

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
Генетико-экологические основы животноводства**

Направление подготовки: Зоотехния

Профиль подготовки – «Кормление животных и технология кормов. Диетология»
Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций

1.1 Лекция №1 Введение в дисциплину. Актуальность генетико-экологических проблем в сельскохозяйственном производстве.

1.2 Лекция №2 Агроэкосистемы. Круговорот веществ и поток энергии в сельскохозяйственных экосистемах

1.3 Лекция №3 Организм и окружающая среда. Взаимодействие генотип – среда в реализации наследственной информации

1.4 Лекция № 4 Генофонд популяции и оценка его состояния.

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

2.1 Лабораторная работа №1 Актуальность генетико-экологических проблем в сельском хозяйственном производстве.

2.2 Лабораторная работа № 2 Агроэкосистемы круговорот веществ и потоки энергии в с.-х. экосистемах.

2.3 Лабораторная работа № 3 Организм и окружающая среда. Взаимодействие генотип-среда.

2.4 Лабораторная работа № 4 Генофонд популяции и оценка его состояния.

2.5 Лабораторная работа № 5 Загрязнение окружающей среды в связи с с.-х. производством.

2.6 Лабораторная работа № 6 Биогеохимические пищевые цепи в производстве с.-х. продукции.

2.7 Лабораторная работа № 7 Наследственно-средовые мультифакторные заболеваний.

2.8 Лабораторная работа № 8 Эколого-генетический мониторинг производства экологически безопасный продукт

2.9 Лабораторная работа № 9 Генетико–экологическая экспертиза животноводства.

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция 1 (1 час)

Тема: «Введение в дисциплину. Актуальность генетико-экологических проблем в сельскохозяйственном производстве.»

1.1.1 Вопросы лекции

1.1. Организм и среда обитания.

1.2. Роль генетико-экологических исследований в сельскохозяйственном производстве.

Место культурных растений и сельскохозяйственных животных в окружающей природе и жизнедеятельности человека среда обитания.

1.3. Генетические и экологические факторы.

1.4. Изменение природных экосистем в результате организации сельского хозяйства создание генетически и экологически продовольственной и сырьевой базы в результате сельскохозяйственного производства.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Организм и среда обитания.

Живые организмы во всем многообразии их связей являются предметом изучения экологии. К живым организмам относятся все формы жизнедеятельности. **Организм** (особь, индивид) – это дискретная единица живой материи, любое живое тело, живое существо, реальный носитель жизни, который характеризуется всеми ее свойствами и происходит от одного зачатка – семени, споры, оплодотворенной яйцелетки.

Все живые организмы подразделяются на 2 надцарства: **эукариоты** и **прокариоты** и 4 царства: **бактерии животные, грибы, растения**. Иногда выделяют специфическое царство **вирусов** – форма, промежуточная между живой и неживой материей.

Каждое из царств в свою очередь подразделяется на подцарства: животные – на **одноклеточные и многоклеточные**; грибы на **низшие и высшие**, растения – на **багрянки, настоящие водоросли и высшие растения**.

По отношению к кислороду все живые организмы делятся на **аэробные** (жизнедеятельность возможна только при наличии свободного кислорода) и **анаэробные** (обитают без кислорода).

Живое вещество можно рассматривать как **соматическое** и **репродуктивное**.

Соматическое (от греч. Сома – тело) вещество – совокупность всех клеток организмов, кроме половых.

Репродуктивное – вещество благодаря которому жизнь в биосфере постоянно воспроизводится.

Все многообразие организмов в биосфере связано друг с другом через питание. Поэтому живые организмы различают по способам питания. Это автотрофы, гетеротрофы и миксотрофы.

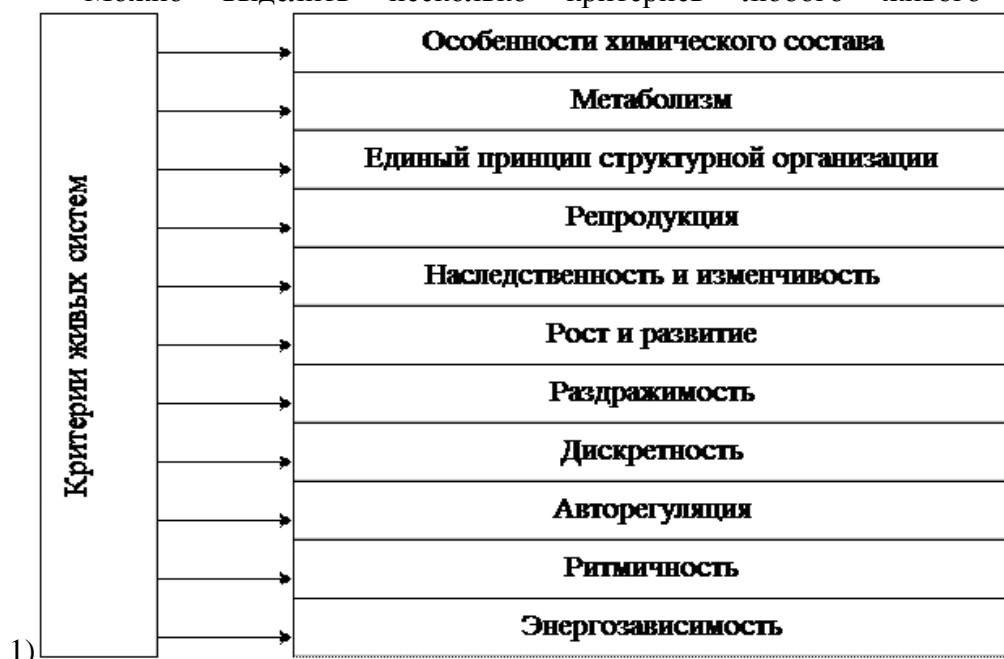
Автотрофы – (от греч. ауто – сам, трофе – питаться) – организмы, получающие все нужные им для жизни химические элементы из окружающей косной материи и не нуждающиеся в готовых органических соединениях. Они продуцируют органическое вещества в процессе **фотосинтеза (фотоавтотрофы)**, используя в качестве источника энергии солнечный свет или **хемосинтеза (хемоавтотрофы)**, использующие энергию, выделяющуюся при окислении неорганических веществ), поэтому их называют **продуцентами**. Биомасса, которую они производят называется **первичной**.

Гетеротрофы – (от греч. гетерос – другой) это организмы, использующие для своего питания чужие тела (живые или мертвые), т.е. готовые органические вещества. Среди гетеротрофов выделяют три группы организмов: убивающие объект питания (хищники), питающиеся за счет других организмов, но не убивающие ее (кровососы, паразиты); питающиеся отмершей органикой. Среди гетеротрофов выделяют **консументов** (животные,

часть микроорганизмов, паразитические и насекомоядные растения), поедающих «живую» органику и *редуцентов* (грибы и бактерии), которые превращают органические остатки в неорганические вещества, возвращая их в круговорот веществ.

Миксотрофы – организмы со смешанным типом питания (сине-зеленые водоросли, растения – паразиты).

Можно выделить несколько критериев любого живого организма (Слайд



2. Роль генетико-экологических исследований в сельскохозяйственном производстве. Место культурных растений и сельскохозяйственных животных в окружающей природе и жизнедеятельности человека среда обитания.

Распространение сельскохозяйственных культур оказало огромное влияние на наземные экосистемы. Вместо естественных биогеоценозов, экосистем, ландшафтов появились агросфера, аграрные ландшафты, агроэкосистемы, агроценозы и т.д.

Агросфера – глобальная система, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную сельскохозяйственной деятельностью человека.

Аграрный ландшафт – экосистема, сформировавшаяся в результате сельскохозяйственного преобразования ландшафта (степного, таежного).

Одной из основных задач человечества является увеличение биологической продуктивности экосистем и особенно вторичной. Поэтому человек вынужден изменять или даже разрушать природные экосистемы и строить высокоэффективные агроэкосистемы. Главным условием их является решение продовольственной проблемы – выращивание культурных растений с целью получения высоких урожаев, создающих базу для улучшения растительных продуктов питания и для развития животноводства.

Агроэкосистемы – искусственно созданные человеком экосистемы с целью производства сельскохозяйственной продукции (поля, сады, пастбища, огороды, теплицы, парники, лесные полосы, живые изгороди и т.д.)

В них, так же, как в естественных сообществах, имеются продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии и т.д.). Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек.

Центральным звеном агроэкосистем является агрофитоценоз - растительное сообщество созданное человеком из культурных растений.

Различают 2 типа агрофитоценозов:

1. Основу составляет одно или несколько культурных растений (поля пшеницы, ржи, овса и др.; огороды (арбузы, дыни); плодово-ягодные сады и т.д.).

2. Основу составляет естественное растительное сообщество, которое обогащается дополнительно видами культурных растений (парки, сенокосы, луга, пастбища, лесные посадки). Например: для повышения продуктивности в естественные луга подсевают бобовые и злаковые культуры.

Агроэкосистемы занимают около 30% земельных ресурсов, в т.ч. пашней занято 10%, сенокосами и пастбищами 20%. В России на душу населения приходится 0,88 га пашни.

Отличия агроэкосистем от природных

1. Получают наряду с солнечной дополнительную антропогенную энергию в виде удобрений, пестицидов, механизмами, труда человека, поливной воды и т.д.;

2. Выращиваемые культуры, разводимые животные подвергаются искусственному отбору, более продуктивны;

3. Пониженное разнообразие организмов. Чаще всего посевы представлены одним видом или даже сортом;

4. Неустойчивы и неспособны к саморегуляции. Без поддержки человека быстро дичают и трансформируются в естественные биоценозы (насаждения лесных культур - в лес, поле – в луг, лес, осушенные земли - в болото);

5. Нарушен биотический круговорот, т.к. с урожаем за пределы агроэкосистем мигрируют химические элементы, содержащиеся в фитомассе и зоомассе (мясо, яйцо, молоко, шерсть и т.д.). Они выключаются из биологического круговорота агроэкосистем и вовлекаются в геологический круговорот (через канализационные системы городов и населенных пунктов).

Биотический круговорот нарушается так же в результате притока удобрений, пестицидов, которые включаются в пищевые цепи и биотический круговорот. Это влияет на состояние флоры и фауны, биологическую продуктивность и воспроизводительную способность культурных растений и сельскохозяйственных животных, качество продуктов растениеводства и животноводства.

3. Генетические и экологические факторы.



Экологические факторы многочисленны и разнообразны. Их числу, вероятно, нет предела. Они отличаются по характеру влияния на биологические системы (организмы, популяции, биоценозы) и ряду других признаков. Потенциальная неограниченность

численности и многообразие экологических факторов вызвали необходимость их систематизации. Современная классификация экологических факторов приведена в справочнике Н. Ф. Реймерса «Природопользование» (1990).

В основу классификации положен принцип учета особенностей экологических факторов по их происхождению, характеру действия на живые системы и другим признакам. По времени возникновения экологические факторы подразделяют на три группы: эволюционные, исторические и действующие.

Эволюционный фактор — это современный фактор среды, порожденный эволюцией жизни. Так, например, озоновый экран — ныне действующий экологический фактор, влияющий на организмы, популяции, биоценозы, экологические системы, в том числе и на биосферу, — существовал в прошлые геологические эпохи. Возникновение озонового экрана связано с появлением фотосинтеза и накоплением в атмосфере кислорода.

Исторический, как и эволюционный, — это ныне действующий экологический фактор. В отличие от эволюционного он результат исторического развития человечества, его хозяйственной деятельности. Например, поля, сады, культурные пастбища, животноводческие фермы и комплексы, другие антропогенные компоненты аграрных ландшафтов — экологические факторы, обусловленные Сельскохозяйственной деятельностью людей.

Действующий фактор — это современный экологический фактор. К нему относятся мелиорирование земли — экологический фактор, обеспечивающий развитие высокопродуктивного растениеводства, животноводства и др. По периодичности экологические факторы подразделяют на периодические и непериодические.

Периодический фактор — это циклически изменяющийся экологический фактор. Примером могут служить периодические изменения условий среды при смене времен года, в частности, в средних широтах Северного полушария. К периодическим изменениям экологических факторов организмы адаптируются. Строгий учет циклических изменений экологических факторов при ведении сельского хозяйства крайне необходим. В соответствии со сменой времен года проводят посев сельскохозяйственных культур, уборку урожая, организуют пастбищное и стойловое содержание животных и т. д.

Непериодический фактор — фактор среды, возникающий внезапно, например дождь, град, буря и т. д. Одна из острейших проблем сельского хозяйства — разработка надежных методов нейтрализации и защиты от действия неблагоприятных непериодических факторов (заморозков во время цветения растений, засух или, наоборот, наводнений, затрудняющих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур и кормовых трав, продуктивности домашних животных).

По очередности возникновения экологические факторы подразделяют на первичные и вторичные. Первичный — это исходный экологический фактор, вторичный — его следствие. Так, формирование тундровых, таежных, степных, тропических биоценозов обусловлено особенностями климатических условий того или иного региона земного шара. Климат, в свою очередь, зависит от солнечной радиации, шарообразности Земли, ее движения вокруг своей оси и вокруг Солнца.

По происхождению различают факторы космические, абиотические (абиогенные), биотические, биокосные, антропогенные, антропические, природно-антропогенные. Космические факторы имеют космическое происхождение. К ним относится поток космической пыли, космических лучей и т. д. Важнейший космический фактор — солнечная радиация. Лучи Солнца — источник энергии, используемой растениями в процессе фотосинтеза. Растениеводство можно рассматривать как систему мероприятий по интенсификации фотосинтеза культивируемых растений.

Абиотический (абиогенный) фактор — это составной компонент неживой природы, например воздух, вода. Абиотические факторы, взятые в совокупности, формируют среду обитания для сообществ взаимосвязанных популяций растений и животных (биоценозов).

Термином «биотический фактор» обозначают особь или группу организмов, влияющих на биологическую систему (растение, животное, популяцию, фитоценоз, зооценоз, биоценоз). Примеры биотического фактора — это стадо овец, потребляющих пастбищную растительность; патогенные микробы и грибы, вызывающие заболевание у растений и (или) животных; кошка, поедающая мышь, и т. д.

Биокосный фактор — фактор среды, трансформированный в процессе жизни. К числу таких факторов можно отнести почву — биокосное тело, сформировавшееся при взаимодействии живой и неживой природы.

Антропоические и антропогенные экологические факторы связаны с хозяйственной деятельностью человека. В первом случае речь идет о прямом воздействии людей на живые системы (например, искусственный отбор и селекция культивируемых растений и животных), во втором — об их косвенном, опосредованном влиянии на природу (например, подтопление аграрных ландшафтов при создании водохранилищ). Многие авторы используют один термин «антропогенный фактор», обозначая им как антропоические, так и антропогенные воздействия на природу.

В методологическом плане понятие «генетические факторы» следует рассматривать в широком и узком смыслах. В широком — как унаследованные в процессе эволюции животного мира механизмы адаптации к условиям существования. В узком же смысле слова под генетическими факторами следует понимать унаследованные от ближайших предков семьи особенности обеспечения жизнедеятельности. Эволюционные предпосылки здоровья человека будут рассмотрены в главе 4 (раздел 4.1.), здесь же мы остановимся на втором аспекте проблемы — роли образа жизни родителей в генетических предпосылках здоровья детей.

