

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.12 Агробиология

Направление подготовки (специальность) 06.03.01 «Биология»

Профиль образовательной программы Биоэкология

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	
1.1 Лекция № 1 Агробиология как наука. Типы, структура и функции агроэкосистем.	
1.2 Лекция № 2 Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур.	
1.3 Лекция № 3 Почва как уникальное природное тело. Формирование почв	
1.4 Лекция № 4 Экологические параметры почв. Повышение почвенного плодородия и охрана почв.	
1.5 Лекция № 5 Почвенно-биотический комплекс как целостная материально-энергетическая подсистема агробиоценозов.	
1.6 Лекция № 6 Растения и животные в агроландшафте, их влияние на продуктивность агробиоценозов.	
1.7 Лекция № 7 Биогеоценотическая деятельность микробного комплекса Экологические группы микроорганизмов и их влияние на плодородие почвы.	
1.8 Лекция № 8 Удобрения, их значение для роста и развития с/х культур. Особенности экологически безопасного применения удобрений	
1.9 Лекция № 9 Влияние средств химизации на агроэкосистемы Биологическое земледелие и охрана ландшафтов.	
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Агробиология как наука. Типы, структура и функции агроэкосистем.	
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур	
2.3 Лабораторная работа № ЛР- 3 Почва как уникальное природное тело. Формирование почв	
2.4 Лабораторная работа № ЛР- 4 Экологические параметры почв. Повышение почвенного плодородия и охрана почв.	
2.5 Лабораторная работа № ЛР- 5 Почвенно-биотический комплекс как целостная материально-энергетическая подсистема агробиоценозов.	
2.6 Лабораторная работа № ЛР- 6 Растения и животные в агроландшафте, их влияние на продуктивность агробиоценозов.	
2.7 Лабораторная работа № ЛР- 7 Биогеоценотическая деятельность микробного комплекса Экологические группы микроорганизмов и их влияние на плодородие почвы.	
2.8 Лабораторная работа № ЛР- 8 Удобрения, их значение для роста и развития с/х культур. Особенности экологически безопасного применения удобрений (I часть) Влияние средств химизации на агроэкосистемы Биологическое земледелие и охрана ландшафтов. (II часть)	
3. Методические указания по проведению практических занятий (не предусмотрено РУП)	

4. Методические указания по проведению семинарских занятий (не предусмотрено РУП)

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: Агробиология как наука. Типы, структура и функции агроэкосистем.

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Цели и задачи агробиологии
2. История формирования агробиологии как науки.
- 3 Взаимосвязь агробиологии с другими науками.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

В отличие от остальных отраслей народного хозяйства сельскохозяйственное производство в наибольшей степени и непосредственно взаимосвязано с природной средой. Природные ресурсы и условия здесь являются не только средствами и предметами труда, но специфическими основными фондами, способствующими воспроизводству условий самого производства. Земля выступает в жизнедеятельности человека главным средством производства, а также пространственным базисом для размещения отраслей сельского хозяйства. При этом сама технология производства вносит изменения в природную среду в отличие от других отраслей, которые побочно влияют на природную среду. Кроме того именно сельскохозяйственное производство является поставщиком продуктов питания от которых напрямую зависит здоровье людей

От экологической грамотности специалистов зависят защита окружающей среды от прямого загрязнения и разрушения. Принципиально важно придать экологическую направленность сельскохозяйственным технологиям с учетом дальнейшего развития научно-технического прогресса.

Цель дисциплины агроэкология - научить экологическому предвидению специалистов биоэкологов, научить их увязывать вопросы развития производства с природоохранными задачами, донести до их сознания необходимость соблюдения принципов природосообразности.

Задачей дисциплины является изучение природно-ресурсного потенциала с/х производства.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- все виды загрязнения и разрушения окружающей среды в результате ведения с/х производства
- состояние агроэкосистем в условиях техногенеза
- пути и возможности производства экологически безопасных продуктов питания в условиях интенсификации с/х производства
- ознакомиться с проблемами почвенно-биотического комплекса, сохранения разнообразия живого, оптимизацией ландшафта сельскохозяйственных районов. С основами экологического прогнозирования агроэкосистем.

После изучения дисциплины студент должен уметь:

- планировать и организовывать природоохранную работу на предприятиях агропромышленного комплекса
- осуществлять эколого-экономический контроль природопользования
- проводить экспертизу проектов и хозяйственных начинаний на высоком профессиональном уровне с учетом потребностей научно-технического прогресса
- просчитывать энерго- и ресурсоемкость систем производства продукции сельского хозяйства
- обеспечивать возможность производства качественной, экологически безопасной биологической продукции

Изучение агроэкологии основано на таких базовых дисциплинах как ботаника, физиология растений, химия, биология и таких как экология, мониторинг окружающей среды, геофизика и геохимия, микробиология.

Все основополагающие моменты агроэкологии базируются на определениях и понятиях общей экологии, но в отличии от общей экологии агроэкология имеет большую производственную направленность и практическое значение.

На протяжении всей жизни человека на Земле ему необходимо было питаться. Питание – единственный научно признанный источник получения человеком энергии. И если ранее питание являлось результатом собирательства, которое минимально воздействовало на биосферу, то сейчас имеет место быть производство продуктов питания. «Производство продуктов питания является самым первым условием жизни непосредственных производителей и всякого производства вообще...». (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т.25. Ч. II. С. 184-185). Земледелие – одна из древнейших отраслей сельскохозяйственного производства и производственной деятельности вообще. С переходом к земледелию и скотоводству человек начал менять и разрушать целые сообщества. И если раньше, при небольшой численности населения планеты и при подсечно-огневом земледелии, при котором участок леса выжигали, снимали несколько урожаев и забрасывали, вред, наносимый человеком, не приводил в целом к изменениям планетарного масштаба, то за последние сто лет при резком увеличении численности населения Земли и резком возрастании промышленного производства, производства энергии и продуктов сельского хозяйства, человечество стало оказывать заметное влияние на функционирование всей биосферы. Потоки вещества и энергии, вызываемые деятельностью человека (и в частности сельскохозяйственной деятельностью), стали составлять заметную долю от общей величины биогенного круговорота. При этом наблюдаются следующие негативные тенденции:

1. Превышение потребления ресурсов Земли над темпами их естественного воспроизводства, истощение природных богатств.
2. Загрязнение биосферы отходами, побочными продуктами производства и быта, вызывающее деформацию экологических систем, нарушение глобального круговорота веществ и создающее угрозу для человека в целом.

Причиной этих тенденций в огромной степени является и сельское хозяйство, в том числе его неотъемлемая составляющая – земледелие.

Что же представляет собой современная сельскохозяйственная отрасль? Прежде чем ответить на этот вопрос, рассмотрим некоторые статистические данные. Общая площадь континентов, - 14,8 млрд. га, из них пахотными землями и многолетними насаждениями занято 1,5 млрд. га, что составляет примерно 11 %. Картина землепользования варьирует в широких пределах по континентам и странам в зависимости от комплекса природных условий и социально-экономической системы государств.

2. Сущность и причины экологических противоречий в агропромышленном производстве.

С одной стороны агроэкосистема это видоизмененная экологическая система, с биотическими и абиотическими факторами естественного происхождения, а с другой стороны ключевым словом является «измененная».

В процессе формирования, развития и эксплуатации агроэкосистемных образований принципиально важно учитывать естественные почвенные, климатические, трудовые ресурсы создать условия их воспроизводства. На основании этого можно выделить три базовых типа агроэкосистем:

- природоемкий
- природоохранный
- природоулучшающий

Природоёмкие системы характеризуются неполным воспроизводством естественного плодородия, что приводит к падению его уровня. А также большими энергетическими затратами на производство единицы продукции. Для природоохранного типа агроэкосистем - характерны простое воспроизводство естественного плодородия и, как следствие, сохранение его уровня, энергетические затраты обоснованы. Природоулучшающий тип направлен на расширенное воспроизводство и повышение уровня естественного плодородия, экономические затраты направлены на сохранение качества окружающей природной среды, а не только на получение прибыли. В последнее время доминирует, к сожалению природоёмкий тип.

Ресурсы сельского хозяйства

Земельный фонд России — один из крупнейших в мире и насчитывает 1710 млн га.. Почти половину территории покрывают леса и древесно-кустарниковые насаждения — 46 %. Пятая часть страны занята оленьими пастбищами. На урбанизированные территории, где расположены города, поселки, дороги и пр., приходится всего 1% территории.

Распределение и структура земельного фонда России

(млн га)

Вид земельных угодий (площадь в % к общей площади)

Сельскохозяйственные угодья 222,0 13

— в том числе пашня 130,2 8

Леса и древесно-кустарниковые насаждения 785,5 46

Болота 107,6 6

Под водой 72,0 4

Под постройками, дорогами, улицами 12,5 1

Оленьи пастбища 328,1 19

Нарушенные земли 1,1 0,1

Прочие земли 180,9 11

ВСЕГО 1709,8100

Основные изменения в структуре землепользования происходят в результате расширения хозяйственной деятельности растущего населения Земли, роста числа городов и других населенных пунктов. Ежегодно происходит потеря земельных угодий, что составляет от 5 – 6 до 8 – 9 млн га. Их восполнение в основном происходит за счет вырубки лесов и распашки естественных сенокосно-пастбищных угодий. По различным оценкам, потребность в территории, обеспечивающей поддержание жизни одного человека, в среднем составляют 1,75 – 2 га, в том числе 1,2 га пастбищ и сенокосов, 0,46 га сельскохозяйственных полей (для питания), кроме того человек нуждается в жилых и производственных помещениях, инфраструктуре (дороги, линии электропередач, связи). Основным средством производства в с/х является почва, при этом сильно измененная по своим свойствам. Изменения в почве происходят благодаря мероприятиям, проводимым по отношению к почве с целью получения сельхозпродукции. Суть современного земледелия выражается следующими мероприятиями:

- механическая обработка почвы (как правило, глубокая), на которую расходуется 35-40% всех энергетических и 25-30% трудовых затрат;
- севооборот;
- удобрение почвы (как правило, преобладает использование минеральных удобрений);
- защита растений от вредителей и болезней (как правило, с помощью химических средств защиты);
- борьба с сорными растениями;
- мелиоративные мероприятия;
- семеноводство.

1.2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Отношение растений к температуре
2. Отношение растений к свету
3. Отношение растений к влагообеспеченности

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур начинается с установления длительности вегетационного периода. Общая оценка потребности растений в тепле дается по сумме активных температур (выше 10° С) за период вегетации. Эта характеристика может сильно различаются не только у культур, но и у разных сортов одной и той же культуры.

Наряду с этим показателем для оценки отношения культур к термическим условиям важно учитывать биологический минимум температуры при прорастании семян, появлении всходов, биологический минимум температуры для формирования вегетативных и генеративных органов, плодоношения перезимовки растений.

Особое внимание должно быть уделено оценке минимальной температуры для прорастания семян и появления всходов. При низкой температуре почвы семена не дают всходов, а при длительном воздействии низких температур они загнивают. Чем выше температура почвы в период посев-всходы, тем быстрее идет прорастание семян при достаточном количестве влаги.

Например, семена озимой пшеницы прорастают при температуре около 5°С – 20° С в течении 1-2 дней. Картофель при 11-12° С в умеренно влажной почве дает всходы на 23 день, при 14-15°С на 17-18 день, при 18-25°С на 12-13 день. Однако если температура поднимается до 27-28°С то всходы появляются только на 16-17 день.

Таблица 1- Минимальная температура, необходимая для прорастания семян и появления всходов различных культур, С

Культура	Прорастание семян	Появление всходов
Рыжик, конопля, горчица, клевер, люцерна	0-1	2-3
Рожь, пшеница, ячмень, вика яровая, горох, чечевица, чина, свекла	1-2	2-3
Подсолнечник, перилла, картофель	5-6	8-9
Кукуруза, просо, могар, суданская трава, соя	8-10	10-11
Фасоль, сорго, клещевина	10-12	12-13
Хлопчатник, арахис, кунжут, рис	12-14	14-15

Для каждого вида растений существуют определенные температурные границы, в пределах которых происходит прорастание семян.

Для большинства теплолюбивых культур температура почвы при которой допускается посев, должна быть несколько выше начальной температуры прорастания семян, иначе появление всходов сильно затягивается, а ранние всходы могут подвергнуться воздействию весенних заморозков.

Холодоустойчивость- способность растений длительное время переносить низкие положительные температуры (от 1 до 10°C) без необратимого повреждения. Она свойственна растениям умеренной зоны в отличие от большинства субтропических и тропических растений, которые при температуре несколько выше 0°C повреждаются. Холодоустойчивость определяется способностью растений сохранять нормальную структуру цитоплазмы и изменять обмен веществ в период охлаждения и последующего повышения температуры.

Морозоустойчивость - способность растений переносить температуру ниже 0°C. Морозоустойчивость складывается из способности растений замедлять замерзание путем экранирования от охлаждения, понижения точки замерзания и устойчивости протоплазмы к дегидратации при замерзании.

Замедление образования льда в тканях обусловлено понижением точки замерзания растворов. Клеточный сок замерзает в зависимости от его концентрации при температурах от -1 до -5°C. Клетки, соединенные в ткани замерзают при более низких температурах, чем клеточный сок. Кроме того, вода в клетках способна к переохлаждению. Однако переохлажденное состояние неустойчиво, оно редко сохраняется дольше нескольких часов.

Понижение точки замерзания дает хотя и ограниченную, но единственную защиту растений от мороза в период вегетации.

Морозоустойчивость многолетних растений - более сложное явление, связанное с закаливанием и морозоустойчивостью самой протоплазмы. В условиях сезонного климата растение приобретает осенью «льдоустойчивость», т.е. способность переносить образование льда в тканях. Процесс закаливания состоит из нескольких фаз, каждая из которых подготавливает переход к следующей. Закаливание к морозу у озимых злаков, многолетних овощных культур и плодовых деревьев начинается многодневным воздействием температур чуть выше нуля. На этой фазе в протоплазме накапливаются сахара и другие защитные вещества, клетки становятся беднее водой. А центральная вакуоль распадается на множество мелких вакуолей. Благодаря этому, протоплазма оказывается подготовленной к следующей фазе, проходящей при регулярных слабых заморозках от -3 до -5°C. При этом ультраструктуры и ферменты протоплазмы перестраиваются таким образом, что клетки переносят обезвоживание, связанное с образованием льда. Только после этого растения могут, не подвергаясь опасности, вступать в заключительную фазу процесса закаливания, которая при непрерывном морозе делает протоплазму **морозоустойчивой**.

По устойчивости к заморозкам полевые культуры делятся на пять групп (таблица)

Наиболее устойчивые

Устойчивые

Среднеустойчивые

Малоустойчивые

Неустойчивые

Таблица 2

Устойчивость с\х культур к заморозкам в разные фазы развития, °C

Культура	Начало повреждения и гибель растений в	и частичная	Гибель большинства растений по фазам
	всходы	цветение	созревания
		созревания	всходов цветения созревания
		Наиболее	устойчивые
яровая	-9...-10	-1...-2	-2...-4
овес	-8...-9	-1...-2	-2...-4

ячмень	-7...-8	-1...-2	-2...-4	-8...-10	...-2	-4
горох	-7...-8	-3	-3...-4	-8	-10	-3...-4
чина	-7...-8	-2 -3	-2...-8	-8	-10	-4
устойчивые						
вика яровая	-6...-7	-3	-2...-4	-8	-3...-4	-4
НУТ	-6...-7	-2...-3	-2...-3	-8	-3	-3...-4
Бобы	-5...-6	-2...-3	-2...-3	-6	-3	-3...-4
Подсолнечник	-5...-6	-3	-2...-3	-8	-3	-3
Сафлор	-6...-7	-2...-3	-2 -4	-8	-3	-4
Горчица белая	-6...-7	-2...-3	-3	-8	-3	-4
Лен	-5...-7	-1...-3	-2 -4	-7	-2	-4
Свекла	-6...-7	-2...-3	-3...-4	-8	-3	-4
Среднеустойчивые						
Соя	-3...-2	-2	-2...-3	-4	-2	-3
Малоустойчивые						
Кукуруза	-2...-3	-1...-2	-2...-3	-3	-2	
Просо	-2...-3	-1...-2	-2...-3	-3	-2	
Суданская	-2...-3	-1...-2	-2...-3	-3	-2	
Сорго	-2...-3	-1 -2	-2...-3	-3	-2	
Неустойчивые						
Гречиха	-1...-2	-1	-1.5...-2	-2	-1	-2
Хлопчатник	-0.5...-1	-0.5...-1	-1	-1	-1	-2
Рис	-0.5...-1	-0.5	-1	-1	-0,5	-2

Жароустойчивость растений означает способность переносить жару без необратимого повреждения. Жароустойчивость складывается из способности протоплазмы выдерживать экстремально высокие температуры и способности избегать повреждения экранированием и отражением лучей, теплоизоляцией, охлаждением в результате транспирации.

Жароустойчивость зависит от продолжительности воздействия тепла, т.е. подчиняется закону доз- более умеренная жара при большой продолжительности оказывают такое же повреждающее действие, как и кратковременная сильная жара. Поэтому жароустойчивость принято характеризовать *переносимостью определенных температур при их получасовом воздействии*.

По отношению к **жароустойчивости** различаются группы *нежаростойких* видов растений, которые повреждаются уже при 30-40°C, *жаровыносливых* (эукариоты), которые переносят получасовое нагревание до 50-60° С. Температура выше 60° С является непреходимой границей для высокодифференцированных растительных клеток. Более высокие температуры способны переносить лишь жароустойчивые прокариоты.

Жароустойчивость - очень специфичное свойство даже близкие родственные виды одного и того же рода могут заметно различаться по этому признаку. Наиболее характерные различия в устойчивости возникли в ходе эволюции и отбора. Например жаростойкость листьев многих видов в тундре составляет 42С, в тайге- 44С, а в жарких полупустынях - 47°С.

Из культурных растений жароустойчивостью обладают теплолюбивые растения южных широт - сорго, рис, хлопчатник, клещевина, бахчевые культуры

В зависимости от теплового режима надземных органов растений жарких местообитаний они подразделяются на *супертемпературные* виды, у которых превышение температур листьев над температурой воздуха составляет 13° С. Это растения имеющие толстые мясистые листья, а также растения с ксероморфной структурой листьев.

Субтемпературные виды, для которых характерен отрицательный температурный градиент лист-воздух, достигающий 15°C , что связано с высокой интенсивностью транспирации. Типичные представители арбуз, дыня.

