

УТОЧНЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МЕХАНИЗМЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

Г.Н. Федотов¹, М.Ф. Федотова², В.С. Шалаев³, Ю.П. Батырев³, В.В. Демин¹

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

²ООО «Почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова» (ООО «Экотерра МГУ»), 119992, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 75Б

³МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

gennadiy.fedotov@gmail.com

Гумусовые вещества (ГВ) — главный компонент органического вещества почв, являющийся предметом исследования многих естественно-научных дисциплин. Связано это прежде всего с многофункциональностью ГВ и большой ролью, которую они играют в природе. Одним из важнейших свойств ГВ является их биологическая активность, проявляющаяся, в частности, в улучшении роста растений. Ранее выдвигались различные гипотезы о механизме биологической активности ГВ: влияние на проницаемость клеточных мембран и увеличение доступности в почвах элементов питания за счет их комплексования гумусовыми веществами и повышения подвижности, влияние на дыхательный метаболизм и фотосинтез, на передачу растениям гормонов роста от микроорганизмов и др. При отсутствии достаточно четких представлений о механизме биологической активности ГВ к проблеме подходят с разных сторон и проводят эксперименты, рассматривая эффекты различных воздействий на биологическую активность ГВ и объясняя тем или иным способом ее изменение. Цель настоящей работы — дальнейшее уточнение представлений о механизме биологической активности ГВ. В результате экспериментальных исследований обнаружено, что при увеличении рН раствора гумата ООО НВИЦ «Агротехнологии» с 10 до 12 эффективность его применения для стимуляции развития семян возрастает почти в два раза. Показано, что облучение растворов ГВ ультрафиолетовым излучением не оказывает значимого влияния на их биологическую активность. Увеличение биологической активности растворов ГВ при росте рН можно объяснить изменением структуры первичных частиц ГВ.

Ключевые слова: повышение скорости биохимических процессов в семенах, гуминовые препараты, повышение биологической активности препаратов для стимулирующей обработки семян, влияние рН и УФ-облучения растворов ГВ на их биологическую активность

Ссылка для цитирования: Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Демин В.В. Уточнение представлений о механизме биологической активности гуминовых препаратов // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 1. С. 36–42. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-36-42

Гумусовые вещества (ГВ) — главный компонент органического вещества почв, являющийся предметом исследования многих естественно-научных дисциплин. Связано это прежде всего с многофункциональностью ГВ и большой ролью, которую они играют в природе. Одним из важнейших свойств ГВ является их биологическая активность, проявляющаяся, в частности, в улучшении роста растений [1–7].

Выдвигают различные гипотезы о механизме биологической активности ГВ [2, 5, 8–12]: влияние на проницаемость клеточных мембран и увеличение доступности в почвах элементов питания за счет их комплексования гумусовыми веществами и повышения подвижности, влияние на дыхательный метаболизм и фотосинтез, на передачу растениям гормонов роста от микроорганизмов и др.

Отмечали, что различные воздействия на ГВ — механохимическая или ультрафиолетовая (УФ) обработка — повышают биологическую активность растворов ГВ [13, 14]. При этом положительное влияние механоактивации на биологи-

ческую активность ГВ объясняли переводом их в растворимое состояние, уменьшением их молекулярной массы и увеличением реакционной способности за счет частичной деструкции [13]. Повышение биологической активности при УФ-обработке растворов ГВ связывали с ростом в них числа свободных радикалов, которые могут перехватывать (тушить) свободные радикалы в среде, прилегающей к клеточной мембране и, как следствие, нивелировать их отрицательное воздействие на мембраны [14].

Фактически при отсутствии достаточно четких представлений о механизме биологической активности ГВ исследователи подходят с разных сторон к проблеме и проводят эксперименты, рассматривая эффекты различных воздействий на биологическую активность ГВ и объясняя тем или иным способом ее изменение.

В работе [5] было выдвинуто предположение о том, что биологическая активность ГВ, проявляющаяся в повышении посевных качеств семян, связана со способностью ГВ сорбировать ингибиторы, замедляющие развитие семян и эндофитной

микробиоты. Сделан вывод о возможном влиянии на биологическую активность ГВ количества в них свободных для адсорбции ингибиторов активных центров.