Онтогенетическое развитие дочерних организмов предопределяется той генной программой, которую они наследуют от родительских хромосом. Надо отметить, что в Российской Федерации при богатстве ее национальностей, этнических групп и все более активных процессах миграции существуют благоприятные предпосылки для рождения в каждом следующем поколении более совершенного потомства. Это обусловлено тем, что указанные условия создают более обширный генофонд и возможность более значительного числа перебора вариантов благоприятных генных признаков. Если раньше браки заключались между людьми в относительно узком географическом ареале, часто между представителями одного села и даже состоящими в близкородственных отношениях, то это было чревато узким набором генных вариантов с возможностью преобладания измененных признаков (так как они могли быть у обоих родителей) и рождения слабого или даже с наследственным заболеванием ребенка. Браки между далеко отстоящими друг от друга в генеалогическом отношении людьми создают более высокую вероятность того, что благоприятный признак одного из родителей станет доминирующим с возможностью рождения более здорового, более совершенного по набору генов человека.

К сожалению, сами хромосомы половых клеток и их структурные элементы — гены могут подвергаться вредным влияниям, причем, что особенно важно, в течение всей жизни будущих родителей. Так, девочка рождается на свет с уже сформировавшимся пакетом яйцеклеток, которые по мере созревания последовательно готовятся к оплодотворению. То есть в конечном итоге все происходящее с девочкой, девушкой, женщиной в течение ее жизни до зачатия в той или иной степени сказывается на «качестве» хромосом и генов. Продолжительность жизни сперматозоида гораздо меньше, чем у яйцеклетки, но и 3–6 месяцев их жизни часто бывает достаточно для возникновения нарушений в их генетическом аппарате. Отсюда становится понятной та особая ответственность, которую несут перед потомством будущие родители в течение всей своей жизни, предшествующей зачатию.

Правда, здесь часто сказываются и не зависящие от них факторы, к которым следует отнести неблагоприятные экологические условия, рост используемых в пищевой промышленности и в быту синтетических препаратов, сложные социально-экономические

процессы, неконтролируемое использование фармакологических веществ и т.д. Результатом же являются «поломки» в геномном аппарате половых клеток родителей, что ведет к возникновению наследственных заболеваний или к появлению наследственно обусловленной предрасположенности к ним.

Особую опасность представляют нарушения здорового образа жизни будущих родителей в период созревания тех половых клеток, которые примут непосредственное участие в оплодотворении. Если учесть, что яйцеклетка созревает в течение 56, а сперматозоид – 72-х дней, то становится понятным, что хотя бы в течение этого периода времени, предшествующего зачатию, родители должны своим образом жизни обеспечить условия для нормального созревания половых клеток.

С геномной программой, унаследованной от родителей и определяющей генетические особенности ребенка, ему предстоит жить всю свою жизнь, и от того, насколько образ жизни человека будет соответствовать его генотипической программе, и будет зависеть его здоровье и продолжительность самой жизни. Это обстоятельство дало основание итальянскому патологу Дж. Танделло заявить: конституция человека – наш фатум, наша судьба. Действительно, среда лишь может изменить потенциал человека в рамках «норм реакций», в пределах геномных законов реагирования, но не изменить сам геном.

В наследуемых предпосылках здоровья особенно важны три фактора: тип морфофункциональной конституции и преобладающих нервных и психических процессов, степень предрасположенности к тем или иным заболеваниям и, наконец, менее определенная величина, которую определяют как «жизненность» и которая отражает плодовитость и долголетие особи (видимо, именно с последним обстоятельством можно связать так называемый «парадокс долгожителей»: даже при наличии множественных патоморфологических нарушений в органах и тканях они тем не менее могут жить долго и иметь высокую работоспособность).

По мере развития психофизиологии, антропометрии, спортивной практики и т.д. выделяется все больше генетически наследуемых человеком качеств. Так, в спортивной практике при отборе для занятий различными видами спорта пользуются не только функциональными показателями ребенка, но и изучают данные антропометрии, тип высшей нервной деятельности родителей и т.д. В этих же целях исследуют соотношение красных и белых волокон в тех группах скелетных мышц, на которые приходится основная нагрузка при выполнении специфической для данного вида спорта работы (например, для спринтерской работы в легкой атлетике необходимо преобладание в мышцах нижних конечностей белых волокон, а стайерской – красных).

Таким образом, жизненные доминанты и установки человека во многом детерминированы конституцией человека. К таким генетически предопределяемым особенностям относятся доминирующие потребности человека, его способности, интересы, желания, предрасположенность к алкоголизму и другим вредным привычкам и т.д. При всей значимости влияний среды и воспитания роль наследственных факторов оказывается определяющей. В полной мере это относится и к предрасположенности к различным заболеваниям.

Все это делает понятной необходимость учета наследственных особенностей человека в определении оптимального для него образа жизни, выбора профессии, партнеров при социальных контактах, лечения, наиболее подходящего вида нагрузок и т.д. Довольно часто общество предъявляет человеку требования, которые вступают в противоречие, столкновение с условиями, требуемыми для реализации программ, заложенных в генах. В результате в онтогенезе человека постоянно возникают и преодолеваются многие противоречия между наследственностью и средой, между различными системами организма, обуславливающими его адаптацию как целостной системы, и т.д. В частности, это имеет исключительное значение в выборе профессии, что для нашей страны достаточно актуально, так как, например, лишь около 3% занятых в народном хозяйстве Российской Федерации людей удовлетворены избранной профессией, – по-видимому, не последнее значение здесь

имеет именно несоответствие наследуемой типологии и характера выполняемой профессиональной деятельности.

Набор генов, наследуемый ребенком от родителей (генотип), формируется на протяжении жизни многих поколений и является величиной достаточно устойчивой. Однако в 30-х годах нашего столетия было сделано принципиальное открытие об изменчивости генов. С тех пор ведется активное изучение альтерирующих ген факторов. Количество последних – физических, биологических, химических, социальных и пр. – достаточно велико. Они могут воздействовать и на «цепочку поколений», и на хромосомы будущих родителей, и на хромосомы зародыша в период его внутриутробного развития. В первом случае особое значение имеют состояние окружающей среды, географические факторы, национальные, религиозные, этнические и семейные обычаи и традиции и т.д. Во втором случае преимущественное значение имеет образ жизни будущих родителей, так как именно он обуславливает благоприятное или отрицательное влияние на хромосомы половых клеток или зародыша. Особенно ранним генный аппарат на раннем эмбриональном этапе развития, когда генетическая программа реализуется в виде закладки основных функциональных систем организма. Большое и все возрастающее число возмущающих факторов современной жизни, вызывающих изменения в генах, привело к тому, что перечень и количество наследственных заболеваний в мире неуклонно растет.

Наиболее часто наследственные нарушения обуславливаются образом жизни будущих родителей или беременной. Помимо дефицита двигательной активности в нездоровом образе жизни беременной, ведущему к нарушению нормального развития плода, следует отметить переизбыток, психические перегрузки социального, профессионального и бытового характера, вредные привычки и т.д.

Все заболевания, связанные с генетическими факторами, можно условно разделить на три группы:

- наследственные прямого эффекта (в том числе врожденные), когда ребенок рождается уже с признаками нарушений;
- наследственные, но опосредованные воздействием внешних факторов,
- связанные с наследственным предрасположением.

К первой группе можно отнести такие хромосомные и генные болезни, как гемофилия, фенилкетонурия, болезнь Дауна и многие другие. Эта группа болезней предопределяется прежде всего условиями, в которых живут родители в течение всей жизни до зачатия и мать – в периоде беременности. Основным фактором является наличие измененных или ослабленных хромосом и генов, которые при определенных условиях приобретают доминирующее значение. Наиболее частыми причинами, ведущими к таким последствиям, являются неблагоприятные экологические условия, употребление алкоголя, наркотиков и другие вредные привычки родителей, нарушения в режиме жизни, питания, психические перегрузки и т.д.

Вторая группа наследственных болезней развивается непосредственно в процессе индивидуального развития и обусловлена слабостью определенных наследственных механизмов. Такая слабость при нездоровом образе жизни человека может привести к возникновению некоторых видов нарушений обмена веществ (отдельные виды сахарного диабета, подагра), психическим расстройствам и другой патологии.

Третья группа болезней связана с наследственной предрасположенностью, что при воздействии определенных этиологических факторов внешней среды может привести к таким заболеваниям, как атеросклероз, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, язвенная болезнь, бронхиальная астма и многие другие психосоматические нарушения.

Статистика показывает, что в структуре наследственной патологии преимущественное место принадлежит заболеваниям, относящимся ко второй и третьей группам, то есть связанным с образом жизни и со здоровьем будущих родителей и матери в периоде беременности.

Таким образом, не вызывает сомнения заметная роль, которую имеют наследственные факторы в обеспечении здоровья человека. В то же время в подавляющем числе случаев учет этих факторов через рационализацию образа жизни человека может сделать его жизнь здоровой, счастливой и долговечной. И, наоборот, недоучет типологических особенностей человека делает его беззащитным и уязвимым для действия неблагоприятных условий и обстоятельств жизни.

4. Изменение природных экосистем в результате организации сельского хозяйства создание генетически и экологически продовольственной и сырьевой базы в результате сельскохозяйственного производства.

Под сельскохозяйственной экологической системой понимают природный комплекс, преобразованный сельскохозяйственной деятельностью человека. Как и любые биокосные системы, они имеют многоуровневую, иерархически обусловленную организацию. Сельскохозяйственные экосистемы низшего ранга входят в состав системных образований более высокого уровня и им соподчинены. Сельскохозяйственной экосистемой наивысшего иерархического уровня считается агросфера — поверхность суши, вовлеченная в сельскохозяйственное производство (Злобин).

Агросфера состоит из экологических систем низшего уровня — аграрных ландшафтов, которые, в свою очередь, представляют совокупность полевых, пастбищных, ферменных биогеоценозов. В аграрных ландшафтах человек создал природно-технические системы для обитания растений (теплицы, оранжереи и т. д.), млекопитающих животных (коровники, свиноводники, конюшни, кошары), птиц (птичники, птицефабрики), полезных насекомых (ульи для пчел и т. д.). Теплицы и оранжереи, скотные дворы, животноводческие фермы и комплексы, ульи и аквариумы — это природно-технические системы, функционирующие по принципу искусственных биогеоценозов.

Агросфера — продукт сельскохозяйственной деятельности человека — главного компонента антропогеоценозов. Первую обстоятельную характеристику антропогеоценозов дал В. П. Алексеев. Антропогеоценоз — биокосная система, компонентами которой являются люди, человеческие поселения (по терминологии В. П. Алексеева, человеческие популяции — в биологическом понимании, хозяйственный коллектив — в социально-экономическом) и окружающая человека живая и неживая природа.

Антропогеоценоз может не ограничиваться пределами населенного пункта. Он может распространяться на всю территорию, которую население эксплуатирует, на все пространство, являющееся объектом хозяйственной деятельности людей.

Сельскохозяйственная экология находится в стадии развития, поэтому еще нет единого общепризнанного определения агробиogeоценозов и агроэкосистем. Так, по Н. Ф. Реймерсу, агробиogeоценоз характеризуется как неустойчивая экологическая система с искусственно созданным или обедненным видом естественным биотическим сообществом, дающим сельскохозяйственную продукцию. Биотической частью агробиogeоценоза служит агробиogeоценоз — созданное и регулярно поддерживаемое сообщество, обладающее малой экологической надежностью, но высокой урожайностью (продуктивностью) одного или нескольких видов (сортов, пород) растений или животных. Следовательно, под агробиogeоценозом подразумевается экосистема, предназначенная не только для выращивания растений, но и для разведения животных.

Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг и Л. Г. Наумова дают несколько иную характеристику агробиogeоценоза. Они считают, что агробиogeоценоз — это полевой участок, который представляет собой совокупность агробиogeоценоза и почвы с прилегающим слоем атмосферы. Агробиogeоценоз, по авторам, — элемент агроэкосистемы. Экосистема — безранговое понятие, совокупность биогенных и абиогенных компонентов участка суши, используемого для производства сельскохозяйственной продукции (растительной и животной). Следовательно, понятия агробиogeоценоза неодинаковы. Биогеоценоз, по Н. Ф. Реймерсу,

больше напоминает то, что Б. М. Миркин и его соавторы называют агроэкосистемой. В то же время термином «агроэкосистема» нередко обозначают и теплицы, и оранжереи, и поля, и животноводческие фермы, и индивидуальные или коллективные хозяйства, и аграрные ландшафты, и агросферу.

Авторы данного учебного пособия используют экологические термины в следующем понимании:

агросфера — глобальная экосистема, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную сельскохозяйственной деятельностью человека;

аграрный ландшафт — экосистема, сформировавшаяся в результате сельскохозяйственного преобразования ландшафта (степного, таежного и т. д.);

сельскохозяйственная экологическая система (или сельскохозяйственная экосистема) — экосистема на уровне хозяйства; агробиогеоценоз — поле, сад, бахча, теплица, оранжерея; пастбищный биогеоценоз — природное или культурное пастбище, используемое для выпаса сельскохозяйственных животных;

ферменный биогеоценоз — конюшня, коровник, свиноводник, кошара, птичник, животноводческий комплекс, зоопарк, виварий.

Несмотря на большое разнообразие, сельскохозяйственные экосистемы разных уровня и иерархии имеют много общего, что отличает их от природных экосистем. Отличительная особенность сельскохозяйственных экосистем в том, что они — продукт преобразования природных БГЦ. Преобразуя натурбиогеоценозы в сельскохозяйственные экосистемы, человек изменял живые и неживые компоненты природных комплексов: растительный и животный мир, почву, воду. Естественную растительность уничтожали, заменяли новой, необходимой для удовлетворения потребностей человека. Исчезли многие виды диких животных; их заменили домашние (сельскохозяйственные) животные.

В сельскохозяйственных экосистемах (агробиогеоценозах, пастбищных и ферменных БГЦ) пищевые цепи вовлечены в сферу деятельности человека. В них изменена экологическая пирамида. На вершине экологической пирамиды встал человек. Своеобразие экологической пирамиды, на вершине которой находится человек, — специфический признак любой сельскохозяйственной экосистемы.

В сельскохозяйственных экосистемах спектр видов растений и животных обеднен. Аграрные и ферменные биогеоценозы мало-компонентны. Малокомпонентность — один из признаков сельскохозяйственных экосистем.

Антропогенное преобразование природных ландшафтов в аграрные происходило в течение тысячелетий.

Первой системой земледелия была подсечно-огневая, которая у некоторых племен сохраняется до сих пор. При этой системе земледелия проводят сжигание леса, а на освободившейся территории, покрытой золой, — посев и выращивание растений. Из-за быстрого истощения почв срок использования полей невелик. В умеренных широтах он порядка десяти лет, а в тропиках всего 2—3 года. Поля, утратившие плодородие, забрасывали. В результате сукцессионных процессов естественная растительность постепенно возрождалась, плодородие почв восстанавливалось. На некогда покинутых территориях вновь сжигали леса и высвободившиеся земли опять вовлекались в сельскохозяйственный оборот.

Прогресс в растениеводстве тесно связан с развитием животноводства. При непрерывном использовании одних и тех же полей, садов и огородов, получении на них устойчивых высоких урожаев необходимо проводить мероприятия по поддержанию «воспроизводству плодородия почв. Почвы обогащают удобрениями, главным образом навозом. Отходы животноводства оказались полезными для развития растениеводства. В то же время растениеводство — важнейший фактор развития животноводства, так как фитомассу полей (лесов, садов и т. д.) используют для кормления сельскохозяйственных животных. Таким образом, при оптимальном развитии растениеводства и животноводства

увеличивается производство зерна, овощей, корне- и клубнеплодов, фруктов, мяса, молока, яиц, шерсти и другой сельскохозяйственной продукции.

По мере расширения агросферы и интенсификации сельского хозяйства экологические катастрофы стали чаще и тяжелее. Экологические проблемы сельского хозяйства особенно резко обострились в современную эпоху научно-технического прогресса. Другая особенность сельскохозяйственных экосистем — появление в них искусственного отбора и селекции растений и животных.

