

Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор)

О.С. Безуглова, д.б.н., профессор, Е.А. Полиенко, зав. лабораторией, А.В. Горюнов, к.б.н., ФГБНУ Донской зональный НИИСХ

Влияние гуминовых препаратов при использовании их для опрыскивания вегетирующих растений проявляется непосредственно через листовой аппарат. При этом, как показали исследования с препаратами, мечеными по углероду, через листовые пластины проникают низкомолекулярные гуминовые соединения [1, 2]. Поступление высокомолекулярных веществ через клеточные мембраны проблематично в силу крупности молекул этих соединений, но предполагается, что крупные молекулы могут распадаться на фрагменты и постепенно проникать в цитоплазму клетки. Экспериментально было показано, что в присутствии гуминовых веществ проницаемость клеточных мембран выше [3], что способствует увеличению поступления в неё азота, фосфора, калия, железа, и устойчивости растений к широкому спектру неблагоприятных факторов (пестициды, заморозки, засухи, повышенное содержание солей в почве) [4, 5]. Также доказано, что гуминовые вещества повышают интенсивность фотосинтеза и дыхания, усиливают белковый и фосфорный обмен в растениях [6, 7].

Второй путь воздействия гуминовых препаратов на растения — через повышение биологической активности почвы [8–10]. Способность к разложению гумуса обнаружена у многих почвенных микроорганизмов, как аэробных, так и анаэробных. Вероятно, именно этим объясняется тот факт, что в процессах минерализации гумуса особенно интенсивно изменяется его азотистая часть [11]. При разложении гумуса азот освобождается в виде аммиака, причём интенсивность аммонификации зависит от состава и строения гумусовых веществ, а также уровня биологической активности почвы. Внесение в почву гуминовых удобрений и препаратов способствует росту микробиологической активности, возрастает потребление органических и минеральных субстратов. Всё это увеличивает минерализацию органических веществ, разрушение почвенных минералов. Как следствие, наблюдается высвобождение элементов минерального питания, которые активно потребляются растениями. В этом и заключается опосредованное воздействие гуминовых веществ на растения через почвенную микрофлору. Следует подчеркнуть, что растения с корневыми выделениями поставляют в почву органические кислоты, способствующие активизации микрофлоры, разложению минерального субстрата и высвобождению элементов питания, обеспечивая «ризосферный эффект» [12–14].

Биологическая активность почвы — универсальный показатель, величина которого обусловлена особенностями гидротермического режима почв, величиной рН, запасами и доступностью органического вещества и элементов питания, численностью и составом микрофлоры, ферментативным пулом [15]. Биологическую активность почвы можно оценить по интенсивности выделения CO_2 , активности ферментов, численности микроорганизмов, их различных групп и другим показателям [16].

Внесение гуминовых удобрений в почву приводит к усилению микробиологической активности как в год использования, так и в последствии. Повышается общая численность микроорганизмов и их отдельных групп. Наибольшее воздействие гуминовые удобрения оказывают на группы азотфиксаторов, аммонификаторов и нитрификаторов, целлюлозоразлагающие и маслянокислые бактерии, почвенные микромицеты [17–23]. Инкубирование почвы с различными гуминовыми препаратами показало, что большинство препаратов проявляет определённую биологическую активность по отношению к бактериям, причём в зависимости от состава и происхождения гуматов наблюдается селективность откликов микроорганизмов [24].

Особый интерес представляют исследования, показывающие, что гуминовые препараты влияют на численность микроорганизмов в почве не только при внесении непосредственно в почву, но и при обработке ими вегетирующих растений. Так, в полевом опыте на чернозёме обработка лигногуматом семян перед посевом и вегетирующих растений стимулировала рост и развитие микроскопических грибов на 54,8% и бактерий на 39,0% на посевах кукурузы, а под соей рост составил 146,0% для микроскопических грибов и 25,4% — для бактерий [25]. Аналогичные результаты получены в производственных опытах в Ростовской области. На чернозёме южном обработка посевов озимой пшеницы и подсолнечника гуминовым препаратом ВЮ-Дон сопровождалась увеличением численности практически всех изученных групп микроорганизмов. Причём наибольшей биологической активностью обладает почва под пшеницей: численность микроорганизмов по разным группам была значительно выше, чем под подсолнечником, — в 1,45–5,1 раза. Наименее отличающейся была численность целлюлозоразлагающих актиномицетов, но всё же и она оказалась под пшеницей в 1,45 раза выше, чем под подсолнечником [23].

