Региональная конференция
по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»

Секция биотехнология

Изучение влияния особенностей почвы и вида растения на бактерии рода Azotobacter ризосферы различных видов растений

Курсовая работа

Выполнена ученицей
11 естественнонаучного класса
ГОУ ЯО Средняя школа
«Провинциальный колледж»
Утюговой Златой

Научный руководитель –
кандидат биологических наук,
заместитель директора по учебной работе Средней школы
«Провинциальный колледж»
Фомичёва Анна Николаевна

Ярославль, 2023

Оглавление

Оглавление 2
Введение 3
Глава 2. Материалы и методы исследования 4
Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение 6
3.1. Изучение механического и химического состава почвы 6
1.2. Посев и наблюдение за ростом колоний бактерий азотобактера 8
Выводы 12
Список использованных источников и литературы 13
Приложение 14
Глава 1. Обзор литературы 14
1.1. Азотобактер и его особенности 14
1.1.1. Виды азотобактера 14
Глава 1.1.2. Обмен веществ у азотобактера 14
1.1.3. Влияние факторов окружающей среды на азотобактер 16
1.2. Особенности микроорганизмов ризодермы растений 17
1.3. Влияние вида растения на обилие и разнообразиештаммов азотфиксирующих бактерий 19
1.3.1. Влияние азотобактера на растения 19

Введение

На микрофлору почвы оказывает значительное влияние корневая система растений, произрастающих на данном участке почвы. Согласно литературным данным обилие и видовой состав микроорганизмов значительно увеличивается в прикорневой зоне. На микрофлору ризосферы оказывают влияние корневые выделения растений, мощность и морфологические особенности корневой системы, особенности дыхания корней и другие факторы. Показана уникальность микрофлоры для многих видов растений.[1]

Азотобактер обнаружен в прикорневой зоне различных растений, его накопление зависит от вида растения. В связи с этим актуальным является исследование состава и обилия микроорганизмов ризосферы различных видов растений.[2]Для ризосферы растений семейства Вересковые, произрастающих в Ярославской области, изучение азотфиксирующих бактерий не проводилось.

Цель работы – изучить влияние особенностей почвы и вида растения на бактерии рода Azotobacter ризосферы (на примере Борщевика Сосновского, Черники, Брусники и Багульника).

Задачи работы:

1. Изучить механический состав проб почвы из ризодермы и контроля Борщевика Сосновского, Черники, Брусники и Багульника.

2. Изучить кислотность и содержание нитратов почвы из ризодермы и контроля Борщевика Сосновского, Черники, Брусники и Багульника.

3. Провести скрининг бактерий рода Azotobacter из ризодермы и контроля почвы Борщевика Сосновского, Черники, Брусники и Багульника.

4. Внести полученные данные во «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов».

---

[1] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения М.: Изд-во АН СССР, 1958. 289 с.

[2] Ризосфера отбор сообщества выявляет бактерии, связанные с уменьшением заболеваемости корней //Объем микробиома, номер: 86, 2021. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33836842/ (Дата обращения: 27.11.2022).

Обзор литературы по теме исследования (Глава 1) представлен в приложении.

Глава 2. Материалы и методы исследования

Материалом исследования служили почвы из ризодермы следующих видов растений:

1. Черника.
2. Багульник болотный.
3. Брусника.
4. Борщевик Сосновского.

Для каждого вида растений отбиралась почва (районы отбора проб представлены на рисунке 1, 2), непосредственно прилегающая к корням. В качестве контрольного образца была отобрана почва вне ризодермы на участке, находящемся близко растению (70 см или 1 метр, где нет растений). Глубина 10-15 см. Образцы почв, которые исследовали на продуценты протеаз, представлены в таблице 1.