В работе [15] показано, что ни изменение размера частиц ГВ в растворах, ни изменение количества свободных функциональных групп ГВ, ни удаление непрочных связанных молекул не оказывают значимого влияния на биологическую активность препарата. Связано это, по-видимому, с тем, что ГВ в растворах представляют собой фрактальные кластеры размером 100...200 нм из первичных частиц ГВ [16], структура которых изменяется при изменении гидрофобности ГВ и систем, в которых они находятся [16–18]. В связи с этим можно предположить, что отсутствие влияния изменения дисперсности ГВ на их биологическую активность связано с небольшой долей активных центров, освобождаемых (блокируемых) при дезагрегации (агрегации). При этом значительного изменения структуры первичных частиц ГВ, образующих фрактальные кластеры, при воздействии всех перечисленных факторов, по-видимому, не происходит. Можно предположить, что биологическая активность ГВ обусловлена не строением фрактальных кластеров из первичных частиц ГВ, а структурной организацией самих первичных частиц ГВ.

Цель работы — дальнейшее уточнение представлений о механизме биологической активности ГВ.

Объекты и методы исследования

Использовали семена с неглубоким покоем [19]: семена редиса, сорт Розово-красный с белым кончиком, которые хорошо реагируют на обработку стимуляторами [5], и яровых зерновых культур — пшеницы, сорт МИС, и ячменя, сорт Владимир.

Почву имитировали влажным окатанным кварцевым песком из месторождения в Рязанской области (размер частиц 0,5...0,8 мм). Влажность песка составляла 17,5 % при работе с семенами редиса, что обеспечивало достаточно высокий стимулирующий эффект [5]. Влажность песка при работе с зерновыми культурами составляла 25 %.

Изучали действие гумата калия (натрия), произведенного из бурого угля ООО НВЦ «Агротехнологии» (Россия), а также комплексного препарата — стимулятора, включающего в свой состав гумат ООО НВЦ «Агротехнологии» (Россия), автолизат пивных дрожжей (АПД) (ООО «Биотех плюс», Россия) и препарат «Бутон», произведенный ООО «ПСК Техноэкспорт» (Россия), содержащий натриевые соли гиббереллиновых кислот в количестве 20 г/кг.

УФ-обработку растворов осуществляли при помощи облучателя ОУФК-09-1 с лампой ДКБУ-9,

диапазон излучения 205...315 нм при значении облученности 20 Вт/м² в течение 15...240 мин.

Семена редиса обрабатывали растворами стимуляторов при расходе 100 л/т [5], а семена зерновых культур — 40 л/т [20]. Для этого 40 г семян помещали в пластиковую лодочку размером 20×7 см, глубиной 4 см, добавляли навеску воды (раствора) 4 г (0,8 г) и тщательно перемешивали примерно 1 мин до достижения равномерной окраски семян.

Качество стимулирующей обработки определяли по интенсивности выделения углекислоты [5] 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; их закрывали 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 проводили с семикратной повторностью. В каждой камере один из образцов (7 емкостей) был контрольным, по нему проводили 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 CO₂, выделившегося на 1 г семян. При проведении измерения зонд измерителя помещали в емкость на 5 мин до достижения равновесия углекислоты, находящейся в емкости, с адсорбированной на чувствительной части поверхности зонда. Ошибка опыта при 95%-ном уровне значимости не превышала 5 %.

Данная методика позволяет исследовать в одном опыте от 1000 до 1500 семян зерновых и в десятки раз больше мелких семян овощей, что резко уменьшает ошибку экспериментов, связанную с разнокачественностью семян [21].

Измерение концентрации углекислоты проводили с помощью прибора Testo 535, который позволяет определять концентрацию углекислого газа в газовой смеси при содержании 0–9999 ppm. Принцип работы прибора основан на поглощении лазерного излучения углекислотой, адсорбированной на чувствительной части поверхности зонда. Относительно большая площадь адсорбции

онной поверхности зонда приводит к усреднению колебаний концентрации углекислоты в сосуде, что заметно снижает ошибку метода по сравнению с отбором газовой смеси из сосуда шприцем и определением концентрации углекислоты в газовой смеси при помощи хроматографа.

