

Продолжаем цикл статей, посвященных теме здоровья почвы. Исследования, которые легли в основу публикаций, успешно проводятся на протяжении последних лет на территории США, а также непосредственно в Вард лаборатории (Ward Laboratories, Inc., Ag Testing – Consulting, Kearney, Nebraska, USA)



Микориза на кончиках корней

Роль почвенных грибов

Природные утилизационные бункеры



Олег Маслов, ведущий специалист по анализу почв аналитической лаборатории «Агротест»

Грибы являются микроскопическими клетками, которые, как правило, растут в виде длинных нитей, называемых гифами. Гифы взаимодействуют с частицами почвы и корнями, образуя нитчатые структуры. Эти нити высвобождают ферменты почвы и разрушают сложные молекулы, которые затем поглощаются. Грибы действуют как природные утилизационные бункеры, поглощая питательные вещества в почве. Гифы в диаметре всего несколько микрометров, но длиной они могут быть от нескольких клеток и до десятков сантиметров. Иногда гифы объединяются в группы, называемые мицелий, которые выглядят как корни.

Как правило, грибы составляют 10-20% от общего количества микроорганизмов в ризосфере почвы. В здоровой почве количество грибов обычно незначительно, однако они доминируют в биомассе почвы в связи с их большим размером. Во всем мире существует около 70 тыс. разных видов грибов.

Функции почвенных грибов

Грибы выполняют важные функции, связанные с динамикой воды, круговоротом питательных веществ и подавлением заболеваний. Наряду с бактериями, грибы важны как деструкторы пищевых источников почвы, превращая труднодоступный органический материал

в пригодные для использования формы. Грибковые популяции могут доминировать при использовании технологии No-till, хотя их количество меньше, чем бактерий. Грибы имеют 40-55% эффективности использования углерода и могут перерабатывать больше углерода по сравнению с бактериями. Бактерии менее эффективны в сохранении углерода, так как теряют его в виде углекислого газа. В своих клетках грибы содержат больше углерода, чем бактерии (C:N = 10:1), но меньше азота (около 10%). Грибы помогают утилизации азота и фосфора для растений. Благодаря их меньшему размеру и большей площади поверхности грибы могут эффективно

утилизировать остатки азота и фосфора и значительно повышать эффективность извлечения питательных веществ корнями растений. Многие растения культивируют некоторые виды бактерий и грибов для повышения извлечения питательных веществ из почвы. Генетически грибы тесно связаны с растениями и животными. Мембранные органеллы, присутствующие в каждой клетке, аналогичны тем, которые есть у насекомых, животных и растений. Как правило, грибы размножаются спорами – микроскопические части аналогичны семенам растений. Продолжительность жизни грибов не измерялась, но предполагается, что она может исчисляться десятками и сотнями лет, а не днями и неделями, как у большинства микробов.

Классификация грибов

Грибы классифицируются по способу размножения – половое и бесполое. Исторически они были разделены на четыре таксономических подразделения: Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota и Deuteromycota.

а) Zygomycetes

Существует около одной тысячи видов грибов, которые принадлежат к этой группе. Большинство Zygomycetes питаются распадающимся растительным и животным материалом.

б) Ascomycetes

Эта группа содержит более 30 тыс. видов, от одноклеточных (дрожжей) и до многоклеточных грибов. Дрожжевые грибы размно-

жаются бесполом путем почкования, формируя мешочек – аск. Некоторые представители этой группы имеют большое значение для генетических исследований, их используют в выпечке и пивоварении, а также в виноделии и производстве антибиотиков. В почве они участвуют в разложении и утилизации органических веществ.

с) Basidiomycetes

Представители этой группы важны как технические культуры. Они также являются причиной многих заболеваний, которые приводят к потере или снижению урожайности зерновых. Например, в 1970 году в США головня уничтожила почти весь урожай кукурузы.

г) Deuteromycota: лишайники и микориза

Лишайники являются симбиозом между фотосинтетическими организмами (водоросли или цианобактерии) и грибами. Микориза – это симбиоз грибов (обычно Zygomycetes или Basidiomycetes) с корнями растений. Оба отношения мутуалистические, то есть выигрывают обе стороны. Растения с микоризой лучше растут: растение получает питательные вещества из гриба в обмен на углеводы.

