

1. Правильно установленные ограничивающие факторы и их сочетание позволяют своевременно делать корректировку алгоритмов видового районирования и ускорять интродукцию и адаптацию люпина в агроландшафты.
2. Созданные модели сочетания среднесезонной суммы осадков и суммы эффективных температур для успешного выращивания среднеспелых сортов узколистного и белого люпина позволяют любому фермеру России безошибочно выбрать вид люпина для введения в свои севообороты.
3. Предложенный алгоритм адаптации видов люпина может применяться в агроландшафты с умеренным климатом за пределами России.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / Такунов И.П. – Брянск: «Придесенье». 1996. С 260.
- [2] Якушева, А.С. Оценка люпина на устойчивость к антракнозу / Якушева А.С., Соловьянова Н.Н. //Методические рекомендации. -Брянск, 2001, 18с.

Глава IV/16: ПРОБЛЕМЫ И УСПЕХИ БИОЛОГИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ В БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Chapter IV/16: Problems and Successes in the Biologization of Agricultural Landscapes in the Fight against Soil Degradation in the Far East of Russia

Владимир И. Голов*; Максим Л. Бурдуковский

DOI 10.25680/3988.2018.35.58.281

*Эл. Почта: golov@ibss.dvo.ru

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук, проспект 100-летия Владивостока 159, 690022 Владивосток, Россия

РЕЗЮМЕ. Традиционные методы ведения земледелия и окультуривания агроландшафтов, ориентированные на применение высоких доз минеральных удобрений и химических средств защиты растений, опирающиеся на возвратный закон Либиха, теряют свою популярность в мировом аграрном секторе. Из альтернативных систем земледелия наиболее перспективным выглядит биологизация земледелия с применением активных штаммов азотфиксирующих, редуцирующих, фосфороразлагающих и других почвенных микроорганизмов, которые участвуют в круговороте биогенных элементов и способствуют оптимизации питания растений. В статье приведены краткие результаты успешного использования активных штаммов клубеньковых бактерий на Дальнем Востоке для сои, выделенных из аборигенной микрофлоры. Впервые получены данные, свидетельствующие об увеличении урожайности, содержания гумуса и количества элементов питания в почвах при внедрении биологических (без минеральных удобрений) севооборотов с посевами многолетних трав.

Abstract. Traditional methods of farming are losing their popularity in the global agricultural sector. These methods are based on the Liebig's law of return and oriented to the use of high doses of mineral fertilizers and plant protection chemicals. Biologization of agriculture is the most promising of alternative farming systems. It is based on the use of active nitrogen fixing strains, reducing-, phosphor-degrading and other soil microorganisms that participate in the cycle of biogenic elements and contribute to the optimization of plant nutrition. The article deals with the brief results of successful use of active strains of nodule bacteria for soybean isolated from native microflora in the Far East. Data obtained for the first time indicate an increase in the yield, in humus content and the number soil nutrients in the implementation of biological crop rotations with crops of perennial grasses (without mineral fertilizers).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: круговорот биогенных элементов, азотфиксация, почвенная микрофлора, экологические функции бактерий и грибов.

Keywords: cycling of nutrients, nitrogen fixation, soil microflora, ecological functions of bacteria and fungi

ВВЕДЕНИЕ

Экологические проблемы, связанные с сельскохозяйственной деятельностью человека, сопровождали его всегда со времен появления земледелия, как одной из наиболее важных отраслей, поддерживающих его существование на Земле. Ранее, при истощении почв разрабатываемый участок оставляли на несколько лет под естественное восстановление. С появлением минеральных удобрений удалось увеличить сроки использования пахотных земель, при этом урожаи выросли в несколько раз и, соответственно, возросло количество проблем, на многие из которых, не найдены решения до настоящего времени.