Жароустойчивость бывает двух типов. Для *первого* характерной чертой является невысокий температурный порог коагуляции водорастворимых белков, благодаря чему листья не переносят перегрев. В условиях высокой температуры эти растения отличаются незначительным накоплением NH_2 - групп и Сахаров, а также заметным ослаблением фотосинтеза. Жаростойкость этого типа связана с повышенными темпами подачи воды корневой системой и повышенной транспирацией, а также опушенностью листьев и наличием аэренхимы (блестящих пятен и полос), способствующих отражению солнечной радиации, т.е. здесь наблюдается избегание перегревов. Представителями являются арбуз, кабачок.

Второй тип жаростойкости характеризуется высокой устойчивостью протоплазмы к нагреву. У характерных представителей этой группы (тыква) свертывание белка происходит при $60-65^{\circ}\text{C}$. Растения этой группы отличаются относительно невысокой интенсивностью транспирации и слабым корневым давлением. Однако при повышении температуры для них характерно накопление свободных NH_2 - групп и смещение активности амилазы в сторону накопления крахмала. Температура коагуляции белка, характеризующая тепловую гибель клеток, находится в пределах $45-55^{\circ}\text{C}$. Иногда в качестве критерия жароустойчивости используют длительность воздействия высокой температуры, при которой наступает паралич устьиц листьев. Например у овса, довольно чувствительного к высоким температурам, паралич наступает при температуре $38-40^{\circ}\text{C}$ через 4-5 часов. У ячменя, характеризующегося более высокой жароустойчивостью, паралич устьиц отмечен при температуре $38-40^{\circ}\text{C}$ через 25-35 часов, а у проса, еще более жаростойкого, паралича не наблюдается в течении 48 часов.

Устойчивость к нагреву, как и устойчивость к повышенным температурам, меняется в зависимости от возраста растений и условий выращивания. Заметно различаются по устойчивости и отдельные органы одного и того же растения. (выше у взрослых растений и старых листьев, чем у молодых). Наиболее подвержены перегреванию цветки, вернее пыльца, которая становится стерильной

Приемы эффективного использования тепловых ресурсов территорий

К первой группе приемов следует отнести районирование производства по зонам и дифференциацию при выращивании с\х продукции, выбор микрозон и участков, сортов и сроков выращивания отдельных культур на основании анализа сезонного измерения температуры и его соответствия теплотребовательности культур.

Ко второй группе приемов относятся создание и применение защитных лесополос, ветрозащитных щитов и кулис из высокорослых растений, мульчирование почвы, использование биотоплива, дождевание, строительство культивационных сооружений с искусственным климатом.

К третьей группе приемов можно отнести непосредственное манипулирование самим биообъектом (растением). Агротехнические приемы адаптации растений включают: рассадную культуру; ускорение появления всходов предпосевной обработкой семян; управление формированием урожая прищипками, пасынкованием; применением регуляторов роста (ингибиторов, стимуляторов плодообразования и др.) Эффективный способ адаптации растений к температурным стрессам -холодовая и тепловая закалка прорастающих семян и растений, которые отличаются наибольшей пластичностью.

Установлено, что по влиянию на холодо- и теплоустойчивость растений действующие в природе температуры делят на пять зон: фоновую, занимающую центральное положение, и в области высоких и низких температур - две закаливающие и две повреждающие.

Фоновые температуры благоприятны для фотосинтеза, максимум продуктивности которого расположен ближе к границе холодового закаливания и ростовых процессов, и соответствует температурному оптимуму данного биообъекта. Фоновые температуры не

превышают терморезистентность растений, в то время как закаливающие повышают ее и отодвигают границы зоны повреждающих температур.

У вегетирующих растений действие постепенно закаливающих температур проявляется через пять-семь суток.

Закалку прорастающих семян к холоду проводят воздействием на них пониженными температурами, к высоким температурам и к засухе - попеременным намачиванием и подсушиванием.

Наиболее эффективным способом адаптации растений к температурным условиям, в том числе к стрессам, генетическому повышению или понижению фоновых температур является селекция.

2. Отношение растений к свету

Световая энергия - один из важных факторов жизнедеятельности растений в значительной степени определяющий их продуктивность. Поступающая на землю часть лучистой энергии солнца передается электромагнитными колебаниями с длиной волн от 300 до 4000 нм. Внутри интегрального солнечного излучения можно выделить три диапазона: длина волны

до 400 нм - ультрафиолетовая радиация (УФ)

400-750 нм - физиологическая радиация (ФР)

более 750 нм - инфракрасная радиация (ИК)

Для растений наибольшее значение имеет область физиологической радиации, оказывающей существенное влияние на процессы фотосинтеза, роста и развития.

Таблица 3

Физиологическая роль радиации разных частей солнечного спектра

Радиация	Длина волн, нм	Действие на растение
Ультрафиолетовая (УФ)	До 380	Фотоморфогенез
Фотосинтетически активная (ФАР)	380-710	Тепловой разогрев, фотосинтез, фотоморфогенез, фотопериодизм
Ближняя инфракрасная (БИКР)	710-4000	Тепловой разогрев, фотоморфогенез, фотопериодизм

Физиологическое воздействие растений к свету проявляется прямо (через фотосинтез) и влияет косвенно на рост и развитие.

Скорость фотосинтеза определяется интенсивностью падающего света, температурой, которая влияет на ферментативные процессы фиксации CO_2 , и концентрации CO_2 в тканях. Рост и развитие растений помимо интенсивности и спектрального состава света зависят также от продолжительности светового и темнового периодов. Недостаток света может привести к голоданию и гибели растения, а избыточная освещенность нередко оказывается причиной солнечных ожогов.

Среди высших растений широко распространен фотопериодизм, связанный с адаптацией их к сезонным режимам условий освещения. К фотопериодическим реакциям относятся цветение, клубнеобразование, формирование репродуктивных органов, переход в состояние покоя.

По реакции на продолжительность дня растения делят на три основных группы:

Длинного дня (РДД)

Короткого дня (РКД)

Нейтрального дня

Растения длинного дня цветут и плодоносят при продолжительности дня не менее 12 часов. К ним относятся озимые и яровые злаки первой группы (пшеница, рожь, ячмень, овес), все культуры семейства крестоцветных (капуста, редька, горчица), все маковые, горох, фасоль, чечевица, вика, картофель, сахарная свекла, лен.

В группу растений короткого дня входят виды, цветение которых ускоряется при сокращении дневного освещения (менее 12 часов); злаки второй группы (кукуруза, могар, просо, суданская трава), все тыквенные, соя, клещевина, фасоль, кунжут, хлопчатник, конопля, табак, хмель из овощных батат, красный перец, баклажан, бамиа. Продолжительность вегетационного периода у короткодневных растений убывает по мере продвижения к югу, а у длиннодневных - к северу.

К растениям нейтрального дня относятся виды не обладающие фотопериодической чувствительностью и зацветающие почти одновременно при любой длительности дня (конские бобы, гречиха, подсолнечник, сафлор, нут, томат).

Кроме этих групп различают растения промежуточные (стенофотопериодические), зацветающие при средней продолжительности дня, растения короткодневные, быстро зацветающие при воздействии на них сначала коротким, а затем длинным днем (некоторые представители семейства сельдерейных); растения длиннокороткодневные которые зацветают после пребывания их вначале в условиях длинного дня, а потом короткого.

Фотопериодическая реакция видов и разновидностей растений связана с их географическим происхождением. Растения короткого дня происходят из тропических и субтропических стран. В умеренных широтах преобладают растения длинного дня.

Для облигатных фотопериодических растений характерна *критическая длина дня*, выше или ниже которой цветение не наступает (соответственно РКД и РДД). Критическая длина дня каждого генотипа - генетически детерминантный признак, однако другие внешние факторы способны ее изменить (модифицировать) например под влиянием высоких или пониженных температур, подсушивание растений, выращивание при ограниченном уровне минерального питания.

Фотопериодические условия играют важную роль в определении характера сексуализации, влияют на специфические ростовые реакции (вершкование или карликовость).

Каждому растению свойственна определенная амплитуда световой напряженности. С увеличением интенсивности освещения усиливаются фотосинтез и накопление органических веществ. По интенсивности освещения выделяют экологические группы растений:

гелиофиты (облигатные и факультативные)

сунофиты : теневыносливые теневые

Наиболее требовательные к свету растения, выращиваемые для получения плодов. Растения со средней потребностью в освещенности - корнеплоды, луковичные, капуста, салат, шпинат, многолетние с\х культуры. Растения способные расти при малой освещенности - лук репчатый, щавель, свекла.

Отношение растений к свету в разные периоды жизни

В фазе прорастания свет для растений не нужен. Небольшой и слабый ассимиляционный аппарат всходов должен обеспечить быстрое нарастание корней и листьев. Поэтому в данной фазе онтогенеза возникает наивысшая потребность растений в лучистой энергии. При недостатке света всходы голодают, вытягиваются и погибают. После появления нескольких листьев растение может переносить меньшую освещенность, но чаще за счет ослабления роста. При плохом освещении в период закладки цветковых почек завязи легко опадают.

Методы создания оптимального светового режима

Возможность управления световым режимом не велика и сводится к выбору сроков посева и места со склоном на юг для растений, нуждающихся в большом количестве света. Избыточную освещенность летних дней можно ослабить, увеличивая густоту стояния растений или выращивая рядом кулисы из высокостебельных культур. Схема посевов и посадок, ориентировка грядок по сторонам света – все это возможность управлять световым режимом.

3. Отношение растений к влагообеспеченности.

Растения обладают уникальной способностью расходовать ранее накопленную почвой влагу. Растения извлекают воду из почвы до тех пор пока сосущая сила корней может конкурировать с сосущей силой почвы. Поглощение воды происходит тем интенсивнее, чем больше всасывающая поверхность корневой системы и чем легче корни и почвенная влага приходят в соприкосновение друг с другом. По строению и размеру корневой системы с\х культуры делят на три группы:

С сильно разветвленной корневой системой, распространенной в глубину до 2-5 м

С мощной корневой системой проникающей в подпахотные слои на глубину 1-2 м

С поверхностно (слабо- или сильно разветвленной) распространенной корневой системой

Корневая система овощных растений значительно уступает многим полевым культурам по глубине проникновения, распространению в сторону, степени разветвленности и способности извлекать из почвы труднодоступную влагу.

Например корни озимой пшеницы уходят на глубину до 2 м, кукурузы до 4 м, люцерны до 15-20 м, а корни растения огурца до 0,30 м, перца до 0,50 м, томатов до 0,90 м

По способности извлекать из почвы влагу и расходовать ее культуры делятся на:

Хорошо извлекают воду и интенсивно расходуют ее (столовая свекла,

Хорошо извлекают воду но экономно расходуют ее (дыня, арбуз, морковь, овощная кукуруза, просо)

Плохо добывают воду и неэкономно расходуют (капуста, баклажан, огурец)

Слабо извлекают влагу и экономно ее расходуют (чеснок, лук)

При увлажнении почв нарушается воздушный режим, накапливаются токсичные продукты анаэробного разложения. Устойчивость различных растений к переувлажнению или затоплению весьма неодинакова. Некоторые из них характеризуются весьма высокой приспособленностью к избытку влаги за счет развития воздухоносных тканей в корнях поверхностного развития корневой системы в более аэрированных слоях почвы.

Оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений, изменяется для различных видов в пределах 65-90% наименьшей влагоемкости, в частности 75-90 % для многолетних трав, 65-80% для зерновых, 70-85% для овощных.

Существующие методы определения влажности почвы позволяют контролировать влагообеспеченность растений на протяжении всей вегетации. Наивысшая потребность во влаге наблюдается в фазе прорастания семян. На их набухание и передвижение питательных веществ к проростку требуется влажность 90% наименьшей влагоемкости. После появления всходов быстрорастущие корни начинают извлекать из почвы все возрастающее количество воды. Растения приобретают относительную стойкость к колебаниям влажности почвы.

Посредством выбора видов и сортов с\х культур можно регулировать влагообеспеченность агроценозов в определенных климатических зонах. Например южную часть Нечерноземной зоны и северную часть Черноземной, где годовая сумма осадков 450-520 мм, относят к зоне недостаточного увлажнения. Здесь на поймах и участках с пониженным микрорельефом выращивают среднетребовательные к влаге культуры и получают хорошие урожаи. На суходоле выращивают малотребовательные к влаге культуры (бахчевые, кукурузу, фасоль). Южнее расположена засушливая и сухая зона годовым количеством осадков менее 450 мм, большая часть которых выпадает осенью и зимой, однако и здесь возделывают с\х культуры не менее успешно, за счет правильных влагосберегающих агротехнологий.

Увеличение запасов влаги в почве можно и нужно регулировать.

Улучшение водного режима

Подбор микрозоны для создания определенного вида агроценоза

Снегозадержание, меры против стока талых вод учитывающих микрорельеф местности

Создание определенных форм рельефа поля (нарезка гряд, лункование, бороздование)
 Мульчирование, препятствующее испарению влаги и образованию корки
 Регулирование количества биообъектов в агроценозе (нормы посева, уничтожение сорняков))
 Лесозащитные и кулисные насаждения.
 Искусственное орошение в зоне засушливого климата
 Искусственное осушение в зоне избыточного переувлажнения

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: Почва как уникальное природное тело. Формирование почв

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Роль почвы в природе и жизни человека
2. Плодородие почв.
3. Почвообразование, его факторы и этапы.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

Каркасом для всеобщей жизни служит поверхность планеты: камни и их мелкий отсев – песок и глина. Растения и живность приспособляют этот верхний слой для себя – придают ему продуктивную структуру, состав и свойства, оптимально помогающие им процветать и плодиться, используя энергию солнца, атмосферу с ее газами и влагой, органику и минералы. Вот все это вместе – растения, животные и микробы, процветающие в созданном для себя доме – это и есть почва. Жизнь – явление коллективное. Все уживаются друг с другом. Создается сложная и очень устойчивая экосистема, биоценоз.

Почва – просто нижняя часть биоценоза, наиболее населенная и живая, что нужно подчеркнуть особо. И она фантастически прожорлива. До 80% производимой биоценозом органики, или 80% всей солнечной энергии, запасенной растениями, неизменно достается почве. Это значит, что при других условиях она деградирует. Такой ее создали миллиарды лет эволюции. Один этот факт проясняет очень многое! За тысячи лет видовой состав биоценоза и качества почвы становятся оптимальными и устойчивыми. Явление почвы движется во времени, достигая своего оптимума. В каждом месте и климате создаются разные живые сообщества. Но все почвы предельно продуктивны для обитающей на них жизни – это их общее и главное качество. Это их смысл. И это единственная причина их существования». И далее: «Все живое процветает благодаря почве, но и сама почва – продукт этого процветания. Растения живут благодаря почве, и одновременно являются ее создателями. Так же и живность, и микробы: почва их заботливый дом, но этот дом – продукт их жизни. Будь нормальной средой для других – и другие будут нормальной средой для тебя. В этом смысл экосистемы. Помоги себе, помогая партнеру, - смысл симбиоза и партнерства. Все обитатели и элементы почвы прямо или косвенно связаны. Отними что-то – и все развалится. Отними микробов – и самому приходится подавлять патогенов, разлагать органику, доставлять растениям азот и минералы. Отними структуру - и нет воздуха, воды, хиреют корни,дохнут микробы, уходит живность. Отними органику – и нет ни живности, ни микробов, ни влагоемкости, ни пористости. Отними растения и живность – и нет органики, нет структуры, нет ничего, кроме глины и песка. Почва без живой экосистемы – уже не почва, а просто инертный материал. Он уже не сопротивляется ветру, солнцу и воде, удобрениям и химикатам. Не поддерживает жизнь. Происходит опустынивание. Почва – это, прежде всего, экосистема, устойчиво поддерживающая жизнь».

Рассмотрим теперь вышеприведенное емкое и образное описание почвы более подробно. Прежде всего, следует отметить, что почва – это продукт совместного воздействия климата, растительности, животных и микроорганизмов на поверхностные слои горных пород. В этой сложнейшей системе непрерывно происходит множество процессов, в том числе: синтез и разрушение органического вещества, круговорот элементов зольного и азотного питания растений, детоксикация различных загрязняющих веществ, поступающих в почву, и т. д.

Эти процессы возможны благодаря уникальному строению почвы, которое представляет собой систему из взаимосвязанных составляющих: твердой, жидкой, газообразной и живой. К примеру: воздушный режим почвы тесно связан с ее влажностью. Успешное развитие растений возможно при условии оптимального сочетания этих факторов. Растения, продуцируя большую биомассу, поставляют больше пищевого и энергетического материала для населяющих почву живых организмов, что, в свою очередь, улучшает их жизнедеятельность и способствует обогащению почвы питательными веществами и биологически активными соединениями. Твердая составляющая почвы, в которой в основном сосредоточены источники питательных и энергетических веществ (гумус, органо-минеральные коллоиды, катионы Ca, Mg на поверхности почвенных частиц), взаимосвязана с почвенно-биотическим комплексом (ПБК). Таким образом, все составляющие представляют собой единое целое.

1.4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: Экологические параметры почв. Повышение почвенного плодородия и охрана почв.

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Структура почвы
2. Разрушение почвы
3. Факторы способствующие разрушению почвы

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Почва обладает определенными физическими свойствами, среди которых различают структуру, общие физические свойства и физико-механические свойства.

Структура почвы. Почва может находиться в двух состояниях— бесструктурном и структурном. При бесструктурном состоянии отдельные элементы (песчинки, пылеватые и илистые частицы) не скреплены между собой, а находятся в свободном состоянии. При структурном состоянии механические элементы соединены в агрегаты (отдельности) - различной величины и формы. *Способность почвы распадаться на агрегаты той или иной величины и формы называют структурностью, а сами агрегаты, на которые распадается почва—структурой.*

В почвах встречаются структурные отдельности большого разнообразия, которые группируют на 3 типа: кубовидную, призмовидную и плитовидную структуры. К кубовидной структуре относят агрегаты, примерно одинаково развитые по двум горизонтальным (в ширину и глубину) и вертикальному направлениям.

Агрегаты призмовидного типа вытянуты по вертикали, а плитовидные развиты в основном в горизонтальном направлении. Внутри каждого типа в зависимости от размера

отдельностей и степени выраженности граней и ребер выделяют следующие виды (по С. А. Захарову).

