

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского

Кафедра Агроэкологии и химии

***Микробиологические особенности
почвенных процессов в условиях региона***

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Молодежный 2021

УДК 631.461(571.53)

М 597

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией агрономического факультета Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского (протокол № 8 от 13.04.2021 г.)

Составитель: Клименко Н.Н.

Рецензент: доцент кафедры земледелия и растениеводства, к.с.х.н.

Т.В. Амакова

Микробиологические особенности почвенных процессов в условиях региона : учебно-методические указания / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского ; сост. Н. Н. Клименко. – Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2021. – 30 с. – Текст : электронный.

Учебно-методические указания предназначены для выполнения контрольных работ магистрами очного и заочного обучения агрономического факультета, направления подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение.

© Клименко Н.Н., 2021

© ИрГАУ имени А.А. Ежевского, 2021

Содержание

Введение	4
1 Содержание разделов дисциплины	6
2 Требования к оформлению контрольной работы	7
2.1 Требования к структуре контрольной работы	7
2.2 Требования к оформлению контрольной работы	7
3 Номера заданий согласно шифру	9
4 Теоретические задания (вопросы) контрольной работы	11
5 Микроорганизмы и антропогенное изменение окружающей среды	12
5.1 Микрофлора почвы	12
5.2 Микробные земледобриательные препараты	17
5.3 Препараты на основе дефосфорилирующих бактерий	23
5.4 Препараты на основе силикатных бактерий	24
5.5 Препарат АМБ	24
ГЛОССАРИЙ	26
Рекомендуемая литература	31

Введение

Почва является естественной средой обитания микроорганизмов. Они находят в почве все условия, необходимые для своего развития, пищу, влагу, защиту от губительного влияния прямых солнечных лучей и высушивания.

Микрофлора почвы по количественному и видовому составу значительно колеблется в зависимости от химического состава почвы, ее физических свойств, реакции (рН), влагоемкости, степени аэрации. Существенно влияют также климатические условия, время года, способы сельскохозяйственной обработки почвы, характер растительного покрова и другие факторы.

Неодинаково распространены микроорганизмы и по горизонтам почвы. Меньше всего их обычно содержится в самом поверхностном слое почвы толщиной в несколько миллиметров, где микроорганизмы подвергаются неблагоприятному воздействию солнечного света и высушивания. Особенно обильно населен микроорганизмами следующий слой почвы толщиной до 5–10 см. По мере углубления число микроорганизмов снижается. На глубине 25–30 см количество их в 10–20 раз меньше, чем в поверхностном слое толщиной 1–2 см (по данным А. С. Разумова).

Меняется с глубиной и состав микрофлоры. В верхних слоях почвы, содержащих много органических веществ и подвергающихся хорошей аэрации, преобладают аэробные сапрофиты, способные разлагать сложные органические соединения. Чем глубже почвенные горизонты, тем они беднее органическими веществами; доступ воздуха в них затруднен, поэтому там преобладают анаэробные бактерии.

Микрофлора почвы представлена разнообразными видами бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей и простейших животных.

К постоянным обитателям почвы относятся различные гнилостные,

преимущественно спороносные, аэробные (*Bacillus subtilis*, *B. cereus* var. *mycoides*, *B. megaterium*) и анаэробные (*Clostridium sporogenes*, *Cl. putrificum*) бактерии, а также бактерии, разлагающие клетчатку, нитрифицирующие, денитрифицирующие, азотфиксирующие, серо- и железобактерии.

Деятельность почвенных микроорганизмов играет большую роль в создании плодородия почвы. Последовательно сменяя друг друга, микроорганизмы осуществляют процессы кругово-

рота веществ в почве. Органические вещества, попадающие в почву в виде остатков растений, трупов животных и с другими загрязнениями, постепенно минерализуются. Соединения углерода, азота, фосфора и других элементов из недоступных для растений форм преобразуются в усвояемые ими вещества.

Наряду с обычными обитателями почвы встречаются и болезнетворные микроорганизмы, преимущественно спорообразующие бактерии, например возбудители столбняка, газовой гангрены, ботулизма и др.

Цель освоения дисциплины:

- формирование знаний, умений и навыков о почвенных микробиологических процессах, понимание роли почвенных микроорганизмов в агроэкологических процессах.

Основные задачи освоения дисциплины:

- изучение почвенных микробных комплексов как факторов почвенного плодородия;
- овладение методами определения почвенных микроорганизмов, в области сельскохозяйственной микробиологии;
- изучение эпифитных микроорганизмов поверхности растений, микробиологических продуктов и биопрепаратов сельскохозяйственного назначения.

1. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности почв региона как среды обитания микроорганизмов

Водный, воздушный, температурный режим почв. Зависимость микроорганизмов от водного режима и кислотности среды, температуры, давления, химических веществ, радиации. Отношение микроорганизмов к кислороду. Исторические этапы изучения в России и в Иркутской области.

Раздел 2. Микрофлора почв разных типов в регионе. Микробные комплексы почв.

Основные таксономические группы бактерий, грибов. Эколого-географические закономерности распространения микроорганизмов в почвах региона. Стратегии жизнедеятельности микроорганизмов в почве. Прямые и косвенные методы определения численности, состава и активности почвенных микроорганизмов. Учет.

Раздел 3. Особенности микробиологических почвенных процессов превращения веществ и энергии

Маслянокислое, ацетонобутиловое брожения, брожение пектиновых веществ, брожение клетчатки, разложение гемицеллюлозы, лигнина, пектиновых веществ, окисление углеводов в почве. Прямое и косвенное участие почвенных микроорганизмов в превращениях железа, марганца, алюминия, калия, серы, фосфора.

Раздел 4. Биологическая активность разных типов почв. Методы определения биологической активности. Влияние различных агротехнических приемов воздействия на почву на ее микробное население.