Результаты и обсуждение

В связи с тем что изменение pH растворов может приводить к изменению структуры первичных частиц ГВ, исследовали влияние pH на биологическую активность растворов препарата. В результате проведенных экспериментов установлено (рис. 1), что при pH = 8–10 наблюдается значительное возрастание биологической активности. Однако при pH > 12 эффект стимуляции быстро убывает.

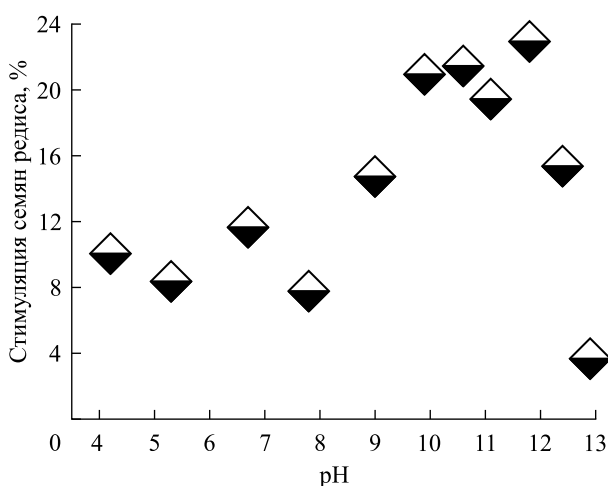


Рис. 1. Влияние pH раствора гумата с концентрацией 10 г/л на прорастание семян редиса

Fig. 1. Effect of the pH of the humate solution at a concentration of 10 g/l on the germination of radish seeds

Снижение эффекта от применения растворов гуматов при pH > 12 вполне ожидаемо, так как сильнощелочная среда должна оказывать угнетающее влияние на биологические объекты. Повышение же эффективности почти в два раза при использовании щелочных растворов по сравнению со слабокислыми, нейтральными и слабощелочными растворами, наиболее комфортными для функционирования биологических объектов, было довольно неожиданным. Фактически наблюдается переход от стимуляции порядка 10 %, лежащей в области ошибки лабораторных экспериментов, к заметным эффектам стимуляции — около 22 %. Можно объяснить наблюдаемое явление изменением структуры первичных частиц ГВ. Однако подобное объяснение достаточно сложно подтвердить независимыми экспериментами.

Полученные результаты необходимо было проанализировать и с других позиций, чтобы срав-

нить различные подходы. Связано это с тем, что изменение pH растворов гуматов может оказывать влияние не только на сорбционную способность ГВ, но и на реакцию эпифитных и эндофитных микроорганизмов при обработке семян щелочными растворами, а также на реакцию самих семян на щелочную среду [19, 22]. Поэтому была предпринята попытка использовать метод исключения и проверить все возможные объяснения наблюдаемого при изменении pH эффекта.

Оценку влияния других факторов удобно проводить при использовании комплексного стимулятора, так как действие этого препарата носит многовекторный характер [20]. Во-первых, увеличивается концентрация питательных веществ за счет лизированных клеток дрожжей, что стимулирует развитие самих семян и эндофитных микроорганизмов. Во-вторых, повышается содержание живых дрожжевых клеток в семенах, стимулирующих их развитие. В-третьих, стимулируется развитие семян за счет гиббереллинов. Как следствие, эффект от применения комплексного препарата примерно в 2,5 раза выше по сравнению с использованием одного гумата, а присутствие гумата в комплексном препарате не оказывает значимого дополнительного влияния на стимуляцию развития семян.

Проведенное изучение влияния pH растворов комплексного стимулятора на посевные качества семян зерновых культур (рис. 2) свидетельствует о том, что значительный рост эффекта стимуляции в интервале pH = 10...12 характерен именно для гуматов и не наблюдается при применении комплексного стимулятора (в этом случае он практически не зависит от pH).

