

## МАТЕРИАЛЫ НАУЧНЫХ СОБРАНИЙ

УДК 631.4

К. В. ДЬЯКОНОВА, И. С. СТЕПАНОВ, С. БОНИШОВА-ФРАНКЛОВА

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ  
IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «ГУМУС И РАСТЕНИЕ»

IV симпозиум «Гумус и растение» был организован Научно-исследовательским институтом растениеводства, агрономическим факультетом Сельскохозяйственного университета и секцией почвоведения Чехословацкого общества сельскохозяйственных, лесохозяйственных и пищевых наук АН ЧССР и проходил в Праге (1975 г.). В работе симпозиума приняли участие 114 ученых из 18 стран Европы, Азии и Америки. Доклады, представленные на симпозиум, изданы в виде сборника «Этюды о гумусе» и освещают различные аспекты проблемы гумуса. Сборник содержит 86 докладов. Редакторы сборника Б. Новак, Я. Покорна-Козова, Я. Кубат, Я. Домашка, Ф. Кунц.

В день открытия симпозиума вступительное слово Б. Новака было посвящено С. Прату и его роли в организации симпозиума «Гумус и растение». Были прочитаны вводные лекции В. Флайга «Гумус и продуктивность почв» (V. Flaig, ФРГ), Б. Новака «Гумус-агрохимия и окружающая среда» (B. Novák, ЧССР), Д. Зауербэка «Формирование, количество и трансформация корней в почве» (D. Sauerbeck, ФРГ).

Цель настоящей статьи — познакомить читателя с основными результатами работы симпозиума. Доклады, сделанные на симпозиуме, условно сгруппированы нами в три раздела: «Природа, свойства, и методы исследования органического вещества почв», «Трансформация растительных остатков, органических удобрений, качественный состав гумуса и урожай сельскохозяйственных культур» и «Влияние гумусовых веществ на растение».

1. Природа, свойства и методы исследования органического вещества почв. Ф. Жакен, Ф. Тутен и Ж. Веди (F. Jacquin, F. Toutain, J. Vedy, Франция) на основании экспериментов с учетом экологии следующим образом объясняют различия в формировании и устойчивости муля кислого (бурая почва) и нейтрального (рендзина). При образовании кислого муля опад разлагается в основном грибами (белая гниль), которые способствуют ускоренной минерализации органического вещества (в том числе лигнина) до мономеров. Огромную роль авторы отводят Fe как катализатору процесса полимеризации. Железо способствует образованию нерастворимых соединений, что снижает токсическое действие фенолов на разложение сложных азотсодержащих веществ, и высвобождению азота, необходимого для жизнедеятельности микрофлоры. Таким образом, происходит интенсивная минерализация органических веществ и быстрый переход гумуса в аргилгумусовый комплекс (верхняя часть профиля).

В почвах, насыщенных кальцием, состояние микрофлоры регулируется величиной рН среды. Из грибов здесь доминируют нейтрофилы, синтезирующие темноокрашенные вещества меланинового типа. Кальций переводит их в нерастворимое состояние. Лигнин разлагается слабо, но, связываясь с полипептидами и глинами, переходит в вещества, которые трудно отличить от гумина. Авторы считают, что карбонат кальция медленно действует как на минерализацию, так и на гумификацию. Авторы подчеркивают резкие различия между стабильностью гумуса в рассмотренных почвах.

Ф. Гуяш, И. Сегй (F. Gulyás, J. Szegi, ВНР), исследуя пигментообразующую способность грибов, показали, что для *Stachybotrysatra* (нейтрофил) характерно появление внеклеточных пигментов в жидкой среде; для *Aspergillus niger* локализация в спорах и выход в среду происходят только при рН выше 6. Внеклеточные пигменты и пигменты спор имеют существенные различия в электронных спектрах.

Н. Н. Жданова с соавт. (СССР) показали защитную роль меланинового пигмента в отношении экстремальных условий температуры и влажности, что обусловлено их способностью отдавать и принимать электроны.

