) на прорастание семян яровой пшеницы сорт “Лиза” и развитие их проростков в дерново-подзолистой почве (в).

(в) была отмечена стимуляция ~17% при концентрации триаконтанола в растворе 40 мг/л. Однако вызвал вопрос процесс приготовления триаконтанола для его растворения в воде. Для этого 1 часть триаконтанола смешивали с 3 частями Полисорбата-20 и 9 частями воды. Таким образом, приготовленный раствор содержал в 3 раза больше Полисорбата-20, чем триаконтанола. Проведенная проверка показала, что именно добавление к сорбционному препарату Полисорбата-20, а не триаконтанола обеспечивает эффект стимуляции. Причем введение в сорбционный препарат Полисорбатов 60 или 80 не приводило к стимуляции.

Объяснить причины наблюдаемого явления достаточно сложно, так как оно может быть связано с изменением числа и качества активных центров в сорбционном препарате при взаимодействии с ним Полисорбата-20, который является поверхностно-активным веществом. Однако нельзя исключить более равномерного покрытия семян сорбционным препаратом при введении в него Полисорбата-20 и снижения возможности поступления в семена почвенного раствора, содержащего аллелотоксины, через дефекты в сорбционном барьере, создаваемом вокруг семян.

## ВЫВОДЫ

1. Применение гормонов роста растений совместно с сорбционным препаратом (БК-Г-АПД), способным снижать поступление из почв в семена аллелотоксинов, в ряде случаев позволило за-

метно повысить эффективность действия гормонов роста растений при их использовании для предпосевной обработки семян.

2. Введение в сорбционный препарат веществ, относящихся к группе цитокининов (6-бензил-аминопурин, кинетин и форхлорфенурон), оказывают заметно различающееся влияние на развитие проростков семян.

3. Было обнаружено, что добавление к сорбционному препарату Полисорбата-20 приводит к возрастанию эффективности его действия на развитие проростков семян.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сечняк Л.К., Киндрок Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Изд. Колос, 1983. 349 с.
2. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985. 506 с.
3. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление: Избр. тр. Киев: Наук. думка, 1991. 432 с.
4. 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.
5. Шоба С.А., Салимгареева О.А., Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Степанов А.Л. Закрепление аллелотоксинов почв гуминовыми веществами как основа стимуляции прорастания семян // ДАН. 2019. Т. 487. № 3. С. 108–111.
6. 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.
7. 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.
8. Муромцев Г.С., Чкаников Д.И., Кулаева О.Н., Гамбург К.З. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.

## INCREASE THE STIMULATION EFFICIENCY OF SEEDLINGS DEVELOPMENT FOR SPRING WHEAT SEEDS WHEN APPLYING PRE-SOWING TREATMENT WITH PLANT GROWTH HORMONES

Corresponding member of the RAS S. A. Shoba<sup>a</sup>, I. V. Gorepekin<sup>a</sup>, G. N. Fedotov<sup>a</sup>, and T. A. Gracheva<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> Faculty of Soil Science, Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>#</sup> e-mail: tanyadunaeva12@mail.ru

The influence of pre-sowing seeds treatment with a joint application of plant growth hormones and sorption preparations based on bentonite-humate mixtures on seeds germination and their development in soils is studied for spring wheat. In some cases, the joint application of plant growth hormones and sorption preparation (BC-H-BYA) capable of decreasing allelotoxins intake from soils to seeds allow increasing noticeably plant growth hormones effect when applying them for pre-sowing treatment. The introduction of cytokinins group substances (6-benzylaminopurine, kinetin, and forchlorophenuron) has markedly different effects on seeds germination. The addition of Polysorbate 20 to the sorption preparation (BC-H-BYA) leads to an increase in the effectiveness of its action on seed germination.

*Keywords:* allelotoxicity, stimulation of seeds, pre-sowing seeds treatment, humates, bentonites, gibberellins