Кубовидная структура:

глыбистая

комковатая

крупнокомковатая

среднекомковатая

мелкокомковатая ореховатая

крупноореховатая

среднеореховатая

мелкоореховатая

зернистая

крупнозернистая

среднезернистая

мелкозернистая

Призмовидная структура

столбчатая

призматическая

Плитовидная структура

плитчатая

пластинчатая

листоватая

Каждый вид структуры характерен для определенной почвы или горизонта профиля той или иной почвы. Поэтому структура — важный генетический признак, помогающий отнести почву к тому или иному типу. Целинные черноземы, например, имеют в гумусовом горизонте зернистую структуру, дерново-подзолистые почвы — комковатую, солонцы — листоватую в гумусовом и столбчатую или призматическую в иллювиальном горизонте. По хозяйственным признакам выделяют:

глыбистую структуру — комочки более 10 мм

Макроструктуру 10-0,25 мм

Микроструктуру грубую (структура пыли) величина частиц от 0,25 до 0,01 мм

Тонкая микроструктура — частицы менее 0,01 мм

Механический состав почвы — важная характеристика почв. От соотношения физического песка (частицы более 0,01 мм) и физической глины (частицы менее 0,01 мм) зависят физико-механические свойства почвы, ее водный, воздушный и тепловой и пищевой режимы.

Сложение почвы — расположение почвенных частиц и структурных агрегатов относительно друг друга. Оно характеризует плотность и пористость почвы и зависит от механического состава, структуры и ряда других свойств.

По степени плотности почвы подразделяются на слитные (очень плотные), плотные, рыхлые и рассыпчатые. *Слитное сложение* присуще иллювиальным горизонтам солонцов и бесструктурным глинистым почвам. Оно характеризуется очень плотным прилеганием частиц, почти без пор и не поддается действию лопаты. *Плотное сложение* типично для большинства суглинистых и глинистых почв, обогащенных коллоидами. Требуется значительных усилий при вдавливании лопаты, а выбрасываемый комок слабо распадается. *Рыхлое сложение* наблюдается на суглинистых и глинистых хорошо оструктуренных почвах, в гумусовых горизонтах, а также в пахотных, если почву обрабатывали в спелом состоянии. *Рассыпчатое сложение* характерно для пахотных горизонтов песчаных и супесчаных почв, бедных перегноем. При таком сложении почвенные частицы не связаны друг с другом и обладают хорошей сыпучестью. Характер сложения в значительной степени обуславливается пористостью.

Пористость (или скважность). Пористостью называют общий объем всех пор в почве, выраженный в процентах к общему объему почвы. Различают пористость *общую*, *внутриагрегатную*

По степени пористости почвы различают: тонкопористое - почва пронизана порами диаметром менее 1 мм; пористое-диаметр пор 1-3 мм, губчатое – с пустотами в 3-5 мм; ноздреватое – пустоты 5-10 мм; ячеистое – пустоты более 10 мм; трубчатое – пустоты в виде каналов, прорытых земляными.

С агрономической точки зрения важны не столько форма структурных отдельностей, сколько их водопрочность, пористость, механическая прочность и размер. Поэтому агрономически ценной называют такую структуру, которая обладает водопрочностью, пористостью, механической прочностью и имеет определенный размер.

Под **водопрочностью** понимают способность почвенных агрегатов противостоять размывающему действию воды. В поле, где наличие воды обязательно для жизни растений, существование непрочных, то есть легко размываемых водой, структурных отдельностей носит временный характер.

Под **пористостью** структурных агрегатов понимают суммарное количество внутриагрегатных пор, выраженное в процентах к объему агрегатов. Эти поры имеют, как правило, небольшой диаметр; в то же время в них легко поступает влага из крупных межагрегатных пор и создает надежный запас воды для растений. Агрономически ценная структура должна иметь пористость, близкую к 50% объема агрегатов.

Под **механической прочностью** структурных агрегатов имеют в виду способность их противостоять разрушению при механическом воздействии на почву сельскохозяйственных орудий, тракторов, автомобилей, животных и т. д. Наличие в гумусовых горизонтах целинных почв морфологически хорошо выраженной, но механически непрочной структуры приводит к тому, что вскоре после освоения таких почв структура в результате воздействия тракторов и сельскохозяйственных орудий разрушается и пахотный слой превращается в распыленную или глыбистую массу.

Агрономически ценными являются агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. При этом для почв северных районов лучшими являются агрегаты больших размеров, так как они хорошо обеспечивают водо- и воздухопроницаемость почвы.

Значение структуры в плодородии почв весьма существенно, так как она способствует формированию благоприятных водного, воздушного и питательного режимов почв. В структурной почве через крупные межагрегатные поры происходит быстрое и полное впитывание осадков, благодаря чему в пахотном слое создаются запасы необходимой для сельскохозяйственных культур влаги, накапливающейся во внутриагрегатных порах. Уменьшающийся поверхностный сток воды по поверхности почвы, одновременно снимает процессы водной эрозии пахотного слоя.

Через межагрегатные поры, быстро освобождающиеся от воды, в почву легко проникает воздух приземного слоя атмосферы, поэтому в структурных почвах создается хороший воздушный режим. Сочетание воды и воздуха в пахотном слое при его благоприятных химических свойствах вызывает интенсивную деятельность микроорганизмов, которая приводит к быстрой трансформации органических удобрений и послеуборочных остатков и, как следствие, к появлению значительного количества элементов питания в доступной растениям форме. В результате в почве формируется благоприятный питательный режим.

Структурные почвы по сравнению с бесструктурными меньше заплывают (не образуют после дождя корку на поверхности), их легче обрабатывать, так как их удельное сопротивление сельскохозяйственным орудиям при обработке меньше, чем у бесструктурных почв. Наконец, они в значительно меньшей степени подвергаются ветровой эрозии, так как агрегаты крупнее 1—2 мм устойчиво противостоят развеванию ветром. В связи с этим эффективность мероприятий на структурных почвах значительно выше, чем на бесструктурных, хотя структура и не главный фактор, определяющий плодородие почв и урожай растений.

Образование структуры — сложный процесс, который в целинных почвах происходит главным образом под воздействием корневой системы луговой травянистой растительности. Корневая система растений, разветвляясь, механически расчленяет массу почвы на ряд комочков и окружает каждый из них густой сеткой корешков. После отмирания и разложения корней образуется свежий (деятельный) гумус, который пропитывает и склеивает комочки. Находящийся в почве кальций коагулирует гумусовые вещества, переводит их в нерастворимую в воде форму и тем самым придает большую прочность комочкам.

Эффективность образования структуры под влиянием корневой системы зависит в основном от густоты и массы корней, количества образующегося гумуса и содержания кальция в почве.

Разрушение структуры — неизбежный процесс, который происходит под воздействием механических, биологических и химических факторов.

К *механическим факторам*, как уже отмечалось ранее, относятся воздействие тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных орудий, животных, а также дождевых капель, падающих на не защищенную растительностью поверхность почвы в весеннее время и осенью после зяблевой вспашки, а на паровых полях — в течение всего вегетационного периода. Особенно неблагоприятно влияет на структуру почвы ее обработка в переувлажненном состоянии, а также воздействие тяжелых колесных тракторов и комбайнов.

Биологический фактор разрушения структуры — это деятельность микроорганизмов, которые минерализуют гумус, склеивающий механические элементы в агрегаты, разрушая тем самым связи между механическими элементами, в результате чего агрегаты распадаются на механические элементы или группу непрочных более мелких агрегатов.

Химический фактор разрушения — воздействие на коллоиды, входящие в состав структурных агрегатов, одновалентных катионов — Na^+ , K^+ и NH_4^+ , поступающих в почву с удобрениями. При увлажнении почвы эти катионы переводят коллоиды почвы в подвижное состояние, что приводит в итоге к разрушению структуры.

В о с т а н о в л е н и е структуры в пахотных почвах определяется влиянием корневой системы сельскохозяйственных культур, количеством гумуса в пахотном слое и насыщенностью почвы основаниями. В связи с этим основные мероприятия по восстановлению структуры следующие: возделывание в севообороте многолетних трав — бобовых или смеси бобовых и злаковых, развивающих большую по массе и густо разветвленную корневую систему; систематическое внесение органических удобрений для повышения содержания в пахотном слое гумуса; известкование кислых почв для насыщения почвенного поглощающего комплекса основаниями и создания благоприятной реакции.

Определенное значение в сохранении и восстановлении структуры имеют обработка почвы (вспашка, культивация и т. д.) в состоянии ее физической спелости, при которой почва хорошо крошится, оструктурирующее воздействие корневой системы однолетних зерновых и зерновых бобовых культур, эффективность которого тем выше, чем выше урожайность этих культур и лучше развита корневая система; наземные и внутрипочвенные послеуборочные остатки сельскохозяйственных культур, являющиеся сырьем для образования гумуса и источником оснований; минимализация обработки почвы, в результате чего снижается механическое разрушение структурных агрегатов при дополнительных проходах тракторов; промерзание почвы. На хорошо гумусированных почвах (приусадебные участки, поля овощных севооборотов) существенное влияние на структуру почвы оказывают дождевые черви, которые, пропуская через пищеварительный тракт механические элементы, склеивают их слизистыми выделениями в небольшого размера водопрочные комочки.

В перспективе создание структуры в почвах возможно путем внесения в них небольшого количества (около 0,001% массы почвы) клеящих веществ — структурообразователей (полимеров и сополимеров), получаемых искусственным путем.

1.5 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: Почвенно-биотический комплекс как целостная материально-энергетическая подсистема агробиоценозов.

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Почвенно-биотический комплекс (почва-растения-микроорганизмы-мезофауна) как целостная материально-энергетическая подсистема агробиоценозов.
- 2 Основные виды негативных воздействий на почвенно-биотический комплекс.
- 3 Экотоксикологические свойства почвенно-биотического комплекса.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

Прежде всего, следует отметить, что почва – это продукт совместного воздействия климата, растительности, животных и микроорганизмов на поверхностные слои горных пород. В этой сложнейшей системе непрерывно происходит множество процессов, в том числе: синтез и разрушение органического вещества, круговорот элементов зольного и азотного питания растений, детоксикация различных загрязняющих веществ, поступающих в почву, и т. д.

Эти процессы возможны благодаря уникальному строению почвы, которое представляет собой систему из взаимосвязанных составляющих: твердой, жидкой, газообразной и живой. К примеру: воздушный режим почвы тесно связан с ее влажностью. Успешное развитие растений возможно при условии оптимального сочетания этих факторов. Растения, продуцируя большую биомассу, поставляют больше пищевого и энергетического материала для населяющих почву живых организмов, что, в свою очередь, улучшает их жизнедеятельность и способствует обогащению почвы питательными веществами и биологически активными соединениями. Твердая составляющая почвы, в которой в основном сосредоточены источники питательных и энергетических веществ (гумус, органо-минеральные коллоиды, катионы Ca, Mg на поверхности почвенных частиц), взаимосвязана с почвенно-биотическим комплексом (ПБК). Таким образом, все составляющие представляют собой единое целое.

Важнейшим компонентом почвы является «живой» компонент, а именно, - почвенно-биотический комплекс (ПБК). Без живых организмов нет и не может быть почвы. От их деятельности зависят характер и интенсивность биологического круговорота веществ, масштабность и интенсивность фиксации основного биогенного элемента – атмосферного азота, способность почвы к самоочищению и многое другое.

ПБК представляет собой разнообразные организмы. По данным некоторых экологов (Б.Гржимек), в слое глубиной 30 см, на одном квадратном метре европейской тайги обитают:

- до 2 кг бактерий, актиномицетов и грибов;
- до 100 г инфузорий и прочих простейших;
- до 50 г нематод, клещей, ногохвосток и коловраток;
- до 100 г моллюсков, мокриц, пауков, многоножек и насекомых;
- до 500 г червей и позвоночных.

Например, только дождевых червей на 1 га пашни приходится 250 тыс., на 1 га пастбища – 500 -1575 тыс., на 1 га сенокосных угодий – 2- 5,6 млн (их число возрастает тем более, чем более сохранена естественная структура почвы).

Среди всех животных, которые населяют биосферу, обитатели почвы обладают наибольшей биомассой. В среднем на 1 га приходится 300 кг живых организмов. Деятельность этих организмов состоит в разложении опада на комплексные органические производные (первоначальная функция дождевых червей); эти соединения затем переходят к бактериям, актиномицетам, почвенным грибам, высвобождающим из органических остатков исходные минеральные компоненты, которые опять используются растениями. Все организмы почвы находятся в постоянном взаимодействии; они очень динамичны в пространстве и во времени; для них характерна высокая чувствительность к малейшим изменениям окружающей среды; некоторые из них обладают необычайно мощным ферментативным аппаратом и способностью выделять в окружающую среду различные вещества. Например, продукты метаболизма микроорганизмов (витамины, аминокислоты, ауксины, антибиотики, ферменты и др.) поступают в растения, играя важную роль в их росте и развитии. От деятельности почвенной биоты зависит плодородие почвы, ее «здоровье», качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей среды. Установлено защитное действие микроорганизмов почвы, проявляющееся в подавлении фитопатогенных форм бактерий и грибов. Микробиота активно функционирует в основном в верхнем гумусовом слое, где сосредоточен наибольший запас питательных элементов.

2. Значение групп животных в формировании почв.

Животный мир представляет собой важную часть биосферы нашей планеты. Вместе с растениями животные играют исключительную роль в миграции химических элементов, лежащей в основе существующих в природе взаимосвязей

Животные, которых насчитывается сегодня, по данным ученых, более 1,8 млн видов, являются потребителями органического вещества, создаваемого растениями из неорганического за счет солнечной энергии. Питаясь растениями и друг другом, животные участвуют в биологической круговороте веществ, а также в круговороте веществ планеты. Отсюда и роль в развитии и жизни природы велика и разнообразна. Один вид животных не способен в любой экосистеме расщепить органическое вещество растений до конечных продуктов. Каждый вид использует лишь часть растений и некоторые содержащиеся в них органические вещества. Непригодные для этого вида растения или еще богатые энергией остатки растений используются другими видами животных. Так, складываются сложные и сложнейшие цепи и сети питания, последовательно извлекающие вещества и энергию из фотосинтезирующих растений. В процессе эволюции виды животных приспособились к наиболее эффективному использованию определенного набора кормовых объектов. Каждый из видов на популяционном уровне приспособлен к тому, что он является кормом для ряда других видов. В сложнейшей взаимосвязанной экосистеме животные как подвижный активный элемент в значительной мере определяют устойчивость этой системы. Находясь в зависимости от растений, животные, в свою очередь, определяют их жизнь, структуру и состав почв, облик ландшафта. Самая разнообразная и многочисленная группа животных (две трети) — насекомые, которые и имеют наибольшее значение в экосистемах. Без насекомых среди растений господствовали бы хвойные, папоротники, мхи и другие голосеменные, так как большинство цветковых растений опыляются насекомыми. Многие птицы, рыбы существуют за счет насекомых. Большая их роль и в формировании почв. Разнообразное значение имеют в экосистемах и другие беспозвоночные. Общеизвестна роль дождевых червей, способствующих аэрации почвы, распределению в ней гумуса, созданию ее

структурности. Большое значение имеют земляные клещи, нематоды, мокрицы, многоножки и многие другие, повышающие плодородие почв

В почве происходит разложение, минерализация и гумификация органического вещества. В ней встречаются все стадии разложения животных и растительных остатков: опавшие листья и начинающие гнить листья и корни растений, микроорганизмов. Все это резко расширяет спектр пищевых ресурсов видов и создает возможность одновременного сосуществования в почве животных с различными пищевыми предпочтениями.

Не менее значительным фактором, определяющим видовое богатство почвенной фауны и огромной ее биомассы по сравнению с обитателями других ярусов биогеоценозов, считается то, что животные используют дополнительный резерв белка -- из микроорганизмов почвы, а не только от высшей растительности. И здесь не столь важны общие запасы органического вещества, сколько большие ресурсы доступного белка (Д. А. Криволицкий, А. Д. Покаржевский).

По степени связи с почвой различают три основные группы животных:

- геобионты - проводящие в почве всю жизнь: дождевые черви, некоторые виды многоножек, ногохвосток и др;

- геофилы - у которых какая-то часть цикла развития обязательно проходит в почве: жуки-жужелицы, хрущи, комары-долгоножки и др;

- геоксены - случайные обитатели почвы, использующие почву лишь в качестве временного убежища или укрытия: развивающиеся вне почвы пауки, вредная черепашка и др.

Таким образом, широта условий жизни в почве делает ее средой, переходной между водной и наземной. Животные заселили подстилку и минеральные горизонты почвы благодаря специальным адаптациям к различным ее фазам. Расхождение в образе жизни различных размерных групп привело к формированию различных экологических групп -- от физиологически водных до строго наземных. Разнообразие источников пищи также обусловило высокий уровень численности, разнообразие видов и экологических групп. Значение почвы в эволюции животного мира заключается в том, что почва рассматривается как среда, через которую животные могли перейти от водного образа жизни к наземному (М. С. Гиляров).

Основная функция животных организмов в почве -- преобразование органических веществ. В почвообразовании принимают участие как почвенные, так и наземные животные. В почвенной среде животные представлены главным образом беспозвоночными и простейшими. Некоторое значение имеют также позвоночные (например, кроты и др.), постоянно живущие в почве. Почвенные животные делятся на две группы: биофагов, питающихся живыми организмами или тканями животных организмов, и сапрофагов, использующих в пищу органическое вещество. Главную массу почвенных животных составляют сапрофаги (нематоды, дождевые черви и др.). На 1 га почвы приходится более 1 млн. простейших, на 1 м -- десятки червей, нематод и других сапрофагов. Огромная масса сапрофагов, поедая мертвые растительные остатки, выбрасывает в почву экскременты. Согласно подсчетам Ч. Дарвина, почвенная масса в течение нескольких лет полностью проходит через пищеварительный тракт червей. Сапрофаги влияют на формирование почвенного профиля, содержание гумуса, структуру почвы.

На основе накопленных сведений о роющей деятельности позвоночных животных выделен ряд форм их воздействия на среду (Б.Д. Абатуров).

а) Норы животных разрыхляют почву, улучшают ее аэрацию, способствуют более глубокому увлажнению почвенной толщи водами атмосферных осадков, защищают почвенную влагу от непродуктивного физического испарения.

б) При рытье нор животные выносят на поверхность материал глубоких горизонтов почвы и тем самым увеличивают содержание легкорастворимых солей, гипса и карбонатов в верхних слоях почв.

