

# Инокуляция семян сои

За последние десять лет соя приобрела большую популярность и зарекомендовала себя как надежная, простая и высокорентабельная составляющая в растениеводстве.

В то же время, ряд особенностей в технологии производства для украинских производителей остаются непонятными, а то и вообще неизвестными. Одной из таких "темных" тем является инокуляция семян сои. Механизм инокуляции, как действия, заложен в значении английского слова inoculation, что означает "прививка, нанесение прививочного материала".

## Общие сведения об азотфиксации.

Соя (*Glycine max*) - бобовая культура, семена которой содержат 37-45% белка от общего веса. В зависимости от уровня содержания белка, в одном центнере сои будет 5,5 -6,7 кг азота. Урожайность в 40 центнер с га. требует дополнительных 133 кг азота (336 кг. на 1 га.). Несмотря на большие требования сои в элементах питания, она слабее других растений реагирует на внесение удобрений, вместе с тем хорошо использует их последствие. Это обусловлено симбиозом сои с клубеньковыми бактериями, за счет чего она может удовлетворять до 70-80% своей потребности в азоте. Наряду с этим соя имеет повышенную способность усваивать почвенные запасы фосфора, калия и других элементов питания.

В практике земледелия имеется 4 общеизвестных способа получения грунтами связанного азота: симбиотическая фиксация, ассоциативная азотфиксация, поступление с осадками или поливной водой и внесение удобрений.

Чтобы эффективно связывать азот из воздуха и вырабатывать аммоний для питания растения, каждому сорту бобовых требуются свои определенные бактерии. Установлено, что если бы не существовало естественных процессов, которые дают возможность повысить содержание связанного азота в почве за счет атмосферного азота, на многих почвах выращивание многих культур было бы невозможным. Целый ряд растений обладают способностью фиксации атмосферного азота, и симбиотическими для их являются разные виды бактерий. Например, бактерия *Rhizobium meliloti* фиксирует азот только для люцерны. Для сои такой бактерией является *Bradyrhizobium japonicum*. Таким образом, нельзя рассчитывать на использование одного и того же инокулянта на все культуры.

## Биохимический процесс инокуляции

Фиксация азота - это, по сути, процесс превращения атмосферного азота в ту его форму, которая наиболее используется растением сои, и поэтому является критически важным для получения высокого урожая. Для того, чтобы такая фиксация произошла, азото-фиксирующая бактерия в необходимый период развития растения либо должна уже находиться в достаточном количестве и хорошем состоянии в почве вблизи семян, либо быть нанесена на семя, чтобы сформировать клубеньки на корне. Когда семя прорастает, бактерии охватывают корневые волоски, образующиеся в этот момент на проростке, и начинают размножаться. Клубеньки, представляющие собой скопления бактерий, - как бы их обители, - располагаются на корнях. Еще эти клубеньки называют колониями. Атмосферный азот  $N_2$  в результате жизнедеятельности бактерий *Bradyrhizobium japonicum* в этих колониях преобразуется в аммоний ( $NH_3$ ), необходимый растению.

Бактериальным штаммом *Rhizobium*, необходимым для сои, является *Bradyrhizobium japonicum*. Механизм его поступления в растение крайне сложен, но 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 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. Энзим (нитрогеназ), связывающий азот из воздуха для образования аммония, не может действовать в присутствии кислорода. Чтобы связывание азота стало возможным, растение должно производить легаемоглобин (*Leghaemoglobin*) внутри узелка, который будет впитывать кислород в корне, чтобы он не мешал процессу связывания азота. Поскольку легаемоглобин красного цвета, узелок, активно связывающий азот, в разрезе будет розовым. Поэтому очень часто, чтобы определить, насколько хорошо работают бактерии, нужно разрезать клубеньки, чтобы увидеть розово-коричневый цвет. Сахара, производимые листьями, поступают в корневую систему и в клубеньки, 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 посылавать 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.

## Фазы развития сои

Акцентируем внимание только на важном для азотфиксации. Итак, все вегетативные фазы включают фазу прорастания семени (VE), фазу семядоли (VC), и далее вегетативные фазы (V1-Vn) - по числу тройчатых листьев. После шестой вегетативной фазы (V6), с началом цветения начинается первая репродуктивная фаза (R1). Всего репродуктивных фаз восемь, последней является фаза полной созреваемости (R8).