П. Леспинат, А. Гюкерт, Г. Брейш (P. Lespinat, A. Guckert, H. Breisch, Франция) исследовали включение корневых выделений кукурузы, меченных  $^{14}\text{C}$  в почвенное органическое вещество (бурая почва). В первые дни корневые выделения обогащают водорастворимую фракцию органического вещества, а также входят в состав «гумина» (по-видимому, фиксируются глинами). На 7-й день меченые вещества входят в состав фракции, извлекаемой щелочью из почвы без декальцирования, и лишь на 21-й день практически метят все гумусовые вещества. Авторы делают вывод, что корни при жизни растений обогащают органическое вещество почвы таким же образом, как растительная масса или продукты жизнедеятельности микроорганизмов, добавленные в почву.

Г. Агнола и Г. Феррари (G. Dell'Angola, G. Ferrari, Италия) при внесении лицина, меченного  $^{14}\text{C}$ , уридина  $\text{H}^3$  через 3 часа обнаружили значительную часть меченых атомов в составе гумуса. Соосаждение гумуса с монтмориллонитом зависело от катиона: минимальное — при  $\text{H}^+$ , максимальное — с  $\text{Fe}^{+++}$ .

М. М. Кононова и И. В. Александрова (СССР) на основании опытов по окислению и конденсации структурных единиц гумусовых веществ (фенолы, аминокислоты) пришли к выводу о том, что процесс конденсации носит окислительный характер и осуществляется при участии ферментов — фенолоксидаз. Новообразованные продукты по  $\text{C}:\text{H}$ , содержанию  $\text{COOH}$ -групп, неоднородности строения, низкой термостабильности могут быть отнесены к молодым формам, сильно отличающимся от зрелых форм почвенных гуминовых кислот. Новообразованные вещества обладают более сильным стимулирующим воздействием на растение.

Т. Дюпюи, П. Жамбу, Д. Риги (T. Dupuis, P. Jambu, D. Riggi, Франция) и Т. Вайхельт (Th. Weichelt, ФРГ) подтверждают выводы о близости гумусовых веществ, особенно гумина, к измененному окисленному лигнину.

К. В. Дьяконова (СССР), исследуя природу гумусовых веществ почвенных растворов и лизиметрических вод с помощью современных физико-химических методов, показала возможность перехода в мягких условиях низкомолекулярной фракции фульвокислот в высокомолекулярную и, возможно, в гуминовые кислоты. Интерпретированы изменения в этом случае интенсивности полосы  $1630\text{ см}^{-1}$  на ИК-спектрах, которая весьма важна для познания природы гумусовых веществ. Исследование кислотных свойств позволило оценить их роль в «чистом» оподзоливании. Отмечена специфическая катионная форма гумусовых веществ

при электрофорезе в условиях пашни. Показана прочная связь гумусовых веществ с анионами сильных кислот ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), которая играет существенную роль в регулировании реакции почвенной среды. Установлено резкое увеличение концентрации гумусовых веществ в почвенном растворе под влиянием высоких доз минеральных удобрений, что представляет интерес для решения вопроса о роли гумусовых веществ в питании растений при интенсивном земледелии.

Б. М. Кресс (В. М. Kress, ФРГ) нашел максимумы для фосфоресцентной эмиссии гумусового вещества при 297, 412 и 502 нм. Эффект объясняется различной степенью электроотрицательности бензольных и хинонных групп.

В. Цихманн (W. Zeighmann, ФРГ) с соавт. отметили недостаточную обоснованность элементарной структуры молекулы гумусовых веществ. Они предлагают изучать радикалы, физико-химические свойства гумусовых веществ, межмолекулярные взаимодействия, особенно относящиеся к электронно-донорно-акцепторным комплексам. Авторы обращают внимание на исследование связи гумусовых веществ и энзимов для выяснения физиологического эффекта на растение.

И. Витгауэр (J. Witthauer, ГДР), Ж. Гунди, Ж. Петруцелли и П. Секи (J. Guidi, J. Petruzzelli, P. Sequi, Италия) осветили связь гумусовых веществ и отдельных их фракций с углеводами.

В докладе П. Складовского (P. Sklodowski, ПНР) дана характеристика гуминовых кислот методом ИК-спектроскопии в сочетании с гель-фильтрацией. Показано, что с увеличением молекулярной массы несколько возрастает содержание метильных и метиленовых групп алифатических структур, а также ароматических компонентов при одновременном уменьшении содержания карбоксильных групп. Во всех фракциях присутствуют сахара, однако их доля в гуминовых кислотах с меньшей молекулярной массой выше.