в) На перерытых участках вследствие более интенсивного увлажнения происходит проседание почвенной толщи, формируются отрицательные формы микрорельефа.

г) Накопление почвенного материала, вынесенного на поверхность при рытье нор, вызывает формирование положительных форм микро-и нанорельефа (кучки и холмики выброшенной земли) с иными физико-химическими свойствами почв.

д) В местах постоянного расположения нор животные обогащают почву химическими веществами за счет экскрементов и тем самым меняют ее химический состав и улучшают плодородие.

е) Роющие животные перемешивают верхний гумусовый горизонт с нижележащей материнской породой и тем самым увеличивают мощность этого горизонта.

ж) Перерытый норами и разрыхленный почвенный материал легко поддается действию ветра и воды, что служит причиной размывания и развеивания почв и образования эрозионных форм рельефа.

з) Перерытые и нарушенные роющей деятельностью участки заселяются сорными и полевыми видами растений и почвенных беспозвоночных и тем самым служат причиной формирования специфической сорно-полевой фауны и флоры.

и) В результате роющей деятельности меняется не только состав растений, но и их масса, при этом изменения могут быть направлены в сторону как уменьшения (при засыпании растений выброшенной землей, обеднении почвенного субстрата), так и в сторону увеличения (при улучшении плодородия почвы).

к) Разрастание на перерытых местах сорных видов растений вызывает формирование залежного растительного покрова. Локальное нарушение свойств почвенно-растительного покрова служит причиной микрокомплексности почв и растительности в степных, полупустынных и пустынных ландшафтах.

Эти положения, сформулированные еще несколько десятилетий назад (А. Н. Формозов; А. Г. Воронов; В. В. Кучерук и др.), остались без существенных изменений по настоящее время.

Самыми многочисленными представителями наземного животного мира, участвующими в почвообразовании, являются мелкие грызуны (мыши-полевки и др.).

Растительные и животные остатки, попадая в почву, подвергаются сложным изменениям. Определенная их часть распадается до углекислоты, воды и простых солей (процесс минерализации), другие переходят в новые сложные органические вещества самой почвы.

Вместе с экскрементами животных в почву поступает большое количество органического вещества, азота и зольных элементов. При круглосуточном пребывании животных на пастбище большая часть азота, содержащаяся в съеденной траве, возвращается в почву в виде экскрементов.

Экскременты животных служат пищей не только для трав, но также и для почвенной макро-, микрофауны и микрофлоры, повышая их жизнедеятельность. Кал и моча способствуют усреднению почвенной реакции, повышению биогенности почв. Вместе с тем, благодаря экскрементам животных, увеличивается численность и обогащается видовой состав почвенных макро- и микроорганизмов.

Влияние экскрементов на почву и растения определяется не только их количеством, но и химическим составом, физическими свойствами, формой и особенностью их распределения по поверхности, а все это зависит от вида животных, выпасающихся на пастбище

3. Биогеоценотическая деятельность микробного комплекса

Среди всех обитателей почвы огромное значение имеют микроорганизмы. Помимо вышесказанного о них, имеет смысл добавить некоторые данные.

По отношению к кислороду выделяют аэробные (потребляющие кислород) и анаэробные (живущие в отсутствие кислорода) организмы, по способу питания –

автотрофные (сами создают органическое вещество) и гетеротрофные (питаются готовым органическим веществом). Численность микроорганизмов зависит от почвенно-экологических факторов. Например, наибольшее количество почвенных микроорганизмов содержится в черноземах с естественной структурой и отдельных подтипах каштановых почв.

Особо следует отметить роль микроорганизмов в круговороте веществ. Они минерализуют органические остатки и замыкают, таким образом, биологические циклы экосистем. Ежегодно на суше синтезируется огромное количество фитомассы. Часть ее поедается животными, возвращаясь в почву с экскрементами. Дополняют биомассу прижизненные выделения корней и сама корневая система. Все эти значительные объемы органического вещества в результате деятельности микроорганизмов превращаются в формы, усвояемые растениями. Последние снова производят органическое вещество. Так, в общем виде протекает биологический круговорот веществ. Практически нет ни одного элемента, который не подвергался бы воздействию микроорганизмов или их метаболитов.

От микроорганизмов зависит степень обеспеченности растений необходимыми элементами питания и энергией. Для питания растений необходимо, чтобы минералы, находящиеся в почве, были растворены. Для этого, в свою очередь, необходимы кислоты. Их, для растворения минералов, выделяют корни растений. Но главным растворителем является угольная кислота. Ее источник – углекислый газ. Он выделяется в процессе дыхания микроорганизмов, разлагающих органическое вещество. Ясно, что без органического вещества и при отсутствии микроорганизмов растения недостаточно обеспечены питанием и энергией.

1.6 Лекция № 6 (2 часа).

Тема: Растения и животные в агроландшафте, их влияние на продуктивность агробиоценозов.

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Растения в агроландшафте, хозяйственно-биологические типы культурных растений.
- 2 Влияние культурных растений на плодородие почв.
- 3 Значение групп животных в формировании почв

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

На основе накопленных сведений о роющей деятельности позвоночных животных выделен ряд форм их воздействия на среду (Б.Д. Абатуров).

а) Норы животных разрыхляют почву, улучшают ее аэрацию, способствуют более глубокому увлажнению почвенной толщи водами атмосферных осадков, защищают почвенную влагу от непродуктивного физического испарения.

б) При рытье нор животные выносят на поверхность материал глубоких горизонтов почвы и тем самым увеличивают содержание легкорастворимых солей, гипса и карбонатов в верхних слоях почв.

в) На перерытых участках вследствие более интенсивного увлажнения происходит проседание почвенной толщи, формируются отрицательные формы микрорельефа.

г) Накопление почвенного материала, вынесенного на поверхность при рытье нор, вызывает формирование положительных форм микро-и нанорельефа (кучки и холмики выброшенной земли)| с иными физико-химическими свойствами почв.

д) В местах постоянного расположения нор животные обогащают почву химическими веществами за счет экскрементов и тем самым меняют ее химический состав и улучшают плодородие.

е) Роющие животные перемешивают верхний гумусовый горизонт с нижележащей материнской породой и тем самым увеличивают мощность этого горизонта.

ж) Перерытый норами и разрыхленный почвенный материал легко поддается действию ветра и воды, что служит причиной размывания и развеивания почв и образования эрозионных форм рельефа.

з) Перерытые и нарушенные роющей деятельностью участки заселяются сорными и полевыми видами растений и почвенных беспозвоночных и тем самым служат причиной формирования специфической сорно-полевой фауны и флоры.

и) В результате роющей деятельности меняется не только состав растений, но и их масса, при этом изменения могут быть направлены в сторону как уменьшения (при засыпании растений выброшенной землей, обеднении почвенного субстрата), так и в сторону увеличения (при улучшении плодородия почвы).

к) Разрастание на перерытых местах сорных видов растений вызывает формирование залежного растительного покрова. Локальное нарушение свойств почвенно-растительного покрова служит причиной микрокомплексности почв и растительности в степных, полупустынных и пустынных ландшафтах.

1.7 Лекция № 7 (2 часа).

Тема: Биогеоценотическая деятельность микробного комплекса Экологические группы микроорганизмов и их влияние на плодородие почвы.

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Роль микроорганизмов в почвообразовании.
- 2 Экологические группы микроорганизмов.
- 3 Свободноживущие и симбиотические микроорганизмы.
- 4 Микроорганизмы-паразиты растений и животных.
- 5 Бактериальные удобрения.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

Среди всех обитателей почвы огромное значение имеют микроорганизмы. Помимо вышесказанного о них, имеет смысл добавить некоторые данные.

По отношению к кислороду выделяют аэробные (потребляющие кислород) и анаэробные (живущие в отсутствие кислорода) организмы, по способу питания – автотрофные (сами создают органическое вещество) и гетеротрофные (питаются готовым органическим веществом). Численность микроорганизмов зависит от почвенно-экологических факторов. Например, наибольшее количество почвенных микроорганизмов содержится в черноземах с естественной структурой и отдельных подтипах каштановых почв.

Особо следует отметить роль микроорганизмов в круговороте веществ. Они минерализуют органические остатки и замыкают, таким образом, биологические циклы экосистем. Ежегодно на суше синтезируется огромное количество фитомассы. Часть ее поедается животными, возвращаясь в почву с экскрементами. Дополняют биомассу прижизненные выделения корней и сама корневая система. Все эти значительные объемы органического вещества в результате деятельности микроорганизмов превращаются в формы, усвояемые растениями. Последние снова производят органическое вещество. Так, в общем виде протекает биологический круговорот веществ. Практически нет ни одного элемента, который не подвергался бы воздействию микроорганизмов или их метаболитов.

От микроорганизмов зависит степень обеспеченности растений необходимыми элементами питания и энергией. Для питания растений необходимо, чтобы минералы, находящиеся в почве, были растворены. Для этого, в свою очередь, необходимы кислоты. Их, для растворения минералов, выделяют корни растений. Но главным растворителем

является угольная кислота. Ее источник – углекислый газ. Он выделяется в процессе дыхания микроорганизмов, разлагающих органическое вещество. Ясно, что без органического вещества и при отсутствии микроорганизмов растения недостаточно обеспечены питанием и энергией.

Вместе с разложением органических остатков в почве идут процессы гумификации. В этих процессах велика роль почвенной биоты, в частности микроорганизмов. Все разновидности мертвого органического вещества, подвергаясь в почве биологическому разложению и окислению — гумификации, преобразуются обычно в единую, довольно стабильную химическую субстанцию почвенного субстрата — гумусовые вещества.

При гумификации растительных и животных остатков наблюдается последовательность в смене микроорганизмов - деструкторов, их видовой состав и интенсивность развития зависят от тех органических соединений, которые входят в состав растительных и животных остатков. При этом происходит не только разложение органических остатков, но и синтез новых органических соединений. Продукты распада используются, в частности, в процессе синтеза специфических органических веществ почвы — фульвокислот и гуминовых кислот. Гумус* накапливается в результате длительного и разнообразного взаимодействия и взаимовлияния населяющих почву организмов и высших растений. Почвенное плодородие, основу которого составляют гумусовые вещества, зависит от структуры и активности почвенной микробиоты.

Также необходимо отметить уникальную способность микроорганизмов фиксировать газообразный, атмосферный азот и переводить его в усвояемые для растений соединения. Азот, фиксируемый почвенными микроорганизмами, называется биологическим, а микроорганизмы, связывающие молекулярный азот, - азотфиксаторами. Доля биологического азота в урожае достигает 60 – 90% (для сравнения, 5% азота в форме аммиака приходится на химические заводы по производству азотных удобрений, при этом коэффициент использования химического азота редко превышает 40%). Суммарное годовое количество азота, продуцируемое свободноживущими азотфиксаторами, колеблется для разных почв от десятков до сотен килограммов на 1 га. Симбиотическая азотфиксация, протекающая при участии клубеньковых бактерий, дает еще 60 – 300 кг азота на 1 га. При фиксации атмосферного азота исключается загрязнение почв, водоемов и атмосферы, которое имеет место при внесении химического азота. Процесс восполнения запасов азота в почве за счет биологической фиксации важен и с энергетической точки зрения, так как на производство химических азотных удобрений приходится примерно треть всех средств, вкладываемых в сельскохозяйственное производство.

В дополнение сказанному о живой составляющей почвы, хочется также заметить, что в последнее время значение этой составляющей существенно возросло. При техногенном загрязнении компонентов биосферы, в том числе и почв, почвенная биота выполняет еще одну важную функцию – детоксикации различных соединений, присутствующих в почве и влияющих на состояние окружающей среды и качество сельскохозяйственной продукции.

Кроме того, исходя из всего вышесказанного, хотелось бы особенно отметить огромный вред для почвенной биоты, а значит и для самой почвы, так называемых «палов». Распространенные повсеместно, ежегодное поджигание растительности приносит много отрицательных последствий, а именно: гибель корневой системы растений, гибель животных, гибель почвенной микрофлоры и изменение внутрипочвенной, усиление заражения грибами, насекомыми, сгорание подстилки и почвенного гумуса, спекание минеральных частиц верхнего слоя почвы, образование труднопроницаемой для воды, воздуха и корней корки, уплотнение почвы, резкое уменьшение кислотности почвы и т.д.

Почвы, особенно черноземы, - важнейшее богатство планеты. От бережного отношения к ним зависит дальнейшая жизнь человечества. Их роль огромна. В экосистемах они выполняют следующие важнейшие функции 1. Почва занимает

центральное положение во взаимодействии природных круговоротов. При этом в биогеоценозе почва выполняет интегрирующие и управляющие функции.

Почва обеспечивает жизнь на Земле. Реализация этой функции зависит от концентрации в почве в доступных формах элементов, необходимых организмам. Почва – своеобразное депо, удерживающее важнейшие биогены от быстрого смыва их в Мировой океан. Почва аккумулирует влагу, осаждаёт её в себе в виде подземной росы, поглощает её в виде осадков.

Почва служит средой обитания для растений, животных, микроорганизмов. При этом она уравнивает и регулирует численность своего населения, выполняя функцию генерирования и сохранения биологического разнообразия.

Почва упорядочивает все потоки веществ в биосфере, она «замыкает» все биохимические циклы.

Почва регулирует состав атмосферы и гидросферы. В результате постоянного газообмена между почвой и атмосферой трансформируются различные газы, микрогазы. Почва одновременно поглощает атмосферный кислород.

Почва накапливает в поверхностной части коры выветривания специфическое органическое вещество – гумус и связанную с ним химическую энергию.

Рассматривая сущность почвы, её устройство, обитателей, функции ей выполняемые, её основные свойства, нельзя не отметить существенную разницу естественной почвы и той почвы, которая является основой земледелия в буквальном смысле, т.е. почвы пахотных полей. Последняя далеко не так эффективна. В чём отличие почвы агроэкосистемы, что собой представляет такая почва, каковы её свойства и почему происходит нарушение её эффективности, которое проявляется в падении плодородия, рассмотрим ниже.

1.8 Лекция № 8 (2 часа).

Тема: Удобрения, их значение для роста и развития с/х культур. Особенности экологически безопасного применения удобрений

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Особенности минерального питания растений, значение некоторых химических элементов для растений
2. Виды удобрений, сроки и способы их внесения
3. Факторы отрицательного влияния минеральных удобрений на биосферу

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

Органические и неорганические вещества, содержащие элементы питания растений или мобилизующие питательные вещества почвы. В зависимости от химического состава подразделяются на Органические удобрения (навоз, компосты, зелёное удобрение и др.) и Минеральные удобрения (азотные, фосфорные, калийные, комплексные, известковые, микроудобрения), от воздействия на питание растений — на прямые и косвенные. Выделяют также Бактериальные удобрения. У., получаемые непосредственно в хозяйствах, называются местными, на химических предприятиях — промышленными. У. повышают Плодородие почвы (её питательный, водный, тепловой и воздушный режимы), улучшают химические, физико-химические, физические и микробиологические свойства. Многократное внесение У. в больших дозах и др. приёмы окультуривания почвы (обработка, посев трав и т.п.) могут изменить направление почвообразовательного процесса и привести к формированию новых почвенных подтипов — антропогенных почв, отличающихся высоким плодородием. Применяя У., человек активно вмешивается в круговорот веществ в природе, создавая, в

частности, положительный баланс питательных веществ в земледелии. При правильном использовании U положительно влияют на рост, развитие растений и в конечном итоге на урожай и качество продукции. Эффективность удобрений зависит от биологических особенностей с.-х. культур, содержания элементов питания в почве и её влажности, реакции почвенного раствора и т.п. Большие прибавки урожая дают U в условиях орошения. Сочетание U и полива способствует также более экономному расходованию воды и питательных веществ растениями. Обеспеченность U 1 га посева — один из основных показателей интенсификации земледелия. Считается, что примерно 50% общей прибавки урожая получается за счёт U . В СССР прибавка урожая основных с.-х. культур при применении U показана в таблице. Применение 1 т навоза обеспечивает в 1-й год после внесения дополнительный урожай зерна 0,2—0,3 ц, картофеля 1—1,5 ц, зелёной массы кукурузы 3—4 ц. В севообороте эффективность минеральных и органических U при одинаковом содержании питательных веществ одинакова. На лёгких почвах наибольшую прибавку урожая получают при совместном внесении органических и минеральных U . Кроме того, органические U обогащают почву Гумусом, что создаёт предпосылки для увеличения доз минеральных U . Это имеет большое значение при выращивании интенсивных сортов, расходующих на создание урожая много питательных веществ.

Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур огромное значение имеет внесение в почву элементов, необходимых для роста и развития растений. Эти элементы вносятся в почву в виде органических (навоз, торф и др.) и минеральных (продукты химической переработки минерального сырья) удобрений. Производство последних является одной из важнейших отраслей химической промышленности. Вырабатываемые химической промышленностью минеральные удобрения подразделяются на:

- а) фосфорные (главным образом простой и двойной суперфосфаты и преципитат);
- б) азотные (сульфат аммония, аммиачная селитра, кальциевая и натриевая селитры);
- в) калийные (хлористый калий и смешанные калийные соли);
- г) борные, магниевые и марганцевые (соединения и соли, содержащие эти элементы).

Производство минеральных солей удобрений составляют одну из важнейших задач химической промышленности. Ассортимент минеральных солей, используемых в сельском хозяйстве, самой химической промышленности, металлургии, фармацевтическом производстве, строительстве, быту, составляет сотни наименований и непрерывно растет. Масштабы добычи и выработки солей исключительно велики и для некоторых из них составляют десятки миллионов тонн в год. В наибольших количествах производятся и потребляются соединения натрия, фосфора, калия, азота, алюминия, железа, серы, меди, хлора, фтора и др. Самым крупнотоннажным является производство минеральных удобрений.

Самым крупным потребителем солей и минеральных удобрений является сельское хозяйство. Связано это с тем, что современное интенсивное сельскохозяйственное производство невозможно без внесения в почву научно обоснованного количества различных минеральных удобрений, содержащих элементы, которых недостаточно в почве для нормального роста растений, в частности зерна.

Применение удобрений в большой степени влияет на качество производимой продукции. Особенно это относится к азотным удобрениям.

Проблема нитратов в сельскохозяйственной продукции тесно связана с низкой экологической культурой. Неграмотное применение азотных минеральных и органических ведет к тому, что избыток азота в почве вызывает поступление нитратов в растения в больших количествах. Кроме того, азотные удобрения способствуют увеличению поступления из самой почвы нитратов, образующихся при минерализации органического вещества.