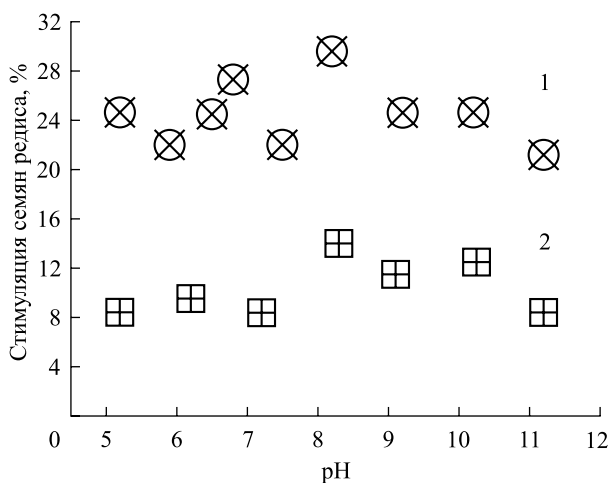


Рис. 2. Влияние pH раствора комплексного стимулятора на прорастание семян ярового ячменя, сорт Владимир, и яровой пшеницы, сорт МИС

Fig. 2. Effect of the pH of the complex stimulant solution on the germination of spring barley seeds, breed Vladimir, and spring wheat, breed MIS

Следовательно, переход от стимуляции порядка 10 %, наблюдающейся для гуматов в диапазоне рН = 4...8, к заметным эффектам стимуляции (~22 % в диапазоне рН = 9...11) должно объясняться изменением в состоянии самих ГВ при различных значениях рН.

С одной стороны, при рН > 9 начинают ионизироваться фенольные гидроксилы, увеличивая сорбционную способность ГВ и, как следствие, способность поглощать ингибиторы биохимических процессов (фактор структуры первичных частиц ГВ). С другой стороны, при рН > 9 заметно возрастает содержание свободных радикалов в молекулах ГВ [23].

Характерные свойства этих свободных радикалов — стабильность и низкая реакционная способность — обусловлены делокализацией неспаренных электронов по конденсированным фрагментам молекул ГВ. По данным [24], свободные радикалы в условиях нормы играют важную роль в процессах жизнеобеспечения клеток в различных биологических системах, участвуя в реакциях окислительного фосфорилирования, биосинтеза простагландинов и нуклеиновых кислот, в регуляции липидного обмена, в процессах митоза, а также метаболизма катехоламинов. Однако их роль в биологических системах чрезвычайно динамична, поскольку свободные радикалы относятся к категории высокоректогенных молекул, избыточное образование которых может достаточно быстро привести к дезорганизации клеточных структур, нарушению функциональной активности клеток [24].

Можно предположить, что молекулы ГВ, несущие радикалы, способны реагировать с другими свободнорадикальными частицами: тушить свободные радикалы при их избытке, а при недостатке — увеличивать их концентрацию, приближая ее к норме. В обоих случаях повышение концентрации свободных радикалов в молекулах ГВ может оказывать положительное влияние на семена.

Следует отметить, что подобное повышение биологической активности растворов гуматов, подвергшихся действию УФ-облучения, и усиление их влияния на растения, коррелирующее с увеличением содержания свободных радикалов в молекулах гуминовых кислот, ранее уже обнаруживали [14].

Проведенные эксперименты показали, что после обработки гуматов УФ-излучением в течение 15...240 мин никакого влияния облучения на биологическую активность растворов ГВ не отмечается, что позволяет отказаться от гипотезы о влиянии свободных радикалов на биологическую активность ГВ.

При обработке растворов ГВ УФ-излучением одновременно идут несколько процессов: обра-

зование свободных радикалов на молекулах ГВ, окисление ГВ с возникновением новых кислотных групп, а при высокой интенсивности УФ-излучения и распад ГВ. Об этом свидетельствует снижение рН растворов за 120...240 минут облучения примерно на 0,4–0,5 единицы с 9,9–10 до 9,65–9,5. Последние два процесса должны сопровождаться изменением структуры первичных частиц ГВ. Таким образом, увеличение биологической активности растворов ГВ при росте рН на данном этапе изучения не удается объяснить ничем, кроме изменения структуры первичных частиц ГВ.

При этом можно предположить, что биологическая активность ГВ обеспечит в определенных условиях не только эффективность семян сельскохозяйственных культур, но и семян, используемых в лесном хозяйстве.