М. Валла, Д. Павел (M. Valla, D. Pavel, ЧССР) исследовали полидисперсность и ассоциацию молекул гумусовых веществ почв и их компонентов (полифенолы, полисахариды). Для оценки распределения молекулярных масс они использовали метод диффузии в агаровом геле. Было обнаружено, что диффузия осуществляется различным образом в зависимости от формы молекулярных псевдоколлоидов. Для оценки неоднородности авторы предлагают коэффициент полидисперсности.

Результаты физико-химических исследований гумусовых веществ изложены в докладах А. С. Новаторова, Ф. Д. Овчаренко с соавт. (СССР). Авторы предполагают плоское двучленное строение гуминовых кислот. В микроагрегатах частиц наблюдается чередование графитовых и периферических структур, в связи с чем они представляют собой неоднородно-пористые сорбенты, свойства которых обусловлены природой обменного катиона. Показаны группы, ответственные за адсорбцию воды и азотсодержащих компонентов. Обобщены данные о взаимодействии гумусовых веществ с металлами и глинистыми минералами, об их электрокинетических свойствах и формах связи.

Ряд докладов был посвящен органо-минеральным веществам почвы. В. Зиверт (W. Sievert, ФРГ) исследовал комплексы гумусовых веществ, синтезированных из гидрохинона, с монтмориллонитом. Рентгенодифрактограммы не выявили фиксации гуминовой кислоты в межслоевых промежутках минерала. На кривой ДТА комплекса обнаружен больший диапазон разложения ( $430^\circ$ ), чем в случае физической смеси компонентов.

И. С. Степанов (СССР) привел данные о химическом составе и ИК-спектры органо-минеральных веществ, извлеченных из гор. Вн песчаного подзола тремя способами. Автор считает экстрагирование органо-минеральных веществ тяжелыми жидкостями наиболее предпочтительным способом.

Метод извлечения органо-минеральных компонентов из торфяных почв изложен в докладе В. Рохуса (W. Rochus, ФРГ). Автор выделяет кремний-гуминовые кислоты и глинисто-гумусовые комплексы и приводит сведения об изменении содержания и состава гумусовых веществ и их производных при использовании торфяных почв в земледелии в течение 31 года.

Н. С. Панников, И. В. Асеева, Я. М. Аммосова (СССР) показали взаимодействие природных НК и РНК с бентонитом, каолинитом, гетитом, гибситом, аморфной кремнекислотой. Установлен ряд минералов по энергии сорбции. Подтверждено влияние природы катионов, насыщающих минерал, на степень адсорбции органического вещества. Отмечены важная роль протонирования в процессах поглощения, лигандный обмен.

• П. Жамбу, Г. Дюпюи (P. Jambu, G. Dupuis, Франция) выделили пять диапазонов термодеструкции комплексов гумусовых веществ с Са, Mg, Fe, Al и минералами. Авторы связывают их с разрывом определенных связей. 270—340° — разрыв водородной связи гумусовых веществ с минеральными коллоидами; 380—410° — разрушение гуматов кальция и магния; 450—530° — разрыв связей гумусовых веществ с гидроокислами железа и алюминия; 550—660° — окисление комплексов с силикатами, фосфатами и алюминатами; 700—800° — полное разрушение гумусовых веществ с образованием карбонатов.

Ф. Поспишил и М. Лотска (F. Pospišil, M. Lhotská, ЧССР) исследовали взаимодействие гуминовых кислот торфа с ортофосфатами и фитином и с помощью гель-фильтрации и ИК-спектроскопии пришли к выводу об образовании комплексных соединений.

О влиянии глинистых минералов и их смесей на скорость разложения глюкозы доложила Й. Новакова (J. Nováková, ЧССР).

