

Биология процесса инокуляции.

Соя — бобовая культура, семена которой содержат 37-45 % белка от общего веса. В зависимости от уровня содержания белка, в одном центнере сои будет содержаться около 5,5 -6,7 кг азота. Урожай в 41 центнер с гектара требует дополнительных 136 кг азота, это порядка 336 кг. на 1 га. Некоторое количество азота поступает от окисления органического вещества почвы, происходящего благодаря продуктам жизнедеятельности бактерий, живущих в клубеньках на корнях растений. Чтобы эффективно связывать азот из воздуха и вырабатывать аммоний для питания растения, каждому сорту бобовых культур требуются свои определенные бактерии.

Процесс инокуляции

Бактериальным штаммом *Rhizobium*, необходимым для сои, является *Bradyrhizobium japonicum*; механизм его поступления в растение крайне сложен, но достаточно хорошо изучен. Прорастающие семена сои и ее всходы посылают в почву химические сигналы (флаваноиды). Эти сигналы улавливает клубеньковая бактерия рода *Rhizobium* и подает ответный сигнал растению. Корни растения, получившего ответный сигнал, подготавливаются к инфицированию бактерией. Корневые волоски сворачиваются, ухватывая ризобии, находящиеся на поверхности корня. Возникает заражение, и ризобии размножаются до тех пор, пока не достигнут внутренних слоев корня. Клетки корня также начинают делиться и формируют особые структуры, называемые узелками (клубеньками). Ризобии продолжают размножаться внутри узелков, что приводит к увеличению клубеньков в размерах. Фермент (нитрогеназа), связывающий азот из воздуха для образования аммония, не может действовать в присутствии кислорода. Чтобы связывание азота стало возможным, растение должно производить леггемоглобин (Leghaemoglobin) внутри узелка, который будет впитывать кислород в корне, чтобы он не мешал процессу связывания азота. Поскольку леггемоглобин красного цвета, узелок, активно связывающий азот, в разрезе будет розовым. Сахара, производимые листьями, поступают в корневую систему и узелки, где они обеспечивают ризобиям энергию, благодаря которой они извлекают азот из воздуха, чтобы создать такие соединения азота, которые растения используют в дальнейшем для производства белка. Чем лучше работает этот механизм, тем выше урожайность и количество произведенного белка.

Весь цикл связывания азота регулируется как генами растения, так и генами бактерий. Стрессы, которым подвергаются бактерии или растения, например: холод, затопление, засуха и низкая кислотность почвы, — могут помешать описанному процессу. Низкие температуры замедляют распознавание сигналов: и от растения, и от бактерии. Растениям и бактериям приходится посылать большее количество сигналов для формирования узелков, что приводит к более позднему началу процесса связывания азота. Только после получения достаточного количества сигналов и формирования клубеньков, начинается выработка аммония, который будет поступать растению.

Засуха понижает количество влаги в почве, а именно она (влажность) защищает бактерии, пока они живут на поверхности семян после посева. Сухая почва и сухие семена быстро заберут влагу из инокулянта, в результате бактерии на поверхности семян пересохнут и погибнут. Если погибнет значительное количество бактерий, завяжется недостаточное количество узелков и, следовательно, аммония будет вырабатываться недостаточно для хорошего урожая. Прочие стрессы, в том числе низкая кислотность

почвы, химическая обработка семян, стартовые дозы удобрения — тоже могут погубить бактерии и угнетать процесс формирования клубеньков. **Завышенный сверх необходимого уровень азота в почве, больше чем 34-56 кг/га, может полностью остановить процесс формирования узелков и процесс связывания азота.**

Округлые крупные и шероховатые клубеньки, размещенные преимущественно на основном корне, работают наиболее эффективно, поскольку свидетельствуют о большом количестве живых бактерий, для которых клубеньки являются «жилищем» и «фабриками» по производству азота. Мелкие и гладкие клубеньки на корневых отростках не являются достаточно эффективными. Правильное нанесение качественного инокулянта, является необходимым условием для формирования большого количества крупных клубеньков.

Новые разработки в сфере инокулянтов

В 1995 на базе Университета штата Огайо стартовала программа, целью которой было провести оценку материала для инокуляции сои. В 1996 были проверены новые стерильные материалы, а также нестерильные материалы, используемые в сельском хозяйстве уже не один год. В среднем на пяти опытных полях новые стерильные материалы принесли урожай в 4 раза больше, чем полученный на нестерильных материалах.

