

УДК 631.411.4.001.2 : 631.45

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПЛОДОРОДИИ ПОЧВ

С. С. ДРАГУНОВ

Высокий процент содержания гумуса — первый признак плодородия почвы. Такое представление о гумусе, как источнике плодородия почв, не утратило своего смысла и значения в настоящее время. Правда, существует довольно распространенная точка зрения, что для получения высокого урожая вполне достаточно внесение в почву минеральных веществ, содержащих N, P, K и микроэлементы. Однако не следует забывать, что плодородие почв определяется и рядом других факторов: необходимое содержание минеральных и органических веществ, их доступность для усвоения высшими растениями; хорошая структура, поглощающий комплекс и рН; оптимальное содержание влаги и ее формы; тепловой режим; благоприятная совокупность почвенных организмов.

Почвенные гуминовые кислоты находятся в постоянном взаимодействии и во взаимозависимости со всеми факторами почвенного плодородия. Исследования Ротамстедской и других опытных станций показывают, что минеральные удобрения способствуют не накоплению азотистых соединений в почве, в отличие от органических, а их разрушению.

Роль гумусовых соединений в минеральном питании высших растений не ограничивается только регулированием концентрации поступающих в растения минеральных соединений. Зольные элементы, не исключая и фосфора, поступают и эффективно используются высшими растениями в форме минеральногумусовых соединений.

Используя методы меченых атомов, ИК-спектров и гелевой хроматографии, А. И. Карпунин установил, что фульвокислоты могут служить прямым источником питания углеродом и азотом для высших растений, а также активно способствуют поступлению минеральных элементов в культурные растения. Таким образом,

в какой-то степени возрождается теория Тэйера о гумусовом питании растений, но, конечно, в новом аспекте и на уровне современного учения о питании высших растений.

В термодинамическом отношении гуминовые соединения относятся к открытым системам, так как они обмениваются в почвенных условиях с окружающей их средой энергией и веществом. Чем выше содержание гумуса в почве, тем выше ее термодинамический потенциал.

Нами экспериментально установлено, что некоторые фракции торфяной гуминовой кислоты являются макроэргическими соединениями. Но Г. Дзядовец подверг сомнению возможность существования таких фракций гуминовых кислот на том основании, что гумусовые вещества лесных подстилок образовались вследствие экзоэргических реакций. Нельзя согласиться с этим автором, что если суммарный эффект гумусообразования лесной подстилки имеет отрицательную энтальпию образования, то при гумусообразовании гипнового торфа одна из фракций гуминовой кислоты его не может резко отличаться по условиям образования от других фракций, выделенных из того же торфа.

Чтобы понять биологическое воздействие гумуса на микроорганизмы и высшие растения, надо прежде всего знать, какие вещества входят в состав почвенного гумуса. Еще Валлериус (1761) определил понятие гумус, как название для суммы разложившихся органических веществ. Специфическими вновь образовавшимися при гумификации веществами, составляющими основную часть гумуса, по современной терминологии являются гуминовые и фульвокислоты. В значительно меньших количествах в почвенном гумусе содержатся вещества, входящие в состав разложившихся растительных и животных остатков: аминокислоты, углеводы, дубильные вещества, ферменты, витамины, гормоны и различные продукты синтеза микроорганизмов. При выделении из почвы гуминовых и фульвокислот эти неспецифические вещества в небольших количествах, но все же присутствуют в них и в значительной части могут быть удалены при кислотном гидролизе гуминовых кислот. Однако останутся некоторые пигменты, синтезированные микроорганизмами.

Вопрос генезиса почвенных гуминовых кислот имеет существенное значение для познания химического строения гуминовых кислот и их фракционного состава. Но, к сожалению, изучение химической структуры гуминовых кислот продвигается очень медленно.

По гипотезе М. М. Кононовой, гумусообразование — это двухфазный процесс: деструкция до мономеров и процесс конденсации.

Большие работы в свете концепции двухфазного гумусообразования проведены В. Фляйгом (1962, 1967), рассмотревшим всевозможные фенольные мономеры, которые теоретически могут получиться при разложении лигнина, а также обнаруженные в поч-

вах различными авторами; возможные реакции конденсации этих мономеров при их окислении и в присутствии некоторых азотсодержащих соединений. Как вывод из проведенных работ, В. Фляйт в качестве гипотезы предлагает модель структуры гуминовой кислоты: ароматические циклы связаны между собой аминными соединениями. Часть этих связей может осуществляться посредством атомов азота и кислорода.

