

Исследования азота для получения круглогодичных урожаев

Ученые изучают роль деревьев в восстановлении и поддержании плодородия почвы

Глинн Д. Бовен и Сет К.А. Дансо

Во многих тропических странах производство продуктов питания отставало от роста населения. Например, в африканских странах, расположенных к югу от Сахары, темпы роста населения в 35 из 41 страны превысили рост продуктов питания. Большинство тропических почв составляют неплодородные или неустойчивые почвы, и поэтому они требуют надлежащего ухода для повышения производства продуктов питания. Основная концепция земледелия в этих районах сводится к чередованию культивации и парования, в соответствии с которым земля засеивается обычно в течение 3–5 лет, а затем оставляется без обработки на 4–10 лет для восстановления ее плодородия. Многолетние деревья играют в данном процессе исключительно важную роль, а те из них, которые способны связывать атмосферный азот, имеют особое значение, поскольку они быстро растут на почвах бедных азотом, являющимся ценным питательным веществом и ускоряющим рост растений, и сокращают сроки восстановления почв.

Интенсивная обработка почв, обусловленная быстрым ростом населения и потребностей в продуктах питания, привела к сокращению сроков севооборота. Это в свою очередь обусловило резкое сокращение плодородия почвы и увеличение ее эрозии во влажных и полусухих районах, приведшие большинство обрабатываемых земель к критическому уровню. Именно поэтому сбор урожая большинством мелких фермеров сокращается и нередко на 70–80 % через год или два после расчистки участков под пашню. Расширение пастбищ и лесозаготовки в более засушливых районах являются главными факторами снижения плодородия, эрозии почв и их опустынивания (6 млн. га в год). Ситуация может еще больше осложниться, если не принять необходимых мер. Восстановление плодородия почв с помощью удобрений, как это принято в большинстве развитых стран, является зачастую слишком дорогостоящим для большинства фермеров в тропических районах. Кроме этого, 65 % тропических почв являются рыхлыми, и их интенсивная обработка приводит к быстрому обеднению.

Г-н Бовен – руководитель Секции плодородия почв, ирригации и возделывания сельскохозяйственных культур Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ по использованию атомной энергии (изотопы и излучения) в целях развития пищевой промышленности и сельского хозяйства, а г-н Дансо – специалист по техническим вопросам в данной секции.

В развивающихся странах дрова обеспечивают 45 % первичной энергии; этот процент в сельскохозяйственных районах может быть в два раза выше. Вырубка лесов породила другую проблему – острую нехватку дров. Значение дров здесь настолько велико, что в некоторых странах на их сбор уходит до 40 % дневного времени женщин и детей. Подсчитано, например, что в некоторых африканских городах на приобретение древесного угля тратится около половины семейного бюджета, что 55 млн. человек живут сейчас в условиях дровяного кризиса и что к 2000 г. это число возрастет до 550 млн. (из прогнозируемого количества населения в 760 млн. человек). По расчетам МБРР к 2000 г. три миллиарда людей будут жить в районах, испытывающих острую нехватку дров, которые придется добывать в других местах.

Женщины, заготавливающие дрова в одной из африканских стран





Обезлесение общинных земель в засушливых районах Африки

Агрлесная система земледелия и ее преимущества

Системы полеводства с использованием лесных посадок способны обеспечить экологическую структуру, объединяющую воедино производство продуктов питания, дров и древесного волокна. Благодаря своей многолетней природе, богатой корневой системе, а зачастую и высокой биомассе деревья обладают специфическими преимуществами перед другими системами: отпадает необходимость в ежегодных посадках, а посаженные однажды деревья круглый год выполняют свою роль по сохранению и рациональному использованию почв. Они переносят питательные вещества, недоступные для большинства продовольственных культур с неглубокой корневой системой, из глубинных слоев почвы к ее поверхности. Кроме того, они обеспечивают почву органическими веществами и используются для стабилизации рыхлых грунтов. Деревья, способные связывать атмосферный азот, имеют особое значение, поскольку они могут расти на почвах с бедным содержанием азота, а иногда и фосфора. Они в состоянии также обеспечивать почву значительным количеством азота.