Окультуривание растений и одомашнивание животных происходили на заре формирования сельского хозяйства, примерно 12—14 тыс. лет назад. Растениеводство и животноводство в разных регионах возникали неодновременно. Эти две отрасли сельского хозяйства не всегда были тесно связаны между собой. До сих пор существуют племена, которые не занимаются земледелием, они потребляют в основном животную пищу. Известны земледельцы, не занимающиеся животноводством. Они производят продукты растениеводства, а животную пищу получают охотой и рыболовством в обмен на свою продукцию у скотоводов.

На начальных этапах развития сельского хозяйства человек проводил искусственный отбор растений и животных стихийно, бессознательно, без четкого представления о конечных результатах. И только с конца XVIII в. стали осуществлять целенаправленный отбор растений и животных по заранее разработанному плану. За относительно короткий период выведены разнообразные высокоурожайные сорта растений и продуктивные породы животных, отвечающие социально-экономическим потребностям людей.

Долгое время искусственный отбор растений имел одну цель: получить высокий урожай. В результате растения утратили свой «оборонный потенциал», способность противостоять болезням. Поэтому в агробиогеоценозах нередко возникали вспышки массовых болезней растений.

О том, как происходил процесс одомашнивания животных, можно судить по археологическим данным и результатам современных исследований по изучению содержания диких животных в неволе (в зоопарках и др.). Можно предположить, что в первую очередь приручению и одомашниванию подвергались животные с определенными поведенческими фенотипами: неагрессивные, покорные. Особей, проявляющих резко выраженную реакцию страха и крайнюю агрессивность, обычно исключали из разведения. Искусственный отбор и селекция сыграли важную роль в выведении высокопродуктивных пород крупного рогатого скота, свиней, кур и других видов млекопитающих и птиц.

Однако искусственный отбор и селекция в некоторых случаях имели негативные последствия. В аграрных ландшафтах успешнее размножались животные, приспособленные для жизни в условиях, созданных человеком (пастбища, хлевы и т. д.). С увеличением зависимости от искусственных условий местообитания и питания сохранились такие генотипы, которые вряд ли выжили бы в дикой природе. При заботе со стороны человека генетически неполноценные животные обычно не вымирают. При этом «неполноценные», «вредные», «отрицательные» гены не исчезают, а продолжают накапливаться и размножаться в популяциях. Это привело к возникновению и накоплению наследственного бремени («генетического груза») в животноводстве.

Лекция 2 (1 час)

Тема: «Агроэкосистемы. Круговорот веществ и поток энергии в сельскохозяйственных экосистемах»

1.2.1 Вопросы лекции

- 2.1. Роль сельского хозяйства в формировании первичной биологической продукции.
- 2.2. Типы структура, функции агроэкосистем.
- 2.3. Круговорот веществ и потоки энергии в агроэкосистемах.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Роль сельского хозяйства в формировании первичной биологической продукции.

Своеобразный тип экосистем представляют агроэкосистемы. **Агроэкосистемы** (сельскохозяйственные экосистемы) создаются человеком для получения высококачественной продукции автотрофов (урожае), отличающейся от природных рядом особенностей:

- В них резко снижено разнообразие организмов.
- Виды, культивируемые человеком, поддерживаются искусственным отбором в состоянии, далеком от первоначального, и не могут выдерживать борьбу за существование с дикими видами без поддержки человека.
- Агроэкосистемы получают дополнительный поток энергии, кроме солнечной, благодаря деятельности людей, животных и механизмов, обеспечивающих необходимые условия роста культивируемых видов. Чистая первичная продукция (урожай) удаляется из экосистемы и не поступает в цепи питания.

Искусственная регуляция численности вредителей — по большей части необходимое условие поддержания агроэкосистем. Поэтому в сельскохозяйственной практике применяют мощные средства подавления численности нежелательных видов: ядохимикаты, гербициды и т.д. Экологические последствия этих действий приводят, однако, к ряду нежелательных эффектов, кроме тех, для которых они применяются.

В отношении к сообществам, складывающимся в агроэкосистемах, постепенно меняются акценты в связи с общим развитием экологических знаний. На смену представлениям об обрывочности, осколочности ценотических связей и предельной упрощенности агроценозов возникает понимание их сложной системной организации, где человек существенно влияет лишь на отдельные звенья, а вся система продолжает развиваться по естественным, природным законам.

С экологических позиций крайне опасно упрощать природное окружение человека, превращая весь ландшафт в агрохозяйственный. Основная стратегия создания высокопродуктивного и устойчивого ландшафта должна заключаться в сохранении и умножении его многообразия.

Наряду с поддержанием высокопродуктивных полей следует особенно заботиться о сохранении заповедных территорий, не подвергающихся антропогенному воздействию. Заповедники с богатым видовым разнообразием являются источником видов для восстанавливающихся в сукцессионных рядах сообществ.

Зеленая революция

Одной из форм проявления научно-технической революции в сельском хозяйстве является «зеленая революция». **Зеленная революция** представляет собой преобразование сельского хозяйства на основе современной агротехники и селекции, это период кардинальной смены подходов к выращиванию растений и животных. В результате первого периода этой революции урожайность зерновых культур возросла в 2-3 раза, и вдвое увеличился ассортимент продукции.

Основными тенденциями второго периода «зеленой революции» были: оказание минимального воздействия на окружающую природную среду, снижение вложений антропогенной энергии, использование биологических методов борьбы с вредителями

растений. Однако активное вмешательство человека в природные экосистемы и создание агроэкосистем привело к ряду негативных последствий: деградации почв, снижению плодородия почв, загрязнению экосистем ядохимикатами.

2. Типы структура, функции агроэкосистем.

Понятие «агроэкосистемы». Сельское хозяйство существенно трансформирует природные комплексы. В результате сформировались разнообразные антропогенные сельскохозяйственные образования (пашни, садовые насаждения, тута, пастбища и т. д.), занимающие около трети суши, в том числе почти 1,5 млрд га пашни. Территории, подлежащие ежегодной перепашке, требующие внесения удобрений, регулярного формирования искусственных (управляемых) фитоценозов, относятся к сельскохозяйственным образованиям полевого типа. Сады, ягодники, виноградники, плантации чая и кофейного дерева—садовые образования; они представляют собой многолетние фитоценозы. Наибольшую территорию в качестве базы для получения сельскохозяйственной продукции занимают луга и пастбища, простирающиеся от тропических саванн до субарктической зоны на площади более 3 млрд га. В этих угодьях процесс формирования первичной биологической продукции идет естественным путем, и используется она для получения вторичной биологической продукции (разведение и содержание различных видов одомашненных животных, размножающихся под присмотром и управлением человека).

В сфере сельского хозяйства первичным структурным звеном, где, собственно, и происходит взаимодействие человека с природой, являются функциональные единицы — агроэкосистемы (или агробиогеоценозы). Надо, однако, отметить, что понятие это воспринимается неоднозначно. К примеру, по мнению Ю. Одума (1987), агроэкосистемы — это одомашненные экосистемы, которые во многих отношениях занимают промежуточное положение между природными экосистемами (луга, леса) и искусственными (города). Другой американский агроэколог Р. Митчелл считает, что подобно тому как морские свинки — это не обитатели моря и не представители отряда парнокопытных, так и агроэкосистемы — это не настоящие экосистемы, но и не самодовлеющие сельскохозяйственные единицы. Во всех агроэкосистемах экономические соображения влияют на структуру посевов и набор культур.

Некоторые исследователи считают, что роль человека, под управлением которого находится агроэкосистема, настолько значительна, что следует говорить об артеприродной основе агроэкосистем. Действительно, агроэкосистемы сходны с урбанизированными и промышленными системами своей зависимостью от внешних факторов, т. е. от окружающей среды на входе и выходе системы. Однако в отличие от них агроэкосистемы по преимуществу автотрофны.

В свете современных представлений *агроэкосистемы* (агробиогеоценозы) - вторичные, измененные человеком биогеоценозы, ставшие значительными элементарными единицами биосферы; их основу составляют искусственно созданные, как правило, обедненные видами живых организмов биотические сообщества. Эти сообщества формируют и регулируют люди для получения сельскохозяйственной продукции. Агроэкосистемы отличаются высокой биологической продуктивностью и доминированием одного или нескольких избранных видов (сортов, пород) растений или животных. Выращиваемые культуры и разводимые животные подвергаются искусственному, а не естественному отбору. Как экологические системы агроэкосистемы неустойчивы: у них слабо выражена способность к саморегулированию, без поддержки человеком они быстро распадаются или дичают и трансформируются в естественные биогеоценозы (например, мелиорированные земли — в болота, насаждения лесных культур — в лес).

Агроэкосистемы с преобладанием зерновых культур существуют не более одного года, многолетних трав — 3...4 года, плодовых культур — 20...30 лет, а затем они распадаются и отмирают. Полезащитные лесные полосы, являющиеся элементами агроэкосистем, в степной

зоне существуют не менее 30 лет. Однако без поддержки человеком (рубки ухода, дополнения) они постепенно «дичают», превращаясь в естественные экосистемы, или погибают. Преобладающая разновидность агроэкосистем — искусственные фитоценозы: окультуренные (планово эксплуатируемые луга и пастбища); полукультурные (непостоянно регулируемые искусственные насаждения — сеяные, многолетние луга); культурные (постоянно регулируемые многолетние насаждения, полевые и огородные культуры); интенсивно культурные (парниковые и оранжерейные культуры, гидропоника, аэропоника и другие, требующие создания и поддержания особых почвенных, водных и воздушных условий). Управление агроэкосистемой осуществляется извне и подчинено внешним целям.

Заслуживает внимания определение Р. А. Полуэктова (1991), назвавшего агроэкосистему специальным видом экосистем сельскохозяйственного поля, на котором произрастают культурные растения, обитают другие виды растений и животных и происходит сложная цепь физических и химических трансформаций энергии и вещества. Б. М. Миркин и Р. М. Хазиахметов предложили схему функционирования агроэкосистемы (рис. 1).



Рис. 1. Схема функционирования агроэкосистемы (Миркин, Хазиахметов, 1995)

Типы агроэкосистем.

Процессами производства пищевых ресурсов на основе использования почвеноклиматического потенциала охвачены огромные площади планеты, представленные разномасштабными (от парцелл до крупных возделываемых массивов) агроэкосистемами. Значительное разнообразие их по размерам, целевому назначению, используемым технологическим системам пока что ограничивает возможность разработки универсальной схемы типизации этих образований. Не исключено, что перспективным может оказаться анализ материально-вещественных потоков, а также энергетических характеристик, отражающих основные стадии формирования агроэкосистем. Отсутствие общепринятой классификации агроэкосистем восполняется в известной мере типизацией структур земледелия, применяемой ФАО. Согласно этой типизации, выделено пять видов землепользования, по каждому из которых классифицированы агроэкосистемы:

1. Земледельческое, или полевое, землепользование — богарные, орошаемые агроэкосистемы (ротации зерновых, бобовых, кормовых, овощных, бахчевых, технических и лекарственных, культур).
2. Плантационно-садовое землепользование — плантационные агроэкосистемы (чайный куст, дерево какао, кофейное дерево, сахарный тростник), садовые агроэкосистемы (плодовые сады, ягодники, виноградники).
3. Пастбищное землепользование-пастбищные агроэкосистемы (отгонные пастбища: тундровые, пустынные, горные; лесные пастбища; улучшенные пастбища; сенокосы; окультуренные луга).

4. Смешанное землепользование - смешанные агроэкосистемы, характеризующиеся равнозначным соотношением и сочетанием нескольких видов землепользования, а также процессов получения как первичной, так и вторичной биологической продукции.
5. Землепользование в целях производства вторичной биологической продукции — агропромышленные экосистемы (территории интенсивного «индустриализированного» производства молока, мяса, яиц и другой продукции на основе преобладающих процессов снабжения системы веществом и энергией извне).

По энергетическим вложениям выделяют агроэкосистемы до индустриальные с дополнительной энергией в виде мышечных усилий человека и животных. Агроэкосистемы этого типа, как правило, гармонирующие с природными экосистемами, занимают значительные площади пахотных земель в странах Азии, Африки и Южной Америки. Различают также агроэкосистемы второго типа, требующие постоянного дополнительного привнесения энергии.

3. Круговорот веществ и потоки энергии в агроэкосистемах.

Сельскохозяйственным экосистемам свойственна разомкнутость биотического круговорота. Разомкнутость круговорота химических элементов определена особенностями организации сельскохозяйственных экосистем, их структурой и функцией, той ролью, какую они выполняют. Основное назначение сельскохозяйственных экосистем — снабжать население продуктами растениеводства и животноводства. Эту задачу можно решить только за счет коренной перестройки потоков веществ в сельскохозяйственных экосистемах и в окружающей их среде. Фитомассу, выращенную на полях, в садах, огородах, теплицах, используют в аграрном ландшафте лишь отчасти — для питания сельского населения и кормления сельскохозяйственных животных. Эта относительно небольшая часть биомассы преобразуется в сельскохозяйственных экосистемах и возвращается в почвы агробиогеоценозов в форме навоза. Макро- и микроэлементы, изъятые из почв с урожаем, не полностью возвращаются в нее с навозом. С органическими удобрениями возмещается только приблизительно четвертая часть химических элементов, изъятых из почв с урожаем. Большая часть химических элементов, связанных в фитомассе, в виде зерна, корне- и клубнеплодов, фруктов мигрирует за пределы сельскохозяйственных экосистем, главным образом для снабжения городского населения продуктами питания, для обеспечения нужд промышленности растительным сырьем.

За пределы сельскохозяйственных экосистем мигрируют химические элементы, содержащиеся не только в фитомассе, но и в зоомассе — в телах сельскохозяйственных животных и птиц, в получаемых от них продуктах: молоке, шерсти, яйцах и т. д. Химические элементы, экспортируемые с продуктами растениеводства и животноводства за пределы аграрных ландшафтов, выключаются из биотического круговорота сельскохозяйственных экосистем. Поступая с экскрементами людей в канализационные системы городов, других населенных пунктов, они вовлекаются в геологический круговорот.

Утечке химических элементов из сельскохозяйственных экосистем способствует традиционный способ утилизации трупов павших животных. Химические элементы, содержащиеся в них, при захоронении в могильники надолго выключаются из биотического круговорота сельскохозяйственных экосистем.

Биотический круговорот нарушается также в результате притока в сельскохозяйственные системы минеральных, азотных, фосфорных, калийных удобрений, пестицидов и других веществ.

В сельскохозяйственные экосистемы ежегодно поступает значительное количество разнообразных пестицидов, предназначенных для борьбы с вредными насекомыми, сорными растениями и другими вредителями сельского хозяйства. Пестициды включаются в пищевые цепи и биотический круговорот.

Следовательно, в сельскохозяйственных экосистемах изменяется баланс химических веществ: приток — отток. Это влияет на геохимическую обстановку в аграрных ландшафтах,

состояние флоры и фауны, биологическую продуктивность и воспроизводительную способность культурных растений.

1.3 Лекция 3 (1 час)

Тема: «Организм и окружающая среда. Взаимодействие генотип – среда в реализации наследственной информации»

1.3.1 Вопросы лекции

- 3.1. Среда и условия существования организмов.
- 3.2. Совместное действие экологических факторов на организм животного. Важнейшие абиотические факторы и адаптации к ним организмов.
- 3.3. Биологические факторы и их влияние на организм животных.
- 3.4. Фенотипическая изменчивость как результат взаимодействия генотипа и среды.
- 3.5. Генотипические и паратипические факторы фенотипической изменчивости и их значение в селекции животных.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Среда и условия существования организмов.

Среда – всё, что окружает организм и прямо или косвенно влияет на его жизнедеятельность, развитие, рост, выживаемость, размножение и т.д.