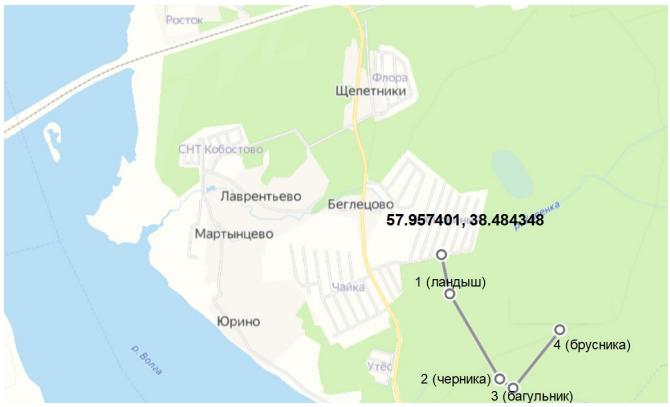


Рис. 1. Карта-схема места отбора проб (Рыбинский район)

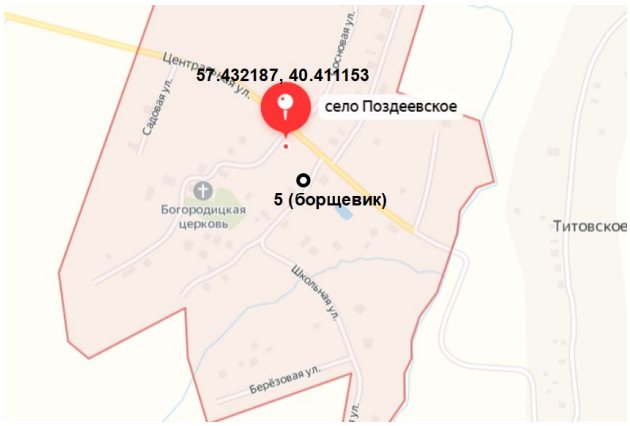


Рис. 2. Карта-схема места отбора проб (село Поздеевское)

Таблица №1

Образцы почв

Номер пробы	Описание
1	ризодерма Черники
1к	контроль Черники
2	ризодерма Багульника
2к	контроль Багульник
3	ризодерма Брусники
3к	контроль Брусники
4	ризодерма Борщевика Сосновского
4к	контроль для Борщевика Сосновского (почва рядом с растением)

Изучение механического и химического состава почвы проводили согласно методическим указаниям ООО «Живые системы» (ИХБФМ СО РАН, Новосибирск).

Определяли механический состав почвы, кислотность (pH метр pH-150МИ) и содержание нитратов.

Методика учета азотфиксации

Для приготовления вспомогательного раствора налили 300-400 мл. воды в мерную колбу объемом 1 литр, высыпали в колбу с водой NaCl, K2SO4, MgSO4*7H2Oи K2HPO4 и перемешали содержимое колбы до полного растворения компонентов. Довели объем раствора до отметки 1 литр и проконтролировали, что все соли полностью растворились. Для исследования роста колоний на одном образце почвы поставили 3 параллельных эксперимента, для каждого была отдельная чаша Петри. На каждую чашку Петри потребовалось 20-25 мл. среды Эшби.

Для подготовки почвы для анализа высушили, убрали крупные остатки растительности, камни, мусор, затем перенесли примерно 3 грамма почвы в пустую чашку Петри и перемешали с каплями воды с помощью пипетки Пастера до пастообразной массы. Увлажненную почву тщательно перемешали.

При посеве из увлажненной почвы отделили примерно 40-50 комочков, после чего разместили их на чашку Петри с застывшей средой и накрыли крышкой и оставили на 3 дня в термостате.

На 3, 7, 20 день после посева наблюдали за эффективностью.

Математическая обработка результатов

Математическая обработка результатов проводилась с помощью программы MS Excel. Для всех значений рассчитывалось среднее значение и ошибка среднего (m). Достоверность разницы между контролем и опытом проводилась с помощью t-критерия Стьюдента для малых выборок.

Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение

3.1. Изучение механического и химического состава почвы

Проанализировав пробы почв на механический состав почвы, получились следующие результаты, представленные в таблице 3.