[www.imperialagro.com](http://www.imperialagro.com)

ДП "Таврия" ООО «Империал Агро ЛТД»

тел/факс +38 0552 490123, +38050 3961421

За период развития соя использует огромные количества азота, оценки такой потребности достигают 350 кг. на один гектар. Значительное количество из этого объема приходится на промежуток от репродуктивной фазы R1 (начало цветения) до R5 (начало образования семян). К примеру, образование стручков ( фазы R3 и R4) требует от *V. japonicum* ежедневно конвертации примерно 3,4 кг. на гектар. В период с 50-го до 75-го дня после всходов (примерно от второй до пятой репродуктивных фаз (R2-R5)) растение сои потребляет от 60 до 70% всего потребного азота и делается это посредством его фиксации.

В полевых условиях формирование клубеньков можно наблюдать вскоре после активизации бактерий, но очень интенсивно этот процесс начинается в период второй и третьей фаз вегетативного развития сои V2 и V3. С этого времени число клубеньков и количество выработанного бактериями азота бурно растет. А ослабевать процесс начинает так же быстро с момента между пятой и шестой фазами регенеративного развития.

V2 - Второй тройчатый лист (третий узел). Растения сои в фазе V2 имеют два полностью развитых тройчатых листа. Клубеньки, образованные в фазе роста VE, начинают активно фиксировать азот для растения. Боковые корни быстро растут в верхних 15 см. почвы в междурядьях.

V3 - Третий тройчатый лист (четвертый узел) Три тройчатых листа над одиночными листьями сейчас полностью развились.

R5 - Начало образования семян. На этой стадии семя в стручке на одном из верхних четырех узлов с полностью развитыми листьями достигло размера 3 мм.

Растения в фазе R5 обычно соответствует вегетативным фазам от V15 до V23 и высоту примерно 75-108 см. Эта стадия характеризуется быстрым ростом семян, накоплением питательных веществ и началом перераспределения сухих веществ от вегетативной к растущим семенам. Примерно в фазе R5.5 растение достигло своей максимальной высоты, количества листьев и листовой поверхности. Фиксация азота в клубеньках на этой стадии достигает пика, и начнет после этого стремительно уменьшаться. Так же стремительно семена начинают аккумулировать сухие и питательные вещества. Сразу же после точки R5.5 начинается перераспределение из вегетативных тканей к растущим семенам. Быстрое накопление сухих веществ семенами продолжается примерно до R6.5, когда общий сухой вес семян достигает 80%. Потребность в воде и питательных веществах в это время очень высокая. Если в период R5-R5.5 полностью потеряет листья, это может привести к потере урожая до 75%. Потеря урожая между R5.5 и R6 обычно происходит по причине абортации стручков и уменьшении количества семян в стручке.

Для практиков особое место в технологии сои занимает дилемма: инокулянт или азотное удобрение?

Для наших агрономов часто вообще не воспринимается то, что внесение азотных (N) удобрений в США для сои не рекомендуется, поскольку считается, что этот азот не увеличивает урожайность.

Одно из объяснений такого видения заключается в том, что при внесении азотных удобрений суммарное количество клубеньков будет уменьшаться пропорционально количеству внесенного "химического" азота. Кроме того, азотные химические удобрения, когда они вносятся дополнительно в почву с вегетирующей соей, где уже есть активные «живые» клубеньки на корнях, непосредственно повлияют на жизнеспособность этих колоний бактерий, сделав их неактивными или неэффективными. Это отрицательное воздействие будет пропорционально количеству внесенного азота.

Растение может использовать обе формы азота - выработанный бактериями и почвенный. Но почвенный азот, если он вносится в доминирующих количествах, нейтрализует бактериальный азот и растение вынуждено использовать азот из почвы. Несмотря на то, что внесенный азот оказывает небольшое влияние на рост урожайности, само растение выносит его из почвы в больших количествах. Даже там, где содержание остаточного азота в почве высокое, все равно до 50% общего азота растения относится к фиксации N2 (свободного азота содержащегося в воздухе в количестве 78,09%) бактериями *Bradyrhizobia japonicum*. Увеличение азота внесением химических удобрений, навоза, ила, или сидератов попросту замещает тот источник азота, которым могут являться колонии бактерий в клубеньках.