Среда каждого организма складывается из множества элементов неорганической и органической природы и элементов, привносимых человеком и его производственной деятельностью. При этом одни элементы необходимы организму, другие безразличны для него, третьи оказывают вредное воздействие.

Условия существования, или *условия жизни* – совокупность необходимых организму элементов среды, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может.

Элементы среды как необходимые организму, так и отрицательно на него воздействующие, называются **экологическими факторами**.

Экологические факторы принято делить на три основные группы: абиотические, биотические и антропоические.

Абиотические факторы – комплекс условий неорганической и органической среды, влияющих на организм. Абиотические факторы подразделяются на химические (химический состав воздуха, океана, почвы и др.) и физические (температура, давление, ветер, влажность, свет, радиационный режим и др.).

Биотические факторы – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие. Они весьма разнообразны. Так, например, живые существа служат пищей (растения – для животных, животные – для хищников) и средой обитания (хозяин – для паразита, крупные растения – для эпифитов) для других организмов, способствуют размножению последних (опыление растений, распространение семян), оказывают химические, физические и другие воздействия.

Антропоические факторы – совокупность воздействий деятельности человека на органический мир. Уже фактом своего существования человек оказывает влияние на среду (за счёт дыхания ежегодно в атмосферу поступает примерно $1,1 \cdot 10^{12}$ кг CO_2 и др.) и неизмеримо большее производственной деятельностью во всё возрастающей степени.

Влияние на организм абиотических факторов может быть прямым и косвенным (опосредованным). Так, например, температура среды определяет скорость физиологических процессов в организме и, соответственно, его развитие (прямое влияние); в то же время, влияя на развитие растений, являющихся кормом для животных, она оказывает на последних косвенное воздействие.

Эффект действия экологических факторов зависит не только от их характера, но и от дозы, воспринимаемой организмом (высокая или низкая температура, яркий свет или темнота и др.). У всех организмов в процессе эволюции выработались приспособления к восприятию факторов в определенных количественных пределах. Причем, для каждого организма существует свой набор факторов, наиболее для него благоприятный.

Чем больше доза факторов отклоняется от оптимальной для данного вида величины (увеличение или уменьшение), тем сильнее угнетается его жизнедеятельность. Границы, за которыми существование организма невозможно, называются *нижним и верхним пределами выносливости (толерантности)*.

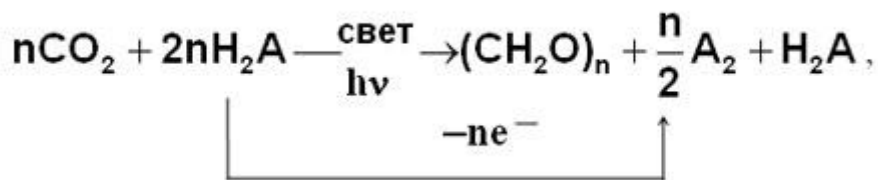
2. Совместное действие экологических факторов на организм животного. Важнейшие абиотические факторы и адаптации к ним организмов.

- Дайте характеристику света как абиотического фактора. Приведите классификацию экологических классов растений по отношению к свету.
- Охарактеризуйте температуру как абиотический фактор. Объясните экологический смысл правил Бергмана и Аллена (приведите примеры).
- В чем состоит различие между пойкилотермными и гомойотермными организмами?
- Как формулируется биоклиматический закон А. Хопкинса? Дайте ему экологическое объяснение.
- Охарактеризуйте влажность как абиотический фактор. Приведите примеры влаго- и сухолюбивых растений и животных, а также предпочитающих умеренную влажность. Среди основных абиотических факторов рассмотрим свет, температуру и влажность.

Свет.

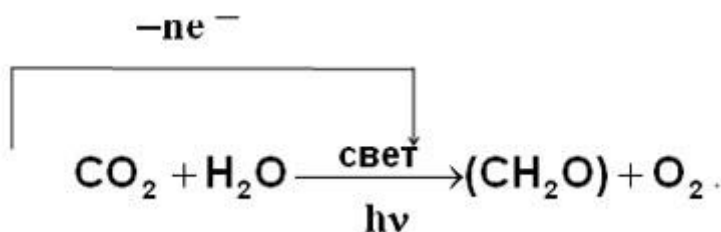
В свое время французский астроном Камиль Фламарион (1842-1925) написал: *"Мы об этом не думаем, но все, что ходит, движется, живет на нашей планете, есть дитя Солнца"*.

Действительно, только под влиянием света осуществляется важнейший в биосфере процесс фотосинтеза, который в общем виде может быть представлен следующим образом:

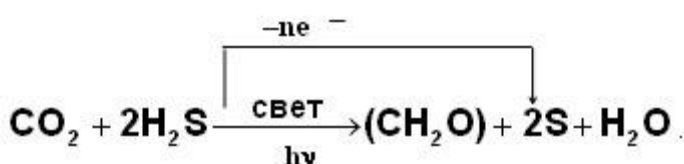


где А - донор электронов.

У зеленых растений (высших растений и водорослей) донором электронов является вода (кислород), поэтому в результате фотосинтеза образуется кислород:



У бактерий роль донора электронов могут выполнять, например, сероводород (сера), органические вещества. Так, у зеленых и пурпурных серобактерий идет следующий процесс:



В отношении света организмы стоят перед дилеммой: с одной стороны, прямое воздействие света на клетку может быть смертельно для организма, с другой - свет служит первичным источником энергии, без которого невозможна жизнь.

Видимый свет оказывает на организмы смешанное действие: красные лучи - тепловое воздействие; синие и фиолетовые лучи - изменяют скорость и направление биохимических реакций. В целом свет влияет на скорость роста и развития растений, на интенсивность фотосинтеза, на активность животных, вызывает изменение влажности и температуры среды, является важным фактором, обеспечивающим суточные и сезонные биологические циклы. Каждое местообитание характеризуется определенным световым режимом, определяемым интенсивностью (силой), количеством и качеством света.

Интенсивность (сила) света измеряется энергией, приходящейся на единицу площади в единицу времени: Дж/м²Чс; Дж/см²Чс. На этот фактор сильно влияют особенности рельефа. Самым интенсивным является прямой свет, однако более полно растениями используется рассеянный свет.

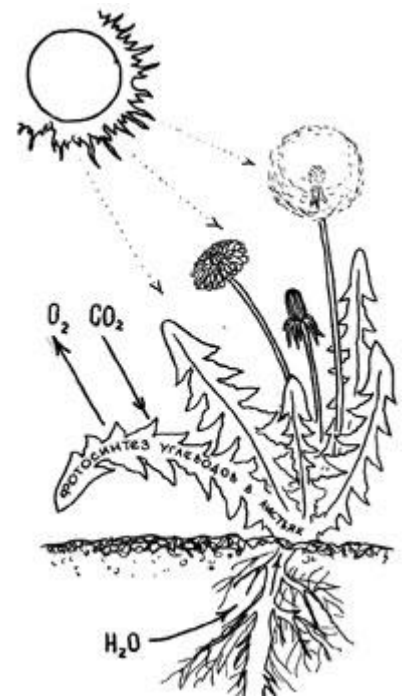
Количество света определяется суммарной радиацией. От полюсов к экватору количество света увеличивается. Для определения светового режима необходимо учитывать и количество отраженного света, так называемое альбедо. Альбедо (от лат. *albus* - белый) - отражающая способность поверхностей различных тел - выражается в процентах от общей радиации и зависит от угла падения лучей и свойств отражающей поверхности. Например, альбедо чистого снега - 85%, загрязненного - 40-50%, черноземной почвы - 5-14%, светлого песка - 35-45%, полого леса - 10-18%, зеленых листьев клена - 10%, осенних пожелтевших листьев - 28%.

По отношению к свету как экологическому фактору различают следующие группы растений: гелиофиты (от греч. *helios* - солнце, *phyton* - растение), сциофиты (от греч. *skia* - тень) и теневыносливые растения (факультативные гелиофиты).

- Световые растения (гелиофиты) - обитают на открытых местах с хорошей освещенностью и в лесной зоне встречаются редко. Процесс фотосинтеза начинает преобладать над процессом дыхания только при высокой освещенности (пшеница, сосна, лиственница). Цветки таких светолубивых растений, как подсолнечник, козлобородник, череда, поворачиваются за солнцем.

- Теневые растения (сциофиты) - не выносят сильного освещения и живут под пологом леса в постоянной тени (это в основном лесные травы, папоротники, мхи, кислица). На вырубках при сильном освещении они проявляют явные признаки угнетения и часто погибают.

- Теневыносливые растения (факультативные гелиофиты) - могут жить при хорошем освещении, но легко переносят и затемненные места (большинство растений лесов, луговые растения, лесные травы и кустарники).



Фотосинтез в зеленых растениях



Влияние света на состояние сосны
(по Г. Р. Эйтингену)

Теневыносливые древесные породы и теневые травянистые растения отличаются мозаичным расположением листьев. У эвкалиптов листья обращены к свету ребром. У деревьев световые и теневые листья (располагаются соответственно по поверхности и внутри кроны) - хорошо освещаемые и затененные - имеют анатомические различия. Световые листья толще и грубее, иногда они блестящие, что способствует отражению света. Теневые листья обычно матовые, неопушенные, тонкие, с очень нежной кутикулой или вовсе без нее (кутикула - наружная пленка, покрывающая эпидермис).

В лесу теневыносливые деревья образуют густо сомкнутые насаждения. Под их пологом растут еще более теневыносливые деревья и кустарники, а ниже - теневые кустарнички и травы. На рисунке показаны две сосны: одна из них росла на открытом пространстве при хорошем освещении (1), а другая в густом лесу (2).

Наибольшее значение свет как средство ориентации имеет в жизни животных. Уже у простейших появляются светочувствительные органеллы. Так, эвглена зеленая с помощью светочувствительного "глазка" реагирует на степень освещенности среды. Начиная с кишечнополостных, практически у всех животных развиваются светочувствительные органы - глаза, имеющие то или иное строение.

Среди животных различают дневные, ночные и сумеречные виды. Имеются также виды, живущие в постоянной темноте и не выносящие яркого солнечного света (почвенные животные, обитатели пещер и больших глубин, внутренние паразиты животных и растений). Биолуминесценцией называется способность живых организмов светиться. Происходит это в результате окисления сложных органических соединений при участии катализаторов обычно в ответ на раздражения, поступающие из внешней среды. Световые сигналы, испускаемые рыбами, головоногими моллюсками и другими гидробионтами, а также некоторыми организмами наземно-воздушной среды (например, жуками семейства светляков), служат для привлечения особей противоположного пола, приманивания добычи или отпугивания хищников, ориентации в стае и др.

Важным экологическим фактором является температура.

Температура.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих существование, развитие и распространение организмов по земному шару, является температура. Важно не только абсолютное количество тепла, но и его временное распределение, т. е. тепловой режим.

Растения не обладают собственной температурой тела: их анатомо-морфологические и физиологические механизмы терморегуляции направлены на защиту организма от вредного воздействия неблагоприятных температур.

В зоне высоких температур при пониженной влажности (тропические и субтропические пустыни) исторически сформировался своеобразный морфологический тип растений с незначительной листовой поверхностью или с полным отсутствием листьев. У многих пустынных растений образуется беловатое опушение, способствующее отражению солнечных лучей и предохраняющее их от перегрева (акация песчаная, лох узколистый).

К физиологическим приспособлениям растений, сглаживающим вредное влияние высоких температур, могут быть отнесены: интенсивность испарения - транспирация (от лат. *trans* - через, *spiro* - дышу, выдыхаю), накопление в клетках солей, изменяющих температуру

свертывания плазмы, свойство хлорофилла препятствовать проникновению солнечных лучей.

В мире животных наблюдаются определенные морфологические адаптации, направленные на защиту организмов от неблагоприятного действия температур. Свидетельством этого может служить известное правило Бергмана (1847 г.), согласно которому *в пределах вида или достаточно однородной группы близких видов теплокровные организмы с более крупными размерами тела распространены в более холодных областях.*

Попытаемся объяснить это правило с позиций термодинамики: потеря тепла пропорциональна поверхности тела организма, а не его массе. Чем крупнее животное и компактнее его тело, тем легче поддерживать постоянную температуру (меньше удельный расход энергии), и наоборот, чем мельче животное, тем больше его относительная поверхность и теплотери и выше удельный уровень его основного обмена, т. е. количества энергии, расходуемого организмом животного (или человека) при полном мышечном покое при такой температуре окружающей среды, при которой терморегуляция наиболее выражена.



Иллюстрация правила Аллена

У животных с постоянной температурой тела в холодных климатических зонах наблюдается тенденция к уменьшению площади выступающих частей тела (правило Аллена, 1877 г.).

Правило Аллена наглядно проявляется, например, при сравнении размеров ушей экологически близких видов: песца - обитателя тундры; лисицы обыкновенной - типичной для умеренных широт; фенека - обитателя пустынь Африки. Реакция животных на тепловой режим проявляется и в изменениях пропорций отдельных органов и тела (у горностая из северных районов увеличено сердце, почки, печень и надпочечники по сравнению с такими же зверьками в местностях с более высокой температурой). Из правил Бергмана и Аллена бывают исключения.

3. Биологические факторы и их влияние на организм животных.

Внешняя среда. На человека воздействуют различные факторы окружающей среды. При изучении многообразных видов его деятельности не обойтись без учета влияния природных факторов (барометрическое давление, газовый состав и влажность воздуха, температура окружающей среды, солнечная радиация – так называемая физическая окружающая среда), биологических факторов растительного и животного окружения, а также факторов социальной среды с результатами бытовой, хозяйственной, производственной и творческой деятельности человека.

Из внешней среды в организм поступают вещества, необходимые для его жизнедеятельности и развития, а также раздражители (полезные и вредные), которые нарушают постоянство внутренней среды. Организм путем взаимодействия функциональных систем всячески стремится сохранить необходимое постоянство своей внутренней

Деятельность всех органов и их систем в целостном организме характеризуется определенными показателями, имеющими те или иные диапазоны колебаний. Одни константы стабильны и довольно жесткие, например, pH крови 7,36–7,40, температура тела – в пределах 35–36°C), другие и в норме отличаются значительными колебаниями (например, ударный объем сердца – количество крови, выбрасываемой за одно сокращение – 50–200 см³).

Природные социально-экономические факторы. Природные и социально-биологические факторы, влияющие на организм человека, неразрывно связаны с вопросами экологического характера.

Экология (греч. *oikos* – дом, жилище, родина + *logos* – понятие, *Нтае*) – это и область знания, и часть биологии, и учебная дисциплина, и комплексная наука. Экология рассматривает взаимоотношение организмов друг с другом и с неживыми компонентами природы Земли (ее биосферы). Экология человека изучает закономерности взаимодействия человека с природой, проблемы сохранения и укрепления здоровья. Человек зависит от условий среды обитания точно так же как природа зависит от человека. В городах интенсивность солнечной радиации на 15–20% ниже, чем в прилегающей местности, зато среднегодовая температура выше на 1–2°C, менее значительны суточные и сезонные колебания, ниже атмосферное давление, загрязненный воздух. Все эти изменения оказывают крайне неблагоприятное воздействие на физическое и психическое здоровье человека. Около 80% болезней современного человека – результат ухудшения экологической ситуации на планете. Экологические проблемы напрямую связаны с процессом организации и проведения систематических занятий физическими упражнениями и спортом, а также с условиями, в которых они происходят.

Биологические факторы: безвредные и вредные микроорганизмы, вирусы, глисты, грибки, разные животные и растения и продукты их жизнедеятельности.

Физические, химические, в определенной мере и биологические факторы могут быть как природного, так и искусственного (антропогенно-техногенного) происхождения, чаще имеет место воздействие на человека совокупности этих факторов.