По мнению ряда авторов, фаза конденсации — это процесс абиотический. К. К. Лебедев, Л. Н. Александрова, Д. С. Орлов считают, что деструкция лигнина не обязательно должна доходить до мономеров, так как при гумификации он может подвергаться и не глубокой деструкции.

Вышеприведенные соображения позволяют при конструировании структурных химических формул природных гуминовых кислот, хотя бы для некоторых фракций, принимать во внимание структурные формулы лигнина и других компонентов растений, участвовавших в процессе гумификации.

Участие в образовании гуминовых кислот пигментов, продуцируемых некоторыми микроорганизмами, не вызывает сомнения. Заметим, что при рассмотрении образования пигментов теория двухфазного гумусообразования не применима.

Если допускать при гумификации глубокую деструкцию растительных компонентов, то, придерживаясь биологической концепции гумификации, следует думать, что и вторая фаза гумификации (полимеризация и поликонденсация) может и должна осуществляться также за счет деятельности микроорганизмов. Если это справедливо, то образующиеся полимеры и поликонденсаты должны обладать упорядоченным строением, как и большинство биополимеров — белки, целлюлоза и др.

Следовательно, не надо опасаться, что при фракционировании биокосных гуминовых кислот можно дойти до отдельных молекул органических соединений, которые, конечно, в этой сложной системе полимеров и поликонденсатов могут и должны находиться, но не они характеризуют ту или иную биокосную гуминовую кислоту.

Под биокосными гуминовыми кислотами мы понимаем гуминовые кислоты, выделенные из почв, торфов, сапропелей. Биокосные гуминовые кислоты характеризуются количеством и качеством полимерных цепей и поликонденсатов, входящих в их состав. А качество и количество последних зависят от характеристики исходного материала, подвергавшегося гумификации, от состава и разнообразия микроорганизмов, осуществлявших процесс гумификации.

При изучении биокосных гуминовых кислот должен учитываться зонально-генетический принцип. Необходимо точно указывать, в каком географическом пункте был взят образец почвы

или торфа, порядок извлечения гуминовой кислоты. Желательно указывать также ландшафт местности и характер растительности; для торфяных образцов привести ботаническую характеристику торфа. Изучение биокосных гуминовых кислот следует начинать с разделения их на фракции. Методов фракционирования гумусовых веществ множество. Нами используется метод, основанный на различии констант диссоциации выделяемых фракций гуминовых кислот. При ступенчатой обработке торфа 0,02 н. NaOH первые выделяемые фракции обладают максимальными константами. При этом соответственно уменьшается и содержание кислых функциональных групп, что вполне закономерно.

Как показывают данные элементного анализа, первые выделенные фракции содержат в своем строении больше ароматических ядер, судя по высокому атомарному отношению углерода и водорода. Как отмечает Д. С. Орлов, для почвенных гуминовых кислот это отношение колеблется от 0,80 до 1,33; для чернозема 1,20 и для дерново-подзолистых почв 0,93.

Для косных гуминовых кислот, выделенных из бурых и окисленных каменных углей, отношение C/H выше единицы, так как в основе их лежат ароматические ядра различной степени, конденсации, связанные между собой кислородными мостиками, метиленовыми группами, гетероциклами и углеродными связями.

При изучении степени конденсированности ароматических ядер применяются различные методы исследования и, в частности, метод глубокого окисления, в результате чего получают ароматические поликарбоновые кислоты, состав и выход которых зависят от природы исходных гуминовых кислот. При окислении бурого угольных гуминовых кислот перманганатом калия в щелочной среде было получено 20% бензолполикарбоновых кислот от взятой навески гуминовой кислоты. Отметим, что только около 10% углерода входило в состав конденсированных ароматических ядер. По данным Д. С. Орлова при глубоком окислении гуминовой кислоты из чернозема — 6,8—8,1%, выделенной из дерново-подзолистой почвы 2,7—2,9% углерода входили в состав ароматической конденсированной системы.

Работа, проводимая под руководством профессора Р. А. Хмельницкого (ТСХА) по изучению почвенных гуминовых кислот методом термической деструкции, также свидетельствует о невысоком содержании конденсированных систем в почвенных гуминовых кислотах.

Поэтому следует обратить большое внимание на характер и состав углеродных цепей, образующих основную массу почвенных и торфяных гуминовых кислот. Необходимо применять менее глубокие методы их окисления.