Выводы

1. Обнаружено, что при изменении рН раствора гумата ООО НВЦ «Агротехнологии» эффективность его применения для стимуляции развития семян изменяется сложным образом и является оптимальной в интервале рН = 10...12.
2. Показано, что облучение растворов ГВ УФ-излучением не оказывает значимого влияния на биологическую активность их растворов.
3. Увеличение биологической активности растворов ГВ при росте рН можно на данном этапе изучения объяснить изменением структуры первичных частиц ГВ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/8.9.

Список литературы

- [1] Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов их метаболизма // Органическое вещество целинных и освоенных почв / под ред. И.О. Александровой. М.: Наука, 1972. С. 30–69.
- [2] Безуглова О.С. Гуминовые вещества в биосфере: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2009. 120 с.
- [3] Ваксман С. Гумус. Происхождение, состав и значение его в природе. М.: Сельхозгиз, 1937. 472 с.
- [4] Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 315 с.
- [5] 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.
- [6] Христева Л.А. О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения, 1968. № 3. С. 13–28.

- [7] Hassan A., Yasir A., Abdul R, Dost M. Effect of humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds // *Int. J. Agriculture and Crop Sciences*, 2014, vol. 7 (4), pp. 196–201.
- [8] Горовая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества: строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль. Киев: Наукова думка, 1995. 303 с.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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, v. 5 (6), pp. 635–643.
- [12] 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.
- [13] Иванов А.А., Филатов Д.А. Биологическая активность гуминовых кислот торфа, полученных методом механикоактивации // *Вестник Томского гос. политех. ун-та*, 2011. Вып. 5 (107). С. 131–134.
- [14] Орлов Д.С., Демин В.В., Завгородняя Ю.А. Влияние молекулярных параметров гуминовых кислот на их биологическую активность // *Доклады Академии наук*, 1997. Т. 354. № 6. С. 843–845.
- [15] 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.
- [16] 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* / eds. N. Senesy, T. Milano. Amsterdam: Elsevier, 1994, pp. 256–257.
- [17] Никонова С.И., Цыпленкова В.П., Григорьева М.А. Вискозиметрия – индикатор термоиндуцированных структурных перестроек органо-минеральных гелей почв // *Вестник Ленинградского университета*, 1987. Сер. 3. Вып. 3. № 17. С. 71–78.
- [18] 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.
- [19] Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985. 347 с.
- [20] Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф. Разработка стимулятора для повышения посевных качеств семян на основе автолизата дрожжей // *Вестник МГУ*. Сер. 17. Почвоведение, 2017. № 2. С. 3–12.
- [21] Сечняк Л.К., Киндрок Н.А., Слюсаренко О.К., Ивашенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983. 349 с.
- [22] Обручева Н.В. Прорастание семян // *Физиология семян*. М.: Наука, 1982. С. 223–274.
- [23] Senesi N., Steelink C. Application of ESR Spectroscopy to the Study of Humic Substances // *Humic Substances. II* / eds. M.H.V. Hayes, P. MacCarthy, R.L. Malcolm, R.S. Swift. John Wiley & Sons Ltd, 1989, pp. 373–408.
- [24] Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н. Источники образования свободных радикалов и их значение в биологических системах в условиях нормы // *Современные наукоемкие технологии*, 2006. № 6. С. 28–34.

Сведения об авторах

Федотов Геннадий Николаевич — д-р биологических наук, ведущий научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, gennadiy.fedotov@gmail.com

Федотова Магдалина Федоровна — специалист ООО «Почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова» (ООО «Экотерра МГУ»), gennadiy.fedotov@gmail.com

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

Батырев Юрий Павлович — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), batyrev@mgul.ac.ru

Демин Владимир Владимирович — канд. биологических наук, ведущий научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, vvd.msu@gmail.com

Статья поступила в редакцию 28.09.2017.