Информативным показателем биологических процессов в почве является и её ферментативная активность. Трансформация органического вещества в почве энзиматична по своей природе. Участвуют в этом процессе как ферменты живых организмов

почвы, так и ферменты, адсорбированные почвой. Почва является саморегулирующейся системой, устойчивость которой в значительной степени обусловлена регуляторным действием накопленных в ней ферментов, многократно ускоряющих течение биохимических реакций. В этом заключается их особая роль в почвообразовании [26]. Уровень и динамика ферментативных процессов в значительной степени зависят от климатических факторов. В окультуренных почвах помимо этого существенное влияние на ферментативные процессы оказывает и система агротехнических мероприятий, которые применяются с целью повышения плодородия почвы, обогащения её органическим веществом. Органические удобрения служат не только источником элементов питания для растений и микроорганизмов, но и способствуют накоплению продуктов их жизнедеятельности, в том числе и ферментов. Ферменты вырабатываются корневыми системами растений и микроорганизмами в ответ на накопление в почве органических соединений, которые способствуют не только продуцированию ферментов, но и их сохранению в почве. Именно в результате биохимических процессов, катализируемых ферментами, совершается непрерывный круговорот биофильных элементов в биосфере.

Многолетними наблюдениями за изменением ферментативной активности окультуренных почв установлена способность ферментов реагировать на внешние воздействия, накапливать и сохранять в течение ряда лет приобретённые положительные свойства, проявляя при этом высокую пластичность. Уровень ферментативной активности, который фиксируется в тот или иной момент времени, — результат всего предшествующего развития почвы. Он создаётся не за один год, так как обусловлен содержанием органического вещества, структурой почвы, составом её живого населения, чередованием культур в севообороте.

Ферментативная активность почвы часто используется для диагностики состояния её плодородия в силу того, что активность ферментов в значительной степени зависит от других показателей плодородия [27]. Неоднозначно влияет на активность ферментов внесение удобрений, сопровождаемое колебаниями рН и физико-химической обстановки [28, 29]. Считается, что в формировании ферментативного пула почвы главную роль играют, с одной стороны, почвенные микроорганизмы [28, 30–33], с другой — корневые выделения растений [28, 34, 35]. Растения на формирование ферментативной активности почвы оказывают очень большое влияние, причём степень его определяется физиологическим состоянием самих растений, обеспеченностью их элементами питания, светом и влагой. Корневые выделения растений активно участвуют в регулировании ферментативной активности почвы,

приспосабливаясь таким путём к наличию или отсутствию субстрата для работы фермента. Наличие такой связи между активностью фермента и количеством доступного в среде фосфора обуславливает использование фосфатазной активности для диагностики обеспеченности растений подвижным фосфором [36].

Фосфатаза, уреазы, инвертазы, относящиеся к классу гидролаз, являются наиболее хорошо изученными в почве ферментами. Пул этих ферментов часто используется в качестве показателя биологической активности почв [37]. Продуктами фосфатаз преимущественно являются клетки почвенных микроорганизмов. Чернозёмы характеризуются высокой активностью фосфатазы, динамично изменяющейся на протяжении вегетационного сезона. Решающую роль в динамике активности этого фермента играют гидротермические условия вегетационного сезона, при этом достаточно высокие температуры и оптимальная влажность хорошо коррелируют с фосфатазной активностью. Установлено влияние на этот показатель органического фосфора. Обусловлено это тем, что органический фосфор, не усваиваемый растениями, подвергается ферментативному гидролизу, и эту функцию как раз и берёт на себя фосфатаза. Интересно, что активность фосфатазы мало зависит от вида сельскохозяйственной культуры [38], в то время как другие ферменты достаточно чётко показывают зависимость от выращиваемой культуры. Тем не менее имеются свидетельства об увеличении фосфатазной активности в ризосфере озимой пшеницы и бобовых растений [39, 40], что может быть обусловлено как потребностями растений и соответственно увеличением корневых выделений, так и ростом численности микроорганизмов в ризосфере растений. В. Новик [41] приводит данные об увеличении численности азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов при использовании фитогуминовой комбинации, что может косвенно свидетельствовать о влиянии гуматов и на фосфатазную активность.