Значение почвенных микроорганизмов в плодородии почвы Роль почвенных микроорганизмов в образовании и разрушении гумуса. Значение почвенной микрофлоры при рекультивации земель. Почвенные

микроорганизмы как индикаторы типа и плодородия почв. Методы определения протелитической, дегидрогеназной, целлюлозной активностей. Действие органических и минеральных удобрений, различных приемов обработки почвы и мелиорации на почвенные микроорганизмы. Интенсивность деградации почвенными микроорганизмами пестицидов и других синтетических химических веществ в условиях региона.

2. Требования к оформлению контрольной работы

2.1 Требования к структуре контрольной работы

Структура контрольной работы должна содержать:

1. Титульный лист (согласно прилагаемого образца).
2. Содержание (содержание включает: введение; наименования всех разделов, подразделов, список использованной литературы).
3. Основная часть (состоит из нескольких разделов, в которых излагается ответ на каждый вопрос контрольной работы).
4. Список используемых литературных источников (содержит перечень источников, которые были использованы при подготовке контрольной работы).

2.2 Требования к оформлению контрольной работы

1. Контрольная работа должна быть набрана студентом самостоятельно с использованием текстового редактора *Word*.
2. При наборе контрольной работы на ПК рекомендуется соблюдать следующие параметры:
 - шрифт – Times New Roman;

- размер шрифта – 14;
 - межстрочный интервал – полуторный;
 - размеры полей: левое 3 см, правое 1,5 см, нижнее, верхнее – 2 см;
 - параметры абзаца: выравнивание текста – по ширине страницы;
 - точка в конце заголовка не ставится.
3. Каждую структурную часть необходимо начинать с нового раздела со следующей страницы;
4. Нумерация страниц начинается с титульного листа, но на титульном листе номер страницы не указывается.
5. Пример оформления титульного листа контрольной работы:

*Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

**Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А.Ежевского**

**Агрономический факультет
Кафедра агроэкологии и химии**

Контрольная работа

*по Микробиологические особенности почвенных процессов в
условиях региона*

Направление подготовки

Курс _____

Шифр _____

Студент _____

Ф.И.О. (полностью)

Молодежный 20__ г.

3. Номера заданий согласно шифру

Вариант контрольной работы определяется по таблице 1. Студент выполняет номера контрольных вопросов, указанные в клетке, соответствующей его шифру (номеру зачетной книжки), причем по горизонтали берется последняя цифра, а по вертикали – предпоследняя. Для каждой работы указаны вопросы, помещенные после вариантов контрольных работ.

Вопросы контрольного задания следует переписывать внимательно. Каждый вопрос должен быть пронумерован и четко отделен от ответа, причем сначала ставится номер вопроса, а затем номер, взятый из таблицы. **Например, 1(15), 2(60), 3(42) и др.** Нельзя переписывать сразу все вопросы. После каждого вопроса должен быть четкий, достаточно полный ответ, изложенный своими словами, а не переписанный дословно с учебника или с интернет сайтов. В конце работы указывается список использованной литературы в алфавитном порядке. Номера страниц должны быть пронумерованы.

Работа должна быть написана последовательно и грамотно. После проверки работа может быть возвращена студенту для доработки с учетом замечаний и требований рецензента.

Таблица 1 – Определение индивидуального задания согласно номеру зачетной книжки (шифру)

		Последняя цифра номера зачетной книжки									
		<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	<i>0</i>	1, 28, 40	2, 29,41	3, 30,42	4,31,43	5,32,44	6,33,45	7,34,46	8,35,47	9,36,40	10,37,41
	<i>1</i>	11,38,42	12,3,43	13,28,44	14,29,45	15,30,46	16,31,47	17,32,40	18,33,41	19,34,42	20,35,43
	<i>2</i>	21,36,44	22,37,45	23,38,46	24,39,47	25,28,40	26,29,41	27,30,42	13,28,44	14,29,45	15,30,46
	<i>3</i>	1, 28, 40	2, 29,41	3, 30,42	4,31,43	5,32,44	6,33,45	7,34,46	8,35,47	9,36,40	10,37,41
	<i>4</i>	4,31,43	5,32,44	13,28,44	14,29,45	15,30,46	16,31,47	17,32,40	18,33,41	19,34,42	20,35,43
	<i>5</i>	21,36,44	22,37,45	23,38,46	24,39,47	25,28,40	26,29,41	27,30,42	24,39,47	25,28,40	26,29,41
	<i>6</i>	13,28,44	14,29,45	15,30,46	16,31,47	17,32,40	18,33,41	19,34,42	20,35,43	4,31,43	5,32,44
	<i>7</i>	1, 28, 40	2, 29,41	3, 30,42	4,31,43	5,32,44	6,33,45	7,34,46	8,35,47	9,36,40	10,37,41
	<i>8</i>	11,38,42	12,3,43	13,28,44	14,29,45	15,30,46	16,31,47	17,32,40	18,33,41	19,34,42	20,35,43
	<i>9</i>	7,34,46	8,35,47	9,36,40	10,37,41	21,36,44	22,37,45	23,38,46	24,39,47	25,28,40	26,29,41

