

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Г.Н. Федотов¹, М.Ф. Федотова¹, В.С. Шалаев², Ю.П. Батырев²

¹ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Институт экологического почвоведения, МГУ

²МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

gennadiy.fedotov@gmail.com

Изучалось влияние стимулирующей обработки семян редиса несколькими гуминовыми и негуминовыми препаратами различных российских производителей. Показано, что оптимальными свойствами обладает гумат производства ООО НВЦ «Агротехнологии». Попытка повышения биологической активности этого гумата за счет увеличения числа активных центров гумусовых веществ (для адсорбции ингибиторов прорастания семян) путем воздействия различных физических и физико-химических факторов на сам препарат и его растворы не дала положительных результатов. Показано, что эффективность применения для обработки семян растворов гумата производства ООО НВЦ «Агротехнологии» совместно с биологически активными веществами и гормонами роста увеличивается только в случае использования в качестве добавок к гумату гиббереллинов. Экспериментально подтверждена возможность совершенствования препаратов-стимуляторов, применяемых для обработки семян при помощи методики, основанной на выделении семенами при прорастании углекислоты.

Ключевые слова: повышение посевных качеств семян, гуминовые препараты, добавки биологически активных веществ, стимулирующая обработка семян

Ссылка для цитирования: Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Повышение эффективности применения гуминовых препаратов для предпосевной обработки семян // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 2. С. 37–44. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-2-37-44

Гумусовые вещества (ГВ) — главный компонент органического вещества почв, который является предметом исследования не только почвоведения и сельскохозяйственных наук, таких как, химия почв, физика почв, биология почв, физиология растений и др., но и ряда естественнонаучных дисциплин [1–19]. Причина заключается в многофункциональной роли, которую способны выполнять ГВ, значительно улучшая рост растений [1–3, 5, 12, 15]. В литературе отмечается положительное влияние ГВ на развитие семян (при их предпосевной обработке или при внесении ГВ в бедные почвы), укоренение черенков, корнеобразование и развитие растений в целом (повышение урожайности и качества продукции).

Выдвигают различные гипотезы о механизме биологической активности ГВ [2, 4, 6, 13, 16, 18, 19]: влияние на проницаемость клеточных мембран, в первую очередь для нитрат-ионов, на увеличение доступности в почвах элементов питания за счет их комплексования гумусовыми веществами и повышения подвижности, на дыхательный метаболизм и фотосинтез, на передачу растениям гормонов роста от микроорганизмов и т. д. [2, 4, 6, 12]. Кроме того, не исключают и косвенное влияние ГВ через повышение эффективности поглощения растениями удобрений и улучшение структуры почвы.

В работе [12] было выдвинуто предположение о том, что биологическая активность ГВ связана с их способностью сорбировать ингибито-

ры, замедляющие развитие семян и эндофитной микрофлоры. На основании этого был сделан вывод о возможном влиянии на биологическую активность ГВ количества в них активных центров, свободных для адсорбции ингибиторов.

В настоящий момент назрела острая необходимость повысить эффективность стимулирующей обработки растений (и, в частности, семян), и воспроизводимость получаемых положительных результатов. Цель работы — поиск методов увеличения эффективности использования гуматов для предпосевной обработки семян.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

— на небольшом числе образцов провести выбор имеющегося на рынке стимулирующих препаратов гумата, обладающего максимальной биологической активностью, для отработки на нем способов повышения эффективности применения гуминовых препаратов (фактически на примере выбранного гумата проводится проверка возможности повышения стимулирующей способности препаратов для обработки семян на основе описанной в работе [12] экспресс-методики);

— провести попытку изменения количества сорбционных центров в выбранном гумате и оценить влияние этих изменений на эффективность применения препарата для обработки семян;

— проверить влияние добавок биологически активных веществ к гумату на эффективность его применения для обработки семян.

Объекты и методы исследования

Использовали семена редиса, сорт Розово-красный с белым кончиком, которые хорошо реагируют на обработку стимуляторами [12].

Почву имитировали влажным окатанным кварцевым песком с размером частиц 0,5...0,8 мм, из месторождения в Рязанской области. Влажность песка составляла 17,5 %, что обеспечивало достаточно высокий стимулирующий эффект [12].

Изучали действие гуматов калия (натрия), произведенных из бурого угля ООО НВЦ «Агротехнологии» (Россия), предприятием «Сахалинские гуматы», ЗАО ТПК «Техноэкспорт» (препарат «Энерген Аква») и ООО НПО «Сила жизни», а также ряда негуминовых препаратов-стимуляторов — «Эмистим Р» и «Экопин».

Была предпринята попытка повлиять на биологическую активность препарата ООО НВЦ «Агротехнологии» путем удаления из него молекул сорбированных веществ и освобождения дополнительного числа активных центров. Для этого препарат кипятили в течение 1 ч в растворителях, в которых он сам практически не растворялся, но могли растворяться сорбированные на активных центрах ГВ молекулы. В качестве таких растворителей использовали бензол, изопропиловый спирт и изопропиловый спирт, содержащий 8 % воды. Гидрофильность растворителей в указанном ряду возрастает, что позволяло обеспечивать переход в них из гуматов органических молекул различной полярности и гидрофильности.