Корреляцию, как с почвенными показателями, так и с активностью других почвенных ферментов, обнаруживает инвертаза [30]. О микробном происхождении этого фермента свидетельствует наличие тесной связи активности инвертазы с численностью микроорганизмов [29, 42], в то же время численность микроорганизмов подвержена более значительным колебаниям, чем активность инвертазы. Так, А. Ш. Галстян [34] установил, что наиболее благоприятные условия для проявления активности инвертазы создаются при температуре около 60°C, для большинства микроорганизмов эта температура является уже критической. Увеличение активности инвертазы на статистически значимую величину обнаружено под влиянием внесения в почву и обработок вегетирующих растений гуминовым препаратом ВЮ-Дон [43].

В биомониторинге наиболее широко в качестве одного из показателей биологической активности используется каталаза, связано это с тем, что она характеризуется достаточно высокой устойчивостью, обусловленной способностью к иммобилизации различными почвенными компонентами. В то же время есть указания на её значительную зависимость от численности микроорганизмов. Минеральные удобрения вызывают подавление активности каталазы в почве [30, 44], что объясняется проявлением действия кислотных остатков удобрений. К снижению активности каталазы на статистически достоверную величину привела и двукратная обработка посевов озимой пшеницы гуминовым препаратом ВЮ-Дон [43].

В целом можно констатировать, что влияние гуминовых веществ на активность ферментов неоднозначно. Показано ингибирующее влияние гуминовых кислот на инвертазу, пероксидазу, фосфатазу [45], каталазу [43], в то же время гуматы оказывали стимулирующее действие на активность таких ферментов, как уреазы [46], нитрогеназы [46, 47], инвертазы [43], фосфатазы [41]. Такие неоднозначные данные свидетельствуют о сложности процессов, происходящих в почве при внесении гуминовых удобрений и обработке гуминовыми препаратами вегетирующих растений. Вероятно, имеет значение также вид и форма гуматов, их дозировка и способ использования.

Таким образом, уровень ферментативной активности можно рассматривать как запас биологических возможностей почвы, которые могут полностью реализоваться либо, в зависимости от способов воздействия на почву, совсем не реализоваться. С другой стороны, наиболее полно проявляются потенциальные возможности почв, характеризующихся высокой ферментативной активностью.