ENHANCEMENT OF REPRESENTATIONS ABOUT BIOLOGICAL ACTIVITY MECHANISM OF HUMIN PREPARATIONS

G.N. Fedotov¹, M.F. Fedotova², V.S. Shalaev³, Yu.P. Batyrev³, V.V. Demin¹

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

²Soil-Ecological Center of Moscow State University (Ecoterra MSU), 119992, Moscow, Leninskie gory, 1, p.75B

³BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

gennadiy.fedotov@gmail.com

Humic substances (HS) are the main components of soils organic matter, which is the subject of many natural science disciplines. This is primarily due to the multifunctionality of the HS and their great role in nature. According to many literature data, one of the most important properties of HS is their biological activity, manifested, in particular, in the improvement of plant growth. Various hypotheses have been advanced earlier on the biological activity mechanism of HS such as the effect on the permeability of cell membranes and on the increase in the availability of nutrients in soils due to their complexing with humic substances and increasing mobility, the effect on respiratory metabolism and photosynthesis, the effect on the transfer of growth hormones from microorganisms to plants, etc. In fact, in the absence of sufficiently clear ideas about the biological activity mechanism of HS, the problem is approached from different sides and experiments are carried out, considering the effects of various effects on the biological activity of HS and explaining in one way or another its change. The purpose of this work was to further clarify the concept of biological activity mechanism of HS. According to the results of experimental studies, when clarifying the concept of biological activity mechanism of HS, it was found that when the pH of the humate solution of «Agrotechnologii» is changed, the effectiveness of its application to stimulate the development of seeds increases almost twice with an increase in pH from 10 to 12. It is shown that irradiation solutions of HS with ultraviolet radiation does not have a significant effect on the biological activity of their solutions. It is possible to conclude that an increase in the biological activity of HS solutions with increasing pH can, at this stage of the study, explain the change in the structure of primary particles of HS.

Keywords: increase in the speed of biochemical processes in seeds, humic preparations, increase biological activity of preparations for stimulating seed treatment, influence pH and ultraviolet irradiation of HS solutions on their biological activity

Suggested citation: Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P., Demin V.V. *Utochnenie predstavleniy o mekhanizme biologicheskoy aktivnosti guminovykh preparatov* [Enhancement of representations about biological activity mechanism of humin preparations] *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 36–42. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-36-42

References

- [1] Aleksandrova I.V. *O fiziologicheskoy aktivnosti gumusovykh veshchestv i produktov ikh metabolizma* [About physiological activity humic substances and their metabolic products]. *Organicheskoe veshchestvo tselinnykh i osvoennykh pochv*. Moscow: Nauka Publ., 1972, pp. 30–69.
- [2] Bezuglova O.S. *Guminovye veshchestva v biosphere* [Humic substances in the biosphere]. Rostov-na-Donu: Yuzhnyy federal'nyy un-t Publ., 2009, 120 p.
- [3] Vaksman S. *Gumus. Proiskhozhdenie, sostav i znachenie ego v prirode* [Humus. Origin, composition and significance in nature]. Moscow: Sel' hozgiz Publ., 1937, 472 p.
- [4] Kononova M.M. *Organicheskoe veshchestvo pochvy, ego priroda, svoystva i metody izucheniya* [Organic matter of the soil, its nature, properties and methods of study]. Moscow: AN SSSR Publ., 1963. 315 p.
- [5] Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P. *Biologicheskaya aktivnost' gumusovykh veshchestv i ikh vliyaniye na svoystva semyan* [Biological activity of humic substances and their influence on the seeds properties]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, no. 2, pp. 26–36.
- [6] Khristeva L.A. *O prirode deystviya fiziologicheskii aktivnykh form guminovykh kislot i drugikh stimulyatorov rosta rasteniy* [About nature of the action of physiologically active forms of humic acids and other plant growth stimulants]. *Guminovye udobreniya. Teoriya i praktika ikh primeneniya*, 1968, no. 3, pp. 13–28.
- [7] Hassan A., Yasir A., Abdul R., Dost M. Effect of humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds. *Int. J. Agriculture and Crop Sciences*, 2014, v. 7 (4), pp. 196–201.
- [8] Gorovaya A.I., Orlov D.S., Shcherbenko O.V. *Guminovye veshchestva: stroenie, funktsii, mekhanizm deystviya, protekturnyye svoystva, ekologicheskaya rol'* [Humic substances: structure, functions, mechanism of action, protective properties, ecological role]. Kiev: Naukova dumka Publ., 1995, 303 p.
- [9] Mazhul' V.M., Prokopova Zh.V., Ivashkevich L.S. *Mekhanizm deystviya guminovykh preparatov iz torfa na strukturnoye sostoyaniye membran i funktsional'nyu aktivnost' drozhzhevykh kletok* [The action mechanism of humic preparations from peat on the structural state of membranes and the functional activity of yeast cells]. *Guminovye veshchestva v biosfere*. Moscow: Nauka Publ., 1993, pp. 151–157.
- [10] 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.
- [11] 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 (6), pp. 635–643.