Таблица №3

Механический состав почв

Номер пробы	Тип почвы
1	Легкосуглинистый
1к	Легкосуглинистый
2	Торфяной
2к	Торфяной
3	Легкосуглинистый
3к	Легкосуглинистый
4	Среднесуглинистый
4к	Среднесуглинистый

При определении механического состава почвы, было выявлено 3 типа почвы: легкосуглинистая, среднесуглинистая и торфяная. В ризодерме и контроле Черники и Брусники было обнаружено преобладание песчаных частиц среди глинистых частиц, что указывает на легкосуглинистый тип почвы. Среднесуглинистый тип почвы свойственен только для ризодермы и контроля Борщевика Соснового, так как среди глинистых частиц заметны песчаные частицы, что характеризует этот тип почвы. Из-за того, что Багульник растет в болотистой местности, для ризодермы и контроля присуща торфяная почва, имеющая легкую, рыхлую структуру, а также меньшую склонность к закисанию.

Результаты исследования на кислотность среды в пробах почвы, представлены в таблице 4.

Таблица №4

Кислотность среды в пробах почвы

номер пробы	pH
1	7,30
1к	7,23
2	7,20
2к	6,92
3	7,41
3к	7,31
4	7,73
4к	7,61

Заметно, что кислотность всех проб находится в пределах от 6,9 до 8. Однако наиболее кислотная среда имеется у ризодермы Борщевика Соснового, а наименьшая кислотная среда у ризодермы Багульника.

Таблица №5

Содержание нитратов в пробах почвы

номер пробы	нитраты мг/л
1	24
1к	15
2	не определялось
2к	15
3	<10
3к	<10
4	25
4к	25
Вода BonAqua	<10

Результаты исследования на содержание нитратов в пробе почв, представлены в таблице 5.

В данной таблице зафиксировано, что наибольшее содержание нитратов присутствует у ризодермы Черники, Борщевика Соснового, а также контроля. Среднее содержание нитратов имеется у контролей Черники и Багульника. У ризодермы Брусники и ее контроля, воды BonAqua содержание нитратов составляет меньше 10 мг/л, но у ризодермы Багульника не определилось.

1.2. Посев и наблюдение за ростом колоний бактерий азотобактера

Получились следующие результаты, представленные на рисунке 5 и таблице 6, 7.

Таблица №6

Количество колоний азотфиксаторов

растение	вариант опыта	проба	общее количество кусочков почвы	количество колоний на 3 день	количество колоний на 7 день	количество колоний на 20 день
черника	1к	1	48	0	0	20
		2	43	0	2	7
		3	50	0	3	16
	1	1	45	0	0	0
		2	45	0	0	0
		3	47	0	0	0
борщевик	4к	1	46	0	2	12
		2	47	0	0	3
		3	46	0	1	12
	4	1	50	0	0	0
		2	53	0	0	0
		3	54	1	2	2
багульник	2к	1	60	0	0	0
		2	55	0	0	0
		3	60	0	0	0
	2	1	48	0	0	0
		2	51	0	0	0
		3	48	0	0	0
брусника	3к	1	45	0	0	0
		2	45	0	0	0
		3	45	0	0	0
	3	1	68	0	0	0
		2	71	0	0	0
		3	56	0	0	0

Таблица №7

Доля колоний азотофиксаторов (%)

растения	среднее 3 день	среднее 7 день	среднее 20 день
1	0,00	0,00	0,00
1к	0,00	3,55±1,82	29,98±7,40
2	0,00	0,00	0,00
2к	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
3к	0,00	0,00	0,00
4	0,62±0,62	1,23±1,23	1,23±1,23
4к	0,00	2,17±1,26	19,52±6,57

В данных таблицах зафиксировали результаты по подсчетам количества колоний в трех пробах за 3 дня, общее количество образцов почвы в чашах Петри, среднее количество и ошибку.