Нитраты (NO_3) представляют собой соли азотной кислоты (с формулой HNO_3), нитриты (NO_2) — соли азотистой кислоты. Соли азотной кислоты используют в качестве удобрений: нитрат натрия — натриевая (чилийская) селитра, нитрат калия — калиевая

селитра (или просто селитра), нитрат аммония — аммиачная селитра, нитрат кальция — кальциевая селитра.

В последнее время в связи с возросшим вниманием к охране окружающей среды все чаще объектами контроля становятся почва, вода, удобрения, растения. Как правило, содержание нитратов выражают в мг/100 г или мг/кг для почвы; в мг/кг сырой массы; в процентах на сухое вещество; в мг и процентах для растений; в мг/л для воды. Содержание нитратов характеризуют по азоту нитратов ($N - NO_3$), по нитрат-иону (NO_3) или по нитрату натрия ($NaNO_3$). С этой целью можно использовать коэффициенты пересчета:

Формы соединений	Коэффициент
$N \rightarrow NO_3 \rightarrow NO_3$	4.427
$NO_3 \rightarrow N \rightarrow NO_3$	0.226
$NaNO_3 \rightarrow N \rightarrow NO_3$	0.165
$N \rightarrow NO_3 \rightarrow NaNO_3$	6.068
$NO_3 \rightarrow NaNO_3$	1.371
$NaNO_3 \rightarrow NO_3$	0.730

Нитраты являются главным элементом питания растений, произрастающих на земле, поскольку в них входит азот — основной строительный материал. В естественных условиях (в лесу или на лугу) содержание нитратов в растениях небольшое (1...30 мг/кг сухой массы), они почти полностью переходят в органические соединения (аминокислоты, белки и т. д.). В культурных растениях (капуста, картофель, редис, свекла и т. д.) при возделывании на удобренной почве количество нитратов возрастает во много раз (40... 12 000 мг/кг сухой массы). Нитраты присутствуют во всех средах: почве, воде, воздухе. Сами нитраты не отличаются высокой токсичностью, однако под действием микроорганизмов или в процессе химических реакций восстанавливаются до нитритов, опасных для человека и животных. В организме теплокровных нитриты участвуют в образовании более сложных (и наиболее опасных) соединений — нитрозоаминов, которые обладают канцерогенными свойствами.

Среди возделываемых культур наибольшее количество нитратов накапливается в свекле столовой, салате, шпинате, укропе, редисе, редьке,

Томат, перец, баклажан, чеснок, горошек и фасоль отличаются низким содержанием нитратов.

В связи с опасностью, которую нитраты могут представлять для нормального функционирования организма человека, в различных странах разработаны ПДК нитратов в продуктах питания. ПДК устанавливают путем проведения специальных исследований на подопытных животных (мыши, крысы). Так как NO_3 поступает в организм человека преимущественно из овощей, то особое внимание следует обращать на динамику содержания в овощах и продуктах их переработки.

ПДК нитратов установлены для продукции как открытого, так и защищенного грунта (парники, теплицы).

Рассматривая нитратное загрязнение сельскохозяйственной продукции, нельзя упускать из виду макро- и микроэлементный состав почв, степень их загрязнения и др. Так, на почвах легкого гранулометрического состава, бедных калием, опасность нитратного загрязнения возрастает. Недостаток серы тоже способствует накоплению нитратов, так как сульфогруппа входит в состав фермента нитратредуктазы, представляющей собой комплекс флавопротеина с молибденом. При дефиците в почве молибдена и марганца нитратредуктаза образуется в недостаточном количестве, что, в свою очередь, стимулирует накопление нитратов в растениях.

На процессы накопления нитратов в овощах влияет загрязнение почвы и поливной воды. Это также необходимо учитывать при решении практических задач.

Убранную продукцию следует правильно хранить и перерабатывать, поскольку нарушение условий хранения и режимов переработки может вызвать повышение количества нитратов в конечном продукте.

Нитрит-ион (NO_2) является составной частью азотистой кислоты (HNO_2), которая существует в виде разбавленного водного раствора на холоде, так как в обычных условиях легко разлагается.

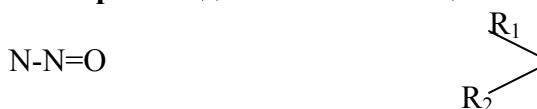
В почве нитриты образуются в результате деятельности нитрифицирующих и денитрифицирующих микроорганизмов в качестве промежуточного продукта окисления аммиака и восстановления нитратов.

В обычных условиях их содержание в растениях и воде невелико. Однако при хранении свежих овощей при комнатной температуре может происходить микробиологическое превращение нитратов в нитриты в результате чего содержание последних увеличивается (до 3600 мг/кг сухого вещества). При хранении в холодильнике в течение суток количество нитритов, например, в свежееубранном шпинате постепенно увеличивается, в то время как в замороженном шпинате их содержание не меняется. Однако количество нитритов резко возрастает при оттаивании замороженной продукции при комнатной температуре в течение длительного времени. Продолжительное хранение банок с консервированными продуктами детского питания в открытом состоянии ведет к повышению содержания нитритов. Наиболее интенсивно нитриты образуются в присутствии *Escherichia coli* и *Pseudomonas fluorescens*. Нитриты (в частности, нитрит натрия) широко используют при производстве и консервировании колбасных и мясных изделий и рыбной продукции для предотвращения ботулизма, вызываемого токсинообразующими штаммами *Clostridium botulinum*, которые присутствуют в сыром мясе и сохраняются в мясных продуктах после кулинарной обработки. Обычные концентрации нитритов в пищевых продуктах и воде не представляют опасности для здоровья взрослых и детей старшего возраста, но риск может быть намного выше для грудных детей до 3... 6-месячного возраста.

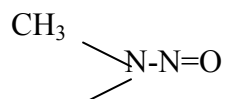
В некоторых странах добавление нитритов в мясо, мясные продукты, сыр и рыбные продукты регламентируется законодательством.

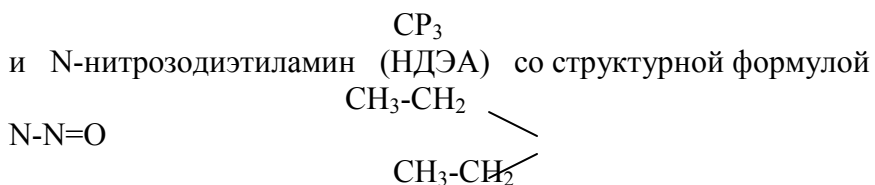
Из мясных продуктов наибольшее количество нитритов обнаружено в солонине и ветчине (соответственно 20...200 и 10...180 мг/кг), наименьшее их количество содержится в сосисках (8...10 мг/кг). Сыры, как правило, не содержат заметного количества нитритов (не более 1 мг/кг).

N-нитрозосоединения. Эти вещества имеют общую структуру:



где R_1 и R_2 являются алкильными или арильными группами. N-Нитрозосоединения относятся к химическим соединениям, широко распространенным в компонентах окружающей среды — почве, воде, воздухе, растениях, поэтому они постоянно действуют на человека. Многие из этих соединений способны вызывать опухоли у теплокровных даже при небольших концентрациях. Считается, что доза нитрозоамина 10...14 мг/кг является канцерогенной при длительном поступлении с продуктами, имеющими существенный удельный вес в рационе человека. К N-нитрозосоединениям относятся N-нитрозоамины и N-нитрозоамиды. N-Нитрозоамины образуются как в самих организмах теплокровных, так и вне их. В отличие от N-нитрозоаминов N-нитрозоамиды проявляют канцерогенное действие без предварительной модификации. Широко распространенные N-нитрозоамины: N-нитрозодиметиламин (НДМА) со структурной формулой





Нитрозоамины — достаточно стабильные соединения, способные длительное время циркулировать в окружающей среде, загрязняя почву, воду, воздух, корма. Во многих регионах существует реальная угроза повышения содержания N-нитрозосоединений и их предшественников, негативного воздействия на экосистемы, состояние здоровья человека и животных.

Наличие нитрозоаминов в почве свидетельствует о том, что они, могут поступать в растения экзогенным путем, т. е. в системе почва—растение нитрозоамины могут образовываться и разлагаться, поглощаться растениями. Поступающие из почвы в растения нитрозосоединения под действием ферментов подвергаются денитрозированию и расщеплению до исходных веществ. Кроме того, нитрозоамины могут образовываться и в самих растениях при наличии предшественников: аминов, амидов, нитратов, нитритов и некоторых аминокислот. К веществам, которые катализируют реакции нитрозирования, относятся: хлориды, бромиды, галогениды, соли металлов, комплексные соединения Mo, Cu, Fe, Hg, Co, хлорогеновая и галловая кислоты. К ингибиторам реакции нитрозирования относятся: аскорбиновая кислота, токоферол, лизин, треонин, кофейная и феруловая кислоты.

Наибольшее количество НДМА найдено в рыбных (31...35 мг/кг), мясных (37...41) продуктах, пиве (40...45) и солоде (560...590 мг/кг). Содержание нитрозоаминов в молочных и растительных продуктах, напитках и соках колеблется в широких пределах (0,01...1,2мкг/кг). Допустимые концентрации нитрозоаминов в продукции растениеводства установлены в границах 0,005...0,01 мг/кг сырого вещества. Суммарное содержание НДМА и НДЭА в зерне не должно превышать 0,002 мг/кг, в пиве — 0,003, в солоде — 0,015 мг/кг. Однако для других продуктов нормативов на содержание нитрозоаминов пока не имеется.

В смесях сочных концентрированных кормов содержание НДМА может достигать 150 мкг/кг. В кормах с добавлением рыбной муки количество НДМА колебалось в пределах 5... 400 мкг/кг. Среди культурных растений наименьшим содержанием нитрозоаминов отличается пшеница, а наибольшим — свекла. Высоким количеством нитрозоаминов отличаются такие лекарственные травы, как череда, пустырник и шалфей.

Количество нитрозоаминов в продукции растениеводства зависит от погодных условий, свойств почвы и применяемых удобрений. При неблагоприятных погодных условиях содержание нитрозоаминов возрастает. При внесении фосфорных и калийных удобрений количество НДМА и НДЭА в клубнях картофеля снижается более чем в 4 раза. В процессе хранения картофеля в течение 9 мес количество нитрозоаминов также снижается. Применяемые азотные удобрения способствуют аккумуляции нитрозоаминов в урожае редьки и капусты пекинской.

В целом содержание N-нитрозосоединений в растениеводческой продукции значительно ниже по сравнению с возможным их накоплением в продукции животноводства. Как правило, в продукции растениеводства количество НДМА выше, чем НДЭА. Больше всего НДМА накапливается в капусте, свекле кормовой и моркови. Высоким содержанием НДЭА отличаются яблоки, капуста и кукуруза.

Таким образом, высокая аккумуляция N-нитрозосоединений в продукции в значительной степени обусловлена деятельностью человека. Разумеется, очень важно учитывать допустимые уровни содержания нитрозосоединений.

Допустимые уровни содержания N-нитрозоаминов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (суммарное

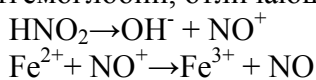
содержание НДМА и НДЭА) мг/кг, не более:

Мясо и мясные продукты (кроме копченых) 0,002
 Копченые мясные продукты 0,004
 Рыба и рыбопродукты 0,003
 Зерновые, зерновые бобовые, крупы, мука,
 хлебобулочные и макаронные изделия 0,002
 Пивоваренный солод 0,015
 Пиво, вино, водка и другие спиртные напитки 0,003

Влияние нитратов и их производных на здоровье человека.

Как вещества, обладающие токсичными свойствами, нитраты и нитриты известны давно. Например, широкую известность получило заболевание под названием «метгемоглобинемия», особенно опасное для детей грудного возраста. При этом заболевании нитратный ион (NO_3) взаимодействует с гемоглобином крови, образуя метгемоглобин, который не способен транспортировать кислород крови, что приводит к удушью.

Метгемоглобин — продукт окисления двухвалентного железа (Fe^{2+}) в трехвалентное (Fe^{3+}). В результате гемоглобин, имеющий красную окраску, превращается в метгемоглобин, отличающийся темно-коричневой окраской:



При нормальном состоянии в организме образуется около 2 % метгемоглобина, поскольку редукторы красных кровяных телец (эритроцитов) взрослого человека обладают способностью вновь превращать образовавшийся метгемоглобин в гемоглобин.

При поступлении значительных количеств нитратов в организм человека проявляется цианоз (темно-синяя или фиолетово-синяя окраска слизистой и кожного покрова), понижается кровяное давление, наблюдается сердечная и легочная недостаточность.

Первые признаки заболевания отмечаются при содержании в крови 6...7 % метгемоглобина. Легкая форма болезни соответствует содержанию в крови 10...20 % этого вещества, средняя — 20...40 %, а тяжелая — более 40 % (не исключается летальный исход).

Нитраты в повышенной концентрации могут влиять на активность ферментов пищеварительной системы, метаболизм "витамина А, деятельность щитовидной железы, работу сердца, на центральную нервную систему. Хроническая интоксикация нитратами снижает содержание в организме витаминов А, Е, С, В, и В6.

Повышенные количества нитратов в продуктах питания могут приводить к возникновению и более опасных заболеваний. Нитриты, образовавшиеся в кишечнике, могут превращаться в нитрозоамины — сильные канцерогены.

Механизм канцерогенного действия N-нитрозосоединений на молекулярном уровне включает алкилирование нуклеиновых кислот, в первую очередь гуанина.

Канцерогенность нитрозосоединений для развивающегося плода в 10 раз выше, чем для взрослых людей, что, возможно, определяется большей активностью нуклеиновых кислот в период эмбрионального развития, а также высокой чувствительностью нервной системы плода.

Изучение биологического действия нитратов и их производных свидетельствует о том, что повышенные концентрации этих веществ могут отрицательно влиять на все жизненно важные функции человека

1.9 Лекция № 9 (2 часа).

Тема: Влияние средств химизации на агроэкосистемы Биологическое земледелие и охрана ландшафтов.

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Классификация пестицидов.
2. Поведение и биологическое действие пестицидов в агрофитоценозах.
3. Основы биологического земледелия.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

Различные токсиканты и, в первую очередь диоксид серы, оксиды азота и углерода, озон, тяжелые металлы, негативно влияют на хвойные и широколиственные деревья, кустарники, полевые культуры и травы, мхи и лишайники, фруктовые и овощные культуры и цветы. В газообразном виде или в виде кислотных осадков они отрицательно действуют на важные ассимиляционные функции растений, органы дыхания животных, резко нарушают метаболизм и приводят к различным заболеваниям. Так, например, под действием озона (O_3) в растениях снижается не только активность транспортной системы, но и содержание хлорофила. Прослеживается высокая корреляция между повреждением листьев и количеством адсорбированного диоксида серы (SO_2). Высокие дозы SO_2 или продолжительные воздействия его низких концентраций приводят к сильному ингибированию процессов фотосинтеза и снижению дыхания. Можно отметить, что в целом эти и другие, указанные выше токсиканты существенно нарушают различные биохимические и физиологические процессы и структурную организацию клеток растений. Существует индивидуальная реакция отдельных видов растений на увеличение уровня атмосферного загрязнения. Все виды растений по степени их сопротивляемости воздействию загрязнения подразделяют на устойчивые, промежуточные и чувствительные.

В зонах повышенной загазованности, запыленности и перегрева атмосферного воздуха выявлена повсеместная повреждаемость растений. Установлено, что велика повреждаемость растений дымом со значительной концентрацией двуокиси серы, окиси азота и углерода, сероводорода, аммиака и других (Битюкова, 2004). Многие из этих соединений, растворяясь в воде, образуют вредные для растений кислоты (Майснер, 1981).

Растения в условиях урбанизированной (техногенной) среды, сохраняя внешне неизменный вид, претерпевают значительные изменения биохимического состава и физиологических процессов (Илькун, 1978). Промышленные газы и аэрозоли могут оказывать на растения комплексное и индивидуальное воздействие. Но нередко эффект повреждения вызывается одним, преобладающим в среде, соединением (Майснер, 1981). Распространение и распределение атмосферных токсикантов, в тканях листа при закрытых устьицах, может быть представлено в следующей последовательности: поглощенные кутикулой газы диффундируют в нижерасположенные оболочки эпидермальных клеток, частично проникают в клетки, но в основном распространяются по свободному пространству к соседним клеткам и достигают проводящих сосудов (Илькун, 1982).

Если токсические газы проникают через устьица, то они насыщают оболочки клеток, выстилающих дыхательные полости и каналы, растворяются в воде, и одна их часть проникает в клетку, а другая вместе с током воды транспортируется по жилкам до мест потребления (Гетко, 1989).

Однако не все элементы распределяются в растении по указанному пути. Распространение и распределение токсических веществ разной химической природы в пределах листовой пластинки и всего растения контролируется не структурой проводящих

тканей, а избирательным поглощением каждого из них в отдельности и зависит от концентрации токсического вещества, скорости его поступления в лист и передвижения по сосудам (Косулина, 1993). При медленном поступлении, но быстром оттоке по ксилемным сосудам токсические соединения сосредотачиваются на верхушке и периферии листа, в результате чего появляются глубокие и необратимые нарушения. Так, по краям листа в условиях постоянного загрязнения воздуха газообразными токсикантами содержится в 10-50 раз больше фтора, окислов серы, азота, чем в срединной его части (Илькун, 1978).

Илькун Г.М. (1978) наблюдал, что вместе с транспортными метаболитами из сформированных листьев экспортируется часть накопленных токсических веществ. Накопление в молодых листьях высоких доз токсических веществ, поступающих из средневозрастных листьев, может вызвать полную их гибель и опадение. Аккумулирующиеся в побегах путем оттока из листьев и притока из корней токсические соединения передвигаются к меристематическим тканям в период их активного состояния и отрицательно влияют на рост побегов, листьев и формирование генеративных органов (Тутаюк, 1972).

Реакция на действие атмосферных газообразных токсикантов в большинстве случаев носит двухфазный характер:

- увеличивается активность функциональных приспособлений;
- происходит угнетение метаболизма.

Соотношение этих двух фаз в значительной мере определяет степень газоустойчивости растений (Тарабрин, 1974).

На деревьях в зонах высокой загазованности много недоразвитых деформированных листьев, уже в начале лета проявляется омертвление их тканей, начинающееся с краев, а затем распространяющееся к середине. Листья темнеют, засыхают и опадают, чем сокращается продолжительность жизни растений (Битюкова, 2004).