В последние годы компании-производители сосредоточили свои усилия на поиске способов усовершенствования инокулянтов. Одним направлением здесь стала работа над улучшением селекции штаммов и увеличением жизнеспособных бактерий на грамм продукта. В результате скрещивания штаммов *Bradyrhizobium japonicum*, показывающих наилучшие результаты в определенных условиях, были получены продукты, имеющие высокую производительность в более широком спектре условий.

Другим направлением стали попытки облегчить внесение препарата — в результате были предложены жидкие инокулянты, а также усовершенствованы сухие смеси. Еще одним новым шагом стало комбинирование обыкновенных ризобий с организмами, которые вырабатывают гормоны для усиления роста растения и обеспечивают защиту от болезней. Еще одной сферой интереса являются биологические сигналы, провоцирующие образование клубеньков. Внедрение сигнальных компонентов в инокулянты также позволит компаниям ускорить процесс формирования узелков. Добавление в материал для инокуляции «удлинителей» позволяет обрабатывать семена препаратом за 30 и более дней до посева без потери продуктивности, при условии правильного хранения семян.

Уход за продуктами для инокуляции

Клетки бактерий *Rhizobia* выживают лучше всего при температуре от +4,5 до +26,5° С. До начала применения инокулянты должны храниться в прохладном месте, защищенном от прямых солнечных лучей. Упаковки, оказавшиеся на солнце во время посевной, быстро перегреются из-за парникового эффекта, и все бактерии могут погибнуть менее чем за час. При транспортировке инокулянта на поля, постарайтесь держать его в прохладе. Лучше всего в дальнем углу закрытого кузова и вдали от солнца, а на поле — в прохладной тени под припаркованным грузовиком. Солнце вредно в данном случае из-за перегрева, не из-за радиации, поэтому не вынимайте инокулянт раньше времени из его оригинальной упаковки — это предотвратит, хотя бы частично, поглощение тепла. При нормальных

условиях срок годности инокулянтов АБМ до двух лет, в зависимости от формулы продукта и внесенных добавок. Сухие материалы, как правило, хранятся меньше, чем жидкости, однако, некоторые стерильные продукты имеют срок годности, приближающийся к сроку годности жидкостей.

Внесение инокулянта

Прежде чем вносить инокулянт, важно проверить, совместим ли он с химической обработкой семян, фунгицидами и инсектицидами.

Семена, обработанные инокулянтom без «удлинителя», должны быть посажены как можно скорее после обработки (в течение 24 часов или менее), чтобы клетки бактерий остались влажными и могли выжить достаточно долго, чтобы инфицировать корни проросшей сои. При загрузке сеялки со шнеком жидкие или сухие материалы для инокуляции необходимо добавлять в семена на входе в шнек — для более качественного нанесения. Избыточное нанесение сухого инокулянта не должно оказывать токсичного воздействия на семена (в отличие от химикатов), но это увеличивает затраты и может помешать прохождению семян через сеялку. Семена, обработанные инокулянтom в брикетах, с расстояния могут показаться необработанными. Двадцати — сорока маленьких частичек материала на каждом семени вполне достаточно. Избыточное внесение жидкого инокулянта также слишком дорого обойдется, кроме того, может вызвать залипание в семенном ящике. Калибровка системы аппликации — абсолютно обязательное условие, если хотите вносить инокулянт в должном количестве. Сначала определите уровень прохождения семян через шнек — взвесьте, сколько семян проходит через него за 30 сек. Затем вычислите количество инокулянта, необходимого для такого количества семян, и установите аппликатор инокулянта так, чтобы он выдавал соответствующее количество материала за 30 сек.

Совместимость с фунгицидными протравителями

Семена сои часто являются переносчиками спор грибов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* и других видов плесени, которые вызывают гниение. В дополнение, некоторые грибы могут зародиться в семени. *Diarporthe* (Phomopsis) стеблевая гниль стебля и стручка, антрокноз, пурпурная пятнистость семян, ложная мучнистая роса и другие болезни могут появиться на полях со внесением инфицированными семенами и существенно повлиять на урожайность. Поэтому часто фермеры задумываются о необходимости применять фунгицидные протравители. В таком случае очень важно помнить о мерах предосторожности в отношении бактерий *Rhizobium*, которые могут заключаться в подборе соответствующих (безопасных) протравителей и в разных сроках обработок семян протравителями и инокулянтom. Оптимальным может быть заблаговременная (3-5 дней) обработка протравителями таким образом, чтобы до посева и нанесения инокулянта семена уже полностью высохли. За конкретными рекомендациями по использованию протравителей обращайтесь к поставщику инокулянта.