4. Теоретические задания (вопросы) контрольной работы

1. Зональное районирование Иркутской области.
2. Агрolandшафтное районирование Иркутской области.
3. Основные показатели Агрolandшафтных районов Иркутской области.
4. Факторы, лимитирующие продуктивность земледелия в Иркутской области.
5. Дифференцирование агрolandшафтных районов по теплообеспеченности.
6. Дифференцирование агрolandшафтных районов по влагообеспеченности.
7. Микроклиматические особенности элементов рельефа.
8. Характерные особенности почвообразующих пород Приангарья.
9. Характер растительности.
10. Наиболее распространенные на территории региона типы почв.
11. Условия формирования гумусового горизонта чернозема в регионе.
12. Особенности распределения гумуса по профилю черноземных почв.
13. Характерная особенность серых лесных почв Приангарья.
14. Особенности распределения гумуса по профилю серых лесных почв.
15. Характерная особенность дерново- карбонатной почвы Приангарья.
16. Особенности распределения гумуса по профилю дерново- карбонатной почвы.
17. Эколого-трофические группы микробиоценозов зональных почв Приангарья.
18. Динамика численности микроорганизмов в почвах региона.
19. Распределение микроорганизмов (хемоорганотрофных, олигонитрофильных, актиномицетов, микроскопических грибов) по профилю черноземной почвы региона.
20. Распределение микроорганизмов (хемоорганотрофных, олигонитрофильных, актиномицетов, микроскопических грибов) по профилю серых лесных почв региона.
21. Распределение микроорганизмов (хемоорганотрофных, олигонитрофильных, актиномицетов, микроскопических грибов) по профилю дерново-карбонатной почвы региона.
22. Интенсивность разложения целлюлозы в почве.
23. Ферментативная активность почвы как интегральный показатель биологической активности.
24. Интенсивность процессов минерализации почвенного азота в почвах региона.
25. Выделение газообразного азота из почв и его возврат во внутри почвенный цикл.
26. Нитрификационная активность почв региона.
27. Особенности продукционно-деструктивных процессов в почвах региона.
28. Объяснить причины малой мощности гумусового горизонта чернозема и невысокого содержания гумуса.
29. Какова динамика микробиологической деятельности в почвах региона.
30. Назвать условия и время достижения максимума микробиологической активности в почвах региона.

31. Объяснить роль почвенных микроорганизмов в образовании и разрушении гумуса.
32. В чем отличие процесса разложения органических остатков по сравнению с почвами европейской части России.
33. Особенности распределения микробиологической активности по профилю почв.
34. Перечислить интегральные показатели биологического состояния почвы.
35. Какова интенсивность разложения целлюлозы в почве, как показатель ее биологической активности.
36. Продуцирование почвой диоксида углерода как показатель ее биологической активности.
37. Интенсивность деградации почвенными микроорганизмами пестицидов и других синтетических химических веществ в условиях региона.
38. Интенсивность деградации почвенными микроорганизмами нефти в условиях региона.
39. Качественное состояние почвенных ресурсов как основа ландшафтно-экологического районирования земель.
40. Провести дифференциацию Иркутского района Иркутской области по тепло- и влагообеспеченности. Обозначить факторы – ограничивающие урожайность сельскохозяйственных культур.
41. Методы определения дыхания почвы.
42. Ферментативная активность почвы как интегральный показатель биологической активности.
43. Причины, способствующие формированию более устойчивого режима функционирования почв.
44. Обосновать действие органических удобрений на почвенные микроорганизмы.
45. Действие минеральных удобрений на почвенные микроорганизмы.
46. Обосновать действие различных приемов обработки почвы и мелиорации на почвенные микроорганизмы.
47. Какие показатели биологической активности используются для диагностики состояния биологических свойств почв.

5. Микроорганизмы и антропогенное изменение окружающей среды

5.1 Микрофлора почвы

Российский ученый, основоположник современного научного почвоведения В. В. Докучаев назвал почву матерью микроорганизмов, именно

он настаивал и, изучении микробиологии в университетах, понимая, сколь велика роль микрофлоры в почвообразовательном процессе.

Действительно численность микроорганизмов в почве колеблется от нескольких десятков – сотен тысяч (почвы севера) до нескольких миллиардов (черно- и красноземы) в одном грамме. Максимальное количество микроорганизмов находится в верхних слоях, где складывается благоприятный режим влаги и, температуры, воздухообеспеченности и где находятся растительные и животные остатки – источники питания гетеротрофных микробов. Этот слой составляет 0-20 см, в некоторых случаях он гораздо глубже, что может быть связано как с проникновением корневой системы и ее биогенностью, так и агротехническими приемами. Вниз по почвенному профилю численность микробов снижается.

С одной стороны, микроорганизмы осуществляют процессы разрушения и минерализации органических веществ, тем самым поставляя неорганические формы C, N, S, P, Fe, Mn, Co, Mg и других элементов автотрофам – растениям и некоторым прокариотам (например, нитрификаторы), а с другой – разрушая одни органические вещества, микробы синтезируют ряд метаболитов, которые могут входить в состав гумуса т. е. участвуют в почвообразовательном процессе.

В раскрытие истинной картины почвенного микромира внесли свой вклад не только микробиологи, но и агрономы, агрохимики, физиологи растений, почвоведы, химики и другие специалисты. Так, Буссенго и Шлезинг впервые связали аккумуляцию нитратов в результате разрушения органики почвы с ее плодородием, а далее Шлезинг и Мюнц доказали биологическую природу нитрификации.

Однако выделение чистых культур нитрификаторов стало возможным, как и азотфиксаторов, только после разработки микробиологами (М. Бейеринк, С. Н. Виноградский) метода элективных культур, позволяющего создать оптимальные условия для развития определенной экологотрофической группы организмов, устранить конкурентов и антагонистов. Так были выделены С. Н.

Виноградским анаэробные азотфиксаторы (*Clostridium pasteurianum*, 1893), а Бейеринком аэробные азотфиксаторы (*Azotobacter*, 1901). Разработав метод культивирования бактерий на предметных стеклах (метод микрокультур) и метод искусственных болот, моделирующих естественные условия обитания автотрофов, С. Н. Виноградский открыл новый тип дыхания – «минеральное дыхание» – процессы окисления неорганических соединений серы, азота, железа, поставляющие энергию для фиксации CO₂ соответствует серобактериям, нитрификаторам и железобактериям.