В условиях промышленно-загрязненной среды древесные растения имеют более мелкие листья, большую толщину эпидермиса, меньшие размеры клеток ассимиляционной паренхимы и устьиц, большее количество устьиц на единицу площади листа. Усиление ксероморфности в строении листьев часто способствует повышению их газоустойчивости (Исаченко, 1938; Николаевский, 1967).

Под действием загрязняющих веществ, происходит подавление фотосинтеза, нарушение водообмена, многих биохимических процессов, снижение транспирации, общее угнетение роста и развития растений. Это приводит к изменению окраски листьев, некрозу, опадению листьев, изменению формы роста, ветвлению и т.д. (Хвастунов, 1999).

Накапливаясь в тканях листа сверх допустимого уровня, токсикант вызывает у растений различные нарушения в структурной организации и функциональной деятельности. Начальными признаками поражения являются снижение транспирации и фотосинтеза, ухудшение поглощающих функций корня. Эти сдвиги вначале обратимы, но по мере накопления отравляющего вещества происходят резкие изменения ультраструктуры клеток (разбухание оболочки, нарушение структуры митохондрий и хлоропластов), а затем и ухудшение углеводного, белкового и фосфорного обменов (Майснер, 1981). Характеристика приоритетных загрязнителей воздуха и их отрицательного воздействия на древесные растения

Диоксид серы

Среди серосодержащих техногенных эмиссий наиболее фитотоксична двуокись серы. Установлено, что SO₂ является сильнодействующим ассимиляционным ядом (Сергейчик, 1984). В тоже время SO₂ является местным ядом, убивающим только те участки мезофилла листа, в которые он проник, не затрагивая, существенно, жизнедеятельность соседних участков мезофилла. Растений, абсолютно устойчивых к сернистому газу, как и к другим вредным промышленным отходам, практически нет. Растения, у которых участки повреждений составляют до 20 % общей площади листьев,

относят к слабоповреждаемым. У среднеповреждаемых видов участки повреждений составляют до 50 % и у сильноповреждаемых - свыше 50 %. Более восприимчивыми к сернистому ангидриду оказались липа сердцелистная (*Tilia cordata* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха обыкновенная (*Padus racemosa* (Lam.) Gilib.), смородина черная (*Ribes nigrum* L.) и другие (Николаевский, 1979).

Поступление. Диоксид серы, прежде всего, воздействует на клетки, которые регулируют открывание устьиц. Степень их открывания в начальный период является основным параметром, определяющим интенсивность воздействия загрязнителя (Калверт, 1988). Даже при очень малых концентрациях диоксид серы способен оказывать стимулирующее действие, в результате которого устьица остаются постоянно открытыми. В тоже время при высоких концентрациях диоксида серы устьица закрываются. Кроме того, в случае высокой влажности устьица открываются, в случае низкой – закрываются (Илькун, 1978).

Попав в межклеточное пространство листа, загрязняющее вещество вступает в контакт с мембраной окружающей клетку. При нарушении целостности этой полупроницаемой мембраны нарушается баланс питательных веществ и процесс поступления ионов. Пройдя в клетку, диоксид серы взаимодействует с митохондриями и хлоропластами, в том числе и с их мембранами, что может привести к весьма серьезным последствиям (Павлов, 2003).

Потребность. Сера необходима для нормального роста растений, и присутствие SO_2 может оказывать влияние и на усвояемость серы. Растения потребляют серу в восстановленном состоянии (Горышина, 1991). В присутствии SO_2 основным продуктом становится сульфат; присутствует также цистеин, глутатион и, по меньшей мере, одно не идентифицированное вещество. Основными промежуточными соединениями при восстановлении сульфатов являются сульфиты (Лесные экосистемы..., 1990).

Механизм токсического действия SO_2 детально обсуждается в ряде монографий (Илькун, 1979; Николаевский, 1979; Гудериан, 1979) и научных статей отечественных и зарубежных авторов. Сернистый ангидрид в воздухе постепенно окисляется до серного и растворяется в воде, образуя мельчайшие капельки серной кислоты, повреждающей листья (Романова, 2005).

Механизм фототоксического действия заключается в неспецифическом нарушении деятельности многих ферментов вследствие подкисления цитоплазмы и нарушения ионного режима. Наблюдаются нарушения метаболизма органических соединений, фотосинтетических структур, происходит накопление балластных токсических продуктов, транспортных путей миграции энергии от хлоропластов к центрам их использования, появляются автокаталитические цепные реакции свободнорадикального и фотодинамического окисления (Николаевский, 1978, 1979). Токсичность сернистого газа значительно увеличивается в присутствии других загрязнителей - окислов азота и озона.

Различают 2 группы повреждений, связанных с действием SO_2 :

видимые, выражающиеся в деформации, пятнистости и некрозах ассимиляционных органов;

скрытые, проявляющиеся в снижении продуктивности за счет ингибирования фотосинтеза, изменении метаболизма, увеличении восприимчивости к болезням и вредителям, ускорении старения растений (Лесные экосистемы..., 1990).

Морфологические повреждения. Это соединение адсорбируется на поверхности растения, в основном на его листьях, и оказывает на него вредное влияние. Обычно поражаются края листовой поверхности, а центральные зоны листа, примыкающие к осевой и главным боковым жилкам, остаются здоровыми (Кулагин, 1974). Появляются пятна на участках между жилками и краях листа. Потом эти участки приобретают желтый и красно-оранжевый цвет и отмирают. При длительном воздействии сернистого газа подавляется рост растений, в некоторых случаях отмирают верхушки побегов.

Физиологические повреждения. Сернистый ангидрид и другие кислые газы, проникая внутрь листа, нарушают процесс фотосинтеза, связывая, в частности, каталитически активное железо. Процессы окисления протекают с участием свободных радикалов, образованных из двуокиси серы в результате химических реакций (Лесные экосистемы..., 1990). Они окисляют ненасыщенные жирные кислоты мембран, тем самым, изменяя их проницаемость, что в дальнейшем отрицательно влияет на процессы дыхания, фотосинтеза.

Фотосинтетический аппарат клетки проявляет высокую чувствительность к SO_2 , которая может нарушать световую и темновую стадии фотосинтеза, воздействуя на состояние хлорофилла, активность ферментов, электронтранспортную цепь или ламеллярную структуру гран. SO_2 уменьшает скорость выделения кислорода, но не влияет на скорость поглощения кислорода в процессе дыхания. По мнению японских исследователей, SO_2 инактивирует первичный донор электронов или сам реакционный центр цепи переноса электронов. $1 \cdot 10^{-6}$ SO_2 в течение 6 часов обработки листьев существенно снижает ациклическое фосфорилирование (Сергейчик, 1984). Аккумуляция в тканях избыточного количества серы приводит к нарушению работы регуляторных механизмов и патологическим явлениям, вследствие чего наблюдается депрессия роста клеток, тканей и органов, нарушаются синтетические и обменные процессы. Причиной этому является подавление синтеза АТФ и изменение активности ферментных систем (Илькун, 1978).

В условиях выключенного фотосинтеза, но продолжающегося поступления солнечной энергии хлорофилл начинает, как флуоресцирующее вещество проявлять фототодинамическое действие, которое сводится к фотоокислениям. Фотоокислению подвергаются разнообразные вещества – белки, фосфатиды, аминокислоты и др. Поэтому под влиянием сернистого ангидрида происходит их разрушение, ведущее к отмиранию клеток и сопровождаемое снижением окисляемости клеточного содержимого. С повышением интенсивности освещения токсичность сернистого ангидрида возрастает, и наоборот (Кулагин, 1974).

Анатомические повреждения. При частых или постоянных воздействиях низких концентраций газов в тканях растений постепенно накапливаются токсичные соединения серы (Кулагин, 1974). Нинова Д. (1970) под влиянием SO_2 обнаружила уменьшение объема межклетников в губчатой ткани, усиленное развитие кутикулы, удлинение клеток палисадной ткани. Уменьшается объем клеток ассимиляционной паренхимы наряду с уменьшением толщины столбчатой, губчатой ткани и всего листа (Сергейчик, 1984).

Биохимия. Сернистый газ снижает содержание в растениях дисахаров и способствует увеличению количества крахмала. Причиной этого является активизация и дезактивация различных ферментов, стимуляция и подавление синтеза специфических ДНК и РНК (Майснер, 1981). Согласно Мальхотра (1977), биохимическим порогом фитотоксического действия SO_2 является концентрация $0,05 \cdot 10^{-6}$. Однако существует мнение, что пороговой является величина, в 5 раз меньшая ($0,01 \cdot 10^{-6}$), при которой обнаруживаются изменения содержания галактолипидов мембран тилакоидов (Сергейчик, 1984). Диоксид серы ингибирует различные биохимические реакции. Сульфиты, обладающие слабокислотными свойствами, дезактивируют некоторые ферменты, блокируя активные центры, препятствуя протеканию основной химической реакции; это явление известно как конкурентное ингибирование (Илькун, 1978). Диоксид серы является конкурентным ингибитором дифосфаткарбоксилазы, препятствующим фиксации CO_2 в процессе фотосинтеза. Обладая свойствами свободных радикалов, SO_2 нарушает протонный градиент, с которым связано образование АТФ (Лесные экосистемы..., 1990).

Загрязнение воздуха SO_2 вызывает нарушение азотного обмена древесных растений, глубина и направленность которого зависят от возраста и биологических особенностей вида. Появление видимых симптомов повреждения коррелирует с накоплением в листьях значительного количества путресцина, глутамина, аммиака. Малые дозы SO_2

увеличивают, а высокие уменьшают содержание общего и белкового азота. Для устойчивых видов отмечается рост содержания водорастворимых белков альбуминов – белков нерастворимого остатка. У неустойчивых (относится рябина) – превращения белков направлены в сторону уменьшения содержания альбуминов, глобулинов и увеличения высокомолекулярных белков (Шацкая, 1983). Повышение концентрации SO_2 сопровождается снижением общего количества фосфатов, которые необходимы для роста и развития растений. Одновременно с увеличением или уменьшением общего фосфора синхронно и в том же направлении изменяется содержание неорганического фосфора. При скрытых поражениях листьев количество кислотонерастворимых фосфорных соединений уменьшается (Сергейчик, 1984). При наличии видимых повреждений их количество вначале быстро возрастает, а с повышением степени повреждения листьев – превышает контрольные величины незначительно (Илькун, 1979). Загрязнение воздуха SO_2 также нарушает углеводный обмен. При скрытых и начальных повреждениях листьев уменьшается содержание дисахаров, но значительно увеличивается содержание крахмала. Более сильные повреждения – ослабляют гидролиз и синтез крахмала с одновременным уменьшением содержания моно- и дисахаров (Лесные экосистемы..., 1990). В этом случае не только изменяется скорость взаимопревращения углеводов, но и происходит подавление фотосинтетической деятельности листьев (Илькун, 1982).

Хотя точный механизм действия SO_2 на молекулярном уровне неизвестен, можно предположить, что основную роль играют присутствие избыточного количества окисленных форм серы, нарушение баланса с восстановленными формами и воздействие на жизненно важные ферменты.

Адаптации. Под влиянием SO_2 у растений усиливаются признаки ксероморфности: уменьшается площадь листовых пластинок, увеличивается степень жилкования и количество устьиц, размеры клеток устьичного аппарата уменьшаются (Сергейчик, 1984). Добровольский И.А., Щербак Н.О. (1976) установили, что в процессе приспособления к условиям загрязнения у растений наблюдается мелкоклетчатость, утолщение клеточных оболочек.

Последствия от диоксида серы: обожженные листья после газовой атаки не опадают сразу же, а продолжают оставаться в кроне. Однако продолжительность их жизни заметно сокращается, и они опадают на 4-6 недель раньше по сравнению со здоровыми листьями (Николаевский, 1969). При остром поражении (более 2 мг/м³) уже через 1-2 часа происходит побурение и гибель листьев, чаще отдельных их участков в виде пятнышек с четко очерченной границей между живыми и отмершими клетками и тканями. При слабом поражении (менее 0,5 мг/м³) и длительном действии диоксида серы листья обесцвечиваются (Хвастунов, 1999).

Влияние погодных условий. Установлено, что эффект влияния SO_2 на растения зависит от особенностей сопутствующих метеорологических факторов: повторяемости, продолжительности и мощности температурных инверсий, скорости ветра, наличия туманов. С повышением температуры и относительной влажности воздуха увеличивается опасность повреждения растений. Наибольшую чувствительность к SO_2 листья обнаруживают в диапазоне 18-40°C, а наименьшую – при температуре, близкой к 40°C. В пределах 4 – 180°C изменения в газочувствительности незначительны (Крокер, 1950). Цан (1963) установил, что устойчивость кустов смородины к SO_2 значительно возрастает по мере снижения влажности воздуха. Так, 8-часовое воздействие SO_2 в концентрации $0,8 \cdot 10^{-6}$ при относительной влажности 87% сопровождалось появлением сильных некрозов ассимиляционных органов. Степень повреждающего действия SO_2 в концентрации $4 \cdot 10^{-6}$ при 42% относительной влажности воздуха уменьшалась вдвое. При понижении влажности воздуха до 29% повреждающий эффект токсиканта отсутствовал. Эти данные хорошо согласуются с выводами Томаса и Хендрикса о снижении газочувствительности растений в 10 раз в случае падения влажности воздуха от 100 до 0%. Различия в газочувствительности растений в зависимости от условий влажности

отражают неодинаковое накопление загрязнителя в органах ассимиляции. Оно увеличивается по мере повышения тургорного давления и более полного открывания устьиц (Сергейчик, 1984). Инверсии и слабые ветры способствуют сильному возрастанию фитотоксичности SO_2 при скоплении в районах с пониженным рельефом местности. Фитотоксичность SO_2 увеличивается в условиях засухи (Николаевский, 1969) и крайне холодной зимы.

Влияние времени суток. Газочувствительность растений изменяется в течение суток. Она наиболее высока в предполуденное время, спустя 4-5 часа, после рассвета. Ранним утром, вечером и ночью газочувствительность падает (Лесные экосистемы..., 1990). В экспериментах по определению количества поглощаемой SO_2 в темновой и световой периоды было показано, что ночью в листьях накапливается в 3 раза меньше серы, чем днем (Майснер, 1981). Имеются данные о резком ослаблении фитотоксичности SO_2 в затенении. Под пологом дубово-липового леса по сравнению с его опушкой газовые ожоги исчезают не только у световых, более ксероморфных, но и у теневых листьев (Кулагин, 1974).

Оксид углерода

Оксид углерода малотоксичен для растений, но считается, что зеленые насаждения не способны очищать от нее атмосферу (Николайкина, 2003). Повышение концентрации CO_2 в атмосфере, даже без учета глобального потепления, способно привести к значительному изменению структуры и функционирования экосистем, что скажется неблагоприятно на растениях (Алексеев и др., 1999). Удвоение концентрации CO_2 в атмосфере влияет на древесные растения за счет:

снижения обмена веществ, через устьичный аппарат;

усиления фотосинтеза.

В большинстве случаев это приводит к усилению прироста деревьев и эффективности водопоглощения.

Морфология. Длительное выдерживание растений при высокой концентрации CO_2 сопровождается увеличением площади и толщины листа, стимуляцией роста побегов второго порядка, усилением ветвления или кущения (Павлов, 2003), также увеличивается длина стеблей и корней, количество цветков, плодов и семян, возрастает доля корней и запасующих органов. Наблюдается увеличение продолжительности жизни, изменение времени смены фаз развития, увеличивается число клеток мезофилла и хлоропластов (Романова, 2005).

Биохимия. Исходя из физиологических особенностей, пользу от повышения CO_2 могут извлечь C_3 -растения, к которым относятся практически все деревья. У C_3 -растений на первой стадии фиксации молекула CO_2 связывается с рибулозодифосфатом, содержащим 5-углеродный сахар. В результате реакции, происходящей под действием фермента рибулозодифосфаткарбоксилазы, образуется короткоживущее нестабильное соединение, включающее 6-углеродный сахар. Оно распадается на два производных, которые содержат по три атома углерода – отсюда и название « C_3 -растения». С диоксидом углерода за активный центр рибулозодифосфаткарбоксилазы конкурирует кислород атмосферного воздуха. Если побеждает кислород, растение теряет энергию, так как во время утилизации кислорода не происходит фиксации CO_2 (Калверт, 1988). По мере увеличения концентрации CO_2 вероятность связаться с активным центром фермента повышается. Однако у этих растений, в условиях возросшей концентрации CO_2 сначала происходит усиление фотосинтеза, но после временной активации наступает его торможение (Соловьев и др., 1989). Транспортная система растения полигенна и зависит от многих факторов (энергетических, гормональных и др.), поэтому не может быстро перестроиться. Поэтому при длительном воздействии на растение CO_2 , в условиях повышенной концентрации, фотосинтез снижается из-за избыточного накопления крахмала в хлоропластах (Мокроносов, 1992).

Физиология. Наиболее часто наблюдаемая реакция растений на повышение концентрации CO_2 - уменьшение устьичной щели и, как следствие, уменьшение проводимости водяного пара. Экспериментальные данные об изменениях числа устьиц на единице площади листьев при повышении концентрации CO_2 в современных условиях еще крайне ограничены и противоречивы. В то же время, установлено, что в предыдущие геологические эпохи число устьиц на единице поверхности листа при низком содержании CO_2 в атмосфере увеличивалось, а при высоком – снижалось (Романова, 2005).

При изменении концентрации CO_2 в широких пределах, в растениях, представляющих наиболее северные леса умеренной полосы, усиливается фотосинтез (Соловьев и др., 1989).

Изменение концентрации CO_2 должно быть строго сбалансировано с потреблением азота, фосфора, других питательных веществ, света, воды, без нарушения экологического равновесия (Алексеев и др., 1999). Нарушение баланса, безусловно, скажется на устойчивости растений и их продуктивности (Павлов, 2003).

Оксиды азота

Среди них наиболее распространенными загрязнителями воздуха являются оксид азота $\text{NO}(\text{I})$ и диоксид азота $\text{NO}_2(\text{IV})$.

Оксид азота NO – бесцветный тяжелый газ, кислородом воздуха окисляется до диоксида азота.