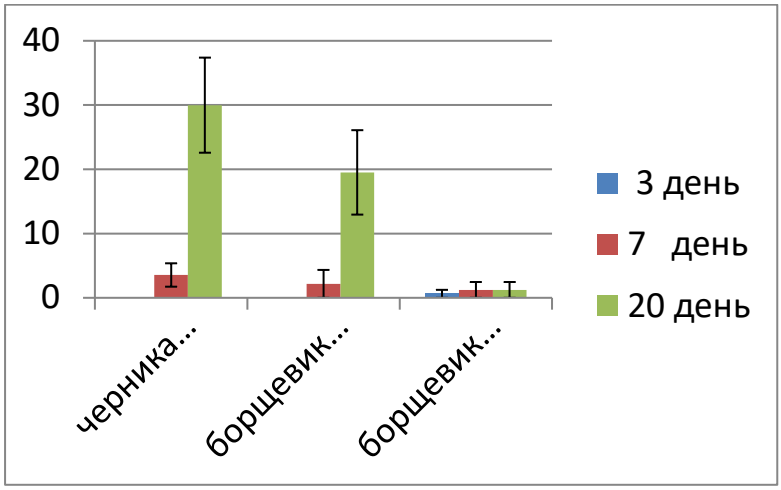


Рис. 5. Доля фрагментов почвы с азотфиксаторами.

На данном графике представлено количество выросших колоний в процентах, чтобы показать наглядную разницу.

В ризодерме и контроле Черники тип почвы и кислотность одинаковая, различаются данные пробы почв только количеством содержания нитратов, поэтому возможно уменьшение доли азотфиксаторов связано с повышенным содержанием нитратов, либо с особенностями ризодермы Черники, в которой могут находиться специфические микроорганизмы, угнетающие развитие азотфиксатора. Обрастание у контрольного варианта (рис. 6, 7, 8) было практически у всех фрагментов почвы.

В ризодерме и контроле для Багульника развитие азотфиксаторов не наблюдалось. Это может быть связано с торфяным типом почвы. В почве было большое количеств сфагнума, который находится на начальной стадии разложения. Азотобактер относится к сапротрофным бактериям. Поэтому уменьшение количества азотфиксаторов связано с малым количеством доступного органического вещества для жизнедеятельности. Таким образом, торфяная почва угнетает развитие азотфиксаторов.

В ризодерме и контроле Брусники азотфиксаторы также отсутствуют. Тип почвы в данном случае легкосуглинистый, кислотность и количество нитратов

практически не отличается от таковой ризодермы и контроля Черники, однако азотфиксаторы отсутствуют. Следовательно, данную почву необходимо изучать дополнительно, для выявления компонентов почвы угнетающих развитие азотфиксаторов. На основании полученных данных нельзя предположить, почему идет угнетение.

В ризодерме и контроле Борщевика выявлено значительное количество азотфиксаторов, причем большая доля азотфиксаторов выявлена в контрольном варианте. Следовательно, ризодерма Борщевика угнетает развитие азотфиксаторов, возможно за счет выделения каких-то веществ растением или специфического бактериального состава почвы вокруг корней. Тип почвы у Борщевика среднесуглинистый, для других растений такой тип почвы не был выявлен. Поэтому можно предположить, что среднесуглинистая почва наиболее благоприятна для развития азотфиксаторов. Количество нитратов в данной почве высокое, что свидетельствует об активности азотфиксаторов.

Таблица №8

Химический состав почвы и количество колоний азотфиксаторов в исследованных почвах

растения	тип почвы	pH	нитраты мг/л	среднее
				20 день
1	Легкосуглинистый	7,30	24	0,00
1к	Легкосуглинистый	7,23	15	29,98±7,40
2	Торфяной	7,20	не определялось	0,00
2к	Торфяной	6,92	15	0,00
3	Легкосуглинистый	7,41	<10	0,00
3к	Легкосуглинистый	7,31	<10	0,00
4	Среднесуглинистый	7,73	25	1,23±1,23
4к	Среднесуглинистый	7,61	25	19,52±6,57

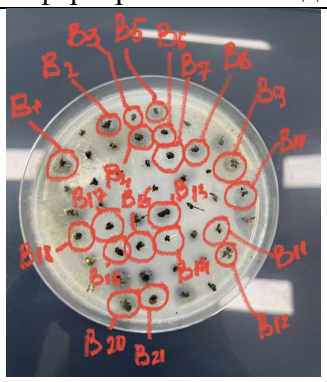


Рис. 6. Чашка Петри с посевом почвы из контроля черники 1 пробы на 20 день (выделены колонии азотфиксаторов).