Впоследствии это явление получило название, как уже говорилось, хемосинтеза. Являясь руководителем отдела почвенной микробиологии в институте Л. Пастера во Франции, С. Н. Винаградский возглавил исследования по изучению азотфиксации, нитрификации, брожения клетчатки и пектина в почве. Классификация почвенной микрофлоры в зависимости от ее экологических особенностей разработана академиком С. Н. Виноградским и дополнена академиком Е. Н. Мишустинным, долгие годы возглавлявшим отдел почвенной микробиологии в Институте микробиологии АН СССР:

- *автохтонная*, постоянно обитающая в почве, способная развиваться в условиях дефицита доступных источников питания, использующая труднодоступные субстраты, в том числе соединения гумуса. К данной группе С.Н. Виноградский относил в основном неспоровые формы бактерии, состав которых довольно однотипен во всех почвах;

- *зимогенная* микрофлора использует легко метаболизируемые (доступные) органические соединения, и ее развитие связано с периодическим поступлением в почву растительных и животных остатков;

- *олиготрофная* микрофлора, использующая низкие концентрации субстратов;

- *автотрофная микрофлора*, фиксирующая CO₂ и использующая как энергию солнца (фотоавтотрофы), так и энергию окисления минеральных соединений N, S, P, Fe, Mn и др. (хемоавтотрофы, открытые С. Н. Виноградским).

Эта классификация, как и многие методы изучения микрофлоры почв, остается актуальной и сейчас. Последователи С. Н. Виноградского, В. Л. Омелянского, С. П. Костычева продолжили изучение основных проблем почвенной микробиологии. Так, в работах академика Е. Н. Мишустина особое значение придается почвенно-географическим закономерностям в распространении микроорганизмов на земной поверхности. Поскольку микроорганизмы являются важным фактором почвообразования, то в разных почвах они составу, т. е. для микробов выполняется закон В. В. Докучаев о зональности в распространении почв, растений и животных.

Экспериментально доказано, что доминирующие роды и виды микроорганизмов в разных типах почв различны. Это было показано с учетом вертикальной стратификации микроорганизмов по всем ярусам и горизонтам многих наземных экосистем.

Тундровые почвы, относящиеся к группе криоморфных (мерзлотных), формируются в условиях недостатка тепла, вечной мерзлоты, краткости вегетационного периода, а значит, низкой биологической продуктивности (общая фитомасса составляет не более 50 т/га). В фитоценозах велика роль мхов и лишайников. Водоросли – зеленые и желто-зеленые, цианобактерии служат пищевым резервом для беспозвоночных сосредоточенных в поверхностном пятисантиметровом слое. Слабое развитие профиля криогенных почв отражается в микробоценозах, в которых почти отсутствуют целлюлозарушающие микроорганизмы, беден состав возбудителей круговорота азота, а доминируют олиготрофы, коринеподобные бактерии, дрожжи рода *Cryptococcus*, в то время как автотрофные почвенные формы – липомицеты – практически отсутствуют. Увеличение плотности отдельных популяций с коротким периодом вегетации растений.

Подзолистые почвы под хвойными лесами таежной зоны характеризуются образованием подстилки из лесного опада. Образующийся гумус мигрирует по почвенному профилю, а кислые продукты деструкции органических остатков снижают рН почвенного раствора и взаимодействуют с

минеральной частью почвы.

В переработке лесного опада активную роль играет микро-и мезофауна. Интенсивность биологического круговорота увеличивается от подзолистых почв к дерново-подзолистым и серым лесным. В лесных почвах особенно многочисленны микромицеты, а состав макромицетов резко меняется в зависимости от лесообразующих пород деревьев.

В определенных горизонтах подзолистых почв отмечено накопление гидроокисей железа, алюминия и марганца, с активностью особого комплекса микробов. В частности железомарганцевые бактерии ответственны за формирование ортштейнов и ортштейновых плит в подзолистых почвах.

Черноземы – степные и лесостепные почвы засушливых травянистых растительных формаций. В луговых степях годовой прирост растительности максимальный – 100-140 ц/га, что выше, чем в лесах, но общий запас фитомассы невелик менее 50 т/га с преобладанием подземной массы над надземной. Это объясняет особенности биологического круговорота в черноземах, ведущего к созданию насыщенного нейтрального гумуса и зернистой структуры почвы. Плотность микроорганизмов высока по всему профилю без резких перепадов с глубиной. В отличие от лесных почв, биомасса бактерий высока и близка к биомассе грибов.

Каштановые почвы формируются под разреженным растительным покровом в зоне сухих степей. Значительную долю микрофлоры этих почв составляют актиномицеты и спорообразующие бактерии. Активность их, как и в черноземах, зависит от влагообеспеченности и максимальна весной и после выпадения осадков.

Сероземы характерны для субтропического сухого пояса. Активная вегетация растений полупустынь проходит за короткие периоды. Запасы фитомассы – не более 50 ц/га, до 90% их представлены подземной частью. Нейтральная или слабощелочная реакции, высокие температуры благоприятны для микробиологической активности с достаточно высоким уровнем минерализационных процессов.

Красноземы формируются под обильным растительным покровом в предгорьях в условиях сухого жаркого лета и теплых дождливых зим с промывным водным режимом при интенсивном разложении опада. В отличие от черноземов, гумус этих почв кислый, фульватный (рН почвы 4- 4,5), что в определенной степени объясняет сходство биоты красноземов, подзолистых и дерново-подзолистых почв (доминирование неспоровых форм бактерий, высокая численность микромицетов, особенно рода *Penicillium*, а также дрожжей *Candida podzolica* – индикатора кислых почв).