Диоксид азота NO_2 - газ коричнево-бурого цвета (плотностью 1,49 кг/м³), который, реагируя с влагой воздуха, превращается в азотную и азотистую кислоты. Время жизни NO_2 в атмосфере около 3 суток. NO_2 обуславливает фотохимическое загрязнение атмосферы, поскольку реагирует с другими веществами: с диоксидом серы SO_2 , кислородом, углеводородами. Диоксид азота в пять раз токсичнее оксида азота. В атмосфере оксид и диоксид азота находятся в динамическом равновесии, превращаясь друг в друга в результате фотохимических реакций, в которых участвуют в качестве катализатора. Их соотношение в воздухе зависит от интенсивности солнечного излучения, концентрации окислителей и других факторов (Косулина, 1993).

Оксиды азота вызывают сходные с диоксидом серы физико-биохимические повреждения у древесных пород (Хвастунов, 1999).

Морфология. В городском воздухе, в зонах с повышенным содержанием окислов азота, наблюдается «позеленение» стволов и нижних ветвей деревьев, что способствует интенсивному разрастанию на коре деревьев мелких водорослей зеленого цвета. Они получают необходимое им обильное азотное питание непосредственно из воздуха. На листьях появляются темно-коричневые или темные почки, расположенные между жилками и по краю листа (Косулина, 1993). В концентрациях более 2 мг/м³ вызывают глубокие повреждения листьев. Отличительной особенностью их являются буровато-черные участки, чаще всего у вершины и у периферии листовой пластинки (Хвастунов, 1999).

Физиология. Двуокись азота ингибирует транспирацию в освещенных листьях, вызывая частичное закрытие устьиц (Илькун, 1978). Действие газообразных NO и NO_2 в концентрациях не приводящих к появлению видимых повреждений, вызывает понижение интенсивности фотосинтеза. Комбинированное действие этих газов аддитивно, однако эффект воздействия NO проявляется быстрее, чем эффект действия NO_2 . Ингибирование фотосинтеза под действием NO_x может быть вызвано конкуренцией за НАДФН, происходящих в хлоропластах процессов восстановления нитрита и ассимиляции CO_2 . Закисление, вызванное NO_2 влияет на транспорт электронов и фотофосфорилирование (Трахтенберг, 1994). Под действием NO_2 происходит разбухание мембран хлоропластов (Загрязнение воздуха., 1988).

По сообщению Г. Хаута (1975) NO_2 в 1,5-5 раз менее токсичен для растений по сравнению с SO_2 . Хаут считает, что безвредная концентрация NO_2 составляет 0,35 мг/м³

при длительном действии на растения и 0,8 мг/м³ при газации 30 мин. Фитотоксичность окислов азота повышается при одновременном проникновении их в листья вместе с сернистым газом и озоном (Илькун, 1978).

Аммиак

Аммиак для растений менее токсичен, чем сернистый газ, однако при длительном воздействии даже низких его концентраций обнаруживаются заметные признаки повреждения растений (Соловьева, 2003).

Морфология. Повышенные концентрации аммиака вызывают появление темных, почти черных, пятен некрозов на обеих поверхностях листа, опадание листьев (Павлов, 2003).

Физиология. Биохимические и структурные изменения мембран могут происходить под действием образующегося из диоксида азота NH₃, не включенного в аминокислоты. NH₃ ингибирует фотосинтез путем разобщения электронного транспорта и приводит к структурным нарушениям (Загрязнение воздуха..., 1988).

Пыль

Пыль, представляет собой взвешенные в воздухе или осевшие на поверхности тех или иных объектов твердые частицы наземного (в том числе промышленного), вулканического, органического или космического происхождения. Наибольшей фитотоксичностью обладают пылевые выбросы алюминиевых заводов, электростанций, металлургических предприятий, асбестовых, цементных заводов, предприятий бытовой химии и ряда других. В общем объеме антропогенных выбросов промышленная пыль разнообразных производств составляет всего 10% и более, но последствия ее фитотоксического действия подчас бывает трудно оценить (Хвастунов, 1999).

Степень отрицательного воздействия промышленной пыли на растения зависит от ряда факторов, среди которых основными являются ее химический состав и растворимость в воде, скорость оседания пылевых частиц и продолжительность удерживания их на поверхности, возможность образования воздухопроницаемых корок (Соловьева, 2001).

Токсическое действие промышленной пыли оказывает на растения прямой и косвенный эффект. Прямой эффект обычно связан с наличием острых повреждений, вызванных тремя типами фитотоксических воздействий: механическим, физическим, химическим (Соловьев и др., 1989).

Механическое воздействие пыли оценивается не только количеством пыли осевшей на надземных органах растений, но и характером распределения пылевых частиц на листовых пластинках. При этом важно учитывать связь осевшей пыли со структурными элементами листа – устьицами, через которые осуществляется газообмен растений (Тищенко, 1993). Твердые частицы обычно распределяются по поверхности очагами, скапливаясь на кончике листа и по его периферии. Механическая закупорка твердыми частицами устьичной щели может нарушить устьичную регуляцию и соответственно процессы газообмена и транспирации (Косулина, 1993).

Физическое действие пыли может проявиться в изменении оптических свойств света, проходящего через слой пыли. Это приводит к резкому повышению адсорбции длинноволнового излучения. В результате запыленные листья суммарно поглощают больше лучистой энергии за счет инфракрасного излучения, что приводит к повышению температуры запыленных листьев. Чем плотнее слой пыли, тем выше температурный градиент листа, а, следовательно, больший расход воды на транспирацию. Повышение транспирации приводит к усиленному расходованию запаса влаги из корнеобитаемого слоя почвы и при ограниченном запасе влаги в засушливые периоды способствует установлению глубокого водного дефицита. Повышение температуры запыленных листьев в сочетании с водным дефицитом является причиной подавления фотосинтетической активности и других физиологических функций растений (Соловьева, 2001).

Химическое действие пыли обусловлено фитотоксичностью составляющих ее частиц и их растворимостью в воде, гидратированной из воздуха.

Биологические системы постоянно обмениваются с окружающей средой веществом, энергией, информацией и потому их функциональное состояние находится в полной зависимости от состояния среды. В определенных границах биосистемы способны приспосабливаться к изменению свойств окружающей среды. При этом изменяются их биохимические, физиологические, морфологические характеристики, а, стало быть, и чувствительность к ксенобиотикам. Колебания чувствительности к ядам в зависимости от условий, в которых яд действует, отмечаются на всех уровнях организации жизни: клеточном, органном, организменном, популяционном. Наибольшее количество данных по этому вопросу получено в эксперименте применительно к целостному организму лабораторных животных различных видов. Имеются отдельные наблюдения на людях. Проблема практически не изучена на уровне популяций, хотя в будущем это может иметь очень большое значение для решения практических экотоксикологических задач.

Свойства среды влияют на все звенья цепи формирования и развития токсического процесса: резорбцию, распределение, метаболизм, элиминацию ксенобиотика, взаимодействие его с рецепторами, активацию патологических и репаративных процессов. Количество и качество потребляемой пищи оказывают сложное влияние на чувствительность человека и животных к токсикантам. молекулы, обладающие биодоступностью, т.е. способные взаимодействовать немеханическим путем с живыми организмами. Как правило, это соединения, находящиеся в газообразном или жидком состоянии, в форме водных растворов, адсорбированные на частицах почвы и различных поверхностях, твердые вещества, но в виде мелко дисперсной пыли (размер частиц менее 50 мкм), наконец вещества, поступающие в организм с пищей.

Часть биодоступных соединений утилизируется организмами, участвуя в процессах их пластического и энергетического обмена с окружающей средой, т.е. выступают в качестве ресурсов среды обитания. Другие же, поступая в организм животных и растений, не используются как источники энергии или пластический материал, но, действуя в достаточных дозах и концентрациях, способны существенно модифицировать течение нормальных физиологических процессов. Такие соединения называются чужеродными или ксенобиотиками (чуждые жизни).

Совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы составляют ксенобиотический профиль биогеоценоза. Ксенобиотический профиль следует рассматривать как один из важнейших факторов внешней среды (наряду с температурой, освещенностью, влажностью, трофическими условиями и т.д.), который может быть описан качественными и количественными характеристиками.

Важным элементом ксенобиотического профиля являются чужеродные вещества, содержащиеся в органах и тканях живых существ, поскольку все они рано или поздно потребляются другими организмами (т.е. обладают биодоступностью), а также в почве.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: Агробиология как наука. Типы, структура и функции агроэкосистем.

Цель: Изучить агрогруппировки почв. Научиться пользоваться почвенными картами.

Задание: охарактеризовать заданные участки с точки зрения экологического подхода к возможности их с/х эксплуатации

Агроэкологическая оценка дается по:

Классы земель. Разделение осуществляется по литологии почвообразующих пород. При этом классы выделяются по их генезису (покровные, ледниковые, аллювиальные, лёссы, и т.д.), а подклассы — по гранулометрическому составу

Разряды земель. Их выделяют по абсолютным высотам над уровнем моря с интервалами, отражающими смену экологических условий возделывания культур. В горных районах этот фактор определяет вертикальную зональность. В известной мере проявляется его влияние на водный и тепловой режим равнин.

На уровне разряда с учетом местных особенностей целесообразно выделять местоположения — очень высокие, высокие, средние, низкие, а речные террасы — верхние, вторая надпойменная, первая надпойменная, пойма.

Роды земель. Подразделение разрядов земель на роды осуществляется в зависимости от положения на мезорельефе, крутизны склонов и соответственно типа геохимического ландшафта. Эти характеристики несут весьма емкую агроэкологическую нагрузку, поскольку данные факторы играют важную роль в перераспространении влаги, миграции химических веществ и развитии эрозионных процессов.

Далее идентифицируют роды земель в пределах транзитных ландшафтов с учетом крутизны склонов. Градации их по крутизне устанавливают исходя из условий проявления водной эрозии с учетом местных климатических и литологических условий, определяющих ее развитие.

Земли с крутизной склонов $1—3^{\circ}$, подверженные слабой эрозии, на которых возникает необходимость применения противо-эрозионных агротехнических мероприятий.

Земли с уклонами $3—5^{\circ}$ используют в полевых севооборотах с исключением пропашных культур и выполнением противоэрозионного агрокомплекса.

Земли с уклонами $5—7^{\circ}$ используют в почвозащитных севооборотах с многолетними травами.

Земли с уклонами $7—9^{\circ}$, подверженные сильному смыву и размыву, непригодные для возделывания полевых культур, используют в пастбищеоборотах.

Земли с уклонами $9—15^{\circ}$ пригодны для ограниченного выпаса.

Земли с уклонами $15—30^{\circ}$ непригодны для земледелия, отводятся под лесоразведение.

Подроды земель. Деление родов на подроды предполагает идентификацию территории с близкими микроклиматическими условиями, которые в большой мере определяются экспозицией склонов.

Виды земель разделяются по категориям микроструктур почвенного покрова (микрокомбинациям), включающим: элементарные почвенные ареалы, комплексы, пятнистости, мозаики и ташеты.

Подвиды земель. подразделяются по степени контрастности, которая устанавливается по принадлежности почвенных компонентов к различным категориям земель по ограничивающим факторам и способам их преодоления (подвиды I порядка) и по сложности почвенного покрова, которая устанавливается по доле участия компонентов

в микрокомбинациях с учетом расчлененности контуров (подвиды II порядка).

В соответствии с характером природных ограничений пригодности земель для возделывания конкретных культур или *групп* культур и характером мероприятий по их преодолению или адаптации типы земель ранжируются по шести категориям.

I категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов, которые оптимизируются с помощью удобрений и обычных агротехнических мероприятий. Это достаточно однородные контуры черноземных, лугово-черноземных, дерновых, окультуренных дерново-подзолистых и других благополучных почв.

II категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными мероприятиями. Они делятся на две группы.

1. С ограничениями, преодолеваемыми с помощью простых агротехнических и культуртехнических мероприятий. Это равнинные ландшафты, не подверженные процессам эрозии и дефляции. В числе ограничивающих факторов преобладают регулируемые (повышенная кислотность, повышенное содержание обменного натрия, умеренная засоленность, недостаточная мощность горизонта А пах, каменистость, закустаренность). В числе ограниченно регулируемых факторов могут иметь место умеренная комплексность почвенного покрова, обусловленная микрорельефом, кратковременное переувлажнение, пониженное содержание гумуса. Из нерегулируемых факторов возможно присутствие неконтрастных комбинаций, обусловленных различной литологией почвообразующих пород.

2. С ограничениями, преодолеваемыми с помощью агротехнических мелиорации и противоэрозионных (противодеф-ляционных) агротехнических мероприятий. В данную группу входят земли, которые помимо ограничений, характерных для предыдущей группы, отличаются еще и склонностью к проявлению эрозионных процессов. Они располагаются в эрозионном рельефе умеренной сложности. Преодоление эрозионных процессов здесь может достигаться с помощью обработки почвы поперек склона; щелевания; бороздования; безотвальной системы обработки почвы с сохранением на поверхности пожнивных остатков, оставлением соломы; полосного размещения культур, паров и многолетних трав и других агротехнических мероприятий при соответствующей противоэрозионной организации территории.

III категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднзатратными, гидротехническими, химическими, лесными, комплексными мелиорациями. Они делятся на три группы.

1. Переувлажненные земли, которые могут быть устранены путем осушения с помощью относительно простых дренажных устройств.

2. Земли, требующие затратных агротехнических, химических, комбинированных мелиораций. Это солонцовые и друг с плотными горизонтами в различных комплексах. Могут быть улучшены мелиоративными обработками (плантажными, ярусными вспашками др.), сплошной химической или комбинированной мелиорацией (гипсование на фоне плантажа и пр.).

3. Земли, интенсивное использование которых на фоне противоэрозионных гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий при контурной организации территории.

IV категория. Земли, мало пригодные для возделывания -сельскохозяйственных культур вследствие неустраняемых ограничений по условиям литологии почвообразующего рельефа, мелиоративного состояния и весьма ограниченных возможностей адаптации. Это маломощные почвы с 'залеганием коренных пород, и т.д.

V категория. Земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиорации.

VI категория. Земли, непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур из-за неустранимых ограничений и незначительных возможностей адаптации. Эти земли классифицируются далее по условиям использования под пастбища, лесохозяйственные угодья и для других целей.

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

Тема: Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур.

Цель: ознакомиться с требованиями биологических объектов к условиям благополучного существования, научиться выделять и выявлять агроэкологические ареалы возделывания культур.

Задание: провести оценку культур с агроэкологических позиций, установить степень их толерантности

Особое внимание должно быть уделено оценке минимальной температуры для прорастания семян и появления всходов. При низкой температуре почвы семена не дают всходов, а при длительном воздействии низких температур они загнивают. Чем выше температура почвы в период посев-всходы, тем быстрее идет прорастание семян при достаточном количестве влаги.

Например, семена озимой пшеницы прорастают при температуре около 5°C – 20⁰ C в течении 1-2 дней. Картофель при 11-12° C в умеренно влажной почве дает всходы на 23 день, при 14-15°C на 17-18 день, при 18-25⁰C на 12-13 день. Однако если температура поднимается до 27-28°C то всходы появляются только на 16-17 день.

Таблица 1- Минимальная температура, необходимая для прорастания семян и появления всходов различных культур, C

Культура	Прорастание семян	Появление всходов
Рыжик, конопля, горчица, клевер, люцерна	0-1	2-3
Рожь, пшеница, ячмень, вика яровая, горох, чечевица, чина, свекла	1-2	2-3
Подсолнечник, перилла, картофель	5-6	8-9
Кукуруза, просо, могар, суданская трава, соя	8-10	10-11
Фасоль, сорго, клещевина	10-12	12-13
Хлопчатник, арахис, кунжут, рис	12-14	14-15

2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: Почва как уникальное природное тело. Формирование почв.

Цель работы: Научиться реально прогнозировать урожай в конкретных климатических условий и предвидеть его изменения с учетом погодных условий года.

Обоснование: Создание органического вещества в процесс - фотосинтеза проходит с использованием воды. Как известно , на синтез одной молекулы глюкозы расходуется 6

молекул воды. Поэтому вода является одним из главных факторов формирования биомассы. Основное количество воды растения получают в богарных условиях за счет атмосферных осадков. В степной зоне недостаток их является ограничивающим фактором при программировании урожайности. Учитывая это обстоятельство, при расчете действительно Возможного Урожая (ДВУ) следует исходить из многолетних данных о выпадении осадков.

Порядок работы: Для расчета Действительно Возможного Урожая (ДВУ) необходимо знать запасы продуктивной влаги к посеву и количество атмосферных осадков, выпадающих за период вегетации культуры с учетом коэффициента их использования и коэффициент водопотребления (количество воды расходуемой на формирование единицы массы). Расчет ведется по формуле:

$$ДВУ = \frac{ПВ + (ОВ \times K) \times 100}{KB},$$

где

ДВУ – действительно возможный урожай.

ПВ – запас продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм

ОВ – осадки вегетационного периода, мм

К – коэффициент полезности осадков, %

100 – переводной коэффициент из мм в центнеры

KB – коэффициент водопотребления.

Данные по запасам продуктивной влаги находят по таблице 5. В случае, если сведения о запасах в конкретном районе в таблице не приведены, следует использовать показатели соседнего района. При расчете ДВУ для озимых культур (рожь, пшеница) к запасам продуктивной влаги к моменту посева следует прибавить еще запасы влаги к посеву ранних яровых, так как в зимнее время у них проходит период покоя, выпавшие осадки еще до начала их весенней вегетации аккумулируются почвой.

Сумму осадков за период вегетации студенты определяют используя показатели таблицы 6.

При этом, если вегетация начинается не с начала декады, а как в нашем примере с 3.05, тогда выпавшие осадки за I декаду = 12 мм (По Оренбургу) делятся на 10 и умножаются на число дней вегетации

$$\text{Вып.осад.} = 12:10 \times 8 = 9,6 \text{ (мм)}.$$

Аналогично ведется расчет осадков и в последнюю декаду вегетации на 5.08 $\text{Вып.осад.} = 12:10 \times 5 = 6 \text{ (мм)}.$

Сумма осадков за вегетацию яровой пшеницы составит (по Оренбургу)

$$\text{Сум. О} = (9,6 + 14 + 15) : 39 : 41 : 6 \text{ мм} = 124,6 \text{ мм}$$

май июнь июль август

Коэффициент полезности летних осадков:

в северной зоне области 0,6

для центральной и западной 0,5

для южной и восточной зон - 0,45.

Коэффициент водопотребления культуры следует найти в таблице 3.

