

BIOLOGICAL SCIENCES

ON THE RHIZOSPHERE OF FIELD CROPS AND FACTORS INFLUENCING THE DYNAMICS OF ITS MICROBIOTA

Abdullaeva Sh.

Azerbaijan, Baku

Azerbaijan state pedagogical university

О РИЗОСФЕРЕ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР И ФАКТОРАХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДИНАМИКУ ЕЕ МИКРОБИОТЫ

Абдуллаева Ш.

Азербайджан, Баку

Азербайджанский государственный педагогический университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11388964>

Abstract

There is presented a review of literary sources, which disclosed an importance of rhizosphere being a certain biological buffer regulating interrelations between higher plants and soil and inhabiting soil microorganisms. The main factors influencing indicators of activity of rhizosphere microbiota possessing a complex of useful qualities for plants (converting of nutrient into accessible forms, decomposition of organic materials, increase of resistance to abiotic factors, stimulating a growth, antagonism to phytopathogens, etc.) are considered. The violations of interrelations between plants and their associative microorganisms caused by different factors, including the regulating by human ones – such as cultivation technologies, are able to decrease yield potential of agricultural crops including sunflower. The analytical review certifies the prospects to conduct researches allows determining an impact of agrotechnical methods (sowing dates, seed sowing rates, fertilizer, and chemical and biological plant protection) on changes in qualitative and quantitative composition of microbiota in sunflower rhizosphere and to determine their influence on yield and quality of products.

Аннотация

Приведен обзор литературных источников, показывающий значимость ризосферы, являющейся определённым биологическим буфером, регулирующим взаимоотношения высших растений с почвой и населяющими её микроорганизмами. Рассмотрены основные факторы, влияющие на показатели активности ризосферной микробиоты, обладающей комплексом полезных для растений свойств (перевод в доступные формы элементов питания, разложение органических материалов, повышение устойчивости к абиотическим факторам, стимуляция роста, антагонизм к фитопатогенам и т.д.). Нарушения во взаимоотношениях между растениями и их ассоциативными микроорганизмами, вызванные различными факторами, в том числе и регулируемые человеком – технологиями возделывания, могут значительно снизить потенциал урожайности сельскохозяйственных культур, в числе которых находится и подсолнечник. Проведенный аналитический обзор свидетельствует о перспективности проведения исследований, позволяющих установить влияние агротехнических приёмов (срок посева, норма высева семян, удобрение, химическая и биологическая защита растений) на изменение качественного и количественного состава микробиоты в ризосфере подсолнечника, а также определить их влияние на урожай и качество получаемой продукции.

Keywords: soil microflora, rhizosphere, microbiota, associative symbiosis, sunflower, cultivation technology, soil

Ключевые слова: почвенная микрофлора, ризосфера, микробиота, ассоциативный симбиоз, подсолнечник, технология возделывания, почва

Почва – это не физическая или химическая, а прежде всего биологическая и биохимическая система, одним из главных компонентов которой является почвенная микрофлора. Микроорганизмам принадлежит ведущая роль в разложении растительных остатков, синтезе и деструкции гумуса, формировании фитосанитарного состояния почвы, накоплению в ней биологически активных веществ, фиксации атмосферного азота и т.д. Кроме того, почвенные микроорганизмы играют важную роль в формировании плодородия почвы и питания расте-

ний [1; 2]. Высшие растения, являясь основным источником питательных веществ для преобладающего числа микроорганизмов, населяющих почву, оказывают существенное влияние на микробные ценозы. Вокруг корней вегетирующих растений образуется особая зона, в которой создаются более благоприятные условия существования как для растений, так и для микроорганизмов. Численность микробов в прикорневой зоне более значительна, чем в остальной массе почвы. Это связано прежде всего с выделениями из корней (экзоосмосом) органических веществ, синтезированных растениями.