Виды почвенных грибов

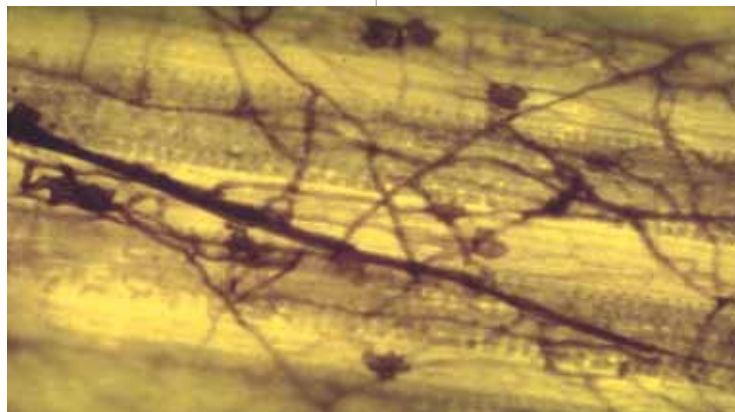
1. Редуценты, или сапрофитные грибы. Они преобразовывают органический материал в грибную биомассу, диоксид углерода



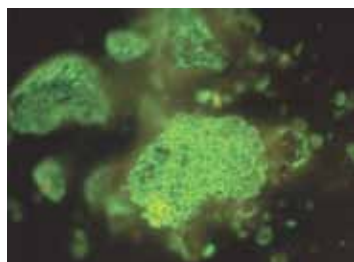
(CO₂) и малые молекулы, такие как органические кислоты. Грибы, как правило, разлагают сложные субстраты, такие как целлюлоза и лигнин, и играют важную роль в разложении углерода в некоторых загрязняющих веществах. Некоторые грибы потребляют те же простые сахара, что и бактерии. Грибы важны для иммобилизации и сохранения питательных веществ в почве. Многие грибы влияют на образование органических кислот, увеличивающих гумус.

2. Патогены, или паразиты. Они вызывают сокращение производства или полное угнетение растений вплоть до смерти, могут колонизировать как корни растений, так и другие организмы. Корневые патогенные грибы, такие как *Verticillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, ежегодно приводят к серьезным экономическим потерям в сельском хозяйстве. Многие патогенные грибы не являются истинными грибами (*Oomycetes*) и классифицируются как одноклеточные. Многие истинные грибы помогают контролировать заболевания. Например, грибы, которые паразитируют нематоды, и грибы, которыми питаются насекомые. Такие грибы могут быть полезны в качестве агентов биологического контроля.

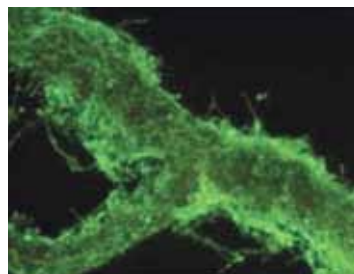
3. Микоризные грибы – это грибы, создающие симбиотические (взаимовыгодные) отношения с растениями. Существует более 5 тыс. видов микоризных грибов. Эндомикоризные грибы (*Endomycorrhizae*) имеют симбиотические



Почвенные грибы в виде паутины; это необходимо для повышения способности корней растений исследовать поверхность почвы в поисках питательных веществ



Почвенные макроагрегаты в окружении гломалина



Гломалин, окружающий корень сильно зараженной микоризы

отношения с растениями, они растут в корневых клетках и могут связываться с травами, пропашными культурами, овощами и кустарниками. Этот вид образует микоризные сети с корнями растений, помогая корням более эффективно получать питательные вещества, особенно азот и фосфор.

Выгоды от почвенных микоризных грибов

Грибковые гифы имеют преимущества перед бактериями в некоторых почвенных средах. Грибы могут продолжать выживать и расти дальше, даже когда влажность почвы является слишком низкой для большинства бактерий. Грибы способны разлагать поверхностные остатки и тем самым увеличивать количество азота в почве. Грибные гифы сохраняют и транспортируют питательные вещества в отдаленные части почвы, где они могут быть в дефиците. Растение поставляет грибам простые сахара, в то время как грибы поставляет растениям азот, фосфор, другие питательные вещества и, возможно, воду. Микоризная сеть грибов значительно увеличивает площадь поверхности для корней растений и эффек-

тивно транспортирует питательные вещества растениям. Однако когда создается избыток питательных веществ, таких как азот и фосфор, внесенных в виде удобрений, грибы перестают работать. Обработка почвы также снижает эффективность грибов, уничтожая микоризные сети, связанные с корнями растений.