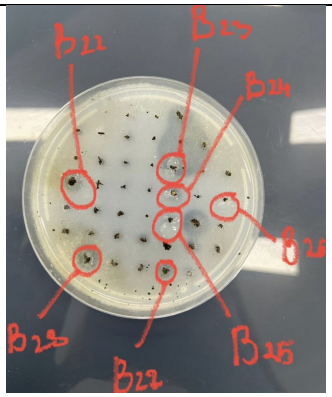


Рис. 7. Чашка Петри с посевом почвы из контроля черники 2 пробы на 20 день (выделены колонии азотфиксаторов).

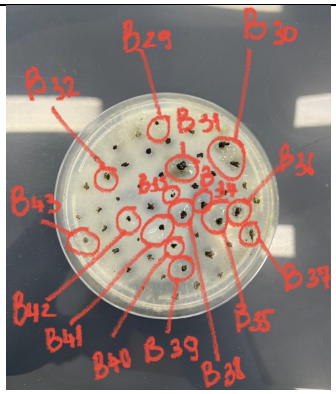


Рис. 8. Чашка Петри с посевом почвы из контроля черники 3 пробы на 20 день (выделены колонии азотфиксаторов).

Выводы

1. Механический состав почв ризодермы зависит от вида растения, выявлены среднесуглинистые, легкосуглинистые и торфяные почвы.

2. Анализ химического состава почвы показал, что кислотность отобранных образцов различается незначительно и близка к нейтральной среде (7 pH), наибольшая концентрация нитратов выявлена в ризодерме Борщевика Сосновского и составляет 25 мг/л.

3. В ризодерме и контрольном варианте почвы для Багульника и Брусники колонии азотфиксаторов не были выявлены, что может быть связано с особенностями химического и бактериального состава почвы.

4. Для ризодермы и контроля Борщевика и Черники выявлено наибольшее количество азотфиксаторов.

5. В ризодерме Борщевика и Черники азотфиксирующих бактерий значительно меньше, чем контроле, что может свидетельствовать об угнетающем азотобактер воздействии ризодермы данных растений.

Список использованных источников и литературы

1. Данилова А.А.: [Электронный ресурс] // Азотобактер и его особенности. URL: https://youtu.be/ZluCXyhK_sQ. (Дата обращения: 12.03.2023).

2. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения М.: Изд-во АН СССР, 1958. 462 с.

3. Ноар и Бруно-Барсена. Микробиология, 2018. 421 с.

4. Ризосфера отбор сообщества выявляет бактерии, связанные с уменьшением заболеваемости корней //Объем микробиома, номер: 86, 2021. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33836842/ (Дата обращения: 27.11.2022).

5. Румянцева Е.А. Исследование физиологических свойств штаммов Azotobacter chroococcum, выделенных из различных типов почв: [Электронный ресурс] // URL: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=727380#text. (Дата обращения: 12.02.2023).

6. Школа наук о жизни. Университет Северной Махараштры КавайтриБахинабай Чаудхари, 2020. С. 398–399.

Приложение

Глава 1. Обзор литературы

1.1. Азотобактер и его особенности

1.1.1. Виды азотобактера

Азотобактер - грамм отрицательная, аэробная, не спорообразующая, не симбиотическая бактерия, способная к фиксации азота при обычных условиях окружающей среды. Первым выделил из почвы М.Бейеринк в 1901 г.[3] Семейство Azotobacteraceae было разделено на два основных рода Azotobacter и Азомоны, основанные на различных персонажах. Род Azotobacter включает в себя шесть основных видов, характеризуются способностью к фиксации атмосферного азота. В окружающей среде или среде, лишенной азота, Azotobacter является аэробным по своей природе, но также способен расти при низком давлении кислорода. Основными шестью видами рода, которые идентифицированы и широко изучены, являются[4]:

1. Azotobacter chroococcum.
2. Azotobacter vinelandii.
3. Азотобактерия beijerinckii.
4. Azotobacter nigricans.
5. Azotobacter armeniacus.
6. Азотобактер paspali.