Также для освобождения активных центров ГВ препарат ООО НВЦ «Агротехнологии» прогревался при 105 °С в течение 2 ч и обрабатывался ультразвуком (УЗ) при частоте 22 кГц и амплитуде 55 мкм в течение 5 мин на УЗ-диспергаторе МОД МЭФ 91.1 ООО «МЭЛФИЗ — ультразвук» (Россия).

В качестве добавок для повышения стимулирующей активности гуматов применяли биологически активные вещества — парааминобензойную и арахидоновую кислоты, а также гормоны роста растений — гетероауксин (производства ООО «ПСК «Техноэкспорт», Россия), соли гиббереллиновой кислоты (препарат «Бутон», содержащий 20 мг/г солей гиббереллиновых кислот, производства ЗАО «ТПК «Техноэкспорт», Россия), цитокинин (форхлорфенурон — ФХФ, производства фирмы Farm-Reaching, Китай) и брассиностероиды (0,1 %-ный смачивающийся порошок, производства фирмы Farm-Reaching, Китай).

Семена обрабатывали растворами стимуляторов при расходе 100 л на 1 т семян. Для этого 40 г

семян помещали в пластиковую лодочку площадью 20 × 7 см, глубиной 4 см, добавляли навеску воды (раствора) 4 г и тщательно перемешивали примерно 1 мин до достижения равномерной окраски семян.

Качество стимулирующей обработки определяли по интенсивности выделения углекислоты [12] при контакте семян с влажным песком. Эксперименты проводили, помещая 5 г семян в 2 стаканчика объемом 100 мл, засыпая их 20 г сухого песка, добавляя из пипетки 3,5 г воды так, чтобы вода достаточно равномерно увлажняла песок. После этого стаканчики с семенами ставили в стеклянную емкость объемом 3 л, которую герметично закрывали. Использовали обычные стеклянные трехлитровые банки, закрываемые пластиковыми крышками с отверстиями, в которые плотно мог входить зонд измерителя углекислоты Testo 535. Отверстия в крышках затыкали изнутри резиновыми пробками так, чтобы их можно было выталкивать внутрь банок, вставляя зонд измерителя). Емкости термостатировали при температуре 25 °С в камере, в которую входила 21 емкость. Опыты повторяли 7 раз. В каждой камере один из образцов (7 емкостей) был контрольным, по нему производили пересчет. Емкости в камере располагали в шахматном порядке, чтобы уменьшить влияние неоднородности распределения температуры. С этой же целью в камере располагали вентилятор, перемешивающий воздух. Через 24 ч измеряли концентрацию CO₂ в емкостях и пересчитывали количество выделившегося CO₂ на 1 г семян. При проведении измерения зонд измерителя помещали в емкость на 5 мин до достижения равновесия углекислоты, находящейся в емкости, с углекислотой, адсорбированной на чувствительной части поверхности зонда. Ошибка опыта с вероятностью 95 % не превышала 5 %.

Данная методика дает возможность исследовать в одном опыте от 1000 до 1500 семян зерновых и десятки тысяч мелких семян овощей, что резко уменьшает ошибку экспериментов, связанную с разнокачественностью семян [10].

Измерение концентрации углекислоты проводили при помощи прибора Testo 535, который позволяет определять концентрацию углекислого газавгазовой смеси при содержании 0—9999 ppm. Принцип работы прибора основан на поглощении лазерного излучения углекислотой, адсорбированной на чувствительной части поверхности зонда. Относительно большая площадь адсорбционной поверхности зонда приводит к усреднению колебаний концентрации углекислоты в сосуде, что заметно снижает ошибку по сравнению с другими методами — отбором газовой смеси из сосуда шприцем и определением

концентрации углекислоты в газовой смеси при помощи хроматографа.

Для измерения размера частиц гуматов в растворах использовали анализатор размеров частиц Mastersizer 3000 (Великобритания).

Результаты и их обсуждение

При изучении эффективности обработки семян редиса растворами промышленно выпускаемых гуматов были получены результаты (рис. 1), которые свидетельствуют, что наилучшими свойствами обладает гумат ООО НВЦ «Агротехнологии».