Следует учитывать, что помимо перечисленных материальных факторов, значительное влияние а человека оказывают и факторы информационно - психологические – воздействие устного и печатного слова, слуховые и зрительные восприятия.

Факторы окружающей внешней среды воздействуют на морфологические и биохимические процессы жизнедеятельности в организме человека, органы и ткани которого контактируют с этими факторами, принимая т.о. непосредственное участие в формировании внутренней (эндогенной) среды организма. Они могут быть причиной возникновения различных заболеваний и усугубления их течения, но могут также быть использованы для более скорого выздоровления после заболевания и укрепления здоровья человека в целом. На протяжении многовековой эволюции человечества, окружающая среда претерпевала серьезные изменений, существенно изменившие как саму эту среду, так и условия взаимодействия с ней населяющих Землю людей.

Эти изменения включают три последовательные исторические фазы.

Первая – начальный период зарождения человечества. В этот период окружающая среда представляла собой сугубо природное образование, с изначально присущими ему регионально-географическими особенностями. Воздействие человека на эту среду было локальным, минимальным и практически её не изменяло (зола от костров, умеренные повреждения растительности, органические выделения и т.п.). Именно в таком, первозданном природном окружении и происходило первичное формирование человека как биологического вида и присущих ему физиологических функций и параметров жизнедеятельности.

Второй период характеризуется уже видимыми, но так же преимущественно ограниченными, проявлениями последствий влияния человеческой деятельности на окружающую среду. Такое влияние было обусловлено строительством и плохим санитарно-техническим благоустройством городов, начальными формами производственной деятельности и развитием транспорта.

Но наиболее масштабное и опасное воздействие человека на окружающую среду (третий, современный этап) началось со второй половины XIX века. Его причинами стали интенсивная индустриализация, появление разнообразных новых мощных химических, металлургических и других промышленных предприятий, строительство крупных городов и

скопление населения в них (урбанизация). Еще более усилилось такое воздействие в процессе использования достижений современной научно-технической революции – мирное и военное использование атомной энергии, массивная «химизация» сельскохозяйственного производства и быта, увеличение уровня различных физических воздействий – шума, электромагнитного излучения и др.

Вследствие этих процессов окружающая человека среда претерпевает негативные глобальные изменения, обусловленные массивным её химическим и физическим загрязнением. Можно сказать, что в настоящее время значительная часть населения Земли живет не в изначальной природной среде, в которой оно возникло, а в среде искусственно денатурированной, насыщенной вредными для здоровья веществами и факторами. Для образной характеристики такой среды обитания современного человека, выдающийся ученый-геохимик, Владимир Иванович Вернадский еще в двадцатые годы минувшего столетия, вместо термина «биосфера» предложил термин «ноосфера Земли». Тем самым подчеркивается, что на современном этапе всемирной истории, в результате деятельности людей (антропогенно-техногенное воздействие), природная биосфера преобразовалась в качественно новую окружающую среду, являющуюся своеобразным сочетанием природных и антропогенно-техногенных факторов.

4. Фенотипическая изменчивость как результат взаимодействия генотипа и среды.

Ненаследственная (фенотипическая) изменчивость не связана с изменением генетического материала. Она является ответной реакцией организма на конкретные изменения окружающей среды. Изучение влияния новых условий на человека показало, что такие признаки, как тип обмена веществ, предрасположенность к некоторым заболеваниям, группа крови, узоры кожи на пальцах и другие, определяются генотипом и их выражение мало зависит от факторов окружающей среды. Другие признаки, такие как уровень интеллекта, вес, рост и т.п., обладают широким диапазоном изменений, и их проявление в значительной степени определяется окружающей средой. Те внешние различия, которые обусловлены средой, получили название модификаций. Модификации не связаны с изменением генетических структур особи, а являются лишь частной реакцией генотипа на конкретные изменения окружающей среды (температуры, содержания кислорода во вдыхаемом воздухе, характера питания, воспитания, обучения и т.д.). Однако пределы этих изменений признака в ответ на воздействие окружающей среды определяются генотипом. Конкретные изменения не наследуются, они формируются в процессе жизнедеятельности особи. Наследуется генотип с его специфической нормой реакции на изменение среды. Таким образом, совокупность признаков особи (ее фенотип) является результатом реализации генетической информации в конкретных условиях окружающей среды. Формируется фенотип в процессе индивидуального развития, начиная с момента оплодотворения. Физическое, психическое и умственное здоровье человека – это результат взаимодействия унаследованных человеком особенностей с факторами окружающей среды, воздействующими на него на протяжении всей жизни. Ни наследственность, ни окружающая человека среда не являются неизменными. Этот важный принцип лежит в основе современного понимания процессов Изменчивости и наследственности. В мире нельзя найти двух людей, за исключением однояйцевых близнецов (развившихся из одной оплодотворенной яйцеклетки), обладающих одинаковым набором генов. Нельзя также найти двух людей, проживших жизнь в одинаковых условиях. Наследственность и среда не противопоставляются друг другу: они едины и немыслимы одна без другой.

Модификационная изменчивость

Среди различных типов изменчивости, рассмотренных выше, была выделена ненаследственная изменчивость, которую называют также модификационной. Общие закономерности изменчивости известны значительно хуже, чем законы наследования.

Модификационная изменчивость – это фенотипические различия у генетически одинаковых особей.

Внешние воздействия могут вызывать у особи или группы особей изменения, которые бывают для них вредными, безразличными или полезными, т.е. приспособленными.

Как известно, эволюционная теория, разработанная Ж.Б. Ламарком (1744-1829), основывалась на ошибочном постулате о наследовании изменений, приобретаемых в течение жизни, т.е. о наследовании модификации. Само по себе представление Ж.Б. Ламарка об эволюции органических форм было, несомненно, прогрессивным для своего времени, но его объяснение механизма эволюционного прогресса было неверным и отражало распространенное заблуждение, характерное для биологов XVIII столетия.

Ч. Дарвин (1809-1882) в своем «Происхождении видов...» разделил изменчивость на определенную и неопределенную. Эта классификация в общем соответствует нынешнему делению изменчивости на ненаследственную и наследственную.

Одним из первых исследователей, изучавших модификационную изменчивость, был К. Нэгели (1865), который сообщил, что если альпийские формы растений, например ястребинки, перенести на богатую почву Мюнхенского ботанического сада, то у них обнаруживается увеличение мощности, обильное цветение, а некоторые растения изменяются до неузнаваемости. Если же формы вновь перенести на бедные каменистые почвы, то они возвращаются к исходной форме. Несмотря на полученные результаты, К. Нэгели оставался сторонником наследования приобретенных свойств.

Впервые строгий количественный подход к исследованию модификационной изменчивости с позиций генетики применил В. Иогансен. Он изучал наследование массы и размера семян фасоли – признаков, в значительной степени меняющихся как под влиянием генетических факторов, так и условий выращивания растений.

Убежденным противником наследования свойств, приобретенных в онтогенезе, был А. Вейсман (1833-1914). Последовательно отстаивая дарвиновский принцип естественного отбора как движущую силу эволюции, он предложил разделить понятия соматогенных бластогенных изменений, т.е. изменения свойств соматических клеток и органов, с одной стороны, и изменения свойств генеративных клеток – с другой. А. Вейсман указал на невозможность существования механизма, который передавал бы изменения соматических клеток половым таким образом, чтобы в следующем поколении организмы изменялись адекватно тем модификациям, которые претерпели родители во время своего онтогенеза.

Иллюстрируя это положение, А. Вейсман поставил следующий эксперимент, доказывавший ненаследование приобретенных признаков. На протяжении 22 поколений он отрубал белым мышам хвосты и скрещивал их между собой. В общей сложности он обследовал 1592 особи и ни разу не обнаружил укорочения хвоста у новорожденных мышат.

Типы модификационной изменчивости

Различают *возрастные, сезонные и экологические модификации*. Они сводятся к изменению лишь степени выраженности признака; нарушения структуры генотипа при них не происходит. Следует отметить, что четкой границы между возрастными, сезонными и экологическими модификациями провести невозможно.

Возрастные, или онтогенетические, модификации выражаются в виде постоянной смены признаков в процессе развития особи. Это наглядно демонстрируется на примере онтогенеза земноводных (головастики, сеголетки, взрослые особи), насекомых (личинка, куколка, имаго) и других животных, а также растений. У человека в процессе развития наблюдаются модификации морфофизиологических и психических признаков. Например, ребенок не сможет правильно развиваться и физически и интеллектуально, если в раннем детстве на него не будут оказывать влияние нормальные внешние, в том числе социальные, факторы. Например, долгое пребывание ребенка в социально неблагополучной среде может вызвать необратимый дефект его интеллекта.

Онтогенетическая изменчивость, как и сам онтогенез, детерминирована генотипом, где закодирована программа развития особи. Однако особенности формирования фенотипа в онтогенезе обусловлены взаимодействием генотипа и среды. Под влиянием необычных внешних факторов могут происходить отклонения в формировании нормального фенотипа.

Сезонные модификации, особей или целых популяций проявляются в виде генетически детерминированной смены признаков (например, изменение окраски шерсти, появление подпушка у животных), происходящей в результате сезонных изменений климатических условий [Каминская Э.А.].

Ярким примером такой изменчивости является опыт с горностаевым кроликом. У горностаевого кролика на спине выбривают наголо определенный участок (спина горностаевого кролика нормально покрыта белой шерстью) и затем кролика помещают на холод. Оказывается, что в таком случае на оголенном месте, подвергшимся влиянию низкой температуры, появляется темнопигментированный волос и в результате на спине – темное пятно. Очевидно, что развитие того или иного признака кролика – его *фенотип*, в данном случае горностаевая окраска, зависит не только от его генотипа, но и от всей совокупности условий, в которых происходит это развитие.

5. Генотипические и паратипические факторы фенотипической изменчивости и их значение в селекции животных.

1. Во времена Ч. Дарвина всю наблюдаемую изменчивость делили на наследственную и ненаследственную. В настоящее время такое разделение правильно лишь в общих чертах. Генетика показала, что ненаследственных признаков нет и быть не может: все признаки и свойства организма в той или иной степени наследственно обусловлены. В процессе размножения от поколения к поколению передаются не признаки, а код наследственной информации, определяющий лишь возможность развития будущих признаков в каком-то диапазоне. Наследуется не признак, а норма реакции развивающейся особи на действие внешней среды.

2. Проявление мутаций зависит прежде всего от той генетической среды, в которую попадает мутантный аллель. Один и тот же мутантный ген у разных особей может обладать неодинаковым фенотипическим проявлением: **экспрессивностью** (выраженностью степени развития определяемого этим геном признака) в зависимости от условий, в которые он попадает, и **пенетрантностью** (частота проявления) аллеля, определяемой по проценту особей популяции из числа несущих данный аллель (у которых он проявился с любой экспрессивностью).

3. Наследственность определяет спектр возможных состояний данного признака – его норму реакции, но возникновение вариантов этой нормы определяет взаимодействие генотипа и среды. Мутация *bar* («лентовидная») вызывает редукцию передних и задних фасеток глаза у дрозофилы, в результате чего глаз представляет собой вертикальную полосу фасеток. Степень проявления этой мутации строго зависит от температуры: чем ниже температура, при которой развивались личинки мутантных дрозофил, тем большее число фасеток остается в глазу.

Спектр мутантных признаков, затрагиваемых мутациями, очень широк. Нет признаков и свойств, которые в той или иной степени не затрагивались бы мутациями. Наследственной изменчивости подвержены все морфологические, физиологические, биохимические, морфологические и другие признаки и свойства. Эти вариации по средним значениям варьирующих признаков выражаются как в качественных различиях, так и количественно. Мутации могут происходить и в сторону увеличения, и в сторону уменьшения выраженности определенного признака или свойства. Они могут быть выражены резко (вплоть до летальности) или представлены незначительными отклонениями от исходной формы («малые» мутации). Во многих работах показано, что мутации затрагивают существенные биологические признаки: общую жизнеспособность, способность к скрещиванию, плодовитость, скорость роста и др.

4. Таким образом, в настоящее время твердо установлено, что наследуются не сами признаки, а код наследственной информации, определяющий комплекс возможностей развития – норму реакции генотипа, в пределах которой возможно не приводящее к гибели

взаимодействие развивающейся особи со средой. При этом наследственная реализация каждого признака или свойства определяется не одним, а, как правило, очень многими генами (принцип полимерии в действии генов); с другой стороны, любой ген оказывает влияние не на один, а на многие признаки (принцип плейотропии в действии гена). Границы характерной для данного генотипа нормы реакции могут быть выражены, таким образом, лишь совокупностью фенотипов, развившихся из этого генотипа при всех возможных условиях среды. При анализе признаков продуктивности кур (*Callus domestica*): яйценоскости и массы яйца было показано, что у большинства пород (популяций) кур генотипическая составляющая (наследуемость) яйценоскости невелика (12—30%), а наследуемость массы яйца значительна (60—74%). Поэтому отбор в направлении увеличения яйценоскости обычно неэффективен, тогда как отбор на повышенную массу яйца сразу же дает положительные результаты. Однако японские селекционеры обнаружили популяцию кур, для которой показатель генотипической составляющей яйценоскости оказался заметно увеличенным. В результате умелого отбора из этой популяции сейчас выведена порода кур, дающих более 500 яиц в год.

5. Внутрипопуляционная изменчивость складывается из разнообразных выражений нормы реакции по любому признаку или свойству. Любой признак, который мы исследуем - это результат взаимодействия генетической программы и той среды, где происходило развитие особи. В настоящее время в целом установлено, что мутации разных типов вызывают изменения любых наследственных признаков и свойств.

Мутационная изменчивость в популяциях

1. Сейчас известно, что все природные популяции гетерогенны, они насыщены мутациями. Генетическая гетерогенность любой популяции при отсутствии давления внешних факторов должна быть неизменной, находиться в определенном равновесии. Впервые математически это доказано формулой Харди – Вайнберга, которая позволяет рассчитывать относительную частоту генотипов и фенотипов в популяции.

$$(q + (1 - q))^2 = q^2 + 2q(1 - q) + (1 - q)^2$$

2. С.С. Четвериков впервые указал о насыщенности всех популяций разнообразными мутациями. Практически нет двух популяций, имеющих одинаковые частоты встречаемости и спектры мутантных признаков. При этом близко расположенные, соседние популяции могут отличаться друг от друга столь же значительно, как и далеко расположенные. По изучению генетического состава природных популяций проведено очень много работ на разных группах растений (львиный зев, фиалка, пикульник), беспозвоночных (дрозофилы, непарный шелкопряд, божьи коровки и др.) и позвоночных (мышевидные хомячки, домовые мыши, крысы, полевки и др.). Во всех случаях популяции отличались друг от друга лишь встречаемостью генных, хромосомных или геномных мутаций. При сравнении близких природных таксонов (групп популяций, подвидов и близких видов) различия между ними сводились к различиям по наличию отдельных мутаций и их комбинаций.

3. Это дает основание полагать, что и во всех других случаях именно мутации как элементарные наследственные изменения - действительно элементарный эволюционный материал. Мутации как элементарные единицы наследственной изменчивости обладают рядом важных свойств, таких, как:

- 1) высокая частота их возникновения в природе,
- 2) изменение ими любых, в том числе и биологически важных признаков,
- 3) насыщенность природных популяций мутациями. Поэтому, они могут рассматриваться в качестве элементарного эволюционного материала.

Многими исследованиями доказано, что именно мутации и их комбинации первично определяют изменение генотипического состава популяции, т. е. возникновение элементарного эволюционного явления.