Глава 1.1.2. Обмен веществ у азотобактера

Азотобактер является полифагом, в качестве источника углерода может использовать моно -, ди - и полисахариды, органические кислоты жирного и ароматического ряда, летучие органические соединения (пары этилового спирта, ацетона), но предпочтительным энергетическим материалом являются одно- и многоатомные спирты: этиловый, бутиловый. Отдельные штаммы и даже виды азотобактера по-разному относится к источнику углерода, - так можно встретить штаммы, не ассимилирующие лактозу, маннит, бензойную кислоту и

[3] Данилова А.А.: [Электронный ресурс] // Азотобактер и его особенности. URL: https://youtu.be/ZluCXyhK_sQ. (Дата обращения: 12.03.2023).
[4] Школа наук о жизни. Университет Северной Махараштры Кавайтри-Бахинабай Чаудхари, 2020. С. 398–399.

др. если в среде несколько источников углерода, то они используются в порядке доступности.[5]

Культура азотобактера образует значительное количество биологически активных веществ, среди них витамины группы В, гормоны растений (гиббереллины, цитокинины, ауксины (в частности, индолил-3-уксусная кислота (ИУК)). Было установлено, что Az. chroococcum на 10-е сутки ферментации выделяет в культуральную жидкость в количестве 5 мкг/мл, а на 17-е сутки-20 мкг/л гиббереллин подобных веществ. Сам гиббереллин к концентрации 0,1-100 мкг/мл не оказывает влияния на размножение азотобактера, но имеются сведения о повышении азотофиксирующей способности при добавлении гиббереллина. Важнейшим природным ауксином является индолил-3-уксусная кислота. Данный фитогормон был обнаружен в бактериях, грибах, низших и высших растениях. Для образования ауксина грибы и бактерии нуждаются в питательной среде, содержащей глюкозу, а также необходимо присутствие триптофана, тирозина и других аминокислот. Несмотря на то, что культуры сами выделяют биологически активные вещества, внесение их в среду ускоряет процесс роста азотобактера. Под влиянием регуляторов роста увеличивается также и продуктивность азотофиксации. Весьма важное свойство азотобактера заключается в том, что он вырабатывает фунгистатическое вещество, представляющее собой метиловый эфир алифатической тетраеновой кислоты, содержащей гидроксильную и В-метильную группы. Обнаруженный антибиотик-азохроомицин, по данным Н.И.Придачиной, активен против значительного числа фитопатогенных грибов. Благодаря описываемому свойству при бактеризации азотобактером в ризосфере угнетается развитие микроскопических грибов, многие из которых задерживают рост растений. Так, культура Az. chroococcum снимает угнетающее действие фитотоксичного гриба Alternaria на кукурузу, а рост не заряженного растения стимулирует. Однако наиболее интересными особенностями рода являются его нитрогеназные и азотфиксирующие способности и аэробная физиология; частота дыхания у него одна из самых высоких наблюдаемых.[6]

---

[5] Румянцева Е.А. Исследование физиологических свойств штаммов Azotobacter chroococcum, выделенных из различных типов почв: [Электронный ресурс] // URL: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=727380#text. (Дата обращения: 12.02.2023).

[6] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения М.: Изд-во АН СССР, 1958. 347 с.