При использовании этого гумата, как и гуматов предприятия «Сахалинские гуматы» и ООО НПО «Сила жизни», наблюдается быстрый рост эффективности при повышении концентрации препарата до уровня стимуляции свыше 22 %. Однако для последних двух препаратов характерен быстрый спад эффективности стимуляции, а для гумата ООО НВЦ «Агротехнологии» эффективность при повышении концентрации гумата не снижается. Уменьшение эффективности, по-видимому, связано с тем, что в гуматы предприятий «Сахалинские гуматы» и ООО НПО «Сила жизни» добавлены микроэлементы, передозировка которых приводит к отрицательному воздействию на семена, нивелирующему стимуляцию гуматами. В данном случае использование в качестве микроэлементов добавок к препаратам не улучшает действия последних, но значительно усложняет их применение. Связано это с тем, что попасть в узкие области оптимальных концентраций (которые различны у разных культур и у конкретных семян) становится весьма затруднительно. Проводить перед каждым посевом лабораторные эксперименты по определению оптимальной концентрации препарата на практике не представляется возможным. Как следствие, эффективность при использовании этих препаратов может быть достаточно низкой.

Препарат «Энерген Аква» обладает несколько меньшей биологической активностью, которая при росте концентрации препарата в растворе нарастает значительно медленнее и достигает значения, близкого к 20 %, только при высокой концентрации. В связи с тем что значения активности большинства гуматов достаточно близка друг к другу [12], это можно объяснить либо наличием в препарате примерно 75...80 % балласта, не оказывающего стимулирующего влияния на семена, либо недостаточной очисткой активных центров ГВ, ответственных за биологическую активность гуматов, при их получении. В связи с этим данный препарат не может конкурировать с гуматом ООО НВЦ «Агротехнологии» по соотношению «расход/цена».

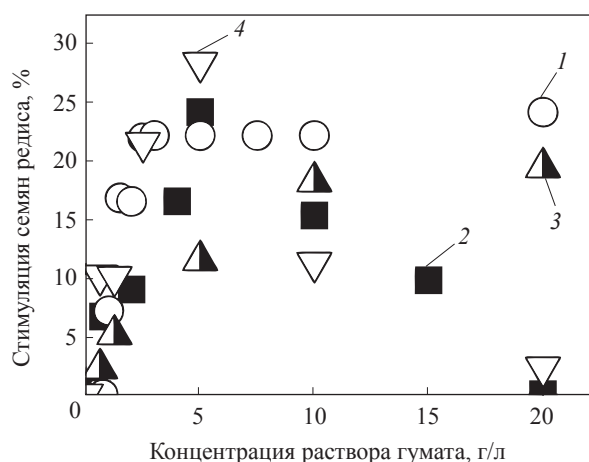


Рис. 1. Влияние обработки семян редиса растворами гуматов из бурого угля разных концентраций на стимуляцию прорастания семян (при расходе 100 л/т): 1 — гумат ООО НВЦ «Агротехнологии»; 2 — гумат предприятия «Сахалинские гуматы»; 3 — препарат «Энерген Аква»; 4 — гумат ООО НПО «Сила жизни»

Fig. 1. The effect of processing radish seeds with solutions of humates from brown coal of different concentrations at a flow rate of 100 liters per ton to stimulate the germination of seeds: 1 — «Agrotechnologii» LLC NEC humate; 2 — the humate of the «Sakhalinskie humates» enterprise; 3 — «Energene Aqua» product; 4 — «Life Force» LLC NPO humate

Сравнение биологической активности гуматов с выпускаемыми промышленностью негуминовыми стимуляторами «Эмистим Р» и «Экопин» показало, что в широком интервале концентраций эффект от их применения для обработки семян не превышает ошибки экспериментов и они не могут конкурировать с рассмотренными выше гуминовыми препаратами.

Была предпринята попытка оказать влияние на биологическую активность гумата ООО НВЦ «Агротехнологии» путем воздействия различными физическими и физико-химическими факторами для освобождения активных центров в ГВ. Однако эксперименты показали, что в результате этих воздействий биологическая активность препарата практически не изменяется (таблица).

Изменяя гидрофильность применяемых растворителей и применяя прогрев — удаляя часть молекул, сорбированных на ГВ, нам не удалось повысить биологическую активность гумата. Скорее, полученные результаты позволяют говорить о тенденции к снижению стимулирующей способности при росте гидрофобности применяемых растворителей, в которых из ГВ при кипячении должны были частично удаляться наиболее гидрофобные молекулы.

Изучение биологической активности раствора гумата ООО НВЦ «Агротехнологии» после пятиминутной УЗ-обработки показало, что из-

**Изменение биологической активности гумата ООО НВЦ «Агротехнологии»
при воздействии различных факторов, %**

Change in biological activity of humate ООО NEC «Agrotechnologii» under the influence of various factors, %

Концентрация гумата, г/л	Отсутствие воздействия	Кипячение в течение 1 ч			Прогрев при 105 °С
		в бензоле	в ИПС	в ИПС + H ₂ O (8 %)	
0,62	5,1	11,7	10,4	9,5	13,7
1,25	11,5	12,1	12,6	19,6	19
2,5	21,8	14,4	19,5	18,4	20,6
5	22,2	16,4	20,4	19,4	21,7
10	21,9	23,5	20,7	17,6	22,1
20	22,9	20,7	23	11	21,5