- [12] 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, v. 25 (1), pp. 12–25.
- [13] Ivanov A.A., Filatov D.A. *Biologicheskaya aktivnost' guminovykh kislot torfa, poluchennykh metodom mekhanoaktivatsii* [Biological activity of peat humic acids obtained by mechanoactivation]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta*, 2011, v. 5 (107), pp. 131–134.
- [14] Orlov D.S., Demin V.V., Zavgorodnyaya Yu.A. *Vliyaniye molekulyarnykh parametrov guminovykh kislot na ikh biologicheskuyu aktivnost'* [Influence of molecular parameters of humic acids on their biological activity]. *Doklady Akademii nauk*, 1997, v. 354, no. 6, pp. 843–845.
- [15] Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P. *Povysheniye effektivnosti primeneniya guminovykh preparatov dlya predposevnoy obrabotki semyan* [Increasing the effectiveness of humic preparations for presowing seed treatment]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, no. 2, pp. 37–44.
- [16] 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. Ed. by N. Senesy, T. Milano. Amsterdam: Elsevier Publ., 1994, pp. 256–257.
- [17] Nikonova S.I., Tsyplenkova V.P., Grigor'eva M.A. *Viskozimetriya — indikator termoindutsirovannykh strukturnykh perestroyek organomineral'nykh geley pochv* [Viscosimetry — an indicator of thermoinduced structural rearrangements of soils organomineral gels]. *Vestnik Leningradskogo universiteta*, 1987, iss. 3, v. 3, no. 17, pp. 71–78.
- [18] Shirshova L.T., Ermolaeva M.A. *Sostoyaniye gumusovykh veshchestv pochv v vodnykh rastvorakh po rezul'tatam elektroforeza i gel'-khromatografii na sefadeksakh* [State of humus substances of soils in aqueous solutions based on electrophoresis and gel chromatography on Sephadexes]. *Pochvovedeniye*, 2001, no. 8, pp. 955–962.
- [19] Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N. *Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikhsya semyan* [Handbook on germination of dormant seeds]. Leningrad: Nauka Publ., 1985, 347 p.
- [20] Fedotov G.N., Shoba S.A., Fedotova M.F. *Razrabotka stimulyatora dlya povysheniya posevnykh kachestv semyan na osnove avtolizata drozhzhey* [Development of stimulant for increasing seed quality of seeds based on yeast autolysate]. *Vestnik MGU*, iss. 17. *Pochvovedeniye*, 2017, no. 2, pp. 3–12.
- [21] 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.
- [22] Obrucheva N.V. *Prorastaniye semyan* [Germination of seeds]. *Fiziologiya semyan*. Moscow: Nauka Publ., 1982, pp. 223–274.
- [23] Senesi N., Steelink C. Application of ESR Spectroscopy to the Study of Humic Substances. In: *Humic Substances*. II. Eds. M.H.B. Hayes, P. MacCarthy, R.L. Malcolm, R.S. Swift. John Wiley & Sons Ltd, 1989, pp. 373–408.
- [24] Chesnokova N.P., Ponukalina E.V., Bizenkova M.N. *Istochniki obrazovaniya svobodnykh radikalov i ikh znachenie v biologicheskikh sistemakh v usloviyakh normy* [Sources of formation free radicals and their significance in biological systems under normal conditions]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii*, 2006, no. 6, pp. 28–34.

Authors' information

Fedotov Gennadiy Nikolaevich — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher of Moscow State University, gennadiy.fedotov@gmail.com

Fedotova Magdalena Fedorovna — Specialist of Soil Ecological Center of Moscow State University (Ecoterra MSU), gennadiy.fedotov@gmail.com

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

Batyrev Yuriy Pavlovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of BMSTU (Mytishchi branch), batyrev@mgul.ac.ru

Demin Vladimir Vladimirovich — Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher of Faculty of Soil Science of Moscow State University, vvd.msu@gmail.com

Received 28.09.2017.