Пастбища на базе бобовых культур

Опустынивание, угрожающее почти одной пятой всей земной поверхности, наблюдается в первую очередь в пастбищных районах. Многие ученые, занятые улучшением пород скота, пришли постепенно к выводу, что несмотря на важность ухода и поддержания здоровья тропических животных, бедные пастбища являются самым серьезным препятствием, сковывающим работу по выведению лучших пород в районах с критическим плодородием почвы. По мере увеличения потребностей в зерне для питания населения проблема улучшения пастбищного хозяйства и качества кормов становится все более острой. Непогодные кислые почвы имеются в избытке в тропических районах и составляют немногим более половины всех земельных площадей в тропической Америке (при-

мерно 850 млн. га)*. Практика подтвердила, что при соответствующем отборе деревьев и уходе за ними* можно создавать прекрасные пастбища на этих землях, что позволит использовать высокоплодородные земли для производства продовольственных культур. Кормовые растения, способные связывать атмосферный азот, приносят исключительную пользу в районах с критическим плодородием, поскольку они в состоянии использовать запасы атмосферного азота для своего роста. Они также могут расти на бедных азотом почвах. По имеющимся подсчетам только в одной Новой Зеландии превышение нормы содержания азота на засеянных клевером пастбищах составляет 1 млн. тонн ежегодно, что эквивалентно количеству мочевины стоимостью в 1000 млн. долл. США.** Пастбищные бобовые культуры, как показала практика, могут также расти на почвах, бедных фосфором, если они заражены грибом микоризы. Таким образом, смешанные бобово-травяные пастбища могут давать на неплодородных почвах большие количества биомассы с ценными питательными свойствами. Благодаря своему многолетнему характеру и обильному росту они предупреждают эрозию почвы и выщелачивание питательных элементов и одновременно обеспечивают ее значительными запасами органической воды и азота, повышающими ее плодородие.

*См. „Исследования пастбищ на кислых неплодородных почвах в тропических районах Латинской Америки: Текущее состояние и будущие потребности”, П.А. Санчес; статья опубликована в издании „Создание пастбищ на кислых почвах в тропических районах” под редакцией П.А. Санчеса и Л.Е. Тергаса, труды семинара, СИАТ, Колумбия, штат Калифорния, 17–21 апреля 1978 г.

** См. „Влияние беспозвоночных на связывание атмосферного азота-2”, доклад К.У. Стила, Р.Н. Уотсона и П.М. Боуниша на первом Совещании по координации исследований, Программа координированных исследований ФАО/МАГАТЭ по использованию ядерных методов в пастбищном хозяйстве, Вена, 14–18 ноября 1983 г.



Casuarina stricta — растение, в основном произрастающее на бедных азотом и фосфором почвах Австралии с годичным количеством осадков 200 миллиметров

Деятельность МАГАТЭ в области фиксации азота

Осознавая важность проблемы, МАГАТЭ принимает активное участие в изучении бобовых пастбищных растений-азотофиксаторов и готово к подобным исследованиям в области деревьев. Эти программы находятся в ведении Секции плодородия почв, ирригации и возделывания сельскохозяйственных культур Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ; они реализуются в сотрудничестве с Сельскохозяйственной лабораторией МАГАТЭ в Зейберсдорфе, Австрия. Научно-исследовательские работы ведутся в Зейберсдорфе и в 21 лаборатории в развивающихся и промышленно развитых странах — членах МАГАТЭ. Ближайшими целями пастбищной программы являются: разработка соответствующих методологий измерения фиксированного азота в многолетних растениях, определение практических способов увеличения фиксации азота, а также разработка надежных и высокопроизводительных систем бобово-травяных пастбищ.

Фиксация азота на бобовых пастбищах

	Год	Фиксация азота, %	
		Диапазон	В среднем
Австрия	1983—84	71—98	88
Греция	1984	52—93	81
Исландия	1985	94—97	96
Колумбия	1985	48—89	68
Новая Зеландия	1984—85	71—90	84
Судан	1984	77—90	84
США	1983	72—86	80
	В среднем	48—98	83

В таблице показаны диапазоны и средние значения фиксации азота на бобовых пастбищах в разных странах-участницах исследовательских программ ФАО/МАГАТЭ по использованию ядерных методов для улучшения рационального использования пастбищных угодий.

Ядерные методы с использованием изотопа азот-15, разработанные в Зейберсдорфе, успешно использовались для измерения фиксации азота на пастбищах с многолетними растениями.* Полученные до сих пор результаты показывают, что некоторые виды растений могут удовлетворить свыше 80% своих потребностей в азоте посредством фиксации атмосферного азота, что делает их особо полезными для бедных азотом почв (см. прилагаемую таблицу). Основные усилия поэтому должны быть, очевидно, направлены на методы ведения хозяйства и селекцию, что позволит увеличить вы-

* Для справок по работе лаборатории в Зейберсдорфе см. „Повышение биологической фиксации азота“, С.К.А. Дансо и Д.С. Эскью, *Бюллетень МАГАТЭ*, т. 26, № 2, стр. 33 (1984 г.)

Casuarina equisetifolia — азотофиксирующее дерево, используемое в Сенегале для стабилизации прибрежных песков



ход биомассы, а в итоге и количество фиксированного азота. Хозяйственные аспекты, стоящие в центре внимания, включают влияние неорганического азота, уровней содержания фосфора в почве, грибов микоризы, искусственное заражение корней и совместимость различных видов растений на пастбищах со смешанной структурой. К вопросам селекции предполагается приступить позже.