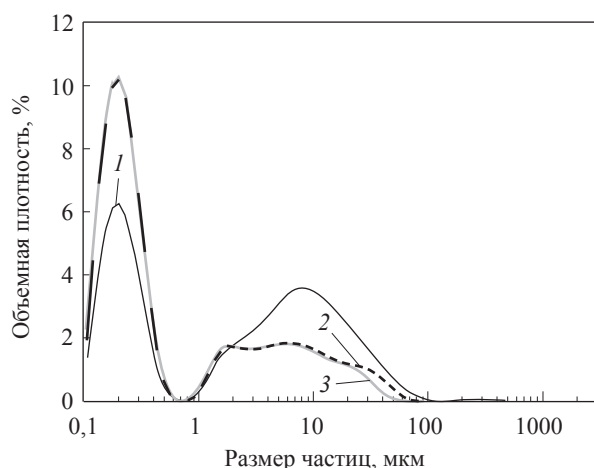


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в растворах гумата калия из бурого угля (концентрация 2500 мг/л): 1 — до обработки; 2 — обработанные ультразвуком; 3 — через сутки после УЗ-обработки

Fig. 2. The particle size distribution in solutions of potassium humate from brown coal at a concentration of 2500 mg/l: 1 — before processing; 2 — sonicated; 3 — one day after ultrasound treatment

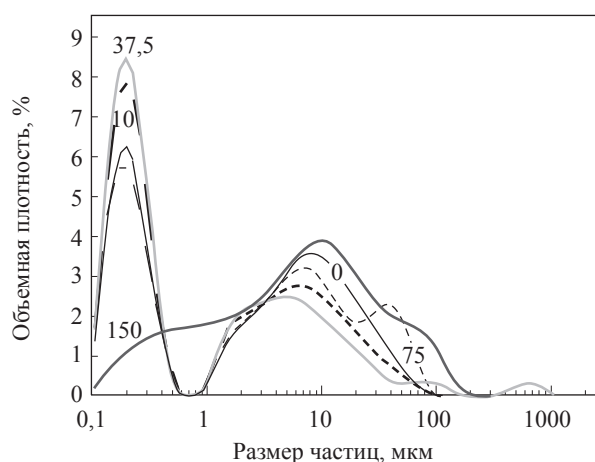


Рис. 3. Распределение частиц по размерам в растворах гумата калия из бурого угля (концентрация 2,5 г/л), приготовленных на воде с различным содержанием ионов кальция (мг/л)

Fig. 3. The particle size distribution in solutions of potassium humate from brown coal (2,5 g/l), prepared on water with different content of calcium ions (mg/l)

менения стимуляции прорастания семян по сравнению с не обработанными ультразвуком растворами гуматов не наблюдается. При этом размер частиц ГВ после УЗ-обработки заметно уменьшается и таким и остается во времени (рис. 2).

Можно предположить, что отсутствие влияния роста дисперсности ГВ связано с небольшой долей активных центров, освобождаемых при дезагрегации и уменьшении размера частиц ГВ. При этом значимого изменения структуры первичных частиц ГВ, образующих фрактальные кластеры [17], при УЗ-обработке растворов, по-видимому, не происходит.

При использовании веществ-добавок в растворы гуматов исходили из предполагаемого механизма действия ГВ — «поглощения» ингибиторов биохимических процессов для семян и микроорганизмов [12]. Так как поглощение ин-

гибиторов может быть связано со степенью гидрофобности ГВ, попытались изменить этот параметр, вводя в ГВ ионы кальция (в виде нитрата кальция), что должно было привести к блокированию функциональных групп, повышению степени гидрофобности ГВ и изменению их структуры [9, 11, 14, 17]. Данные о влиянии жесткости воды на эффективность препарата позволили бы сделать вывод о том, какую воду в реальных условиях можно использовать для приготовления раствора препарата.

Действительно, размер частиц ГВ при повышении концентрации ионов кальция увеличился (рис. 3). Однако это не оказало значимого влияния на биологическую активность, значение которой осталось одним и тем же при приготовлении растворов гуматов на дистиллированной мягкой воде и на воде средней жесткости (50, 100 и 150 мг/л ионов кальция).