Литература

1. Flaig W. Effect of lignin degradation products on plant growth // Isotopes and radiation in soil plant nutrition studies. Intern. atomic energy agency. Vienna, 1965. P. 3–19.
2. Фокин А.Д. Исследование процессов трансформации, взаимодействия и переноса органических веществ, железа и фосфора в подзолистой почве: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 1975. 28 с.
3. Горюва А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. Киев, 1995. 304 с.
4. Прозоровская А.А. Влияние гуминовой кислоты и её производной на поступление фосфора, калия и железа в растения // Сборник НИИУИФ. Вып. 127. М., 1936. С. 133–141.
5. Грехова И.В., Матвеева Н.В. Применение гуминового препарата в баковой смеси при протравливании семян яровой пшеницы // Проблемы и перспективы биологического земледелия: матер. междунар. науч. конф. Рассвет. Ростов-на-Дону, 2014. С. 121–127.
6. Фокин А.Д., Синха М.К. Исследование подвижности фосфатов, связанных с гумусовыми веществами почв, методом радиоактивных индикаторов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 1970. № 2. С. 149–153.
7. Фокин А.Д., Синха М.К. Исследование растворимых фосфогумусовых соединений почвы // Метод изотопных индикаторов в научном исследовании и в промышленном производстве. М., 1971. С. 385–390.
8. Кудрина Е.С. Влияние гуминовой кислоты на некоторые группы почвенных микроорганизмов и её значение для этих организмов как источника питательных веществ // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М., 1951. Т. 38. С. 185–253.
9. Александрова Т.С., Шмурова Э.М. Ферментативная активность почв. Итоги науки и техники // Почвоведение и агрохимия. 1974. Т. 1. С. 5–69.
10. Мирошниченко Л.А. Микробиологические основы применения углегуминовых удобрений // Гуминовые удобрения, теория и практика их применения. Т. 2. Днепропетровск, 1962. С. 215–231.
11. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. М., 1989. 239 с.
12. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитocenozов. М., 1973. 295 с.
13. Waremboourg, F.R. The 'rhizosphere effect: a plant strategy for plants to exploit and colonize nutrient-limited habitats // Восточная. 1997. № 7. Р. 187–193.
14. Хомяков Ю.В. Роль корневых выделений растений в формировании биохимических свойств корнеобитаемой среды: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург. 2009. 22 с.
15. Бирюкова О.Н., Орлов Д.С. Период биологической активности почв и его связь с групповым составом гумуса // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. 1978. № 4. С. 115–118.
16. Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
17. Кудрина Е.С. Влияние гуминовой кислоты на некоторые группы почвенных микроорганизмов и её значение для этих организмов как источника питательных веществ // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. 1951. Т. 38. С. 185–253.
18. Рыбалкина А.В. Влияние гуминовой кислоты на развитие Clostridium Pasterianum // Труды Института микробиологии АН СССР. 1958. Вып. 5. С. 136–149.
19. Mosley R. The effects of humates on remediation of hydrocarbon and salt contaminated soils // Proc. of the 5-th International Petroleum Environmental Conference, Albuquerque, New Mexico, October 20th – 23rd, 1998. [Электронный ресурс]. URL: http://www.bioag.com/images/Effects_of_Humate_on_Salt_Contaminated_Soil.pdf.
20. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России. Ростов-на-Дону, 2001. 228 с.
21. Тихонов В.В. Действие гуминовых кислот на рост бактерий / В.В. Тихонов, А.В. Якушев, Ю.А. Загородняя, Б.А. Бызов, В.В. Демин // Почвоведение. 2010. № 3. С. 333–341.
22. Горюва А.В. Влияние культуры-предшественника на микробиологическую активность почвы под озимой пшеницей на фоне внесения гуминового препарата / Горюва А.В., Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Лыхман В.А. // Научное обеспечение агропромышленного комплекса на современном этапе: сб. матер. Междунар. науч.-практич. конф. Рассвет, 2015. С. 207–213.
23. Безуглова О.С. Влияние гуминового удобрения на структуру и микробиологическую активность чернозёма южного под различными культурами / Безуглова О.С., Лыхман В.А., Горюва А.В., Полиенко Е.А. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 164–168.
24. Изосимов А.А. Физико-химические свойства, биологическая активность и детоксицирующая способность гуминовых препаратов, отличающихся генезисом органического сырья: дисс. ... канд. биол. наук. М., 2016. 156 с.
24. Lipsa F.D., Ulea E., Morari E.C., Gales D., Arsene I.C. Effect of lignohumate (humic fertilizer) on soil microorganisms // Lucrări Științifice. Seria Agronomie. 2012. vol. 55 (2). P. 253–256.
25. Щербак Т.А. Почвенные ферменты, их выделение, свойства и связь с компонентами почвы // Почвоведение. 1980. № 5. С. 102–113.
26. Чугунова М.В. Влияние тяжёлых металлов на почвенные микробиоценозы и их функционирование: автореф. дисс. ... канд. биол. наук., Л. 1990. 17 с.
27. Козлов К.А. Ферментативная активность почв как показатель их биологической активности // Доклады сибирских почвоведов: к VIII Международному почвенному конгрессу. Новосибирск, 1964. С. 96–106.
28. Галстян А.Ш. Диагностика эродированных почв по активности ферментов // Проблемы и методы биологической диагностики почв. М., 1975. С. 317–328.
29. Дробник Я. Расщепление крахмала энзиматическим комплексом почв // Folia Biologica, 1955. Вып. 1. С. 78.
30. Пейве Я.В. Биохимия почв. М., 1961. 422 с.
31. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении // Труды НИИ почвоведения и агрохимии. Ереван. 1974. Вып. 8. 275 с.

32. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых её показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
33. Козлов К. А. Биологическая активность почвы // Известия АН СССР. Сер.: биология. 1966. № 5. С. 719–733.
34. Козлов К. А. Некоторые закономерности проявления энзиматической активности почв Восточной Сибири // Тезисы докладов симпозиума по ферментам почв. Минск, 1967. С. 12–14.
35. Котелев В. В. Роль микроорганизмов в разложении органических фосфатов и передвижении фосфора в почве: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 1964. 26 с.
36. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М., 1991. 302 с.
37. Ивлева С. Н. Изменение ферментативной активности мало-мощной торфяной почвы в условиях вегетационного опыта / С. Н. Ивлева, Т. А. Щербакова, Н. А. Шимко, В. Г. Свириновская // Почвоведение. 1994. № 1. С. 67–69.
38. Самцевич С. А., Борисова В. Н. Активность ферментов ризосферы как показатель качества и состава корневых выделений // Микроорганизмы почвы и растений. Минск, 1972. С. 106–114.
39. Евдокимова Г. А. Эколого-микробиологические основы охраны почв Крайнего Севера. Апатиты, 1995. 272 с.
40. Новик В. Актуальные результаты по улучшению показателей биологического плодородия почвы после применения фитогуминовой комбинации (PHCs) в рамках программы Tandem12/21 (2012–2021) // HumicSubstancesandOtherBiologicallyActiveCompoundsinAgriculture. BookofAbstracts. November 19–23, 2014. Moscow, Russia. P. 255–264.
41. Чундерова А. И. Активность инвертазы в дерново-подзолистых почвах // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1970. Т. 13. № 12. С. 104–110.
42. Полиенко Е. А. Влияние гуминового удобрения Bio-Dop на биологическую активность почвы под озимой пшеницей / Е. А. Полиенко, О. С. Безуглова, А. В. Горюцов, В. А. Лыхман, А. Е. Шимко // Проблемы и перспективы биологического земледелия: материалы международной научной конференции, 23–25 сентября, 2014. Рассвет, 2014. С. 91–96.
43. Калдыбаев С., Малимбаева А. Д., Ошакбаева Ж. О. Изменение биологической активности тёмно-каштановой почвы в зависимости от длительности применения минеральных удобрений в севообороте // Наука и образование. Сельское хозяйство, 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusnauka.com/1_nio_2013/agricole/3_122721.doc.htm.
44. Malcolm, R. E. and D. Vaughan. Effects of humic acid fractions on invertase activities in plant tissues. Soil Biol. Biochem. 1979. № 11. P. 65–72.
45. Muter O., Limane B., Strikauska S., Klavins M. Effect of humic-rich peat extract on plant growth and microbial activity in contaminated soil // Material Science and Applied Chemistry. 2015. № 32. P. 68–74. DOI : 10.1515/msac-2015–0012.
46. Asghari B, Kausar A, Malik M, Ashraf M. Effect of humic acid on root nodulation and nitrogenase activity of sesbaniasesamerril // Pakistan journal. 1988. № 20 (1). P. 69–73.
47. Rezazadeh M. K., Nejad T. S., Shokouhfar A. The effect of different levels of humic acid fertilizer on components of biological nitrogen fixation in cowpea cultivars in Ahvaz // International Journal of Biosciences. 2014. Vol. 5, No. 2. P. 167–174.