1.1.3. Влияние факторов окружающей среды на азотобактер

Азотобактер развивается при наличии простых органических соединений, достаточной увлажнённости почвы, с нейтральной реакцией, а также наличии в них фосфор, кальция и ряда микроэлементов (в частности молибдена, магния и железа). Высокая требовательность к внешним факторам делает распространение азотобактера весьма ограниченным. В кислых подзолистых почвах бактерия практически не встречается, а выделенные немногочисленные колонии оказываются ослабленными. В серых лесных почвах в летний период, когда почва в достаточной степени увлажнена и устанавливается благоприятный температурный режим, количество азотобактера имеет наибольшее значение. Считается, что светло-серые лесные почвы близки по свойствам к дерново-подзолистым, поэтому предполагается, что и степень распространения в них азотобактер также равна, темно-серые же почвы по органическому составу близки к оподзоленным и выщелоченным чернозёмам. В почвах с повышенной степенью увлажнения и преобладанием луговой растительности азотобактер обычно встречается в течение всего вегетационного периода. К подобным почвам относятся почвы пойм, имеющие в подзолистой зоне благоприятную реакцию среды и относительно высокое содержание питательных веществ. Болотно-низинные почвы нередко содержат азотобактер, но, вследствие неблагоприятного воздушно-водного режима, а также недостатка фосфора, кальция и микроэлементов этот микроорганизм здесь размножается слабо. В низинных целинных торфяниках азотобактер обнаруживается редко, а в верховных не встречается совсем, в связи сильным закислением. Окультуривание торфяных почв улучшает условия для размножения, но некоторые торфа токсичны для азотобактера. Чернозёмы отличаются высокой активностью микробиологических процессов. Наиболее интенсивно они протекают весной и рано летом, когда почва имеет благоприятный температурный режим и достаточный запас влаги. Это нейтральные или слабощелочные почвы с высоким содержанием солей кальция и магния. Черноземные почвы, более северных районов содержат азотобактер в течение всего вегетационного периода. В зоне обычных и южных черноземов данный микроорганизм встречается реже, так как в летний период эти почвы не так богаты органическими остатками. Наиболее часто азотобактер встречается в черноземных почвах лугов долин рек. Наиболее благоприятными оказывается лучше, чем в оподзоленных. В целинных и неполивных, окульту-

ренных каштановых почвах данный микроорганизм встречается лишь весной, с наступлением засушливой погоды его обнаружение очень затруднено. В целинных почвах сероземной зоны, а также в степных солонцах азотобактер развивается в основном как весенний эфемер. По мере возрастания засоленности почв данный микроорганизм встречается реже. Отмечено, что данный род бактерий более чувствителен к содовому засолению и менее к сульфатно-хлоридному. Сильно окультуренные подзолистые почвы, образованные на суглинках, имеют благоприятный водно-воздушный режим, слабокислую реакцию (pH=5.5) чем обеспечивается активная деятельность полезной почвенной микрофлоры, в том числе и азотобактера. В тропической зоне в достаточно увлажненных почвах наблюдается низкий показатель значения pH. В этих районах азотобактер замещается на более кислотоустойчивый микроорганизм Beijrinkia. В хорошо окультуренных огородных почвах азотобактер обычно находиться в значительных количествах. Таким образом, азотобактер может служить индикатором степени окультуренности почвы. К основным физиологическим свойствам бактерий рода Azotobacter относится его резко выраженная способность усваивать азот атмосферы. Большинство штаммов усваивают не более 10 мг азота на 1 г. Потребляемого источника углерода, некоторые штаммы азотобактера способны фиксировать до 15 мг азота на 1 г глюкозы.[7]

1.2. Особенности микроорганизмов ризодермы растений

Существуют данные по влиянию ризодермы растений на особенности штаммов азотобактера. Так для ризодермы пшеницы показано, что штаммы азотобактера отличались в большей или меньшей степени по внешним признакам и биохимически. Они различались интенсивностью дыхания, ферментативной активностью (по каталазе), отношением к pH среды, к повышенным концентрациям солей. Заметно отличались они также и азотфиксирующей способностью, и реакцией на корневые выделения разных растений; наконец, они оказывали различное влияние на рост и урожай растений. Отмечали, что некоторые штаммы способствовали увеличению урожайности гороха и крапивы (Lamiumalbum L.), но не какого-либо другого растения. Причем эти активные штаммы были выделены из прикорневой почвы тех же растений, что послужи-

[7] Румянцева Е.А. Исследование физиологических свойств штаммов Azotobacter chroococcum, выделенных из различных типов почв: [Электронный ресурс] // URL: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=727380#text. (Дата обращения: 12.02.2023).