5.2 Микробные землеудобрительные препараты

Применение микробных землеудобрительных препаратов в сельском хозяйстве является альтернативой химическим удобрениям, а часто и пестицидам, что, несомненно, важно в настоящее время с точки зрения экологического земледелия. Бактериальные удобрения имеют ряд преимуществ, так как «биологический азот» ассимилируется полностью в отличие от «минерального», эти вещества не загрязняют окружающую среду, повышают коэффициент использования растениями азота, фосфора, калия и других элементов, за счет повышения растворимости минералов в зоне ризосферы, поддерживают равновесие в микробном ценозе почвы, улучшают фитосанитарное состояние полей.

В настоящее время широко используют препараты клубеньковых бактерий для заражения семян бобовых растений: Нитрагин сухой – ризобин и ризоторфин.

Ризоторфин – препарат клубеньковых бактерий, предназначенный для усиления фиксации молекулярного азота в симбиозе с бобовыми растениями. Препарат изготовлен на основе торфа и содержит не менее 2,5 млрд./г высокоэффективных по признаку азотфиксации клубеньковых бактерий.

Применяют его путем предпосевной обработки семян зернобобовых культур и бобовых трав: гороха, люпина, сои, вики, фасоли, люцерны, клевера,

донника, эспарцета и др. Для каждого вида бобовых растений ризоторфин готовится отдельно.

Препарат увеличивает в прикорневой зоне количество активных клубеньковых бактерий, что способствует образованию клубеньков на корнях и усилению процесса биологической фиксации азота атмосферы бобовыми растениями. Ризоторфин повышает урожай зерна сои на 2-5 ц/га, люпина на 1,5-2 ц/га, сена люцерны и клевера на 5-8 ц/га. Содержание протеина в урожае повышается на 2-3%.

Увеличение урожая обеспечивается за счет снабжения растений симбиотически фиксированным молекулярным азотом воздуха. Размеры фиксации за сезон достигают для бобовых трав 150-200 кг/га, для зернобобовых – 50-100 кг/га.

Бобовые растения, возделываемые с применением ризоторфина, оставляют на поле пожнивные остатки, богатые азотом, и поэтому являются прекрасным предшественником для последующих культур. Препарат повышает устойчивость бобовых растений к грибным заболеваниям.

Наиболее высокий хозяйственный эффект получают при соблюдении прогрессивной технологии возделывания бобовых культур: предварительное известкование кислых почв (кроме люпина), высева семян во влажную почву, применение микро элементов, особенно молибдена и обязательном обеспечении растений фосфорно-калийными удобрениями.

На почвах слабоокультуренных, бедных азотом, для получения максимального урожая применение ризоторфина следует сочетать с внесением в почву 30-45 кг/га минерального азота. Внесение высоких доз азотных удобрений снижает уровень азотфиксации бобовых растений и они переходят на питание минеральным азотом. На хорошо окультуренных почвах применение ризоторфина исключает необходимость внесения минерального азота под все виды бобовых. Эффективность препарата особенно высока на площадях, где ранее не возделывалась данная бобовая культура, так как здесь отсутствуют в почве специфические клубеньковые бактерии.

Получение препарата. Торф, обогащенный углеводами, минеральными веществами, витаминами и микроэлементами, упакованный в полиэтиленовые пакеты, подвергают гамма – стерилизации (доза – 2,5 млн./рад), инокулируют (уколом) соответствующей культурой клубеньковых бактерий и выдерживают при температуре 18-20°C в течение 3-7 дней для получения количества бактерий не менее 2,5 млрд./г. Ризоторфин для сои и люпина хранят при температуре 12-14°C, для остальных бобовых культур – при температуре 3-5°C, в темном, сухом помещении. Замораживание препарата не допускается. Гарантийный срок годности для сои и люпина – 9 месяцев, для остальных бобовых – 6 месяцев. Норма расхода препарата для всех бобовых культур 200 г/га. Препарат расфасовывают в полиэтиленовые пакеты по 200, 400, 600, 800 и 1000 г.

Способ применения. Предпосевная обработка семян проводится в день посева. Семена увлажняют водой с перемешиванием (1,5-2% воды от веса семян), добавляют необходимое количество ризоторфина и тщательно перемешивают для равномерного распределения препарата на семенах.

При посеве бобово-злаковых смесей (горохо-овсяная и др.) проводят обработку всей смеси двойной порцией ризоторфина.

Люцерну и клевер высевают под покровные культуры. В этом случае предпочтительно обработать ризоторфином семена покровной культуры, а не бобовой. Это позволит глубже (4-5 см) внести клубеньковые бактерии, что способствует их лучшей приживаемости в почве и создаст условия для большей «встречаемости» с корневой системой бобовых культур. В этом случае практически полностью исключается потеря клубеньковых бактерий, выносимых на поверхность почвы семядолями прорастающих инокулированных семян люцерны и клевера. Данный способ биологически и хозяйственно более эффективен, чем непосредственная инокуляция семян бобовых.

Нитрагин сухой (ризобин). Состоит из чистой высушенной культуры клубеньковых бактерий, смешанной с наполнителем. Препараты

медленнорастущих клубеньковых бактерий содержат не менее 5 млрд./г действующего вещества, препараты быстрорастущих клубеньковых бактерий – не менее 2 млрд./г.

Нитрагин предназначен для предпосевной обработки семян бобовых трав и зернобобовых культур. Норма расхода – 20 г/га. Температура хранения от +10°C до – 30°C в сухом, проветриваемом помещении, защищенном от света. Срок хранения – 6 месяцев. Применяется с целью повышения урожая зерна и зеленой массы. Прибавка зерна у зернобобовых – 15-20%, урожая зеленой массы бобовых трав – 20-30%. Увеличение содержания белка на 15-20%.

Азотобактерин получают микробиологическим путем на основе культуры *Azotobacter chroococcum*. Действие препарата основано на способности азотобактера фиксировать свободный азот атмосферы, а так же синтезировать биологически активные вещества: стимуляторы роста, витамины группы В, антибиотики.