1.4 Лекция 4 (1 час)

Тема: «Генофонд популяции и оценка его состояния»

1.4.1 Вопросы лекции

- 4.1. Факторы влияющие на генофонд популяции.
- 4.2. Генофонд популяции и критерии оценки его состояния.
- 4.3. Генетический груз, виды генетического груза. Генетический процесс.
- 4.4. Основные критерии состояния генофонда устойчивое воспроизводство в поколениях. Сохранение оптимального уровня генетического разнообразия. Нормальный или неблагоприятный генетический процесс.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Факторы влияющие на генофонд популяции.

Генофонд – совокупность аллелей, образующих генотипы организмов данной популяции. Генофонды природных популяций отличаются наследственное разнообразие (генетическая гетерогенность или полиморфизм), генетическое единство, динамическое равновесие долей особей с разными генотипами

Генетическая гетерогенность – наличие в популяции разных аллелей генов.

Внутрипопуляционный полиморфизм: внутри единой популяции существуют резко различимые, наследственно обусловленные фенотипы.

Наследственное разнообразие (гетерогенность или полиморфизм) связано с наличием в генофонде одновременно различных аллелей отдельных генов. Оно создается мутационным процессом. Мутации, будучи обычно рецессивными и не влияя на фенотипы гетерозиготных организмов, сохраняются в генофондах популяций в скрытом от естественного отбора состоянии. Накапливаясь, они образуют «резерв наследственной изменчивости». Благодаря комбинативной изменчивости этот резерв используется для создания в каждом поколении новых комбинаций аллелей.

Виды полиморфизма:

а) половой – различие полов по внешним признакам, обусловленное генетическими факторами

б) адаптационный

в) гетерозиготный Пр: серповидноклеточная анемия

Генетическое единство обуславливается достаточным уровнем панмиксии.

В пределах генофонда популяции доля генотипов, содержащих разные аллели одного гена, при соблюдении некоторых условий из поколения в поколение не изменяется.

Миграция – это поток генов популяции в популяциях.

Они и создают генетический груз – часть наследственной изменчивости популяции, которая определяет появление менее приспособленных особей, подвергающихся избирательной гибели в процессе естественного отбора *зависимости от происхождения*:

- мутационный – вновь возникшие мутации
- сегрегационный – мутации, длительное время передающиеся из поколения в поколение, скрытые в гетерозиготном состоянии
- рекомбинационный – мутации на основе рекомбинации генов
- миграционный – мутации, передающиеся миграцией особей в популяции.

Генетический груз – сумма неблагоприятных летальных и сублетальных мутаций в генофонде популяции; это своеобразная плата за экологическую пластичность и эволюционную перспективу; неизбежное следствие генетического полиморфизма.

Виды:

а) *мутационный груз* – обусловлен возникновением в популяции мутантных аллелей, поскольку отбор направлен против этих аллелей, их частота в популяции невелика и она поддерживается благодаря повторному возникновению (мутационному давлению);

б) *сегрегационный груз*-форма генетического груза, возникающего в результате появления менее приспособленных гомозигот в потомстве гетерозиготных особей; в связи с тем, что значительная часть мутантных аллелей оказывает в гетерозиготном состоянии положительное действие (эффект сверхдоминирования), то гетерозиготы (а следовательно, и вредные мутации) могут поддерживаться в ряду поколений;

в) *субституционный груз*- возникает при изменении адаптивной ценности особей и сохраняется в популяции до тех пор, пока другой аллель не заместит потерявший адаптивную ценность первый аллель.

Полиморфизм – это существование в панмиксической популяции двух или более резко различающихся фенотипов; они могут быть нормальными или аномальными; явление внутрипопуляционное.

I Генный – наблюдается, когда ген представлен более чем одним аллелем.

Пр: система АВ0 группы крови.

II Хромосомный – между особями имеются различия по отдельным хромосомам; это результат хромосомных аббераций.

Пр: Синдром Дауна.

III Переходный – замещение в популяции одного старого аллеля новым, который более полезен в данных условиях.

Пр: у человека есть ген гаптоглобина; он образует связь с гемоглобином и обуславливает слипание эритроцитов в острую фазу заболеваний.

IV Сбалансированный – возникает, когда ни один из генотипов преимущества не получает, а естественный отбор благоприятствует разнообразию.

Генетическая структура популяции характеризуется концентрацией аллелей и генотипов, составляющих генофонд популяции, находится в динамическом равновесии и только при достаточном числе генетических разнообразных партнеров при размножении возможно поддержание на необходимом уровне генетической разнокачественности всей системы в целом.

1908г. – закон генетического равновесия Харди-Вайнберга: генетическая структура популяции передается из поколения в поколение в неизменном виде при определенных условиях.

(Условия закона: большая численность, панмиксия, отсутствие влияния эволюционных факторов (мутации, миграций, ест. отбора), одинаковая вероятность образования и одинаковая жизнеспособность всех типов гамет и зигот поколения не прерываются во времени.)

Длительное необратимое и направленное изменение генетической структуры популяции – элементарное эволюционное явление.

Факторы, влияющие на генофонд популяции:

-демографические характеристики

-элементарные эволюционные факторы

2. Генофонд популяции и критерии оценки его состояния.

Показателем генетического состава всей популяции является генофонд.

Генофонд человека - это совокупность всех генов в общей популяции человека как биологического вида (гены всех живущих на Земле людей). Это понятие впервые ввел в 1928 году А.С. Серебровский .

Общая популяция человека обозначает совокупность всех людей Земли.

Термин - популяция впервые ввел В. Иогансен в 1903 году для обозначения неоднородной группы особей одного биологического вида

Генофонд популяции постоянно меняется под влиянием разных факторов. Генофонд или демографическая ситуация, воспроизводство населения, его состояние и динамика, оцениваются по основным показателям:

- по уровням рождаемости и смертности,
- по разности между рождаемостью и смертностью - уровню естественного прироста,
- а также по двум дополнительным показателям (но не менее важным, чем первые два)
 - уровню брачности (разводимости);
 - по состоянию половозрастной структуры.

Половозрастная структура показывает активное влияние, как на состояние демографических процессов, так и на величину большинства демографических показателей (в последнем случае влияние половозрастной структуры зачастую приходится устранять с помощью специальных методов с тем, чтобы увидеть истинную роль рождаемости и смертности).

Особенности генофонда человека:

глубокая дифференцированность или неоднородность генотипов при сохраняющейся общей совокупности генов;

- зависимость генофонда современного человека от генофонда его предков;
- генетическая целостность генофонда;
- генетический груз.

Первые две особенности можно объединить одну общую особенность и означить ее как количественный и качественный состав генофонда, являющийся базой для характеристики геномного здоровья человека.

Третья особенность связана с репродуктивным процессом, в ходе которого осуществляется постоянный обмен наследственным материалом внутри общей популяции, и каждое новое поколение людей вносит в генофонд больший или меньший вклад в зависимости от приспособленности их генотипов к среде обитания.

В связи с тем, что условия окружающей среды по-разному влияют на жизнеспособность и репродуктивность организмов с разными генотипами, генофонд человека (человечества) постепенно изменяется в результате естественного отбора, и более приспособленные люди (генотипы) чаще других выживают и оставляют потомство.

Биологический смысл репродуктивного процесса - это способность индивида оставить после себя здоровое потомство, способное к новому воспроизводству, и тем самым - сохранению целостности генофонда.

Четвертая особенность связана с наличием в общей популяции ее меньшей части - людей с измененной наследственностью, т. е. имеющих наследственную патологию. Такие люди менее приспособлены к выживанию, у них повышенная заболеваемость и уменьшенная продолжительность жизни, в связи с чем они подвергаются избирательной гибели в процессе естественного отбора.

Таким образом, все 4 особенности генофонда составляют для человека основу его геномного и репродуктивного здоровья.

Условием для сохранения генофонда является благоприятное воздействие на наследственный материал человека факторов окружающей среды. К положительно влияющим факторам окружающей среды, на здоровье и наследственность человека, относится здоровый образ жизни.

В определении понятия здорового образа жизни необходимо учитывать два основных фактора - генетическую природу данного человека и ее соответствие конкретным условиям жизнедеятельности.

Здоровый образ жизни - это способ жизнедеятельности, который соответствует генетически обусловленным

3. Генетический груз, виды генетического груза. Генетический процесс.

Генетический груз – накопленная в геноме изменчивость, точнее разнообразие как форма существования генетической информации, особенно выраженная у примитивных видов и пород (первый тип популяций по Гранту), из-за чего «плата за отбор» оказывается

недостижимо высокой и форма оказывается в ловушке состояния примитивности: экологическая дифференциация (специализация) связана с редукцией ареала и практически всегда приводит к более тесному воспроизводству (инбридингу вплоть до самооплодотворения), что невозможно с высоким генетическим грузом в геноме; с другой стороны, форма генетического груза позволяет сосуществовать в геноме не только огромному количеству рецессивных мутантных генов под покровом гетерозиготности, но также и повторяющимся эгоистическим последовательностям, обеспечивающим перетасовки генов с поиском эволюционного смысла комбинаций (драйв) – имеется в виду так называемый мобилизационный резерв вида в определении С.М.Гершензона.

Генетический груз – накопленная в геноме изменчивость, точнее разнообразие как форма существования генетической информации, особенно выраженная у примитивных видов и пород (первый тип популяций по Гранту), из-за чего «плата за отбор» оказывается недостижимо высокой и форма оказывается в ловушке состояния примитивности: экологическая дифференциация (специализация) связана с редукцией ареала и практически всегда приводит к более тесному воспроизводству (инбридингу вплоть до самооплодотворения), что невозможно с высоким генетическим грузом в геноме; с другой стороны, форма генетического груза позволяет сосуществовать в геноме не только огромному количеству рецессивных мутантных генов под покровом гетерозиготности, но также и повторяющимся эгоистическим последовательностям, обеспечивающим перетасовки генов с поиском эволюционного смысла комбинаций (драйв) – имеется в виду так называемый мобилизационный резерв вида в определении С.М.Гершензона.

Фото: Son of Groucho

Генетический груз не поддается параметрической оценке, однако количественные показатели, определяющие размах изменчивости, теоретически должны уменьшаться в процессе согласованной эволюции и у близких видов или пород они реально уменьшаются от примитивных к специализированным: число хромосом, количество ДНК в ядре, доля повторов в геноме, исчисленная по кинетике реассоциации, соотношение полов в популяции и вообще интенсивность половой рекомбинации; теоретически генетический груз рецессивных мутаций можно снизить с помощью инбридинга – действительно, некоторые формы проявляют инбредную депрессию в течение шести-семи поколений тесного инбридинга, после чего приспособленность может превысить исходную величину, однако эффект скачкообразный (возможно, выражение динамических эффектов, как и гибридный дизгенез) и связан с особенностями генетической конституции объекта; внешняя форма выражения генетического груза может быть различна в зависимости от породы или внутривидовой структуры и ее предшествующей истории.

Генетический груз – это часть наследственной изменчивости популяций, определяющая появление менее приспособленных особей, подпадающих под избирательное действие естественного отбора. Важнейшими его показателями служат распространенность в популяции наиболее частых хромосомных и генных болезней, равно как и заболеваний с ярко выраженной наследственной составляющей, таких как лейкоз, мастит, туберкулез, болезни конечностей и др. (=92% болезней животных).

Предполагается прямая зависимость между интенсивностью загрязнения окружающей среды и частотой разных форм патологий, имеющих более или менее выраженную генетическую компоненту: наследственные болезни, аномалии развития, спонтанные аборт, мертворождения и т.п. В среде разведения сельскохозяйственных животных широко используются генетически активные вещества (физические и химические агенты, гормоны и т.п.), что может вести как к повышению уровня мутаций, так и уровня злокачественных новообразований.

Генофонд домашних животных включает достаточный генетический груз (мутационный и сегрегационный) рецессивных, скрытых в гетерозиготе, и доминантных (в т.ч. и хромосомных) мутаций, возникающих в каждом поколении *de novo*. Генетические аномалии занимают значительное место в патологии; основная их часть обусловлена

рецессивными аутосомными генами. В последнее время установлено, что и среди нейтральных мутаций встречаются функционально «ослабленные» аллели: «гены окружающей среды» (environmental genes) или «гены предрасположенности» (predisposing genes) к болезням, что ставит на повестку дня вопрос скрининга таких заболеваний.

Следует отметить, что до сих пор нет точных методов, позволяющих оценивать суммарный уровень наследственных изменений в популяциях животных. Можно выделить несколько основных подходов к мониторингу животных, при этом необходимы учет и оценка следующих событий:

- 1) генетические (в т.ч. хромосомные) болезни; учитываются разные отклонения в фенотипе от видовой и популяционной (породной, линейной и т.п.) нормы;
- 2) цитогенетический скрининг и мониторинг; учитываются показатели хромосомной изменчивости;
- 3) мониторинг на основе иммуногенетических и молекулярно-генетических показателей;
- 4) мониторинг нарушений внутриутробного развития (врожденные дефекты, мертворождения, аборт и т.п.);
- 5) мониторинг на основе оценки компонентов фитнеса (приспособленности):
 - а) репродукции (соотношение полов, нарушение плодовитости, стерильность, качественные и количественные показатели спермы и др.);
 - б) роста и развития (масса при рождении и отъеме и др.);
 - в) жизнеспособности.

4. Основные критерии состояния генофонда устойчивое воспроизводство в поколениях. Сохранение оптимального уровня генетического разнообразия. Нормальный или неблагоприятный генетический процесс.

Генетическое внутривидовое разнообразие определяется структурой аллелофонда и генофонда популяций.

Аллелофонд – это множество аллелей в популяции. Для количественного описания структуры аллелофонда используется понятие «частоты аллелей».

Генофонд – это множество генотипов в популяции. Для количественного описания структуры генофонда используется понятие «частоты генотипов».

Для описания генетического разнообразия используют следующие показатели:

- доля полиморфных генов;
- частоты аллелей для полиморфных генов;
- средняя гетерозиготность по полиморфным генам;
- частоты генотипов.

На основании этих показателей вычисляют разнообразные индексы разнообразия (например, Шеннона-Увера, Симпсона).

Для элементарных биохимических признаков (например, при изучении белкового полиморфизма или полиморфизма ДНК) определить уровень биоразнообразия по указанным показателям сравнительно легко.

Однако для комплексных признаков, наследуемых сложным образом (например, продуктивность, устойчивость к неблагоприятным факторам-стрессорам, ритмы развития), этот подход неприменим. Поэтому уровень разнообразия оценивается менее строго.

Но выявление, сохранение, приумножение и рациональное использование генетического разнообразия таких видов – это задача, требующая немедленного решения.

Бурное развитие селекции происходит не за счет широкого использования современных методов (трансгенные сорта и породы все еще остаются экзотикой), а за счет экстенсивного расширения объемов селекционных работ.

Это возможно в том случае, если проведение таких работ экономически выгодно: результаты можно получить в относительно сжатые сроки, а эффект от внедрения этих результатов достаточно высок.

Как известно, отбор ведется по фенотипам. При этом подразумевается, что за определенным фенотипом скрывается соответствующий генотип.

Отбор по аллелям практически не ведется (за исключением селекции на гаплоидном уровне, селекции самоопылителей и селекции трансгенных организмов).

И тогда начинается самое интересное: из множества аллелей, существующих в природных, полуприродных и искусственных популяциях, сохраняются и используются лишь те, которые выгодны для человека, но не для самих организмов.

Тогда при высоком генотипическом разнообразии может наблюдаться низкий уровень аллельного разнообразия.

число аллелей	1	2	3	4	5	6	7	8	9
число генотипов	1	3	6	10	15	21	28	36	45

Одним из первых селекционеров, задумавшимся о необходимости сохранения и приумножения аллельного разнообразия, был Николай Иванович Вавилов.