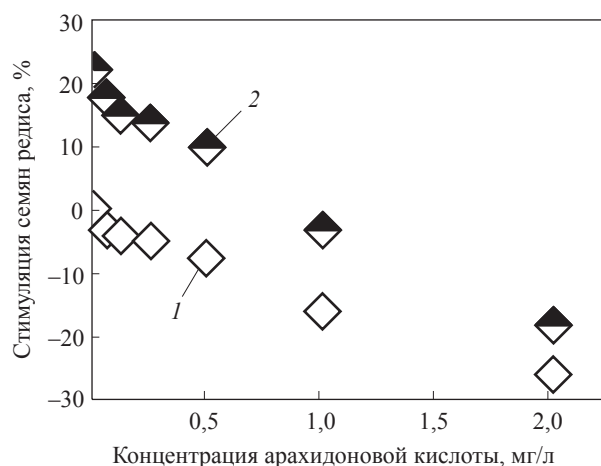


Рис. 4. Влияние содержания арахидоновой кислоты в воде (1) и растворе с гуматом концентрации 10 г/л (2) на прорастание семян редиса

Fig. 4. The effect of the arachidonic acid amount in water (1) and in a solution with a humate concentration of 10 g/l (2) on the radish seed germination

Таким образом, влияние на биологическую активность оказывает, по-видимому, не общая гидрофобность ГВ, а, как и следовало ожидать, строение и количество активных центров, имеющих гидрофобную часть. Причем взаимодействие частиц ГВ между собой (укрупнение или уменьшение размеров частиц) не приводит к снижению их биологической активности. Следовательно, при укрупнении частиц ГВ доступность подавляющего числа активных центров для молекул-ингибиторов, которые они сорбируют, по-видимому, сохраняется.

Попытка повышения биологической активности гуматов путем влияния на количество в них активных центров сорбции молекул-ингибиторов не привела к положительному результату.

На следующем этапе исследования было изучено влияние обработки семян редиса растворами гуматов, содержащих биологически активные вещества. Установлено, что растворы брассиностероидов, ФХФ, гетероауксина и гиббереллинов (препарата «Бутон») не оказывают стимулирующего влияния на биохимические процессы в семенах редиса, а арахидоновая кислота и ПАБК угнетают их развитие (рис. 4, 5).

Добавление препарата «Бутон» к гумату ООО НВЦ «Агротехнологии» приводит к заметному росту стимулирующей активности гумата (рис. 6).

В связи с отсутствием эффекта от воздействия самого препарата «Бутон» (как правило, обработка семян гиббереллинами стимулирует их развитие [7, 8]) наблюдаемое улучшение стимуляции семян редиса явилось достаточно неожиданным. Это может быть связано с тем, что

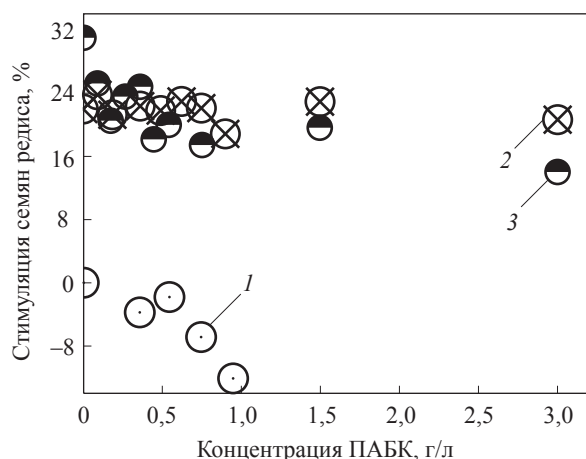


Рис. 5. Влияние ПАБК в воде (1), в растворе с гуматом концентрации 10 г/л (2) и с препаратом «Бутон» концентрации 16 г/л (3) на прорастание семян редиса

Fig. 5. The influence of PABA in water (1), in a solution with a humate concentration of 10 g/l (2) and a concentration of 16 g/l (3) on the radish seed germination

для запуска биохимических процессов в семенах редиса необходимо удалить какие-то молекулы-ингибиторы, без чего даже наличие гиббереллинов не стимулирует процесс развития семян.

Добавление к гумату арахидоновой кислоты (см. рис. 4) и форхлорфенурона (рис. 7) ингибирует эффект стимуляции.

Подобное же ингибирование наблюдается при добавлении форхлорфенурона к раствору гумата с препаратом «Бутон» (см. рис. 5). Учитывая, что сам форхлорфенурон не оказывает влияния на развитие семян, можно предположить, что молекулы форхлорфенурона блокируют активные центры ГВ и это снижает эффективность применения ГВ.

Полученные данные свидетельствуют о том, что знания о влиянии отдельных компонентов системы на основе ГВ на развитие семян не позволяют предсказать направление действия всей используемой системы, т. е. наблюдается констелляция факторов.

Это особенно хорошо заметно при рассмотрении систем на основе ГВ с ПАБК. Использование растворов ПАБК сильно угнетает развитие семян редиса (см. рис. 5). Добавление ПАБК в содержащие гумат растворы незначительно снижает эффективность применения гуматов, т. е. гуматы уменьшают ингибирующий эффект ПАБК, по-видимому, сорбируя его. Однако добавление ПАБК к раствору гумата с препаратом «Бутон» снижает эффективность применения этой системы очень сильно (см. рис. 5).