Принцип действия азотобактера заключается в том, что находясь в непосредственном контакте с корневой системой растений он может пользоваться корневыми выделениями, и развиваясь за их счет, фиксировать азот атмосферы, тем самым улучшая условия для развития растений, соответственно повышая урожайность.

Однако этому сожительству мешает ряд причин:

1. Корневые выделения растений используются обильной микрофлорой других ризосферных бактерий, которые лишают азотобактер части углеродной пищи.

2. Разные штаммы азотобактера обладают разной конкурентной способностью по отношению к типичным ризосферным бактериям.

3. Агротехнический фон, на котором может успешно проявиться полезная деятельность азотобактера, требует применения ряда минеральных и органических удобрений.

4. Почвенные условия (влажность, температура, рН, аэрация и т.д.) должны благоприятствовать развитию азотобактера.

Работы Костычева показали, что усвоение атмосферного азота азотобактером происходит в таком масштабе, что можно совсем обойтись без минеральных азотных удобрений.

Технология производства азотобактерина. На агаровой безазотной среде выращивается двухнедельная культура азотобактера и вносится из расчета 40 мл на 1 кг абсолютно сухого торфа, заранее испытанного на возможность размножения в нем азотобактера и доведенного до определенной степени влажности. Слизь препарата тщательно перемешивается с торфом, ставится во влажное помещение с температурой 20-24°C и ежедневно перемешивается пока не разовьется 100-200 млн. клеток на 1г влажного торфа. После этого препарат вновь разбавляется в 10 раз торфяным порошком и вновь выдерживается при 20-24°C до состояния, когда содержание клеток азотобактера вновь достигнет 100млн. в 1г. После этого препарат готов к употреблению.

Кроме торфяного препарата можно приготовить *почвенный азотобактер*. В условиях хозяйства используют хорошо унавоженную огородную почву, рН 6,5-7,7. Почва заправляется 1% сахарозы, 2% мела, 0,01% фосфорнокислой соли, увлажняется водой до образования мажущейся массы, заражается чистой культурой азотобактера из расчета 2 млн. клеток на 1г и намазывается ровным слоем в плоские кюветы толщиной 1,5-2 см.

Через 48 часов при температуре 25-30°C на поверхности образуется белый слизистый налет азотобактера титр 400 млн. клеток на 1 г. Он устойчив.

Для практического применения 0,25-0,5 кг почвенного азотобактерина разбавляют в 1,5-2 л воды и полученной болтушкой обрабатывают семена.

Наилучшие результаты отмечаются при внесении 250-300 млрд. клеток на 1 га посева. Для создания наиболее благоприятных условий развития азотобактера в почве необходимо внесение минеральных удобрений (К, Са, особенно важен фосфор), рН среды (менее 6,0 рост азотобактера идет за счет связанного азота почвы), аэрация (рыхлая почва). Использовать штамм азотобактера с гарантированной активностью азотфиксации и адаптированный к местным условиям.

Важность обеспечения азотобактера углеродистой пищей выявляется не только для приживаемости бактерий, но и сохранения ими азотфиксирующей активности. В почве без органических удобрений препарат теряет свою активность на 2/3 от исходной, а в почве с органическими удобрениями только на 1/3.

Норма внесения препарата: для бактеризации семян – 200 г/га, для подкормки растений – 400 г/га. Эти приемы повышают урожайность на 15-30%.

5.3 Препараты на основе дефосфорилирующих бактерий

Фосфобактерин. Р. Менкиной из богатой органическим веществом почвы в чистую культуру были выделены активные разрушители фосфорноорганических веществ. Наиболее активная культура, освобождавшая 50% фосфора из лецитина и 86% фосфора из нуклеиновой кислоты, представляет собой споровую палочку, близкую к *Bacillus megaterium* (var. *phosphaticum*). В лабораторных условиях за 3-4 недели микроорганизмы освобождали 3-9 мг P₂O₅ на 100 г почвы. Эти бактерии используются в препарате фосфобактерин.

Приготовление фосфобактерина. Сначала готовится закваска на картофельной среде, на которой хорошо развивается *Bac. megaterium phosphaticum*. Затем полученная бактериальная масса смешивается с наполнителем (сухой порошок каолина), сушка смеси 35-40°C. В 1 г сухого фосфобактерина 200×10⁶ кл. Норма расхода препарата 250 г/га. Способ применения – препарат разбалтывают в небольшом количестве воды и полученной болтушкой смачивают семена.

На черноземах прибавка урожая при применении фосфобактерина 1-3 ц/га. На кислых подзолистых почвах фосфобактерин не эффективен. Эффективность повышается при удобрении почвы навозом и применении высокой агротехники. В настоящее время разрешен к применению и препарат

Бактофосфин, высокая эффективность которого подвержена для многих огородных и садовых культур.

5.4 Препараты на основе силикатных бактерий

Силикатные бактерии *Bacillus circulans* *Arthrobacter* нитрифицирующие сульфобактерии-микроорганизмы, вызывающие брожение, являются основой препарата Кремнебактерин. Они разлагают алюмосиликаты почвы и переводят калий в растворимую форму, используемую в питании растений.



Кроме удобрительной, роль силикатных удобрений в увеличении урожайности растений состоит в том, что они синтезируют витамины группы В, вещества стимулирующие рост и развитие растений. Кроме того выделяются антибиотики, угнетающие развитие патогенной микрофлоры. Силикатные бактерии освобождают калий при разрушении минералов. Калий способствует повышению засухоустойчивости, теневыносливости и устойчивости растений к почвенным патогенам.

Препарат силикатных бактерий рекомендовано применять путем бактеризации семян.