К проблемам, возникшим из-за одностороннего внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений (N:P:K), которое продолжается уже около 150 лет, а также из-за отсутствия внимания к другим элементам питания (S, Mg, Mo, B, Cu, Zn Fe, Mn и др.) следует отнести накопление нитратов в получаемой продукции, а также накопление азота и фосфора в поверхностных и грунтовых водах, что приводит к эвтрофикации водоемов. Помимо этого, при длительном и особенно интенсивном применении минеральных удобрений усиливаются процессы дегумификации и агрохимической деградации почв, растет уровень их кислотности. Ухудшаются физические свойства: увеличивается плотность пахотного горизонта, теряется структура, снижается ее водоудерживающая способность и др. [1].

ПЕРСПЕКТИВЫ АЗОТФИКСАЦИИ, ЕЕ РОЛЬ В ЭКОЛОГИИ БИОСФЕРЫ

Известно, что азот является наиболее востребованным не только растениями, но и всеми другими живыми организмами, обитающими на суше и в воде. Из всех сухопутных живых организмов, которые в буквальном смысле купаются в атмосферном азоте (78,08% в воздухе которым мы дышим), лишь бактерии – азотфиксаторы (дiazотрофы) способны обеспечивать не только себя, но и все живое на земле, переводя недоступный для других инертный азот (N_2) в биологически доступный. Фиксация и усвоение азота этими микроорганизмами, по масштабам и значимости для живой природы, сопоставима с не менее масштабным и глобальным процессом – фотосинтезом [2].

До недавнего времени считалось, что фиксировать атмосферный азот может только небольшая группа микроорганизмов (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhizobium*). В последние годы согласно исследованиям, проведенным как у нас в стране, так и за рубежом, обнаружилось, что такой способностью обладают представители практически всех физиологических и таксономических групп прокариот: хемолитотрофов, фототрофов и гетеротрофов, аэробов, и анаэробов, грамположительных и грамотрицательных [3]. И это свойство (способность фиксировать атмосферный азот) было включено в перечень принципиальных диагностических признаков, наравне с отсутствием клеточного ядра, отличающих прокариот от царства эукариот. С этого момента эукариоты (грибы, водоросли, высшие растения и животные) были окончательно исключены из числа азотфиксаторов [4]. Не имея способности к азотфиксации, эукариоты в процессе эволюции выработали способность к формированию сообщества с бактериями – diaзотрофами. Такие системы весьма разнообразны по составу как микроорганизмов-diazотрофов так и растений. Однако они обладают одним общим и весьма ценным для выживания всех членов сообщества свойством – тесным сопряженным взаимодействием биогеохимических циклов азота и углерода. Такое сопряжение достигается, выработанной в процессе эволюции интеграцией и синхронизацией азотного и углеродного метаболизма бактерий с одной стороны и растений или животных с другой, чего практически невозможно достичь искусственным внесением минеральных удобрений или минеральных подкормок.

Максимальная продуктивность азотфиксации отмечена у бобовых растений в симбиозе с клубеньковыми бактериями, которые производят 25-35% мирового объема пищевого и кормового белка. На площади, которую они занимают (250 млн. га пашни) масса фиксированного ими азота составляет 90 млн.т в год, а для того, чтобы произвести такое же количество минеральных азотных удобрений необходимо затратить 288 млн.т топлива стоимостью около 30 млрд. долларов [5].

Наиболее значительное нарушение биохимических циклов из основных биогенных элементов (C, O, N, P, S и Mo) на Дальнем Востоке отмечается для молибдена и серы. Согласно многолетним исследованиям по содержанию молибдена в почвах и других объектах агроландшафтов, территория, занятая в основном сельхозугодьями, отнесена к бедной этим элементом провинции, о