Из полученных данных хорошо видно, что ГВ сорбируют и, как следствие, уменьшают ак-

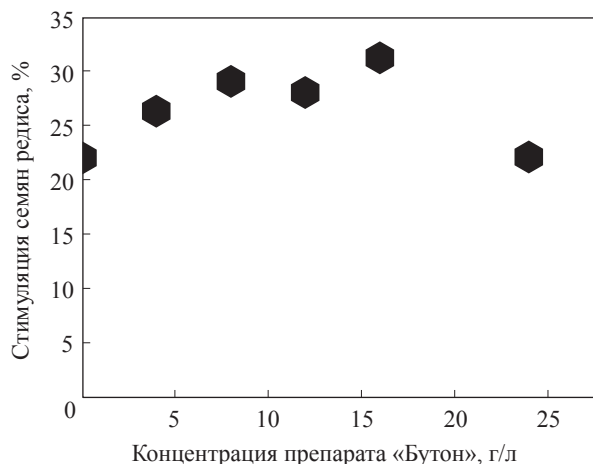


Рис. 6. Влияние содержания препарата «Бутон» в растворе с гуматом концентрации 10 г/л на стимуляцию прорастания семян редиса

Fig. 6. The influence of the «Buton» preparation amount in a solution with a 10 g/l humate on stimulation of radish seed germination

тивность многих веществ, контактирующих с ними. Это могут быть токсины, ингибиторы или стимуляторы. Результат взаимодействия молекул этих веществ с ГВ будет определяться соотношением констант нестойкости соединений, возникающих у этих молекул с ГВ и с веществами в клетках растений или микроорганизмов.

Поскольку мы, как правило, не знаем ни возникающих соединений, ни их констант нестойкости, предсказать направление и эффективность применения систем на основе ГВ заранее, без проведения экспериментов, не представляется возможным.

Выводы

1. Среди рассмотренных гуминовых препаратов как оказывающий максимальное стимулирующее влияние на развитие семян оказал гумат ООО НВЦ «Агротехнологии».

2. Попытки путем воздействия физическими и физико-химическими факторами на сам препарат и на его растворы усилить действие гумата за счет освобождения активных для адсорбции ингибиторов центров ГВ не привели к положительному результату.

3. Изучение влияния добавок биологически активных веществ и гормонов роста растений к растворам выбранного гумата показало, что синергетическое увеличение эффективности применения гумата наблюдается при его использовании совместно с солями гиббереллиновой кислоты.

4. Экспериментально показана возможность совершенствования препаратов-стимуляторов,

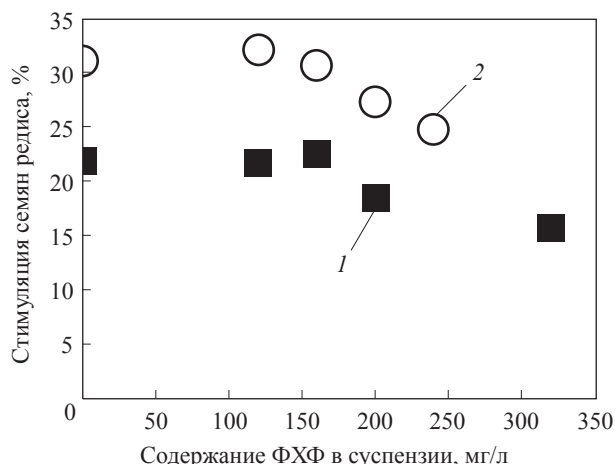


Рис. 7. Влияние содержания форхлорфенурона в растворе с гуматом концентрации 10 г/л (1) и с гуматом концентрации 10 г/л и препаратом «Бутон» концентрации 16 г/л (2)

Fig. 7. The influence of the forchlorfenuron in a solution with a humate concentration of 10 g/l (1) and with a concentration of 10 g/l and a concentration of 16 g/l (2)

применяемых для обработки семян при помощи методики, основанной на выделении семенами при прорастании углекислоты.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/БЧ.

Список литературы

- [1] Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов их метаболизма. Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.: Наука, 1972. С. 30–69.
- [2] Безуглова О.С. Гуминовые вещества в биосфере. Учебное пособие. Ростов-н/Д: Южного федерального ун-та, 2009. 120 с.
- [3] Ваксман С. Гумус. Происхождение, состав и значение его в природе. М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1937. 472 с.
- [4] Горвая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества: строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль. Киев: Наукова думка, 1995. 303 с.
- [5] Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 315 с.
- [6] Мажуль В.М., Прокопова Ж.В., Ивашкевич Л.С. Механизм действия гуминовых препаратов из торфа на структурное состояние мембран и функциональную активность дрожжевых клеток. Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. С. 151–157.
- [7] Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985. 347 с.
- [8] Обручева Н.В. Прорастание семян. Физиология семян. М.: Наука, 1982. С. 223–274.
- [9] Никонова С.И., Цыпленкова В.П., Григорьева М.А. Вискозиметрия — индикатор термoinдуцированных структурных перестроек органо-минеральных гелей