5.5 Препарат АМБ

Препарат АМБ (аутохтонная микрофлора Б) был предложен Н.М. Лазаревым для активации биодинамики окультуриваемых почв северной зоны. Исследованиями было показано, что степень развития экологического сообщества микроорганизмов, разлагающих перегнойные вещества почвы с образованием минеральных соединений для питания растений, оказывает большое влияние на развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. В эту группировку микроорганизмов входят аммонифицирующие, денитрофицирующие, аэробные целлюлозоразрушающие бактерии,

нитрифицирующие, тионовые.

Эта группа микроорганизмов широко представлена в более плодородных и окультуренных почвах, что позволило использовать её в качестве сложного бактериального удобрения – АМБ. Необходимые микроорганизмы выращиваются на гуматной среде путем заражения её плодородной почвой. Затем полученную закваску бактерий с добавлением азотобактера вносят в разложившийся низинный торф (с нейтрализацией известью при температуре 20-25°C в течение 3 недель). Препарат считается готовым к употреблению, когда в нем содержание аэробных микроорганизмов дойдет до десятков млн. на 1 г торфа (его можно готовить в условиях хозяйства непосредственно).

Удобрение применяется весной. Норма расхода – 250 кг/га путем равномерного рассеивания его по поверхности почвы. Хорошие результаты отмечены на дерново-подзолистых почвах и в защищенном грунте.

В настоящее время новейшие достижения микробиологии, биохимии, физиологии растений и растениеводства используются в разработке и применении комплексных препаратов, обладающих свойствами антистрессора, иммуномодулятора и биофунгицида. Таким препаратом является «Супер Гумисол», который содержит гуматы, живую микрофлору, натуральные фитогормоны, природные ростовые вещества, микроэлементы в хелатной форме. Норма расхода этого жидкого удобрения – биопрепарата 1 л/га. Его применение повышает урожайность, предохраняет от засухи и заморозков.

ГЛОССАРИЙ

Абиотические факторы – совокупность факторов неорганической среды, влияющих на жизнедеятельность и распространение живых организмов;

Анаэробы (греч. а, an-отрицательная частица, аег-воздух) – организмы, способные жить при отсутствии свободного кислорода;

Антропогенные факторы – факторы, включающие различные формы воздействия человека на отдельные компоненты и природные комплексы;

Аэробы (греч. аег-воздух, bios-жизнь) – организмы, живущие в среде, содержащей свободный, молекулярный кислород;

Бактериоцид (греч. bakterion-палочка, cido-убиваю) – антибактериальное вещество, вырабатываемое бактериями определенного вида и подавляющее жизнедеятельность бактерий другого вида;

Бацилла (лат. bacillum-палочка) – бактерия, имеющая форму палочки

Биолюминесценция (греч. bios-жизнь, лат. lumen-свет) – видимое свечение организмов, связанное с процессами их жизнедеятельности.

Биота (греч. biote-жизнь) – сложившаяся совокупность живых организмов, объединенных общей территорией, вне зависимости от наличия или отсутствия экологических связей между ними.

Биотические факторы – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания;

Брожение – процесс окислительно-восстановительного превращения органических соединений, протекающий в анаэробных условиях и сопровождающийся выходом энергии, которую микроорганизмы используют для своей жизнедеятельности;

Вибрионы, спириллы и спирохеты – извитые бактерии, различающиеся морфологическим строением клетки;

Вирусы (лат. virus-яд) – неклеточная форма жизни, способная проникать в живую клетку и размножаться только внутри ее; вирусы – неклеточные

частицы с упорядоченной организацией, содержащие генетический материал (ДНК или РНК), упакованный в белковую оболочку или капсид;

Дыхание – совокупность протекающих в организме физикохимических и физиологических процессов, в результате которых используемый клетками кислород окисляет органические вещества с освобождением энергии, необходимой для их жизнедеятельности;

Дыхание анаэробное – организмы получают необходимый для жизнедеятельности кислород в результате расщепления кислородосодержащих органических соединений (нитратное, сульфатное, карбонатное, другие разновидности анаэробного дыхания).

Жгутики, приспособления необходимые бактериальной клетке для передвижения;

Ингибиторы (лат. *inhibeo*-останавливаю) – вещества, подавляющие активность ферментативных систем живых клеток, а также регулируют интенсивность обмена веществ, изменяя скорость биохимических процессов.

Индукция (лат. *inductor*-возбудитель, эффектор) – процессы, вызываемые веществом, которое стимулирует выработку фермента и без которого фермент в бактерии не синтезируется;

Капсула (лат. *capsula*-коробочка, футляр) – слизистое образование, расположенное поверх клеточной стенки;

Классификация (лат. *classis*-разряд, группа; *facere*-делать) – условное распределение всей совокупности живых организмов по иерархическим соподчиненным группам в соответствии с каким-либо общим признаком или признаками;

Клетка – основная структурная, генетическая и функциональная единица всех живых организмов; это самовоспроизводящаяся и саморегулируемая элементарная живая система, прошедшая длительную эволюцию;

Кокки – шаровидные бактерии, способные образовывать различные морфологические группы – диплококки, тетракокки, стафилококки и т.д.;

Конъюгация (лат. *conjugatio*-соединение) – половой процесс у бактерий,

который контролируется специфической плазмидой (фактор фертильности); при этом происходит перенос генетического материала от одной бактериальной клетки к другой;

Культура микроорганизмов – совокупность жизнеспособных микроорганизмов одного или нескольких видов, выращенных на определенной питательной среде;

Метаболизм (греч. *metabole*-перемена, превращение) – совокупность всех химических изменений и превращений веществ энергии в организме, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность, самовоспроизведение, а также связь организма с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий;

Микробиология (лат. *micro*-малый, *bios*-жизнь, *logos*-наука) – биологическая дисциплина, изучающая микроорганизмы – их систематику, морфологию, физиологию, биохимию, генетику и т.д.