чем более подробно изложено ниже. Что касается серы, то ее общий планетарный поток в результате хозяйственной деятельности человека оценивается в 150 млн.т. Он формируется в основном от сжигания горючих ископаемых, особенно угля, в котором содержится от 1,5 до 10% серы и нефтепродуктов, содержащих до 3% этого элемента. Накопление антропогенного азота и серы в атмосфере и биосфере приводит не только к широко распространенной acidификации, но и оказывает существенное влияние на радиационный баланс Земли, усиливая парниковый эффект и способствуя разрушению озонового слоя. Уже в 1980 году за предшествующие сто лет антропогенная эмиссия SO₂ увеличилась с 2 млн.т в год до 70 млн.т (в расчете на элементарную серу). В настоящее время антропогенный поток серы вдвое превышает естественный, а сток серы по речным системам уже более чем вдвое превысил его первоначальную доиндустриальную (с 1860 года) величину, чему способствовала в основном эрозия почв, химизация земледелия и сжигание топлива [1, 6]. Поскольку кислотные осадки переносятся на большие расстояния, приобретая трансграничный характер, возникает необходимость в международном сотрудничестве в данной области. Такая потребность возникла на Дальнем Востоке России, который граничит с провинцией Хэйлунцзян КНР, на территории которой основным источником производимой энергии является бурый уголь, содержащий большое количество серы.

Существенную лепту в решение обозначенных экологических проблем может внести более широкое применение биологических и биодинамических технологий земледелия, уже имеющихся на вооружении в аграрном секторе многих стран мира и находящихся в стадии разработки. Эти задачи можно решать не только более широким применением биологических удобрений (нитрагин, азотобактерин, ризоторфин и т.д.), активизирующих процессы фиксации азота или разложения труднодоступных источников фосфора в почве. Необходимо создавать условия для комфортной жизнедеятельности полезной почвенной микрофлоры путем внесения нетрадиционных органических удобрений (сапропели, модифицированные торфокомпосты, сухие остатки сточных вод, отходы животноводства и птицеводства, прошедшие предварительную биологическую деструкцию и saniрующую обработку и т.д.). Такие технологии в настоящее время имеются в арсенале работников сельского хозяйства как у нас в стране, так и за рубежом.

Дальневосточными микробиологами в последние годы во главе с академиком РАСХН В.А. Тильбой [7] были изучены природные популяции ризобий сои в районах произрастания дикорастущего и культурного вида на юге Дальнего Востока. Были выделены высокоактивные штаммы клубеньковых бактерий из дикорастущей сои, превосходящие культурные аналоги по вирулентности, активности и энергии роста в несколько раз. Это позволило увеличить в отдельных случаях долю симбиотического азота в урожае сои до 90% и получить прибавки урожая зерна сои от 2 ц/га (в Амурской области) до 18 ц/га. Особенно высока была эффективность выделенных штаммов ризобий (ББ-49 и др.) в регионах, где их природная популяция отсутствовала. В созданной этими учеными уникальной коллекции клубеньковых бактерий сои, насчитывающей более 1000 единиц хранения, есть штаммы, обладающие весьма ценными свойствами. Например, устойчивые к гербицидам, высокой кислотности почв, повышенной концентрации молибдена.

Обнадеживающие результаты получены во Всероссийском научно-исследовательском институте сои после прохождения третьей ротации травопольного севооборота (8 полей, в т.ч. 2 поля травяно-кострец+люцерна). В этом севообороте применение минеральных удобрений было сведено до минимума. Вместо навоза применяли сапропель и солому, а также гуминовые препараты. Соя была инокулирована активными штаммами клубеньковых бактерий, выделенных из аборигенных диких форм сои. По сравнению с традиционными минеральными севооборотами увеличился урожай сои и пшеницы, повысилось содержание гумуса на 0,11%, снизилась кислотность, улучшились физические и химические свойства почв [7].

РОЛЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ И ДРУГОЙ ПОЛЕЗНОЙ МИКРОФЛОРЫ

Помимо генетических особенностей успешной фиксации азота для микроорганизмов, как и для растений, требуются оптимальные условия для их роста и развития, из которых наиболее важными являются вода и питание. В опытах В.С.Бжеумыхова [8] наиболее мощным фактором усиления симбиотической азотфиксации на фоне инокуляции семян люцерны активными штаммами ризобиума, явилось орошение и оптимальное питание. Без орошения инокуляция увеличила симбиотическую N-фиксацию в среднем на 52 кг/га, при орошении без внесения P, B, Mo на 77 кг/га, а при поливах и при внесении P, B, Mo на 93 кг/га. Это свидетельствует о том, что орошение

посевов должно сочетаться с улучшением минерального питания, особенно теми элементами, которые принимают непосредственное участие в процессе фиксации азота и которыми усиленно питается микрофлора (Mo, B, Cu и др.).

Как подсказывает нам практика применения минеральных удобрений, специализация отдельных хозяйств или регионов на выращивании монокультур, отличающихся специфической потребностью и соответственно выносом некоторых элементов питания, которые не вносятся в качестве удобрений, довольно часто приводят к дефициту данных элементов (схема 1).

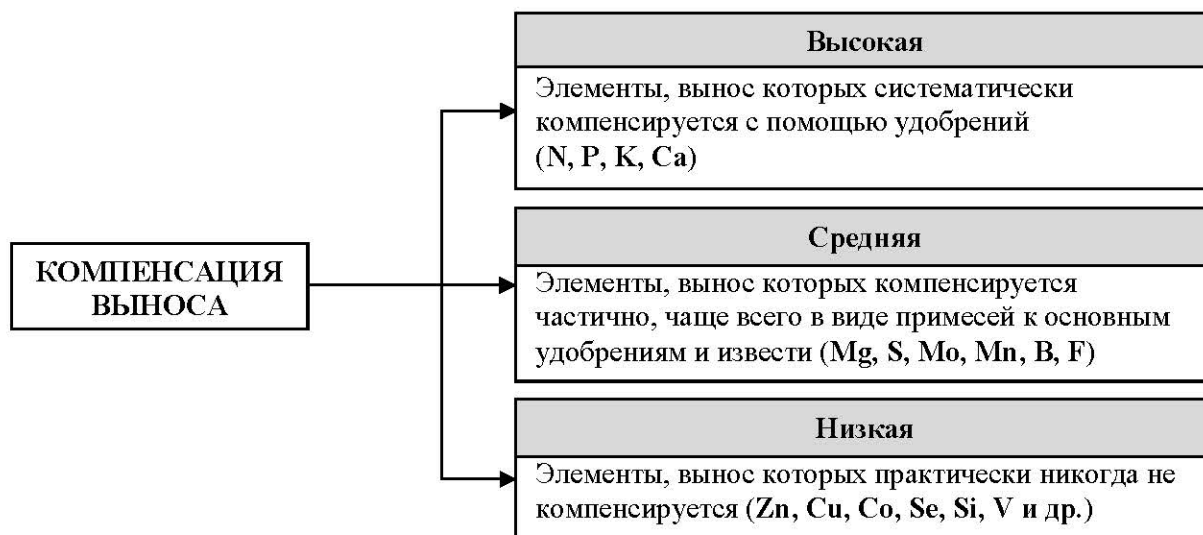


Рисунок 1 - Схема реальной компенсации выноса элементов питания в агроценозах

Это в первую очередь относится к элементам, входящим в состав металлоферментов, фитонцидов, антибиотиков, витаминов и других экссудатов корней и микроорганизмов, участвующих в метаболизме и круговороте биофильных элементов. При этом следует помнить, что 60-90% биомассы Земли состоит из микроорганизмов, населяющих, главным образом почву [2]. В практике земледелия довольно часты случаи возникновения дефицита тех элементов, которые находятся в минимуме. Так, например, в наших полевых опытах, при изучении эффективности минеральных удобрений под сою (N, P, K) был получен отрицательный результат, т.е. удобрения не подействовали, но когда мы впервые добавили молибден – урожай зерна сои увеличился вдвое (с 10 до 21 ц/га). Все объяснилось просто. Амурская область специализируется на выращивании сои более 80 лет. В производственных условиях долгие годы использовался двухпольный севооборот (соя-зерновые-соя и т.д.). За это время молибден стал дефицитным. Аналогичные случаи, причем не только с Mo были зарегистрированы как у нас в стране, так и за рубежом [1, 9]. Учитывая сказанное считаем, на Дальнем Востоке подробнее изучить биогеохимические циклы таких элементов как Mo, S, B, Cu и возможно других, роль которых еще слабо изучена в процессах азотфиксации и других взаимодействий растений с микрофлорой. Это диктуется не только тем, что на Дальнем Востоке России сосредоточены основные посевы сои (до 90% от всех посевов в нашей стране), но и слабой изученностью почвенной и другой микрофлоры, участвующей в круговороте биофильных элементов.