Противники Н.И. Вавилова упрекали (и упрекают!) его за отсутствие практического выхода. Да, Н.И. Вавилов не был селекционером-практиком, создающим новые генотипы. Он искал не сочетания аллелей, а сами аллели.

И в наше время мы должны думать не о разнообразии сортов и пород, а о разнообразии аллелофондов, позволяющего создавать новые сорта и породы.

Поэтому при создании коллекций с максимально возможным уровнем биоразнообразия следует собирать материал из разных популяций, даже если на современном уровне развития генетики и селекции этот материал не может быть немедленно использован.

Иначе говоря, коллекция, содержащая генотипы a_1a_1 , a_2a_2 и a_3a_3 , более ценна, чем коллекция генотипов a_1a_1 , a_1a_2 , a_2a_2 , хотя внешне (по числу фенотипов и генотипов) они равноценны.

При рассмотрении диаллельных систем ($A-a$ или $A-a_1, a_2, a_3 \dots a_n$) достаточно условно можно выделить четыре уровня генетического разнообразия по частотам аллелей:

– Частота редкого аллеля составляет $10^{-6} \dots 10^{-3}$. Это уровень частоты мутаций, самый низкий уровень аллельного разнообразия. Обнаруживается только в очень больших популяциях (миллионы особей).

– Частота редкого аллеля $0,001 \dots 0,1$. Это низкий уровень. Частота гомозигот по данному аллелю меньше 1%.

– Частота редкого аллеля $0,1 \dots 0,3$. Это приемлемый уровень. Частота гомозигот по данному аллелю меньше 10%.

– Частота редкого аллеля $0,3 \dots 0,5$. Это максимально высокий уровень в диаллельной системе: частота гомозигот по данному аллелю сопоставима с частотой гомозигот и компаунд-гетерозигот по альтернативным аллелям.

При рассмотрении полиаллельных систем ($a_1, a_2, a_3 \dots a_n$) уровень генетического разнообразия в большей степени зависит от числа аллелей в локусе, чем от частот этих аллелей.

Первичные механизмы возникновения генетического разнообразия

Источники новых генотипов – это рекомбинации, возникающие при мейозе и половом размножении, а также в результате разнообразных парасексуальных процессов.

Основные источники новых аллелей в популяции – это мутационный процесс и иммиграции носителей новых аллелей.

Дополнительные источники связаны с латеральным (горизонтальным) переносом генов от одного биологического вида к другому: или при межвидовой половой гибридизации, или при симбиогенезе, или при участии организмов-посредников.

Единичная мутация – это редкое событие. В стационарной популяции мутантный аллель может *совершенно случайно* не перейти в следующее поколение.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1 (1 час).

Тема: «Актуальность генетико-экологических проблем в сельском хозяйственном производстве»

2.1.1 Цель работы:

Рассмотреть примеры актуальности генетико-экологических проблем в животноводстве

2.1.2 Задачи работы:

Выяснить возможности и применения генетико-экологических проблем в животноводстве на примерах

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Методические указания

2.1.4 Описание (ход) работы:

Оценка эколого-экономического ущерба в сельскохозяйственном производстве

Экологические мероприятия, как и материальное производство, должны приобрести экономическую оценку. В связи с этим возникла конкретная задача оценки размеров деградационных процессов в ценовом выражении в системе земледелия. Экономическим критерием экологических мер может служить величина предотвращенного ущерба.

Эколого-экономический ущерб показывает фактические или возможные убытки, причиняемые природному потенциалу территории в результате ухудшения состояния окружающей среды, и зависит от многих факторов.

Ведение адаптивно-ландшафтных систем земледелия становится экономически целесообразным при условии, что выручка от реализованной продукции будет не меньше затрат на возделывание выращиваемых культур и возмещение эколого-экономического ущерба. Таким образом, условия оценки целесообразности ведения полеводства следующие:

$V_{пр} \cdot C_{пр} \geq Z_{воз} + У_{ээ}$, (1)

где $V_{пр}$ - объем произведенной продукции, т, ц;

$C_{пр}$ - цена продукции, руб.;

$Z_{воз}$ - затраты на возделывание технологических культур, руб.;

$У_{ээ}$ - эколого-экономический ущерб от потерь почвенного плодородия при ведении сельскохозяйственного производства, руб.

Разрушение почв может происходить вследствие различных воздействий сельскохозяйственных технологий и техники

В качестве наиболее опасных с учетом механизации выделяют три воздействия: применение химических средств и ядохимикатов;

увеличение животноводческих стоков, выброс вредных газов в атмосферу из животноводческих помещений;

отрицательное воздействие самого машинного земледелия на почву и окружающую среду.

Размер удельного эколого-экономического ущерба от утраченного плодородия почвы определяем по формуле:

$$У_{э\bar{э}i} = З_{пп} + П_{нед} + З_{хз} + X, (2)$$

где $З_{пп}$ - сумма затрат, необходимых для восстановления утраченного плодородия почвы, руб.;

$П_{нед}$ - стоимость сельскохозяйственной продукции, недополученной из-за снижения плодородия почвы от уплотнения пахотного слоя движителем, руб.;

$З_{хз}$ - затраты на устранение последствий химического загрязнения почвы, руб.;

X - стоимость прочих неучтенных факторов, требующих возмещения, руб.

Количество лимитирующих факторов устойчивого развития аграрного производства значительно больше, поэтому включенные в данную формулу элементы затрат по возмещению ущерба не могут считаться окончательными и по мере развития научного знания будут дополняться.

Предприятие, предвидя наносимый в результате производства ущерб, может или предотвратить его, затрачивая средства на проведение природоохранных мероприятий, в результате чего увеличивается себестоимость произведенной продукции, или возместить уже нанесенный окружающей среде ущерб, тем самым уменьшая полученную прибыль. Второй вариант более затратный. Учитывая данный подход, товаропроизводитель сам выберет наиболее приемлемый для него вариант решения.

Для полной картины необходимо определение эколого-экономической эффективности сельскохозяйственного производства, которая выявляется с учетом оценки эколого-экономического ущерба и эколого-экономического эффекта.

При оценке экономической эффективности базовых технологий возделывания культур во Владимирском Ополье учеными Владимирского НИИСХ Кудаков А. С. Эколого-экономический ущерб и его оценка в сельскохозяйственном производстве

В качестве примера предлагаем рассмотреть показатели экономической эффективности возделывания картофеля на серых лесных почвах с учетом ущерба от смыва и минерализации гумуса (табл.1) и при различных уровнях интенсификации (табл.2).

Таблица 1. Показатели экономической эффективности возделывания картофеля на серых лесных почвах при разных классах деградации почв

Показатель	Класс деградации					
	0	I	II	III	IV	V
1. Урожайность, т/га	13,7	17,4	13,0	12,5	9,5	-
2. Стоимость полученной продукции, руб. /га	61 650	78 300	58 500	56 250	42 750	-
3. Технологические затраты, руб. /га	23 820	23 989	23 788	23 765	23 628	-
4. Условный чистый доход, руб. /га	37 830	54 311	34 712	32 485	19 122	-
5. Эколого-экономический ущерб ($У_{э\bar{э}}$), руб. /га	2534	2736	2420	2430	1977	-
6. Уровень рентабельности, %	159	226	146	137	81	-
7. Уровень рентабельности с учетом $У_{э\bar{э}}$, %	148	215	136	126	73	-

Таблица 2. Показатели экономической эффективности возделывания картофеля на серых лесных почвах при разных уровнях интенсификации

Показатель	Уровень интенсификации		
	A	B	B

1. Урожайность, т/га	7,97	13,0	14,4
2. Стоимость полученной продукции, руб. /га	35 068	58 500	74 905
3. Технологические затраты, руб. /га	20 432	23 788	23 860
4. Условный чистый доход, руб. /га	14 636	34 712	51 045
5. Эколого-экономический ущерб (Уээ), руб. /га	2420	2420	2420
6. Уровень рентабельности без учета Уээ, %	72	146	214
7. Уровень рентабельности с учетом предотвращенного Уээ, %	64	132	194
8. Уровень рентабельности с учетом нанесенного Уээ, %	60	136	204

Уровень интенсификации производства, безусловно, оказывает влияние на его результаты. Применение интенсивных технологий позволяет получить большую урожайность, а следовательно, и большую стоимость полученной продукции.

Данные табл.2 свидетельствуют об увеличении уровня рентабельности производства с ростом его интенсивности. Учет эколого-экономического ущерба снижает эффективность возделывания культур. При применении экстенсивной технологии экономически целесообразнее предотвратить ущерб, что позволит получить уровень рентабельности 64%. Для нормального и интенсивного уровней интенсификации производства выгоднее возместить нанесенный экологический ущерб, при этом уровень рентабельности составит соответственно 136 и 204%.

Результаты исследования могут применяться как для оценки эколого-экономического ущерба конкретного поля и агроландшафта, так и для крупных регионов России согласно административно-экономическому делению.

2.2 Лабораторная работа № 2 (1 час).

Тема: «Агроэкосистемы круговорот веществ и потоки энергии в с.-х. экосистемах.»

2.2.1 Цель работы:

Рассмотреть примеры круговорота веществ и потоки энергии на примере

2.2.2 Задачи работы:

Выяснить возможности и продолжительности круговорота определенного вещества в природе

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Методические указания

2.2.4 Описание (ход) работы:

В пределах территорий, находящихся под влиянием формирующихся и функционирующих агроэкосистем, складываются свои взаимосвязи. Многоплановая производственная деятельность человека вносит заметные коррективы в процессы массо- и энергообмена, затрагивая и изменяя их территориальные и временные характеристики. Агроэкосистемы, разумеется, причастны к данным изменениям (и подчас в немалой степени), способствуя, в частности, разомкнутости круговоротов веществ и др. Так, вследствие разомкнутости круговорота азота под влиянием химизации агроэкосистем планеты в воде и почвах накапливается и не возвращается в атмосферу ориентировочно около 10 млн т данного элемента. Избыток биогенных веществ - причина загрязнения природных вод, развития нежелательных процессов в почвах и т.д. Нарушение естественных круговоротов веществ - не единственное последствие вмешательства человека в природные циклы. Сельское хозяйство изменяет в круговороте веществ и потоков энергии интенсивность и траектории их перемещения. Особенно опасно вовлечение в круговорот искусственно синтезированных веществ, в том числе и ксенобиотиков.

В пределах территорий, находящихся под влиянием формирующихся и функционирующих агроэкосистем, складываются свои особенности развития и перемещения миграционных потоков веществ, что по-разному сказывается на состоянии природных комплексов и их компонентов и требует нестандартных решений при рассмотрении конкретных природоохранных ситуаций.

В природных системах внутренний круговорот питательных веществ по объему значительно превышает их поступление из атмосферы и потери на вымывание из почвы. В управляемой сельскохозяйственной экосистеме распределение питательных веществ меняется, что проявляется в снижении их переноса от первичных продуцентов к потребителям (консументам), а также в последующем закономерном изменении режима поступления этих веществ к редуцентам. Такого рода обстоятельства вызваны применением в агроэкосистемах пестицидов, осуществлением агротехнических мероприятий (регулирующего фактора). Характерно, что после заделки растительных остатков при последующей обработке почвы активность редуцентов повышается. Важно, что в результате управления агроэкосистемой наблюдается изменение обычного («консервативного») круговорота питательных веществ и увеличение скорости их перехода в абиотическое состояние. В агроэкосистемах изменяются или подавляются присущие природным системам свойства саморегулирования, что ведет к снижению биотической устойчивости.

Все экосистемы функционируют на основе прохождения биогеохимических циклов - эволюционно сложившихся универсальных природных процессов. В соответствии с принципами гомеостаза заметные изменения любого из формирующих экосистему функциональных компонентов могут послужить первопричиной существенных изменений других компонентов; при этом нарушается прежнее внутреннее строение системы (состав

растительных и животных сообществ, доминирование органического вещества и т.д.). Стабильность экосистемы сохраняется и в том случае, если она переходит на новый уровень гомеостаза. Если же исключается или становится неэффективным любой из функциональных компонентов, экосистема может разрушиться под действием абиотических факторов, например под действием эрозии.

Достижение стабильного функционирования агроэкосистем, предотвращение возникновения и развития деградационных процессов требуют постоянной целенаправленной работы: научного осмысления особенностей биологического продуцирования, формирования целесообразных направлений практической деятельности. Принципиально важна сравнительная оценка свойств природных и культивируемых систем (табл.). В перспективе должно быть обеспечено максимальное приближение свойств искусственных образований к свойствам природных - к этому, по сути, и должны сводиться агроэкологические решения, основывающиеся на учете особенностей природных экосистем.

Свойства	Экосистемы		Свойства	Экосистемы	
	природные	культивируемые		природные	культивируемые
<i>Абиотические</i>			<i>Биотические</i>		
Скорость инфильтрации	Высокая	Низкая	Внутренний круговорот веществ, осуществляемый растениями	Выше	Ниже
Объем стока	Низкий	Высокий			
Эрозия	Низкая	Высокая	Синхронизация активности растений и микроорганизмов	Высокая	Низкая
Растительный покров	Значительный	Малый	Разнообразие биологической активности по времени	Высокое	Низкое
Опад и другие остатки	Много	Мало			
Камни	Много	Мало			
Потери почвенной влаги на испарение	Высокие	Низкие	Соотношение активности растений и микроорганизмов	1	Менее 1
Почвенные коллоиды	Много	Мало	Разнообразие растительных популяций	Высокое	Низкое
Потери на вымывание	Низкие	Высокие	Генетическое разнообразие	Высокое	Низкое
Температура почвы	Ниже	Выше	Потенциал воспроизводства	Высокий	Низкий

2.3 Лабораторная работа № 3 (1 час).

Тема: «Организм и окружающая среда. Взаимодействие генотип-среда.»

2.3.1 Цель работы:

1. Выявить взаимодействие «генотип*среда»

2.3.2 Задачи работы:

Научиться применять дисперсионный анализ в расчетах

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Алгоритм расчета дисперсионного анализа

2.3.4 Описание (ход) работы:

Взаимодействие генотипа и среды. Основной вывод из результатов большинства психогенетических исследований может быть сформулирован следующим образом: в психическом развитии ведущую роль играет взаимодействие генотипа и среды. Примером такого взаимодействия может служить обучение детей с разными генетическими задатками в обычной школе (среда 1) и в гимназии с углубленным изучением предметов (среда 2). Графически эффект взаимодействия генотипов с разными средовыми условиями представлен на рис. 4-5.

Изучение результатов взаимодействия разных генотипов с различными средовыми условиями приводит к выводу, что существует некая норма реакции — свойственный данному генотипу характер реакции на изменения условий среды, определяющий пределы изменения фенотипического признака.

Различают три вида генотип-средового взаимодействия:

1) пассивное, которое не предполагает целенаправленных действий со стороны индивида (например, ребенок эмоционально нестабильных родителей получает и гены, и семейную среду, способствующие развитию у него нейротизма);

2) реактивное, имеющее место в том случае, когда среда «подстраивается» под генотип (например, если часто плачущий ребенок получает положительное подкрепление — игрушки, сладости, — то такая форма поведения закрепляется);

3) активное, которое выражается в целенаправленных действиях индивида, связанных с поиском или созданием среды, способствующей реализации генотипа в фенотипе.

Поскольку в психологии нет возможности экспериментировать с объектом изучения как, например, в физике или сельскохозяйственной генетике, ценность результатов психогенетических исследований для понимания процесса психического развития определяется специфической процедурой получения данных в генетике поведения. Психогенетика пользуется естественными «экспериментальными» ассоциациями (близнецы, приемные дети и др.). Это один из немногих подходов, который позволяет «контролировать» традиционно неконтролируемую переменную психологического исследования — переменную испытуемого — так, в случае монозиготных близнецов идентичность генотипа обеспечивает абсолютное равенство испытуемых по критерию наследственности.