Грибковые гифы физически связывают частицы почвы вместе, создавая стабильные макроагрегаты (> 250 мкм). Это увеличивает проникновение воды и способность почвы удерживать воду. Некоторые грибы производят липкое вещество, которое называется гломалин. Гломалин – это полисахарид, состоящий из аминокислотных сахаров из корней растений и белка из грибов (гликопротеин). Гломалин окружает макроагрегаты и склеивает их вместе, формируя макроагрегаты и улучшая структуру почвы. Некоторые виды микоризных грибов являются коммерчески доступными и могут быть добавлены в почву во время посадки. В обычных пропашных почвах преобладают бактерии, которые не производят гломалин. Обработка почвы нарушает и ломает макроагрегаты в микроагрегаты, что приводит к более уплотненным почвам. Практически в любой почве, где содержится органическое вещество, может существовать идеальная среда обитания для большого количества полезных грибковых популяций. Грибам нужна хорошо аэрированная почва, они плохо развиваются в анаэробных условиях (недостаток кислорода), которые могут находиться в уплотненных почвах. Обработка почвы

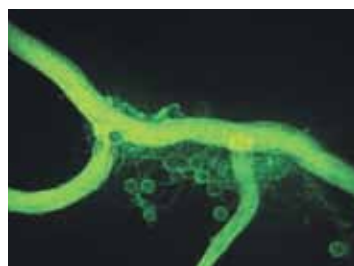
также повышает количество кислорода в ней, стимулируя население бактерий увеличиваться; для еды используются активные углероды – полисахариды и гломалин. В почве может находиться 1-5% гломалина от общего количества углерода в почве. В составе гломалина присутствует около 30% углерода, 1-2% азота и до 5% железа, что может придавать почве красноватый цвет. Широкий спектр современных фунгицидов является токсичным для микоризного населения для грибов. Обработка почвы, избыток удобрений и пестицидов, короткие севообороты и длинные паровые периоды имеют тенденцию к снижению популяции грибов и уменьшению производства гломалина в почве. Некоторые виды растений, такие как семейства крестоцветных (брокколи, горчица) и семейства маревых (шпинат, свекла), не образуют микоризные ассоциации. Тем не менее более 90% растений могут иметь микоризную связь с грибами.

Экология растительно-микробных взаимодействий

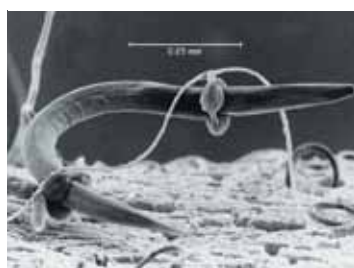
Растительно-микробные взаимодействия в ризосфере несут ответственность за ряд почвенных процессов, которые включают связывание углерода, экосистемные услуги и рециркуляцию питательных веществ. Состав и количество микробов в почве влияют на способность растений получать азот и другие питательные вещества. Растения могут влиять на эти изменения путем осаждения корневых выделений или богатых углеродом веществ для привлечения или ингибирования



Белые нитевидные грибные гифы



Микроскопический вид эндомикоризного гриба, растущего на корне кукурузы. Круглые тела – споры, нитевидные нити – гифы



Гриб, паразитирующий нематоду

ния роста конкретных микроорганизмов. Количество этих богатых углеродом веществ может варьироваться от 10 до 44% от общей величины производимого растениями углерода. Почвенные микробы используют этот обильный источник углерода, подразумевая, что селективные секреты растений могут стимулировать положительные симбиотические и защитные отношения между растениями и микробами против других болезнетворных микробов. Грибы несут большую выгоду для большинства растений, противодействуя заболеванию корней растений (патогенные микроорганизмы и грибковые ферменты) и способствуя более здоровому росту растений. Грибы улучшают и развивают действие полезных бактерий, особенно ризобий, которые помогают бобовым в фиксации атмосферного азота. Грибы помогают растениям в поставке азота и фосфора. При засухе грибы через грибковую гифовую сеть снабжают растения водой и предоставляют защитную оболочку вокруг корней растений. Во время засухи количество доступного фосфора уменьшается (даже на почвах с его высокой

доступностью). Грибы защищают растения, предоставляя защитную оболочку, воду и фосфор корням растений. Когда условия окружающей среды ухудшаются, грибы формируют споры, в которых сохраняют большое количество питательных веществ для выживания, пока внешние условия не восстановятся. Грибы со специальными потребностями в питательных веществах чаще всего гибнут, когда их растение-хозяин не входит в севооборот, а грибы с широким кругом потенциальных хозяев будут выживать при различных условиях. Грунтовые грибы часто имеют достаточно сил для преобразования из одной стадии покоя в другую, когда уровни питательных веществ являются низкими. Эти модели имеют важное значение в сельскохозяйственных системах управления, которые включают паровые периоды между циклами земледелия. Грибковые гифы должны быть в тесном контакте с органическими остатками почвы для поглощения питательных веществ, поэтому они, как правило, растут в ассоциации с другими микроорганизмами почвы. Они активно конкурируют за ограниченные питательные вещества, и эта конкуренция приводит к преобладанию или изменению микробного состава, так как происходит истощение питательных веществ. Первоначальные колонизаторы поглощают простые сахара, аминокислоты и витамины из частей растений и классифицируются как «сахарный грибок». Доминирование этих грибов является недолгим, потому что происходит быстрое накопление отходов. □