ло поводом говорить о специфичности штаммов. Другие штаммы не обнаруживали такого специфического действия на растения.[8]

В данном исследовании проводилось наблюдение за изменчивостью Azotobacter под влиянием корневых выделений пшеницы. Наблюдения показали, что данный микроб меняет свои свойства под влиянием корневых выделений пшеницы. Клетки его становятся все мельче и мельче, до едва видимых под микроскопом. С измельчанием клеток у них меняется жизнеспособность, а также утрачивается способность прорастать на обычных питательных средах. При длительных воздействиях корневых выделений пшеницы происходит образование новых форм, заметно отличающихся от исходной культуры, были получены три таких варианта. Первый вариант имел клетки мелких размеров палочковидной формы, с однородной плазмой, без жироподобных включений. Отмечалось только наличие одного-двух мелких зернышек хромофильной субстанции. В старых культурах клетки были укороченными, часто овальные и шаровидные, но без слизи. Слизеобразование у такого варианта отсутствовало или было слабо выражено. Колонии были слабо выпуклые, пастообразной консистенции или, реже, полуслизистые. Данный вариант несколько напоминает культуру Az.vinelandii, но не образует характерного для последней флюоресцирующего пигмента. Второй вариант отличался от исходного несколько уменьшенными размерами клеток, слабым образованием слизи, клетки имел округлые, овальные, внутри содержащие жироподобное вещество. Колонии на среде Эшби слизистые, растекающиеся, прозрачные. Третий вариант отличался от первых двух полиморфизмом клеток. В молодой культуре (2—3-суточной) на Эшби-агаре развивающиеся клетки имели разнообразную форму: круглую, овальную, палочковидную, иногда нитевидную длиной до 15 м, и более. Поперечник всех этих клеток не превышал 1,5 м, а чаще 1 —1,2м; редко встречались клетки более крупных размеров, 2—3 м в диаметре.Были проведены подробные исследования многочисленных культур азотобактера, выделенных из прикорневой зоны и с корней 31 вида растений — бобовых и злаковых трав, зерновых, технических и овощных культур. Были изучены культуральные, морфологические и физиологические свойства выделенных штаммов.[9]

[8] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения М.: Изд-во АН СССР, 1958. 374 с.
[9] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 415-418.

1.3. Влияние вида растения на обилие и разнообразиештаммов азотфиксирующих бактерий

1.3.1. Влияние азотобактера на растения

Азотфиксирующие бактерии могут присутствовать в такой ризосфере, как сорго, соя, раги, сахарный тростник, рис, зеленый горошек и злаки. Количество азотобактерий было наиболее многочисленным в черноземе по сравнению с красной почвой, и наблюдалось снижение их количества с увеличением глубины, в то время как на черноземах снижение было дополнительным. В свою очередь азотобактер оказывает стимулирующее действие на прорастание семян растений и ускорение их роста (что особенно важно в ранние фазы их развития) за счет продукции биологически активных веществ (ауксинов, витаминов, гиббереллинов). Синтез азотобактеров ростовых веществ может иметь существенное значение для растений, произрастающих в условиях недостаточной влажности. Кроме растений на жизнедеятельность азотобактер могут оказывать влияние и почвенные микроорганизмы. Обнаружено наличие так называемых бактерий - спутников, которые содержатся в слизи, выделяемой азотобактером. Одним из представителей является Pseudomonasradio baster. Развиваясь безазотистой среде, он обладает способностью фиксировать молекулярный азот. За счет деятельности протеолитических и амилолитических ферментов Ps. radiobacter активирует биохимическую активность азотобактера.[10]

Важное значение имеют симбиотические азотфиксаторы, живущие в клубеньках корней бобовых растений (клубеньковые бактерии), относящиеся к роду Rhizobium. Связывание азота атмосферы возможно только при симбиотической ассоциации микроорганизмов этого вида и высшего растения в основном из семейства Бобовые. Существует большое количество разновидностей (штаммов) клубеньковых бактерий, каждая из которых приспособлена к заражению одного или нескольких видов бобовых растений. Это отражается в их названиях: Rhizobiumlupini — клубеньковые бактерии люпина и Rhizobiumtrifolii — клубеньковые бактерии клевера и т. д. Корневые системы бобовых растений обладают специфическими корневыми выделениями.[11]

[10] Ноар и Бруно-Барсена. Микробиология, 2018. 421 с.
[11] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения М.: Изд-во АН СССР, 1958. 358 с.