Наряду с существующей в почве зимогенной микрофлорой, разлагающей свежие органические вещества, весьма большое зна-

чение для жизни высших растений имеет работа автохтонной микрофлоры. Вследствие ее деятельности становится доступной для усвоения высшими растениями какая-то часть азота и фосфора, находящихся в почве в очень больших количествах, но в трудно усвояемой форме.

При разрушении гумусовых веществ почвы одновременно с этим должна разлагаться и органическая часть почвенного поглощающего комплекса, что с точки зрения сохранения плодородия почвы совершенно нежелательно. По-видимому, внесение в почву органических удобрений и в первую очередь гуминовых способствует сохранению почвенного поглощающего комплекса.

В литературе имеются указания на большую доступность для усвоения микроорганизмами гумусовых веществ вследствие их растворения — К. К. Гедройц (1955). Одна из причин положительного действия растворимых гуминовых удобрений при внесении их в почву — это создание более благоприятных условий для сохранения почвенного гумуса, участвующего в образовании поглощающего комплекса.

Советские и зарубежные ученые установили, что растворимые гуминовые кислоты являются весьма эффективными физиологически активными веществами (Л. А. Христева, С. Прат, С. Гуминский, Шаминад, М. М. Кононова, В. Фляйг и др.).

В соответствии с предлагаемым химическим строением гуминовые кислоты в своей структуре содержат 2,6-диалкилфенолы, получившие название пространственно-затрудненных фенолов и являющиеся ингибиторами свободно-радикальных процессов, в чем можно видеть одну из возможностей проявления эффективного физиологического действия гуминовых кислот.

Растворимые гуминовые кислоты, как известно, оказывают положительное воздействие на все факторы плодородия почвы, чего нельзя ожидать от модельных соединений типа тимогидрохинона, предложенного Фляйгом. В лучшем случае такое вещество является только стимулирующим соединением. Поэтому задача состоит не в подмене гуминовых удобрений, а в повышении их качества как с технологической, так и с агрохимической точек зрения.

В настоящее время при выборе торфа для производства гуминовых удобрений чаще всего обращают внимание на повышенную степень разложения торфа, что совпадает с повышенным содержанием гуминовой кислоты. При этом не учитывается, что в различных торфах содержатся различные по качеству и количеству такие физиологически активные вещества, как ферменты и витамины. Совсем не принимается во внимание химическая характеристика самих гуминовых кислот и их фракционный состав.

Нами была сделана попытка классифицировать торфы, положив в основу их биохимической характеристики такие признаки,

как атомное отношение С/О для гуминовой кислоты, рН торфа и содержание гуминовых кислот, углеводов и физиологически активных веществ. Для математического выражения сочетания указанных пяти признаков использовали формулу, предложенную Ирно (1965):

$$\Delta_g^{1,2} = \frac{10000}{v} \sum_k \left(\frac{g_k^1 - g_k^2}{a_k} \right)^2,$$

где $\Delta_g^{1,2}$ — суммарное расхождение по всем пяти признакам для 1-го и 2-го торфов, взятых для изучения 10 торфов;
 v — число признаков;
 g_k — значения, полученные для торфов по тому или иному признаку;
 a_k — максимальное расхождение по этому признаку.

Учитывая большое разнообразие фракционного состава и глубокое различие фракций гуминовых кислот, необходимо включить в основу биохимической характеристики торфов также химическую и термодинамическую характеристику их фракций.

Считаем, что дальнейшее изучение как торфяных, так и почвенных гуминовых кислот должно продолжаться в этом направлении. Требуется более совершенное знание тех продуктов, которые используются для приготовления гуминовых удобрений: углей, торфов, сапропелей. Познание генезиса гуминовых кислот при одновременном изучении гумифицируемых растений и микробиологических процессов, происходящих при этом, поможет ближе подойти к установлению химического строения фракций почвенных и торфяных гуминовых кислот, что в свою очередь облегчит изучение их физиологического действия, укажет пути к получению более эффективных гуминовых удобрений, способствующих повышению плодородия почв.

Днепропетровский сельскохозяйственный институт

УДК 631.411.4.001.2 : 632.935.4 : 635.64.

ПОЧВА КАК ФАКТОР, ПОВЫШАЮЩИЙ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

А. Д. СУМИНА

Физиологически активные гумусовые вещества оказывают положительное влияние на растения и микроорганизмы (1, 2, 3, 4). Особенно это проявляется при отклонении условий внешней среды