В значительном числе докладов было освещено взаимодействие гумусовых веществ с железом и микроэлементами. М. Андреевский и Д. Росикевич (M. Andrzejewski, D. Rosikiewicz, ПНР) исследовали комплексы методом спектроскопии в видимой и инфракрасной областях. А. Сапек (A. Sapek, ПНР) высказал предположение, что в результате образования комплекса гуминовые кислоты переходят в высокомолекулярную фракцию. Б. Сапек (B. Sapek, ПНР) исследовала динамику поглощения меди гуминовыми веществами торфяных почв с помощью ион-селективного электрода. Наиболее активное поглощение наблюдалось в первые 2 мин.; через 10 мин. поглотилось от 73 до 92% меди.

Поглощение цинка гумусовыми веществами чернозема и серой лесной почвы и прочность их связи исследованы С. Крыстановым и Е. Фильчевой (S. Krystanov, E. Filcheva, НРБ). Взаимодействие гуминовых кислот углей и торфов с микроэлементами Fe и Al рассмотрено в работах Н. А. Власова, А. И. Михайловой, Ф. Д. Овчаренко, С. А. Гордиенко с соавт. (СССР). Г. Петручелли, Ж. Гуиди, П. Секи (G. Petruzzelli, G. Guidi, P. Sequi, Италия) показали, что большая часть меди связана с органическим веществом почвы и в значительной степени поглощается растениями (40—50%).

В ряде докладов ученых СССР были охарактеризованы гумусовые вещества отдельных регионов. Ш. А. Чулаков, Б. Н. Вишневская исследовали биодинамику органического вещества целинных почв Казахстана и показали, что целинные темно-каштановые почвы и южные черноземы в слое 0—100 см содержат фитомассы — 20—32 т/га, гумуса — 300—350 т/га и азота — 16—20 т/га. В фитомассе накапливается 2 т/га зольных элементов. В годовом биологическом круговороте участвуют 6—8 т/га фитомассы, 0,5—0,8 т/га гумуса и  $\frac{1}{3}$  часть зольных элементов.

М. П. Аранбаев и Е. В. Аранбаева рассказали о специфике гумусообразования в древних оазисах аридной зоны. Г. П. Петросян, М. П. Аранбаев, Л. М. Искандарян, С. Х. Хайлоев дали сравнительную характеристику гумуса высокогорных почв Армянского нагорья и Памира. Э. Г. Вухрер и Д. Г. Махмудова привели данные по содержанию, запасам и составу гумуса в орошаемой тақыр-ной, светло-бурой и пустынной почвах Каршинской степи УзССР.

Следует отметить, что большинство ученых, принимавших участие в работе симпозиума, пользовались новыми и новейшими методами исследования. Вместе с тем можно выделить группу докладов, посвященных специально методическим вопросам, возможностям метода. Ф. Мартин, Ц. Сайз-Хименез (F. Martín, S. Saiz-Jimenez, Испания) продемонстрировали, что химические анализы (элементный состав, определение кислородсодержащих функциональных групп) не дают возможности показать различия между естественными и искусственными гумусовыми веществами, полученными из меланоидов и пигментов грибов, в то время как пиролизно-газовая хроматография дает существенные различия выхода алифатических и ароматических компонентов.

Ж. Джованини, Ж. Поджо, П. Секи, С. Червелли (G. Giovanini, G. Poggio, P. Sequi, S. Gervellis, Италия) предложили использовать автоматический анализатор CHN для определения органического и неорганического углерода в почве. Авторы считают, что органическое вещество полностью сгорает при температуре 500°, а до температуры примерно 1000° идет разложение карбонатов. Нам представляется необходимым дальнейшая проверка и моделирование этих положений.

О. Даннеберг (O. Danneberg, Австрия), применяя HF для очистки препаратов гуминовых кислот показал с помощью метода спектроскопии изменение бурых гуминовых кислот. Б. Лакотос (B. Lakatos, ВНР) для получения чистых препаратов применил обработку их и очистку ЭДТА, аниотитом ИРА-400 и катионитом UP-120. В. Логинов (V. Loginow, ПНР) предложил использовать слабое окисление (слабокислая среда) гумуса почв для оценки податливости его к разложению. Использование  $K_2Cr_2O_7$  в разных концентрациях позволило подразделить гумусовые вещества подзолистых почв и чернозема на легкоокисляемые (10,3—15,7%), трудноокисляемые (15,5—37,0%) и неокисляемые (47,3—73,6%).