В качестве переходной технологии от традиционной к биологической можно рекомендовать более широкое использование органических удобрений, прошедших соответствующую санацию. А также органоминеральные удобрения, обогащенные умеренными дозами минеральных удобрений. Такой положительный опыт накоплен в последние годы на Дальнем Востоке при внесении торфогуминовых удобрений, которые отличаются от широко известных торфяных компостов более пролонгированным и экономным расходом минеральных элементов, внесенных в малых дозах. Эффективность и экологичность этих удобрений увеличивается благодаря введению в их состав гуминовых веществ с торфом, обладающих адсорбционными свойствами [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для поддержания экологического состояния почвы необходимо замещать основную массу минеральных удобрений и пестицидов на органические удобрения.
2. Обработка посевов активными штаммами клубеньковых бактерий усиливает процесс фиксации азота, и успешно конкурируют с патогенной микрофлорой без потери величины урожая и качества почвы.
3. Шире использовать органоминеральные удобрения на торфяной основе, обогащенные минимальными дозами минеральных удобрений, которые не создают экологических проблем благодаря высокому содержанию в торфах гуминовых кислот, обладающими адсорбционными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Голов, В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2004. - 316 с.
- [2] Добровольская, Т.Г., Звягинцев, Д.Г., Чернов, И. Ю., Головченко, А.В., Зенова, Г.М., Лысак, Л.В., МонуCHAROVA, Н.А., Марфенина, О.Е., Полянская, Л.М., Степанов, А.Л., Умаров, М.М. 2015. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв. Почвоведение. 9, 1087-1096.
- [3] Умаров, М.М. 2001. Современное состояние и перспективы исследования микробной азотфиксации. В сборн.науч.труд.конф.: Перспективы развития почвенной биологии. Москва, 47-56.
- [4] Добровольский, Г.В., Умаров, М.М. 2004. Почва, микробы и азот в биосфере Природа. 6, 15-22.
- [5] Вэнс, К. 2002. Симбиотическая азотфиксация у бобовых: сельскохозяйственные аспекты. В сборнике: Rhizobiaceae. Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями. Санкт-Петербург, 541-563.
- [6] Голубев, Г.Н. Геоэкология. – М.: Аспект Пресс, 2006. - 288 с.
- [7] Тильба, В.А., Бегун, С.А., Якименко, М.В. 2013. Изучение природных популяций клубеньковых бактерий сои Российского Дальнего Востока. В сборн.науч.труд.конф.: Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока. Благовещенск, С. 13-17.
- [8] Бжеумыхов, В.С. 2005. Формирование и активность симбиотического аппарата люцерны в зависимости от орошения, внесения макро- и микроудобрений на обыкновенном черноземе. В сборн.науч.труд.конф.: Агрохимические проблемы биологической интенсификации земледелия. Владимир, 267-271.
- [9] Davies, E. B. 1956. Factor affecting Molybdenum Availability in soils. Soil Science. 3, 209- 222.
- [10] Голов В.И., Тимофеев А.Н., Асеева Т.А. Эффективность новых торфогуминовых удобрений на почвах Дальнего Востока. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН). М. № 3. С 36-38.