- почв // Вестник Ленинградского университета, 1987. Сер. 3. Вып. 3. № 17. С. 71–78.
- [10] Экология семян пшеницы / Л.К. Сечняк, Н.А. Киндрук, О.К. Слюсаренко, В.Г. Иващенко, Е.Д. Кузнецов. М.: Колос, 1983. 349 с.
- [11] Федотов Г.Н., Шоба С.А. Влияние структурного перехода в гумусовой матрице почвенных гелей на некоторые свойства почв // Доклады Академии наук, 2014. Т. 457. № 1. С. 57–60.
- [12] Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Биологическая активность гумусовых веществ и их влияние на свойства семян // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 2. С. 26–36.
- [13] Христева Л.А. О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений. Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев, 1968. Ч. 3. С. 13–28.
- [14] Ширшова Л.Т. Ермолаева М.А. Состояние гумусовых веществ почв в водных растворах по результатам электрофореза и гель-хроматографии на сефадексах // Почвоведение, 2001. № 8. С. 955–962.
- [15] Hassan A., Yasir A., Abdul R., Dost M. Effect of humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds // International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 2014, vol. 7 (4), pp. 196–201.
- [16] Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants // Soil Biology and Biochemistry, 2002, v. 34, no. 11, pp. 1527–1536.
- [17] Osterberg R., Mortensen K.M. Fractal geometry of humic acids. Temperature dependent restructuring studied by small-angle neutron scattering / In: Humic substances in the global environment and implication on human health. Ed. by N. Senesy, T. Milano. Amsterdam: Elsevier, 1994, pp. 256–257.
- [18] Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. From environmental aspects to molecular factors. // Plant Signaling and Behavior, 2010, no. 5, pp. 635–643.
- [19] Zandonadi D.B., Santos M.P., Busato J.G., Peres L.E.P., Façanha A.R. Plant physiology as affected by humified organic matter // Theoretical and Experimental Plant Physiology, 2013, vol. 25 (1), pp. 12–25.

Сведения об авторах

Федотов Геннадий Николаевич — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com

Федотова Магдалина Федоровна — специалист факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com

Шалаев Валентин Сергеевич — д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), e-mail: shalaev@mgul.ac.ru

Батырев Юрий Павлович — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: batyrev@mgul.ac.ru

Статья поступила в редакцию 16.12.2016 г.

IMPROVING THE APPLICATION OF HUMIC PREPARATIONS FOR PRE-TREATMENT OF SEEDS

G.N. Fedotov¹, M.F. Fedotova¹, V.S. Shalaev², Yu.P. Batyrev²

¹ Lomonosov Moscow State University (MSU), Institute of Ecology Soil Science, MSU, GSP-1, Leninskiy Gory, 1-12, 119991, Moscow, Russia,

² BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

gennadiy.fedotov@gmail.com

On the basis of studying the effect of stimulating radish seed treatment, several humic and non-humic preparations produced by various Russian manufacturers showed that «Agrotechnologies» (Ltd.) humate has the optimal properties. An attempt to improve the biological activity of the humate by increasing the number of active centres of humic substances (to adsorb germination inhibitors) by applying a variety of physical, chemical and physical influences on the preparation itself and its solutions has not given a positive result. It is shown that the efficiency of seed treatment with solutions of «Agrotechnologies» (Ltd.) humate, together with biologically active substances and hormones stimulating plant growth, increases only when it has been used with gibberellins as an additive to the above humate. It has been experimentally confirmed that it is possible to improve the drug stimulant used for seed treatment by applying the technique based on the carbon dioxide evolution by seeds during their germination.

Key words: increase of seed germination qualities, humic preparations (drugs), bioactive substance addition, stimulating seed treatment

Suggested citation: Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P. *Povyshenie effektivnosti primeneniya guminovykh preparatov dlya predposevnoy obrabotki semyan* [Improving the application of humic preparations for pre-treatment of seeds]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 2, pp. 37–44. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-2-37-44