Микроорганизм (греч. *микрос*-малый) – мельчайший в основном одноклеточный организм различной систематической принадлежности, видимый только в микроскоп;

Морфология (греч. *morphe*- форма и *logos*-понятие, учение) – комплекс научных отраслей и их разделов, исследующий форму и строение живых организмов;

Мутация (лат. *mutatio*-изменение) – резкое, скачкообразное изменение наследственных свойств организма, которое или естественно, или вызываемо искусственно;

Органоиды (греч. *organon*-орган, *eidosis*-вид) – постоянно присутствующие в клетке структуры, выполняющие определенные жизненно важные функции;

Прокариоты (лат. *pro*-вместо, перед, греч. *каруон*-ядро) – предъядерные или доядерные организмы, клетки которых не имеют структурно оформленного ядра;

Размножение – важнейшее свойство живых организмов, обеспечивающее воспроизводство и увеличение количества особей данной популяции или вида;

Сидерофоры – вещества, выделяемые микроорганизмами, переводящие соединения железа в растворимую форму;

порообразование – фаза развития, способствующая распространению организмов в виде спор или сохранению их в неблагоприятных условиях существования;

Субстрат (лат. *substratum*-основа, подстилка) – опорный компонент и питательная среда, где постоянно обитают и развиваются микроорганизмы;

Таксис (греч. *taxis*-расположение в порядке) – движение свободно передвигающихся организмов по направлению к действующему стимулу (положительный таксис) или в сторону от него (отрицательный таксис);

Фаг, ...фаги (греч. *phagos*-пожиратель) – часть сложных слов, соответствующая по значению словам «поглощающий», «поедающий»;

Бактериофаг – вирус бактерий, способный поражать бактериальную клетку, размножаться в ней и вызывать ее растворение;

Ферменты или энзимы (лат. *fermentum*-брожение) - биологически активные вещества белковой природы, катализирующие все процессы обмена веществ в клетке;

Фототрофы или автотрофы (авто ... и греч. *trophe*-питание) – организмы, синтезирующие из неорганических соединений необходимые для жизни органические вещества за счет энергии солнца (фотосинтез) или энергии химических реакций (хемосинтез);

Хемосинтез (греч. *chemeia*-химия, *synthesis*-соединение) – процесс синтеза некоторыми видами бактерий органического вещества из углекислого газа за счет энергии, получаемой при окислении неорганических соединений;

Штамм (немец. *Stamm*-ствол, основа) – генетически однородная (чистая) культура в пределах данного вида микроорганизмов, которая характеризуется определенными свойствами;

Эволюция (лат. *evolutio*-развертывание) – процесс исторического развития живой природы.

Эукариоты (греч. *eu*-хорошо, полностью, *karyon*-ядро) – организмы,

клетки которых содержат оформленное ядро, а также хорошо развита система мембран и присутствуют клеточные органеллы.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Биогеография и почвоведение / Т.А. Девятова, Л.А. Яблонских, Е.А. Негрובה, Л.А. Алаева, Т.Н. Крамаева, А.Н. Тимофеев, А.А. Воронин. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. — 94 с. — Электрон. текстовые дан. // Руконт : электронно-библиотечная система.- Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/230242?cldren=0>
2. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования : учебное пособие / А.Л. Черногоров, П.А. Чекмарев, И.И. Васенев, Г.Д. Гогмачадзе. — Москва : МГУ имени М.В.Ломоносова, 2012. — 268 с. — ISBN 978-5-211-06308-2.— Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/114601>
3. Королев В. А. Методы исследования физических свойств почв : учеб. пособие / В. А. Королев. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2005. – Электрон. текстовые дан. // AgriLib : электронно-библиотечная система.- Режим доступа: <http://ebs.rgazu.ru/?q=node/388>.

Дополнительная литература:

1. Емцев, В.Т. Микробиология : учеб. для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин, 2005. - 445 с.
2. Зимоглядова, Т.В. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для вузов по спец. 110203 - "Защита растений" : рек. Учеб.-метод. об-нием / Т. В. Зимоглядова, И. А. Карташѐва, О. Г. Шабалдас, 2007. - 147 с.
3. Микробиология : учеб. для вузов по спец. 311200 "Технология пр-ва и переработки с.-х. продукции" / О. Д. Сидоренко [и др.], 2012. - 286 с.
4. Муха, В.Д. Практикум по агропочвоведению : учеб. пособие для вузов / В. Д. Муха, Д. В. Муха, А. Л. Ачкасов ; под ред. В. Д. Мухи, 2010. - 367 с.
5. Наплекова, Н.Н. Метаболиты аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов и их роль в почвах : [моногр.] / Н. Н. Наплекова ; отв. ред. Р. А. Цильке, 2010. - 227 с.
6. Иванова Е. Ю. Микробиология : учеб. пособие / Е. Ю. Иванова. – Воронеж : Воронежский ГУ, 2007. – Электрон. текстовые дан. // AgriLib : электронно-библиотечная система.- Режим доступа: <http://ebs.rgazu.ru/?q=node/450>.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. Портал Сибирского регионального отделения РАСХН <http://www.sorashn.ru>
2. Портал Российской академии сельскохозяйственных наук <http://www.agroacadem.ru/>
3. Официальный интернет портал МСХ РФ <http://www.mcx.ru/>
4. Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии) <http://www.cnshb.ru>
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук <http://www.spsl.nsc.ru/>
6. Российский центр сельскохозяйственного консультирования(база данных информационных ресурсов) <http://mcx-consult.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
8. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: 30экономические значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения <http://www.agroatlas.ru/>
9. Официальный сайт Центра агрохимической службы «Иркутский» <http://fgbusas-irkutsk.ru>