Ж. Какко, А. Маджони, Ш. Феррари (G. Cacco, A. Maggioni, Sh. Ferrarì, Италия) показали перспективы использования метода электрофокусации в полиакриламидном геле. Показаны различное распределение гуминовых и фульвокислот, а также существенные различия между естественными гуминовыми кислотами и искусственными (полученными из культуральных жидкостей). Метод позволил установить, что ацетилэстеразная активность энзимов и ее поддержание при неблагоприятных условиях тесно связаны с почвенным органическим веществом.

2. Трансформация растительных остатков, органических удобрений, качественный состав гумуса и урожай сельскохозяйственных культур. Значительное количество работ было посвящено влиянию органических и минеральных удобрений и пожнивных остатков на содержание, качественный состав гумуса и урожай сельскохозяйственных культур, а также роли микрофлоры в процессах минерализации и гумификации.

В. Н. Прокошев, С. И. Попова, Н. Я. Тараканова (СССР) на основании многолетнего опыта на дерново-подзолистой почве Предуралья пришли к выводу, что за 25 лет почва без внесения удобрений потеряла 30% гумуса; ежегодно минерализовалось 1,28 т/га. Внесение 20—40 т/га навоза за ротацию в 8-польном севообороте не обеспечивает поддержание содержания гумуса на исходном уровне, однако потери его уменьшаются примерно в 2 раза. Известкование так-

же значительно сокращает его потери. Применение минеральных удобрений в сочетании с навозом и известью вдвое повышает урожай сельскохозяйственных культур и способствует поддержанию количества гумуса на исходном уровне. В этом случае соотношение гуминовых кислот к фульвокислотам возрастает с 0,5 до 0,7—0,8.

Г. Мюллер, В. Гайсиг (G. Muller, W. Heisig, ГДР) в результате многолетних опытов с навозом и минеральными удобрениями показали, что внесение навоза (в том числе жидкого) на суглинистых и супесчаных почвах приводит к увеличению в составе гумуса серых гуминовых кислот и к уменьшению доли фульвокислот. Минеральные удобрения, вносимые даже высокими дозами, не влияли на состав гумуса, но способствовали поддержанию его содержания на уровне первоначального.

И. Де Левал (J. De Leval, Бельгия) подтвердил интенсивное влияние жидкого навоза на разложение органического вещества почвы. Коэффициент мобильности углерода для жидкого навоза вдвое выше по сравнению с обычным.

Биологические тесты (выделение  $\text{CO}_2$ , аммонификация, нитрификация, разложение целлюлозы, метаболизм потенциальной микрофлоры), использованные Я. Покорной-Козовой (Ja. Pokorna-Kozová, ЧССР) свидетельствуют о быстрой трансформации жидкого навоза.

П. Апельтальер (P. Apfelthaler, ЧССР) изучил трансформацию аммиачного  $^{15}\text{N}$  в системе навозная жижа свиней — солома — почва и установил, что дробное внесение навоза в почву значительно ускоряет его минерализацию по сравнению с одноразовым. Добавление соломы задерживает разложение навоза. Инкубация в течение 6 недель приводит к потере 44% азота в вариантах без соломы и 57% с соломой. Отмечено большее накопление азота в форме нитратов в присутствии соломы (30% против 15%). Только небольшая часть азота была обнаружена в исходной форме в органических веществах, извлекаемых мягкими обработками. Значительно больше  $^{15}\text{N}$  было обнаружено в веществах, которые высвобождали азот при жестком гидролизе.

А. Путикова, Б. Новак (A. Putiková, B. Novak, ЧССР), используя respiromетрический тест, пришли к выводу, что минеральные удобрения увеличивают стабильность органических веществ почвы в течение севооборота. Навоз ускоряет разложение органического вещества почвы в первый период после внесения, затем наступает медленное нарастание стабильности по сравнению с контрольными участками.

Л. Харгитай (L. Hargitai, ВНР), В. Мышков (W. Myskow, ПНР), Л. Шевцова (СССР) показали, что предложенные ими коэффициенты стабильности, мобильности и гидрофильности гумуса дают возможность определять изменение качества гумуса в условиях длительного применения минеральных удобрений и навоза.