References

- [1] Aleksandrova I.V. *O fiziologicheskoy aktivnosti gumusovykh veshchestv i produktov ikh metabolizma* [About the physiological activity of humic substances and products of their metabolism] *Organicheskoe veshchestvo tselinnykh i osvoennykh pochv* [Organic matter of virgin and cultivated soils]. Moscow, 1972, pp. 30-69. (in Russian)
- [2] Bezuglova O.S. *Guminovye veshchestva v biosphere* [Humic substances in the biosphere]. Rostov-na-Donu: Yuzhniy federal'niy un-t Publ., 2009, 120 p. (in Russian)
- [3] Vaksman S. *Gumus. Proiskhozhdenie, sostav i znachenie ego v prirode* [Origin, composition and its importance in nature]. Moscow, 1937, 472 p. (in Russian)
- [4] Gorovaya A.I., Orlov D.S., Shcherbenko O.V. *Guminovye veshchestva: stroenie, funktsii, mekhanizm deystviya, protekturnyye svoystva, ekologicheskaya rol'* [Humic substances: structure, function, mechanism of action, protective properties, biological role]. Kiev: Naukova dumka Publ., 1995, 303 p. (in Russian)
- [5] Kononova M.M. *Organicheskoe veshchestvo pochvy, ego priroda, svoystva i metody izu-cheniya* [Soil organic matter, its nature, properties, and methods of study]. Moscow: AN USSR Publ., 1963, 315 p. (in Russian)
- [6] Mazhul' V.M., Prokopova Zh.V., Ivshkevich L.S. *Mekhanizm deystviya guminovykh pre-paratov iz torfa na strukturnoe sostoyanie membran i funktsional'nyu aktivnost' drozhzhevykh kletok* [The mechanism of action of humic substances of peat on the structural condition of the membranes and the functional activity of the yeast cells] *Guminovye veshchestva v biosphere* [Humic substances in the biosphere]. Moscow: Nauka Publ., 1993, pp. 151-157. (in Russian)
- [7] Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N. *Spravochnik po prorashchivaniyu poko-yashchikhsya semyan* [Handbook on germination of dormant seeds]. Leningrad: Nauka Publ., 1985, 347 p. (in Russian)
- [8] Obrucheva N.V. *Prorastanie semyan* [Seed germination]. *Fiziologiya semyan* [Seed physiology]. Moscow: Nauka Publ., 1982, pp. 223-274. (in Russian)
- [9] Nikonova S.I., Cyplenkova V.P., Grigor'eva M.A. *Viskozimetriya — indikator termoinducirovannykh strukturnykh perestroek organo-mineral'nykh geley pochv* [Viscometry — indicator thermally induced structural rearrangements of organo-mineral soils gels] *Vestnik Leningradskogo universiteta* [Bulletin of Leningrad University]. 1987, ser. 3, v. 3 (no. 17), pp. 71-78. (in Russian)
- [10] Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko O.K., Ivashchenko V.G., Kuznetsov E.D. *Ekologiya semyan pshenitsy* [Ecology wheat seeds]. Moscow: Kolos Publ., 1983, 349 p.
- [11] Fedotov G.N., Shoba S.A. *Vliyaniye strukturnogo perehoda v gumusovoy matrice pochvennykh geley na nekotorye svoystva pochv* [Influence of the structural transition in the humus soil matrix gels on some soil properties] *Doklady Akademii nauk*, 2014, v. 457, no. 1, pp.57-60. (in Russian)
- [12] Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Y.P. *Biologicheskaya aktivnost' gumusovykh veshchestv i ikh vliyaniye na svoystva semyan* [Biological activity of humic substances and their influence on the properties of seeds]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 2, pp. 26–36.
- [13] Khristeva L.A. *O prirode deystviya fiziologicheskii aktivnykh form guminovykh kislot i drugikh stimulyatorov rosta rasteniy* [On the nature of actions of physiologically active form of humic acid and other plant growth stimulants] *Guminovye udobreniya. Teoriya i praktika ikh primeneniya* [Humic fertilizer. Theory and practice of their application]. Kiev, 1968, part. 3, pp. 13-28. (in Russian)
- [14] Shirshova L.T., Ermolaeva M.A. *Sostoyaniye gumusovykh veshchestv pochv v vodnykh rastvorah po rezul'tatam yelektroforeza i gel'-hromatografii na sefadeksah* [Condition of soil humic substances in aqueous solutions according to the results of electrophoresis and gel chromatography on Sephadex] *Pochvovedeniye* [Eurasian Soil Science]. 2001, no. 8, pp. 955-962. (in Russian)
- [15] Hassan A., Yasir A., Abdul R., Dost M. Effect of humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2014, v. 7 (4), pp. 196-201.
- [16] Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 2002, v. 34, no. 11, pp. 1527–1536.
- [17] Osterberg R., Mortensen K.M. Fractal geometry of humic acids. Temperature dependent restructuring studied by small-angle neutron scattering. *Humic substances in the global environment and implication on human health*. Amsterdam: Elsevier, 1994, pp. 256-257.
- [18] Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling and Behavior*. 2010, 5:6, pp. 635-643.
- [19] Zandonadi D.B., Santos M.P., Busato Y.G., Peres L.E.P., Façanha A.R. Plant physiology as affected by humified organic matter. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2013, v. 25 (1), pp. 12-25.

Author's information

Fedotov Gennadiy Nikolaevich — Dr. Sci (Biol.) Senior Researcher, Lomonosov Moscow State University, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com

Fedotova Magdalina Fedorovna — Researcher, Lomonosov Moscow State University, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com

Shalaev Valentin Sergeevich — Dr. Sci (Tech.) Professor, BMSTU (Mytishchi branch), e-mail: shalaev@mgul.ac.ru

Batyrev Yuriy Pavlovich — Cand. (Tech.) Assoc. Prof., BMSTU (Mytishchi branch), e-mail: batyrev@mgul.ac.ru

Received 16.12.2016