Кроме того, в зоне обильного скопления и развития корней улучшаются физические свойства почвы: почвенные частицы оказываются более структурированными, благодаря чему улучшается процесс дыхания корней и микроорганизмов, поддерживается стабильная температура, лучше сохраняется влага благодаря способности корневых систем растений активно изменять влажность окружающей их среды. Также корни увеличивают кислотность прилегающих к ним микрослоев почвы (в пределах нескольких миллиметров) за счёт выделения углекислоты и H^+ ионов. Он и предложил термин «ризосфера». Ризосфера – это узкий слой почвы, прилегающий к корням растения и попадающий под непосредственное действие корневых выделений и почвенных микроорганизмов, толщиной около 2–5 мм в диаметре. Границы ризосферы зависят от вида растения, типа почвы, влажности и ряда других факторов. Для микробной популяции – это доли миллиметра, для влаги и подвижных элементов питания – до десяти миллиметров, для газообразных соединений – десятки миллиметров. Без глубокого понимания происходящих в почвах ризосферы процессов невозможно создавать системы устойчивого земледелия и решать многие экологические проблемы. В современном понимании ризосфера – это центральный компонент экосистем и биогеохимических циклов химических элементов, место взаимодействия между почвой, корнями, микроорганизмами и почвенной фауной. Взаимоотношение растений с ризосферной микрофлорой носит характер раздельного симбиотрофизма, то есть они обоюдно полезны и растениям, и микроорганизмам. При этом наиболее интенсивно осуществляется конкуренция между представителями биоты за элементы питания. Ризосферная почва существенно отличается от вмещающей (неризосферной) почвы по большинству показателей, характеризующих как состав твердой фазы и раствора, так и функционирование отдельных компонентов почвенной системы: кислотности, влажности, температуры, ферментативной активности, скорости разложения клетчатки, биологической токсичности и т. д. В ризосфере более энергично, чем в свободной почве, протекают многие химические и биохимические процессы за счёт корневых выделений, а также повышенной концентрации продуктов метаболизма микроорганизмов и «пограничных» клеток. Наличие этих разнообразных веществ приводит к существенным изменениям в циклах химических элементов, в том числе и элементов питания, к интенсификации круговорота углерода и процессов выветривания минералов и разложения органического вещества. Корневые выделения (корневые экссудаты) представляют собой низкомолекулярные органические вещества, являющиеся продуктами фотосинтеза и метаболизма растений.

Наиболее важные специфические особенности почв в ризосфере связаны с непрерывным поступлением в почву экссудатов корней, продуктов метаболизма микроорганизмов. Почва ризосферы очень разнообразна. В состав ризосферной микробиоты

входят различные микроорганизмы: бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли, дрожжи, простейшие, фаги и другие живые существа. Преобладающими в ризосфере растений независимо от условий их роста и возраста являются бактерии, второе место занимают микобактерии, в несравненно меньшем количестве присутствуют актиномицеты, грибы, спороносные бактерии и др. Неспороносные бактерии составляют основную, самую обширную и разнообразную группу ризосферной микробиоты, их количество может достигать 99,5 % от численности микробного населения ризосферы. В состав этой группы входят представители различных семейств, родов и видов: азотобактер, клубеньковые бактерии, тиобактерии, фотобактерии, азотомонас, сульфомонас, нитрификаторы, денитрификаторы и пр. В одном грамме почвы содержатся миллиарды аммонификаторов и денитрификаторов, а нитрификаторов и целлюлозолитических бактерий сравнительно мало. На втором месте по количеству стоят микобактерии, число которых достигает сотен тысяч и миллионов. Доли процента составляют в ризосфере спороносные бактерии, особенно мало их в период активной вегетации растений, так как данная группа бактерий развивается преимущественно на мёртвых, разрушающихся корнях. Бактерии образуют с корневой системой растений прочные ассоциации и формируют специфические ризосферные бактериальные сообщества. Такие взаимоотношения характеризуются терминами «ассоциативные бактерии», «ассоциативные взаимоотношения», «ассоциативный симбиоз».

Растения для содержания ризосферного бактериального сообщества теряют 30–50 % продуктов фотосинтеза в виде корневых экссудатов и ризодепозитов, однако это компенсируется тем, что ризобактерии осуществляют: контроль поступления в корень минеральных элементов из почвы; связывание газообразного азота атмосферы и улучшение за счёт него азотного питания растений; синтез фитогормонов; ингибирование роста растений различными метаболитами; потребление и разрушение корневых выделений вегетирующих растений, что положительно влияет на процесс корневого питания; подавление активности неблагоприятной для растений микробиоты; стимулирование эндосимбиоза растений и микроорганизмов; разложение целлюлозы; синтез витаминов, полисахаридов, гетероауксинов, и тем самым оказывают определенное влияние на развитие растительного организма. Функция азотфиксации ранее приписывалась лишь ограниченному кругу свободноживущих бактерий – *Azotobacter*, *Clostridium*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Derxia*. В настоящее время считается, что к фиксации азота из атмосферы способны 80–90 % всех известных бактерий, это представители родов: *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Burkholderia*, *Flavobacterium*, *Campylobacter* [3]. Такой тип азотфиксации получил название ассоциативной, в отличие от симбиотической, характерной для бактерий,