Для дерново-подзолистых почв В. А. Семенов, В. А. Березовский с соавт. (СССР) установили сравнительно тесную связь между степенью окультуренности почв и фракционным составом гумуса в пахотном слое. В. А. Семенов в предварительной поисковой работе доказал, что для дерново-подзолистых почв Северо-Западной зоны СССР характерна специфическая связь между урожайностью картофеля, озимой ржи, ячменя, многолетних трав и содержанием гумуса в пахотном слое. Заметное влияние на характер зависимости оказывает механический состав почвы.

Л. Манушева, О. Стоянович (L. Manuseva, O. Stojanovič, СФРЮ) провели расчеты коррелятивных зависимостей показателей гумуса и производительности леса. Обнаружено, что из 11 показателей свойств гумуса достоверно коррелируют с бонитетом 5, с процентом объемного прироста сосны — 3.

Как показал М. Никлевский (M. Niklewski, ПНР), в районах с достаточным увлажнением целесообразно применять свежий навоз, в то время как в засушливых районах более эффективен навоз после компостирования. Эффективность навоза или эквивалентного количества минеральных удобрений зависит от условий увлажнения. Если принять эффект минеральных удобрений за 100, то эффект от навоза в Венгрии составляет 30%; в Дании на легких почвах — 75%, на тяжелых — 60%; на Западном Поморье в сухих районах — 101%, во влажных — 183%. Показан доминирующий эффект микроудобрений на фоне навоза.

И. Д. Джуманиязов (СССР) установил, что внесение в орошаемый типичный серозем протококковых водорослей под хлопчатник повышает его биологическую активность (активизация кислорода, ферментов — пероксидазы и полифенолксидазы) и несколько изменяет состав гумуса. В начальный период возрастает доля фульвокислот, затем — гуминовых. Этот прием способствует резкому увеличению количества минеральных форм азота, оказывает стимулирующее влияние на рост и развитие хлопчатника, увеличивая урожай его на 3—4 ц/га.

Б. Новак (B. Novák, ЧССР) в модельных опытах рассчитал, что для иммобилизации азота необходимо 65 ккал/моль  $\text{NH}_3$ . Это составило 1,7—7,7% энергии, освобождающейся при разложении соломы.

Д. Войцик-Войтковяк, О. Стефанияк (D. Wójcik-Wojtkowiak, O. Stefanyak, ПНР) по данным модельных опытов с разложением соломы в дерново-подзолистой почве с азотными удобрениями, меченными  $^{15}\text{N}$ , приходят к выводу о том, что аммиачная форма азота включалась в большей степени в гуминовые кислоты, нитратная — в фульвокислоты. Обнаружена высокая степень корреляции между микробиологическими процессами и превращением соединений азота.

С. Сотаква, В. Муха (S. Sotáková, V. Mucha, ЧССР) на примере модельного опыта показали различную интенсивность разложения и превращения пожнивных остатков пшеницы и люцерны, а также ускорение процесса под влиянием минерального субстрата лёсса. Установлено, что наиболее сильно изменяются остатки люцерны. Так, наибольшие изменения массы люцерны были отмечены в течение 15—30 дней, пшеницы — после 90 дней инкубации с лёссом. Через 180 дней наступала относительная стабилизация процесса минерализации продуктов превращения и их состава.

Б. Грунда (B. Grunda, ЧССР) изучали скорость разложения естественного опада и его составных частей в экосистеме пойменного леса на илистых почвах полуглеевого типа.

Г. Бек (G. Beck, ФРГ), изучая биологическую активность псевдоглеевых почв по показателям энзиматической деятельности (редуктаза, гидролаза, потребление кислорода, нитрификация), установил наивысшие ее показатели под луговой растительностью. Величина активности снижается при монокультуре пшеницы и достигает минимума под монокультурой пропашных. Между содержанием гумуса и биологической активностью почвы найдена достоверная корреляционная связь. Численность бактерий резко колеблется в течение года, однако максимум, как правило, наблюдается осенью.