В растении сои азот очень подвижен, и когда растение восприимчиво к азотным удобрениям, тогда продуктивность и рост клубеньков сокращается всего в течение одного дня. Негативное влияние азотных удобрений нарастает пропорционально росту азотных химических удобрений. При минимальном количестве азотных удобрений бактерия *V. japonicum* будет "правильно" и адекватно реагировать на потребность вегетативной части растения либо увеличением, либо уменьшением фиксации воздушного азота. Принципиально важно просто обеспечить семена и почву этой бактерией. Способность бактерии компенсировать азотный баланс между растением и почвой является важным моментом для понимания того, почему внесение азотных удобрений является губительным для образования клубеньков и азотофиксации. Почвенные условия для жизнедеятельности бактерий и азотофиксации также важны, как они важны и для всего процесса жизнедеятельности растения. Засуха понижает количество влаги в почве, а именно влага 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 40-50 кг на гектар, может полностью остановить процесс формирования узелков и процесс связывания азота.

Признаком хорошего качества инокулирования и гарантии эффективности является количество здоровых клубеньков. Округлые крупные и шероховатые клубеньки, размещенные преимущественно на основном корне, работают наиболее эффективно, поскольку свидетельствуют о большом количестве живых бактерий, а значит и производимого азота. Мелкие и гладкие клубеньки на корневых отростках не являются достаточно эффективными.

Достаточность массы клубеньков можно оценить их весом. Два-три грамма на растение уже будут признаком хорошей инокуляции, но совсем не редкостью является и 4-5 граммов клубеньков.

Почвенные и полевые характеристики, имеющие принципиальное значение для успешной инокуляции, включают в себя pH почвы, температуру, увлажненность почвы, ее состав (текстура), остаточный уровень азота. В прикладном виде рекомендации можно изложить так:

- если соя не выращивалась на поле три года и более, и если в предшествующий год на корнях вашей сои не было клубеньков. То в этом случае инокуляция полной рекомендованной производителем нормой обязательна.

- если pH почвы меньше, чем 5.5 или больше, чем 8.5. Обязательность постоянной инокуляции здесь объясняется тем, что экстремальные значения pH разрушают процесс взаимодействия в момент инфицирования корневых волосков бактериями. Например, если почва очень кислая (pH=4.4), то эффективность азотфиксации в ней снизится на 30-40%. Наличие же бактерий непосредственно на семени нейтрализует этот фактор;

- если имела место эрозия почвы после последнего успешного выращивания сои, также необходимо обеспечить полноценное инокулирование;

- там, где содержание гумуса в почве менее процента, ежегодное и полноценное инокулирование обязательно;

- там, где в предыдущий год была сильная засуха или же сильное переувлажнение почвы, - та же рекомендация.

Экстремальная температура в корневой зоне может негативно влиять на взаимодействие бактерий с корнями и на процесс инфицирования. Идеальной для фиксации азота и роста растения является температура от +25 до 30°C. В этом диапазоне бактерия наиболее активно фиксирует азот и формирует клубеньки в течение 5-7 дней.

Низкая температура значительно замедляет азотфиксацию. К примеру, если температура будет на уровне 15°C, то фиксация азота задержится на 25-30 дней, пока температура не поднимется до 25°C.

Песчаные и супесчаные почвы пагубны для поддержания популяции *V. jaroipicum* в течение длительного времени. Почвы с содержанием песка 95%, даже несколько хуже для выживаемости размноженных бактерий, чем суглинок. Причина низкой выживаемости состоит в слабой способности почвы удерживать влагу. Порогом влажности почвы для бактерий грубо можно считать 50%.

Повышенная влажность, с другой стороны, также губительна для размножения и выживаемости бактерий, и здесь причиной является недостаток кислорода. Если, к примеру, поле находилось в условиях сильной переувлажненности в течении одной недели, то фиксация азота бактериями уменьшится на 50-55%. Поры на поверхности клубеньков обладают некоторой способностью изменять свою структуру и защищать клубеньки от воды. Но способность эта ограничена, и в этот период растение переключится на большее потребление азота из удобрений. Такое перераспределение зависит от энергетического потенциала растения, несмотря на то, что азот, полученный через бактерии, значительно доступнее.

Среди причин слабой эффективности работы *V. Jaroipicum* и клубеньков, основными являются следующие:

- инокулянт низкого качества;
- неправильное хранение ;
- неправильно применение.

Открывать упаковку необходимо непосредственно перед использованием; жидкий инокулянт перед использованием необходимо взболтать. Очень важно добиваться максимального покрытия инокулянтном всех семян.

Строгое соблюдение простых правил позволит избежать ошибок и получить желаемый результат.