обитающих в клубеньках бобовых растений. Данный процесс протекает практически во всех типах почв в ризосфере растений самых разных мест обитания. Особенностью ассоциативных бактерий является то, что они не образуют на корнях растений каких-либо специализированных структур типа клубеньков. Масштабы ассоциативной азотфиксации в зоне умеренного климата достигают 50–150 кг/га молекулярного азота за вегетационный период, в тропических широтах – от 200 до 600 кг/га в год, что говорит о большом экологическом значении данного способа пополнения фонда доступного растениям азота в большинстве природных экосистем.

Доказано, что в почве при наличии растений уровень азотфиксации значительно выше, чем в их отсутствии. Фосфор в почве присутствует в виде органических (отложения растительного, животного и микробного происхождения) и неорганических (минеральных) соединений, но только около 5 % его доступно растениям, так как большая часть находится в форме фитина (соль инозитфосфорной кислоты), нуклеиновых кислот, фосфолипидов. В улучшении фосфорного питания растений значительную роль играют ризосферные бактерии, которые за счёт синтезируемых ими ферментов – фитазы, нуклеазы, фосфатазы, фосфолипазы, осуществляют минерализацию этих соединений с образованием доступных форм фосфора [3]. Под влиянием микрофлоры в ризосфере отмечается увеличение растворимости соединений железа и марганца и других металлов, так как они находятся в соединениях с органическими веществами, образуемыми микробами, следовательно, лучше усваиваются растениями. Что подтверждено Вайнштейном и соавторами в лабораторном опыте с подсолнечником, где в отсутствии микробов и их метаболитов данные элементы не усваивались растениями. Эти наблюдения показывают, что растения усваивают железо не в виде минеральных соединений, а в форме органоминеральных веществ, образующихся под влиянием микроорганизмов [2]. Актиномицеты составляют менее 1 % от общего числа микроорганизмов ризосферы и встречаются преимущественно к концу вегетации растений. Виды актиномицетов, обитающих в ризосфере и в почве, не отличаются по видовому составу и физиологии.

Наряду с бактериями и актиномицетами грибы – постоянные обитатели прикорневой зоны растений, представляют собой либо типичных экстротрофов, использующих корневые выделения растений, либо патогенных и потенциально патогенных

организмов. Однако их видовой состав в ризосфере значительно более однообразный, чем вне ризосферы в первую очередь за счёт того, что подвижные бактерии в насыщенной влагой среде передвигаются и размножаются намного быстрее. Количество гумуса также влияет на численность грибов. В почвах, бедных органикой, увеличение численности микрофлоры в ризосфере более значительно, чем в сильно гумусированных, так как в первых более заметен рост органического вещества за счёт корневых выделений. Физиологически активные вещества, выделяемые корнями растений, оказывают как прямое стимулирующее действие на грибные ценозы, так и опосредованное за счёт стимуляции роста в ризосфере микробов-антагонистов к определённым видам грибов, тогда как при угнетении роста антагонистов могут усиленно размножаться многие грибы, в том числе фитопатогенные и некоторые симбионты [1]. Фитопатогенные грибы рассматриваются как почвенные, хотя многие из них (преимущественно специализированные) находятся в почве в состоянии покоя и прорастают только тогда, когда стимулируются экссудатами корней. Микробиота ризосферы является определённым биологическим барьером, влияющим на взаимоотношения высших растений и патогенов, играя значительную роль в иммунитете растений. Растения также могут способствовать развитию и накоплению в почве микробов-антагонистов к фитопатогенным бактериям, грибам, актиномицетам и даже вирусам, а также к азотобактеру, клубеньковым бактериям, микоризным грибам. Однако при неблагоприятных условиях для роста растений в их ризосфере развиваются и накапливаются фитопатогенные микроорганизмы.

Список литературы:

1. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М., 2005. – 444 с.
2. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология: учебник для вузов. – М.: Изд-во «Дрофа», 2005. – С. 325–335.
3. Гордеева Т.Х., Масленникова С.Н., Гажеева Т.П. Формирование микробно-растительных сообществ ризосферы в онтогенезе зерновых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 81. – С. 611–620.
4. Raynaud Xavier. Soil properties are key determinants for the development of exudate gradients in a rhizosphere simulation model // Soil Biology & Biochemistry. – 2010. – Vol. 42. – P. 210–219.