И. Андерсон и К. Домаш (I. Anderson, K. Domasch, ФРГ) изучали метаболическую активность грибов и бактерий при разложении органических веществ с помощью селективных ингибиторов. Активность грибов по сравнению с бактериями была максимальной при разложении глюкозы, касаминовых кислот, ацетата Na, *n*-гидроксibenзойной кислоты и клетчатки в автоклавированной почве. В минерализации растворимого крахмала после 12-часовой инкубации доминирующую роль играли уже бактерии.

Т. Г. Зименко (СССР) изучил влияние высокого содержания минеральных веществ на биологическую активность торфяных почв и при-

шел к выводу, что сохранить органическое вещество торфяно-болотных почв при их освоении можно, только создав условия для образования устойчивых минерально-гумусовых соединений. Было установлено, что внесение песка снижает, а глинистых минералов увеличивает численный состав микрофлоры. Эти компоненты стимулируют биологическую активность мелкокочажных торфяников.

Динамику разложения сланцевых смол в почвах Эстонии исследовал К. К. Сойдра (СССР), который показал, что наиболее интенсивное разложение смол, увеличение содержания карбоксильных групп в остатках смол и выделение  $\text{CO}_2$  происходит в первые 5—15 дней с момента начала опыта. Общая микробиологическая активность в слое 0—15 см возрастала в течение 30 дней. К. К. Сойдра отметил резкое уменьшение доли фенольных групп, что снижало токсичность смол.

А. Дубовска, И. Бернат, М. Мачор (A. Dubovska, I. Bernat, M. Machor, ЧССР) изучали влияние почвенных грибов на разложение гумусовых кислот на среде Чапека. Авторы не установили прямой связи между весом мицелия и уменьшением количества углерода в гумусовых веществах. Уменьшение содержания углерода за 1—2 месяца для фульвокислот составляло 10—45%, для гуминовых — 12—38% в зависимости от вида гриба. После опыта гуминовые кислоты характеризовались пониженной оптической плотностью.

Ф. Кунц (F. Kunc, ЧССР) объясняет механизм прайминг-эффекта разложения нативных гумусовых веществ при добавлении органических субстратов следующим образом. Органический субстрат служит источником углерода (или энергии), что в свою очередь способствует увеличению числа микроорганизмов и образованию индуктивных ферментов, способных разлагать органическое вещество. Энергия может активизировать и системы мембранного транспорта, ускоряющие проникновение органического вещества в клетки, их контакт с эндоферментами, способствующими разложению гумуса.

Внесение органического субстрата приводит к размножению прежде всего специфической микрофлоры, разлагающей гумус. Активность ее может изменяться в зависимости от физико-химических характеристик почвы после добавления органического вещества.

3. Влияние гумусовых веществ на растение. Несколько докладов было посвящено исследованию физиологического эффекта гумусовых веществ на растение. С. Асо и Н. Такенага (S. Aso, N. Takenaga, Япония) разносторонне исследовали непосредственное влияние гумусовых веществ на растение. Метод радионуклидов позволил подтвердить и развить существенные положения:

— гумусовые вещества, образуя комплексы, способствуют поступлению железа и микроэлементов в растение, однако железо поднимается в верхние части растений значительно быстрее, чем гумусовые вещества. По-видимому, поступив в корни, железо и гумусовые вещества передвигаются раздельно;

— автораддиограмма  $\text{H}^3$  гумусовых веществ показала аккумуляцию их в основном на стенках клеток, однако небольшая часть находилась и в цитоплазме;

— наблюдался значительный эффект на корнеобразование, длину корней при обработке проростков риса гумусовыми веществами в течение 6 дней. Объем клеток при этом увеличился на 79—80%;

— при обработке гумусовыми веществами в течение 25 дней изменилась физиологическая активность корней. Поглощение азота увеличилось на 21%, фосфора — на 14%, кислорода — на 15%. Поглощение калия уменьшилось. Заметно увеличилась абсорбция воды. Окисление  $\alpha$ -нафтамина увеличилось на 49% при тенденции к уменьшению коэффициента дыхания.