Что касается лесонасаждений, то Агентство организовало совещание консультативной группы (24–28 ноября 1986 г.), в котором приняли участие МАГАТЭ, ФАО, Шведское управление международного развития (SIDA) и 11 ученых, приглашенных из 7 стран. Группа определила наиболее важные вопросы, требующие решения в целях оптимизации благотворного влияния лесонасаждений на восстановление и поддержание плодородия почвы, а также изучения роли изотопов, ядерных и других методов, которую они могут сыграть в ведении лесного хозяйства в земледельческих и пастбищных системах. На совещании обсуждались многие вопросы, касающиеся питания деревьев

азотом, в том числе: какие деревья фиксируют азот; что известно об их специфических бактериальных потребностях; как измеряется фиксация азота (очень важный фактор в критических исследованиях по данному вопросу); какие факторы окружающей среды влияют на фиксацию азота и его перенос в почву.

Совещание настоятельно рекомендовало внедрение деревьев, в первую очередь азотфиксирующих, в устойчивые агролесные системы, а также в полужасушливые и лесопастбищные системы. Потенциальные возможности таких деревьев уже проявились во влажных тропиках с полосонасаждениями (где ряды деревьев чередуются несколькими рядами продовольственных культур). Было признано, что изотопные и ядерные методы, многие из которых были разработаны в МАГАТЭ, должны сыграть уникальную и важную роль в пропаганде прогрессивных путей ухода за деревьями в агролесных системах и в повышении фиксации азота и роста деревьев в целях восстановления плодородия почвы и сохранения почвенных ресурсов.

Ядерные исследования для повышения урожайности риса

В течение многих веков фермерам-рисоводам Азии было известно, что водный папоротник *Azolla* является природным органическим удобрением для их заливных полей. В настоящее время ученые стремятся найти пути более широкого использования *Azolla* для выращивания большего числа сортов риса в различных природных и сельскохозяйственных условиях и в рамках работы по повышению его урожайности. Рис — основной продукт питания для 2/3 населения земного шара.

В рамках программы координированных исследований МАГАТЭ Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) и Шведское международное управление развития (СИДА) уже в течение трех лет оказывают поддержку исследованиям в этой области. Большое внимание уделяется системам биологической фиксации азота, а именно симбиозу папоротника *Azolla* с сине-зелеными водорослями (цианобактериями). Хотя атмосфера является неиссякаемым источником азота, молекулы диазота с тройной связью недоступны для растений и животных. Однако некоторые виды бактерий и цианобактерий вырабатывают энзимную нитрогеназу, восстанавливающую молекулу диазота до аммиака, который может использоваться для синтеза белка. В листьях папоротника *Azolla* обнаружена азотфиксирующая цианобактерия *Anabaena azolla*. При выращивании этого папоротника на рисовых чеках он аккумулирует в течение месяца 30–60 кг азота на одном гектаре, а после его эффективного внесения в почву урожай с одного гектара возрастает на 1,5 т. Учитывая тот факт, что на один гектар рисовых полей, как правило, вносится 60–100 кг химических азотных удобрений, а папоротник *Azolla* дает рису почти такое же количество азота как и мочевина, можно сделать вывод, что *Azolla* обладает огромными потенциальными возможностями.

Важная роль здесь принадлежит исследованиям, т.к. для генетически улучшенных в ходе „Зеленой революции“ сортов риса требуется больше азота. До настоящего времени дополнительное количество азота получали за счет использования химических азотных удобрений. Однако этот путь оказался дорогостоящим и недоступным для бедных фермеров.

Цель программы ФАО/МАГАТЭ/СИДА заключается в определении объема азота, полученного в результате фиксации, оценке усвояемости азота рисом и разработке методов использования папоротника *Azolla* для повышения урожайности риса. С помощью азота-15 в качестве изотопного индикатора были получены данные, подтверждающие, что свыше 80 % азота, аккумулированного папоротником, получено благодаря фиксации азота, а сам папоротник не оказывает значительной конкуренции рису в потреблении этого питательного вещества.

Кроме того, учитывая потенциальные возможности папоротника *Azolla*, ученые изучают пути его генетического усовершенствования для расширения возможностей применения этого папоротника. Увеличение числа рисоводческих районов, в которых разводится этот папоротник, частично ограничивалось его чувствительностью к различным воздействиям окружающей среды, включая гербициды, используемые для борьбы с сорняками на рисовых чеках. Стремясь индуцировать нужные мутации и улучшить генетическую вариабильность папоротника *Azolla*, ученые Лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе провели первые эксперименты по применению ионизирующих излучений. Кроме того, в настоящее время они разрабатывают методы усиления определенных свойств, важных с экономической точки зрения, в рамках мер, предпринимаемых для повышения полезности папоротника *Azolla* в качестве биоудобрения для рисовых культур.