Для яровой пшеницы в условиях Оренбургского района:

$$ДВУ = \frac{151 \div (124,6 \times 0,5) \times 100}{525} = \frac{(151 \div 62,3) \times 100}{525} = 40,6 \text{ ц} \quad ДВУ \text{ сухого зерна} = 40,6 \times 0,433 = 17,6 \text{ ц}$$

ДВУ зерна при стандартной влажности = $40,6 \times 0,506 = 20,5 \text{ ц/га}$

Итак, количество атмосферных осадков (по многолетним данным) позволяет получать урожай зерна яровой пшеницы на уровне одного процента использования физиологически активной радиации (ФАР)

Таким же образом, используя прилагаемые таблицы, можно рассчитать ДВУ по разным культурам севооборота.

Полученные результаты заносятся в свои тетради.

Районы	Ранних зерновых	Поздних (кукуруза, просо бахчи)	Озимые
Пономаревский	199	165	107
Октябрьский	177	166	120
Шарлыкский	176	160	87
Бугурусланский	118	116	90
Бузулукский	126	118	82
Оренбургский	151	133	95
Саракташский	152	132	75
Сорочинский	117	100	63
Кувандыкский	156	119	98
Первомайский	129	126	77
Илекский	126	107	85
Домбаровский	100	92	51
Беляевский	101	95	71

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: Экологические параметры почв. Повышение почвенного плодородия и охрана почв.

Цель: Изучить агроэкологические свойства почвы

Задание: провести анализ почвенных образцов по основным параметрам, позволяющим дать характеристику почвы по устойчивости её к водной и ветровой устойчивости.

Приборы и оборудование: колонка сит с диаметром отверстий 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5 и 0,25 мм, совок, технические весы, ВЛТК-2000, стеклянный цилиндр на 1 л, плоскодонный сосуд, стеклянные пластинки, пробки, фарфоровые или алюминиевые чашки, водяная или песочная баня, щипцы, промывалка, часы, полотенце.

Определение агрегатного состава почвы по методу Н.И. Савинова (мокрое просеивание)

Для определения водопрочной структуры составляют среднюю пробу массой 50 г, отбирая из каждой фракции после сухого просеивания навеску, численно равную половине процентного ее содержания. Например, если в почве содержится агрегатов размером 3—2 мм 21%, то для средней пробы из этой фракции нужно взять 10,5 г. Чтобы избежать забивания сит, в среднюю пробу не включают фракцию меньше 0,25 мм, но при расчете содержания водопрочных агрегатов за 100% принимают навеску 50 г.

Далее отобранную среднюю пробу осторожно высыпает в литровый стеклянный цилиндр, наполненный на $\frac{2}{3}$ объема водой, и оставляют в покое на 10 мин для удаления воздуха из агрегатов.

Чтобы ускорить вытеснение воздуха, через 1—2 мин цилиндр закрывают пробкой или стеклом, осторожно наклоняют до горизонтального положения и возвращают в исходное состояние.

Через 10 мин цилиндр доливают водой доверху, закрывают пробкой или стеклом и переворачивают вверх дном, удерживая в таком положении несколько секунд, пока основная масса агрегатов переместится вниз, затем возвращают цилиндр в исходное положение. После десяти подобных оборотов закрытый цилиндр опрокидывают над набором сит, стоящих в ванне с водой. Цилиндр под водой быстро открывают и плавными круговыми движениями распределяют почву по верхнему сити. Когда все агрегаты крупнее 0,25 мм упадут на сито (примерно через 40–60 с), цилиндр переворачивают отверстием вверх и оставляют в вертикальном положении.

Перенесенную на сита почву просеивают в воде. Для этого набор сит медленно поднимают на 5—6 см и быстро опускают на 3—4 см. Встряхивания повторяют 10 раз с промежутком в 2—3 с. Затем сита с отверстиями более 2 мм снимают, а остальные встряхивают еще 5 раз и вынимают из воды.

Оставшиеся на ситах агрегаты смывают струей воды из промывалки в фарфоровые чашки, избыток воды из чашек выпаривают, а агрегаты доводят до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Для каждой фракции определяют ее процентное содержание, умножая массу фракции на 2.

2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема Почвенно-биотический комплекс как целостная материально-энергетическая подсистема агробиоценозов.

Фаунистическая биоиндикация

Одним из наиболее важных показателей антропогенного воздействия на почвы и экосистемы в целом является изменение видового состава и количества почвенных и напочвенных беспозвоночных животных. Их изучение проводится на учетных площадках, линейно-радиальных маршрутах, профилях, где делаются почвенные прикопки и устанавливаются ловушки по методу «ловчих стаканов».

Исследования почвенной и напочвенной фауны дает наиболее наглядные результаты при изучении различных форм землепользования: сельскохозяйственной деятельности, дорожно-тропиночной сети, воздействия локальных загрязнителей природной среды; при изучении экосистем леса и открытых ландшафтов; отдельных видов рекреационного природопользования.

Для определения общего характера антропогенного воздействия на экосистемы на учетной площадке в 1 га необходимо заложить 4 — 5 прикопок размером 50 x 50 см на глубину встречаемости почвенных беспозвоночных.

При более детальном изучении локальных антропогенных воздействий рекомендуется брать пробы на площадке 0,01 га (10x10 м) в 1/16 м² (25x25 см). При этом число проб с одного участка увеличивают до 9—12. Расположение прикопок на учетной площадке зависит от цели и задач выполняемой работы. На однородных площадках достаточно заложить 3 (по диагонали), а лучше 5 (четыре по углам и одну в центре).

Процесс взятия пробы проходит следующим образом. Сначала отмечают площадь пробы, забивая по углам квадрата колышки, натягивая между ними шнур.

Затем от границ отмеренной площадки отгребают в разные стороны опад, или подстилку (если пробу берут в лесу), или сухую сыпучую землю поверхностного слоя (на парах). Рядом с пробой с одной или с двух сторон раскладывают клеенку или плотную ткань, на которую потом помещают выбираемую из пробы почву. Сначала с пробной площадки руками снимают опад и растительные остатки, которые тщательно перебирают,

учитывая и собирая всех найденных животных. После удаления растительных остатков приступают к выкапыванию почвы с площади пробы лопатой. Вынутую на клеенку почву тщательно перебирают руками, при этом крупные комья дробят, а сплетения корней — разрывают. Всех обнаруженных животных собирают в баночки, матерчатые мешочки. Животных собирают из каждой пробы и слоя отдельно и тут же записывают в полевой дневник с той точностью определения, которая возможна в полевых условиях. В дневнике дается подробная характеристика участка и места взятия пробы. Весь собранный при раскопке материал фиксируют для Последующей камеральной обработки в лабораторных условиях школы.

Для повышения точности размера пробы можно использовать металлические пластины заданного размера, которые забивают в почву, а затем выбирают почвенные слои.

2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема Растения и животные в агроландшафте, их влияние на продуктивность агробиоценозов.

Учет численности дождевых червей

Дождевые черви — постоянные обитатели почвы. • Количество их сильно варьирует, достигая в благоприятных условиях до 1000 особей на 1 м². В обычных условиях численность колеблется от нескольких десятков до двух — четырех сотен. Они играют особую ро в почвообразовательном процессе, обогащая почв азотом и биогенными элементами, участвуют в разложении растительного опада.

Изучение численности и биомассы дождевых червей позволяет понять ход почвообразовательного процесса на исследуемой территории. Для сбора червей необходимо иметь длинный пинцет, нож, совок и лопату. Собранных червей помещают в мешочки, сшитые из плотной ткани или в стеклянные банки вместе с землей или влажным мхом. В банках в жаркую погоду черви быстро гибнут, поэтому лучше использовать мешочки.

На полевой экологической практике и в ходе исследований сбор червей и учет их численности можно осуществлять методами раскопки и выгонки. Раскопка и ручная разборка почвенных проб на месте дают наиболее достоверные данные о порядке численности и соотношении встречаемости отдельных видов червей и экологических групп. Полученные этим методом данные оказываются наиболее сопоставимыми при региональных исследованиях. Однако следует отметить трудоемкость этого метода.

Можно использовать для подсчета дождевых червей метод подсчета выползков после дождя или для выгонки червей залить участок водой (5 — 6 ведер на 1 м²), но эти методы дает лишь приблизительные результаты.

При изучении влияния дорожно-тропиночной сети и других форм антропогенного воздействия на почву подсчитывают численность дождевых червей по уровням удаления от объекта. Данные заносят в табл.

Таблица 1

Зависимость количества и биомассы дождевых червей от степени антропогенного воздействия (расстояния от дороги)

Показатели	Номера прикопок и расстояние от объекта			
	I — 0 м	II — 2,5 м	III — 5 м	IV — 10 м
Количество				
Биомасса				

Из каждой пробы червей подсчитывают и взвешивают, а затем результаты сравнивают между собой. Отмечают в дневнике изменение численности и биомассы червей. Подобные исследования проводят в разных экосистемах, различающихся степенью хозяйственного воздействия. Подсчитывают биомассу червей на 1 га каждого биотопа и данные заносят в табл. 7.7. После завершения исследования делают выводы. Составляют диаграмму размещения дождевых червей в исследуемом районе.

Таблица 2

Сводная таблица численности и биомассы дождевых червей в различных экосистемах района практики (на 1 м²)

Биотопы	Показатели	
	численность	биомасса
Лес сосновый		
Лес смешанный		
Лес суходольный		
.....		

С целью изучения влияния структуры почвы на численность и биомассу червей можно провести исследования на разных типах почв по вышеуказанной методике, а полученные данные занести в табл.

Таблица 3

Зависимость количества и биомассы червей на 1 м² от структуры почв

Структура почвы	Показатели	
	численность	биомасса
.....		

Для выяснения влияния кострищ на заселение почвы дождевыми червями исследуют кострища разного возраста, данные заносят в таблицу и делают выводы.

Таблица 4

Количество и биомасса дождевых червей на 1 м² на разных стадиях восстановления кострищ

Возраст кострищ, лет	Показатели	
	численность	биомасса
0 - 1		
4 – 5		
7 – 8		
10 - 12		

Для учета численности беспозвоночных животных, обитающих на поверхности почвы и в подстилке леса, используют биоценометр, ловушки и ловчие канавки.

2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

Тема Биогеоценотическая деятельность микробного комплекса Экологические группы микроорганизмов и их влияние на плодородие почвы.

Приготовление почвенной суспензии

На стерильное часовое стекло стерильным шпателем (или алюминиевой ложкой) помещают 10 г почвы. Чтобы бактерии не попали из воздуха при взвешивании, часовое стекло накрывают другим часовым стеклом (предварительно стекла тарируют и

стерилизуют). Часовые стекла, шпатели и ложки стерилизуют проведением их над пламенем (фламбированием).

Навеску почвы переносят в колбу емкостью 250 мл, содержащую 90 мл стерильной водопроводной воды, взбалтывают в течение 10 мин, лучше на механической качалке, и дают отстояться грубым частицам почвы.

Затем методом разведения готовят суспензии, содержащие разное количество почвы.

Одновременно со взятием 10 г почвы для анализа из средней пробы отбирают 10—20 г почвы для определения влажности, так как полученные данные пересчитывают на 1 г абсолютно сухой почвы.

1 мл суспензии в первой колбе, приготовленной тем или иным методом, соответствует разведению 10^{-7} . Последующие разведения (10^{-2} ; 10^{-3} ; 10^{-4} ; 10^{-5} ; 10^{-6} и т. д.) лучше делать в колбах на 250 мл с 90 мл стерильной водопроводной воды.

Из каждого предыдущего разведения отдельной стерильной пипеткой берут 10 мл почвенной суспензии и переносят в следующую колбу, содержащую 90 мл воды. Каждый раз пипетку ополаскивают. Последующие колбы встряхивают в течение минуты.

Из полученных разведений проводят посев на плотных и жидких средах. Набор этих сред зависит от задач, которые ставят перед собой исследователи при бактериологическом анализе почвы.

Суспензии почвы на плотные питательные среды высевают преимущественно поверхностно. Для этого агаризованные питательные среды разливают в стерильные чашки Петри и после охлаждения на поверхность агаровой пластины стерильной градуированной пипеткой наносят 0,05 мл почвенной суспензии из соответствующего разведения, затем стеклянным шпателем Дригальского растирают каплю досуха, при этом открытую чашку держат в вертикальном положении около пламени горелки. Посев из каждого разведения проводят минимум на 2, 3 параллельных чашках.

В случае глубинного посева берут 1 мл почвенной суспензии из более высокого разведения (соответственно на один по-

рядок выше), чем для поверхностного посева. Суспензию вносят в стерильную чашку Петри, заливают расплавленным агаром (охлажденным до 45°) и перемешивают с ним. При глубинном посеве выявляется меньшая численность бактерий, чем при поверхностном.

При учете микроорганизмов почвы в жидких средах их разливают в колбы или пробирки и стерилизуют. Затем из каждого разведения, начиная с самого высокого, стерильной пипеткой берут 1 мл суспензии и переносят в жидкую среду. Из каждого разведения засевают минимум две пробирки или колбы (лучше 3—5).

Когда численность отдельных групп микроорганизмов в почве небольшая, их выявляют методом обрастания комочков почвы (по Виноградскому). Отмытые от следов хлрра (реакциях AgNO_3 с последующим добавлением H_2IO_3) и прокипяченные (или простерилизованные) гелевые пластинки пропитывают 3—5 мл элективной среды, приготовленной для соответствующей группы микробов (обычно среду упаривают в сушильном шкафу при 50° до образования глянцевой поверхности). По поверхности раскладывают по трафарету 40—50 комочков почвы диаметром 1—2 мм. Чашки помещают во влажную камеру и ставят в термостат. Если в комочках почвы находятся соответствующие зародыши, то они начинают развиваться и образуют вокруг комочков колонии. Затем вычисляют процент обросших комочков почвы от их исходного числа.

После определенного срока инкубации при температуре $28\text{—}30^{\circ}$ культуры анализируют.

Результаты опыта

5. Учет различных групп микроорганизмов

Учет проводят на плотных средах (на 1 г абсолютно сухой почвы). После инкубации чашки с засеянными средами вынимают из термостата и в них подсчитывают число колоний, которые отражают число живых зародышей в почве.

Одновременно после сушки бюксов с навесками почвы при температуре 105° до постоянного веса определяется содержание абсолютно сухой почвы в 1 г анализируемой сырой почвы.

При подсчете колоний на богатых плотных питательных средах (МПА, КАА) закрытые чашки Петри просматривают в проходящем свете и с внешней стороны доньшка чашки колонии отмечают чернилами или тушью. Чтобы не пропустить мелкие колонии, чашки дополнительно просматривают под лупой. Желательно для подсчета использовать специальный прибор для подсчета колоний с арифмометром. Если на чашке

больше 200 колоний, то их можно подсчитывать с помощью камеры Вольфюгеля.

Подсчитав при поверхностном посеве число колоний на чашке, находят содержание зародышей в 1 мл соответствующего разведения, умножив число колоний на, 20 (так как было посеяно 0,05 мл), а чтобы определить количество клеток микроорганизмов в 1 г сырой почвы, полученное число клеток в 1 мл умножают на степень разведения (10^{+3} , 10^{+4} , 10^{+5} и т. д.).

Для учета зародышей в 1 г абсолютно сухой почвы число клеток в 1 г сырой почвы делят на количество абсолютно сухой почвы, содержащейся в 1 г сырой почвы.

Пример. Установлено, что при поверхностном посеве почвенной суспензии из разведения 10^{-3} число колоний на чашке равно 52; влажность почвы 25% (при такой влажности 1 г сырой почвы содержит 0,75 г абсолютно сухой почвы).

При глубинном посеве число колоний на 1 г абсолютно сухой почвы подсчитывают таким же образом, но не умножают на 20, так как при высеивании используют 1 мл суспензии.

2.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

Тема Удобрения, их значение для роста и развития с/х культур. Особенности экологически безопасного применения удобрений. Влияние средств химизации на агроэкосистемы Биологическое земледелие и охрана ландшафтов.

РАСЧЕТ ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Для соблюдения экологически оправданных доз внесения удобрений существует **балансово-расчетный метод внесения удобрений под запланированный урожай.**

Задание 1. Научиться рассчитывать дозы удобрений на планируемый урожай балансово-расчетным методом и по показателям бонитета почвы.

2. Рассчитывать требуемое количество удобрений для получения запланированной урожайности конкурентной сельскохозяйственной культуры (из приводимых примеров по заданию преподавателя).

Материалы: Задание для расчета программируемой урожайности, уровень урожайности, данные по содержанию подвижных питательных элементов в почве, применяемые виды органических и минеральных удобрений.

Пояснение к заданию.

Существует несколько способов определения норм удобрений под планируемый урожай. Во всех случаях при разработке оптимальной системы питания растений необходимо знать:

1. Вынос основных элементов с урожаем,
2. Коэффициент использования питательных веществ из удобрений
3. Коэффициент использования питательных веществ из почвы

4. Содержание действующего вещества в удобрении
5. Показатели агрохимических картограмм по наличию в почве соединений азота, фосфора, калия и др. элементов питания растений.

Этапы расчета

Таблица 3

Вынос азота, фосфора и калия с урожаем различных культур (А.А. Ряховский, 1998)

Культура	Основная продукция	Вынос (в г) на 1 кг основной продукции с учетом побочной		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	Зерно	30	11	25
Пшеница яровая	Зерно	40	10	20
Рожь озимая	Зерно	28	13	27
Ячмень	Зерно	30	10	20
Овес	Зерно	32	14	27
Просо	Зерно	33	10	33
Гречиха	Зерно	30	15	39
Горох	Зерно	66	15	20
Подсолнечник	Семена	60	26	186
Сахарная свекла	Корнеплоды	6	2	8
Картофель	Клубни	5	2	7
Кукуруза на силос (по Д.В. Федоровскому)	Зеленая масса	2,6	1,3	4,3
Люцерна	Сено	26	7	15

Таблица 4

Возможные коэффициенты использования питательных элементов из почвы и удобрения
(А.В. Ряховский, 1996)

Источник элементов питания	Годы действия	Коэффициенты использования, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Почвы		60	10-15	20-25
Минеральные удобрения	За ротацию, в том числе за:	70-75	25-40	70-80
	1 ^{ый} год	50	10-20	40
	2 ^{ой} год	20	10-15	20-30
	3 ^{ой} год	5	6	5
Органические удобрения	За ротацию, в том числе за:	50-60	50-60	80-90
	1 ^{ый} год	20-30	30	60-70
	2 ^{ой} год	15-20	25	10-15
	3 ^{ой} год	10-15	10	-

**3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (не предусмотрено РУП)**

**4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ (не предусмотрено РУП)**