Авторы считают, что гумусовые вещества повышают пластичность стенок корней, их поверхностную активность, в результате чего возрастает

тает абсорбция воды, тургор цитоплазмы, потребление питательных веществ. Низкомолекулярные фракции гумусовых веществ (фульвокислот с молекулярной массой меньше 700) более активно влияют на удлинение корней, чем гуминовые кислоты. Авторы полагают, что различен и их физиологический эффект. Низкомолекулярные фракции воздействуют в основном на метаболизм, связанный с системой дыхания (сахара, протеины). Основное влияние высокомолекулярных фракций заключается в пластичности стенок клеток и связанной с ней абсорбцией воды и тургором цитопласта.

А. Н. Небольсин, З. П. Небольсин (СССР) показали, что гумусовые вещества (гуминовые кислоты, фульвокислоты и торф) уменьшают фитоксичность Al, Mn и Fe по отношению к ячменю, горчице, красному клеверу и сдвигают оптимальный интервал реакции среды в кислую сторону. Полярнографические исследования соединений Fe с фульвокислотами выявили их хелатоподобность.

В. Тихи, Гоанг Ким Пгуонг (V. Tichý, Hoang Kim Phuong, ЧССР) с целью выяснить эффект гумусовых веществ (гумата Na из торфа) на растение применили тесты активности, принятые для ауксинов, гибберелинов и цитокининов. Опыты показали, что гумусовые вещества физиологически активны, однако их активность значительно ниже, чем стандартов, и не возрастала при увеличении дозы гумусовых веществ. Авторы полагают, что, возможно, природа физиологического эффекта гумата Na иная, чем типичных стимуляторов, или с гуматами вносятся какие-то ингибирующие вещества.

Л. Станчев, З. Танев, К. Иванов (L. Stanchev, Z. Tanev, K. Ivanov, НРБ) изучали гуминовые вещества навоза в качестве инактиваторов биуретной токсичности в растениях томатов. Под влиянием биурета происходит изменение окислительно-восстановительных реакций процесса дыхания. Авторы связывают это явление с ингибированием металлов, входящих в состав или участвующих в деятельности цитохромов, каталазы, *o*-дифенолоксидазы, а возможно, и флавинов. Ингибирование главным образом цинка, железа и меди связано с повышением концентрации фосфора в тканях растений под влиянием биурета или образованием стабильных металл-биуретных комплексов. Под влиянием низкомолекулярных гумусовых веществ навоза микроэлементы — металлы — сохраняют свои каталитические функции даже в присутствии биурета в тканях растений.

С. Гуминский и И. Сулей (S. Guminski, I. Sulej, ПНР) провели ряд экспериментов, чтобы исходя из современных концепций объяснить эффект стимуляции гуматом Na роста клеток дрожжей в неблагоприятной слабокислой среде. Эффект связан с регулированием гуматом плазмолиза и проницаемости стенок клеток. Это способствует эффекту роста, аналогично тому, что происходит в среде с оптимальной концентрацией водородных ионов.

Ф. Лемер (F. Lemaire, Франция) исследовал специфический эффект на райграс разлагающегося органического вещества соломы в различных климатических условиях. Он показал, что удлинение светового дня усиливает эффект, если интенсивность света неблагоприятна. Повышение температуры воздуха днем незначительно влияло на изучаемый эффект.

В. Ванчура (V. Vančura, ЧССР), исследуя метаболизм между растениями и микроорганизмами, показал, что растения с момента набухания семян и их прорастания выделяют в окружающую среду значительное количество низко- и высокомолекулярных веществ, которые легко доступны микрофлоре. С другой стороны, микроорганизмы ризосферы продуцируют вещества, которые могут влиять на рост, развитие, физиологическое состояние растений и почвенную микрофлору.

В принятой резолюции участники симпозиума рекомендовали сосредоточить главные усилия в изучении гумуса на следующих проблемах:

— превращение органических веществ в почве с учетом явлений иммобилизации и мобилизации питательных веществ;

— взаимодействие органического вещества с минеральной частью почвы;

— миграции органического вещества в почвах; ограничение потерь из почвы органического вещества, и прежде всего азотсодержащих соединений;

— значение органического вещества для предотвращения почвенной эрозии;

— специфика влияния почвенного органического вещества на физиологические процессы в растениях;

— дальнейшее развитие и совершенствование методов исследования.

Участники симпозиума предложили провести следующий международный симпозиум «Гумус и растение» не позднее 1979 г.

Дата поступления  
27.VII.1976 г.