В зоотехнической практике и научных исследованиях довольно часто возникают ситуации, когда необходимо подвергнуть сравнительному анализу одновременно не две, а несколько групп животных: например, при испытании пород, линий, при оценке производителей по качеству потомства, определении стандартности линии или отобранной для каких-либо целей группы животных и в других случаях, связанных с изучением влияния различных факторов (биологических, кормовых, гигиенических) на рост, развитие, продуктивность, здоровье животных и другие интересующие зоотехника (или биолога) признаки.

В большинстве случаев важно не только установить факт воздействия на изучаемый объект того или иного фактора (т. е. достоверность влияния), но и выяснить степень этого воздействия, т. е. оценить его относительную силу. Сравнить одновременно несколько средних, определить достоверность и силу влияния различных факторов позволяет метод дисперсионного анализа — один из сложнейших и не до конца разработанных разделов биометрии.

Фактором может быть любое воздействие на изучаемые объекты, в частности на животных. Все факторы можно разделить на четыре группы.

I. Внешние по отношению к объекту воздействия: температура, влажность, место обитания, условия жизни и питания, стимуляторы жизненных функций и т.

II. Состояние животных: беременность (разные периоды), лактация, возраст, пол, работа, здоровье и т. п.

III. Отдельные признаки животных, влияющие на развитие других признаков: например, удой коров в зависимости от их живой массы. Здесь дисперсионный анализ соприкасается с корреляционным, и одновременное их проведение составляет так называемый *полный корреляционный анализ*.

IV. Происхождение животных от разных пород, линий, семейств, от отдельных производителей или отдельных маток, от групп производителей или от трупп маток разного качества. Изучение влияния факторов четвертой группы играет важную роль в селекции животных, а также в генетических исследованиях.

Обычно приходится изучать разные степени действия фактора — разные его дозы, называемые *градациями фактора*. Так, например, при изучении наследственных влияний градациями фактора будут отдельные производители (или отдельные матки).

При изучении действия только одного фактора (в нескольких градациях) необходимую информацию о его силе и достоверности получают путем анализа *однофакторного дисперсионного комплекса*. При изучении действия одновременно двух или более факторов анализируют двухфакторный (или многофакторный) дисперсионный комплекс.

Следует отметить, что трехфакторный и более дисперсионный анализ используют в практике довольно редко вследствие ненадежности получаемых оценок силы влияния. Кроме того, существуют некоторые обязательные условия организации многофакторных комплексов. Одно из них — полная независимость изучаемых факторов друг от друга — обычно трудно выполнимо.

Например, нельзя изучать влияние таких факторов, как рост и живая масса, на продуктивность животных методом двухфакторного дисперсионного анализа, поскольку рост и масса животных взаимозависимы. Лучше в этом случае провести два однофакторных дисперсионных анализа.

Группа животных, которая подвергается воздействию определенной градации фактора, образует *градацию дисперсионного комплекса*. Таким образом, число градаций комплекса соответствует числу градаций фактора.

Наиболее важный момент в исследовании — отбор животных в группы — градации

Градации комплекса составляют таким образом, чтобы обеспечить случайность действия всех остальных факторов (кроме изучаемого), их неорганизованность, равновероятную направленность (рандомность) действия, что создаст фон, на котором можно выдти закономерность действия организованного в градации фактора.

Градации комплекса — это выборки, сделанные из заведомо разных генеральных совокупностей, поэтому наиболее приемлемым принципом формирования градаций комплекса является принцип случайного отбора в них отдельных объектов из совокупностей.

В тех случаях, когда не удастся избежать систематического влияния на объект неизучаемого фактора (не удастся рендомизировать его влияние), прибегают к двухфакторному дисперсионному анализу. И хотя второй фактор сам по себе может не интересовать исследователя, его влияние учитывают, чтобы выявить степень влияния изучаемого фактора. Влияние фактора оценивают по изменениям у животных от дельного признака, который называют *результативным признаком*.

В эксперименте изучали влияние витаминно-минеральной подкормки на приросты поросят. Было сформировано четыре группы поросят (аналогичные по полу, возрасту, происхождению и т. д.) по 3 гол. в каждой. (Для учебных целей этого количества достаточно, но в практике исследований объем градаций — т. е. число животных в группе — должно быть оптимальным). Поросята 1-й группы получали обычный рацион (без подкормки), 2-й —

тот же рацион, но с подкормкой в определенной дозе, 3 и 4-й — соответственно с двойной и тройной дозами подкормки. В конце опыта определили, сколько килограммов прироста получено от каждого поросенка в каждой из групп. По данным индивидуальных взвешиваний рассчитали средний прирост поросят в каждой группе. Результаты оформили в виде специальной таблицы — однофакторного дисперсионного комплекса, анализируя который выяснили силу и достоверность влияния изучаемого фактора.

При дисперсионном анализе можно пользоваться не фактическими значениями признака, а их преобразованными значениями, что сильно облегчает расчеты. Так, в нашем примере применили следующее преобразование: из фактических значений приростов за опытный период (месяц) вычли 19 кг, т. е. фактический прирост первого поросенка составлял 20, а последнего — 26 кг, а в дисперсионный комплекс занесли соответственно 20—19=1 кг и 26—19=7 кг.

Анализ комплекса проводят по следующей схеме.

1. Изучение частных средних с целью уяснения закономерности их изменения.
2. Разложение общей дисперсии (C_v) на факториальную (межгрупповую) — C_x и случайную (внутригрупповую) — C_z дисперсии.
3. (Определение числа степеней свободы общего, факториального и случайного разнообразия: v_y ; v_x ; v_z и расчет вариант σ_y^2 ; σ_x^2 ; σ_z^2).
4. Определение силы влияния фактора.
5. Определение достоверности влияния фактора.
6. Итоговая сводка показателей однофакторного дисперсионного комплекса и общие выводы.
7. При необходимости — проведение попарных сравнений частных средних друг с другом.

Таблица 2

Однофакторный дисперсионный комплекс

Фактор - витаминно-минеральная подкормка – ВМП.

Градации фактора: 0 - основной рацион без подкормки;

1 - основной рацион + одинарная доза ВМП;

2 - основной рацион + двойная доза ВМП;

3 - основной рацион + одинарная доза ВМП.

Градация комплекса – поросята, получавшие подкормку в разных дозах. Результативный признак – прирост массы за опытный период, кг

Градация фактора		0	1	2	3	Число градаций $g=4$
Показатель						
Величина результативного признака, V		1; 2; 3	4; 3; 2	9; 8; 7	6; 8; 7	$n_1=n_2=n_3=n_4=3$
Объем градаций (число животных в группе), n		3	3	3	3	Объем комплекса: $N=\sum n=12$
Сумма, $\sum v$		6	9	24	21	$\sum \sum v=6+9+24+21=60$
Частные средние: $\bar{X}_i = \frac{\sum v}{n}$		2	3	8	7	Общая средняя по комплексу: $X_{\Sigma} = \frac{\sum \sum v}{N} = \frac{60}{12} = 5$
Факториальное разнообразие, X	$\bar{X}_i - X_{\Sigma}$	-3	-2	3	2	Факториальная дисперсия (сумма квадратов отклонений): $C_x = \sum n * (\bar{X}_i - X_{\Sigma})^2 = 27+12+7+12=78$
	$(\bar{X}_i - X_{\Sigma})^2$	9	4	9	4	
	$N * (\bar{X}_i - X_{\Sigma})^2$	27	12	27	12	
Случайное разнообразие, Z	$v - X_i$	-1; 0; +1	+1; 0; -1	+1; 0; -1	-1; +1; 0	Случайная дисперсия: $C_z = \sum (v - X_i)^2 = 8$
	$(v - X_i)^2$	1; 0; 1	1; 0; 1	1; 0; 1	1; 0; 1	

		1	1	1	1	
Общее разнообразие, Y	$v - X_{\Sigma}$	-4; -3; -2	-1; -2; -3	4; 3; 2	1; 3; 2	Общая дисперсия: $C_Y = \sum (v - X_{\Sigma})^2 = 16 + 9 + 4 + 1 + 4 + 9 + 16 + 9 + 4 + 1 + 9 + 4 = 86$
	$(v - X_{\Sigma})^2$	16; 9; 4	1; 4; 9	16; 9; 4	1; 9; 4	

Рассмотрев в табл. 2 частные средние (X_i), можно составить представление о закономерностях действия фактора (в изучаемых грациях). В нашем примере с его усилением увеличивается средний прирост массы поросят: при малых дозах подкормки приросты поросят меньше, при больших дозах — больше. Следует также отметить, что использование тройной дозы дает некоторый отрицательный эффект — приросты становятся меньше, чем при двойной дозе. Можно предположить, что в этих границах (от двойной до тройной дозы) находится оптимальная доза подкормки.

Сопоставление между собой частных средних дает основание высказать мысль о том, что степень их разнообразия (Может служить показателем силы влияния фактора. Как уже известно, частные средние (т. е. средние отдельных групп — выборки) могут отличаться друг от друга за счет случайности выборок. Поэтому, чем больше степень разнообразия частных средних по сравнению с уровнем их разнообразия, обусловленным случайностями, тем сильнее влияние фактора. Можно рассмотреть вопрос о влиянии фактора и в другом аспекте: чем меньше разнообразие частных средних по сравнению с уровнем случайного их разнообразия, тем сильнее, влияние фактора при его стабилизирующем, уравнивающем действии.

Степень разнообразия, как известно, оценивается такими показателями, как дисперсия — C (сумма квадратов центральных отклонений) и варианса — σ^2 .

В однофакторном дисперсионном комплексе можно рассчитать при вида центральных отклонений (а следовательно, и три вида дисперсий C и варианс σ^2):

1. Факториальные (межгрупповые) — отклонения частных средних от общей средней комплекса: $X_i - X_{\Sigma}$. В нашем примере они равны по грациям: 2-5=-3; 3-5=-2; 8-5=3; 7-5=2.
2. Случайные (внутригрупповые) — отклонения отдельных вариантов внутри каждой грации от своей частной средней: $v - X_i$. Поскольку в каждой отдельно взятой грации организованный фактор действовал на всех животных с одной и той же силой, то ясно, что разнообразие животных внутри каждой грации вызвано действием всех остальных - рендомизированных (неорганизованных) факторов, случайным их действием. В нашем примере для первой грации: 1-2=-1; 2-2=0; 3-2=+1. Для второй: 4-3=+1; 3-3=0; 2-3=-1 и т. д. Эти данные занесены в строке ($v - X_i$) таблицы дисперсионного комплекса (см. табл. 2).
3. Общие — отклонения каждого варианта от общей средней по комплексу: $v - X_{\Sigma}$. Они составляют для первой грации: 1-5=-4; 2-5=-3; 3-5=-2; для второй: 4-5=-1; 3-5=-2; 2-5=-3 и т. д.

На основе рассчитанных отклонений можно вычислить три дисперсии — суммы квадратов центральных отклонений: факториальную (C_x), случайную (C_z) и общую (C_Y):
 $C_x = \sum n * (X_i - X_{\Sigma})^2$; $C_z = \sum (v - X_i)^2$; $C_Y = \sum (v - X_{\Sigma})^2$.

Факториальная дисперсия (C_x), характеризующая разнообразие животных, обусловленное действием фактора ВМП, определяется сложением взвешенных числом животных в каждой группе квадратов центральных отклонений частных средних от общей средней комплекса:

$$C_x = (-4)^2 * 3 + (-2)^2 * 3 + 3^2 * 3 + 2^2 * 3 = 78.$$

Случайная (остаточная, внутригрупповая) дисперсия (C_z), характеризующая разнообразие животных, вызванное влиянием всех других, не изучаемых причин, действие которых было рендомизировано, определяется сложением квадратов отдельных отклонений значений признака от своей частной средней внутри каждой грации по всем грациям:

$$C_z = (-1)^2 + 0 + 1^2 + 0 + (-1)^2 + \dots = 8.$$

Общая дисперсия (C_y) определяется как сумма квадратов отклонений значений каждого отдельного варианта от общей средней комплекса:

$$C_y = (-4)^2 + (-3)^2 + (-2)^2 + (-1)^2 + (-2)^2 + \dots = 86.$$

Заметим, что общая дисперсия (C_y) в точности равна сумме двух остальных дисперсий — факториальной (C_x) и случайной (C_z):

$$C_y = C_x + C_z = 78 + 8 = 86.$$

В этом состоит основное свойство структуры дисперсионного комплекса. Равенство справедливо для любых комплексов и может использоваться для проверки расчетов.

Таким образом, общая дисперсия C_y оказалась разложенной на две составляющие — дисперсию факториального разнообразия — C_x и дисперсию случайного разнообразия — C_z .

Для расчета варiances ($\sigma_i^2 = \frac{C_i}{v_i}$) необходимо определить число степеней свободы факториального, случайного и общего разнообразия.

Число степеней свободы факториального разнообразия определяют по формуле $v_x = g - 1$, где g — число градаций комплекса (число частных средних), $v_x = 4 - 1 = 3$.

Число степеней свободы случайного разнообразия $v_z = N - g$. Эта формула выводится вследствие сложения числа степеней свободы для каждой отдельной градации по всем градациям, т. е.

$$v_z = (n_0 - 1) + (n_1 - 1) + (n_2 - 1) + (n_3 - 1) = \sum n_i - 4 = 12 - 4 = 8.$$

Число степеней свободы общего разнообразия:

$$v_y = N - 1 = 12 - 1 = 11.$$

Варiances рассчитывают путем деления соответствующей дисперсии на одноименное число степеней свободы:

$$\text{а) факториальная варiances: } \sigma_x^2 = \frac{C_x}{v_x} = \frac{78}{3} = 26;$$

$$\text{б) случайная варiances: } \sigma_z^2 = \frac{C_z}{v_z} = \frac{8}{8} = 1;$$

$$\text{в) общая варiances: } \sigma_y^2 = \frac{C_y}{v_y} = \frac{86}{11} = 7,822.$$

Заметим, что в дисперсионных комплексах σ_y^2 не равна сумме факториальной и случайной варiances:

$$\sigma_y^2 \neq \sigma_x^2 + \sigma_z^2; 7,82 \neq 26 + 1.$$

Далее рассчитаем силу влияния фактора. Для этого существует несколько способов:

а) (путем расчета квадрата корреляционного отношения η_x^2 через отношение факториальной дисперсии к общей:

$$\eta_x^2 = \frac{C_x}{C_y} = \frac{78}{86} = 0,907.$$

Это основной способ, непосредственно вытекающий из того, что $C_y = C_x + C_z$. Из формулы хорошо видно, что чем сильнее влияние фактора, тем больше факториальная дисперсия C_x и меньше случайная дисперсия C_z , и наоборот — чем меньше влияние фактора, тем меньше C_x и больше C_z .

Поэтому по доле факториальной дисперсии в общей дисперсии можно прямо судить о силе влияния фактора:

$$\eta_x^2 = \frac{C_x}{C_y}.$$

Разумеется, доля (часть) никогда не может превышать целого (т. е. быть больше единицы) или быть меньше нуля, т. е. отрицательным числом. Основным показателем силы влияния фактора, рассчитываемый через отношение дисперсий, может принимать значения в (пределах от нуля до единицы).

Другие способы расчета силы влияния фактора, хотя и имеют определенное логико-математическое обоснование, в исследованиях могут давать биологически бессмысленные результаты — отрицательные величины или значения больше единицы;

$$\text{б) } L = 1 - \frac{\sigma_z^2}{\sigma_y^2} = 1 - \frac{1}{7,82} = 0,872;$$

$$\text{в) } r_{\omega} = \frac{\sigma_x^2 - \sigma_z^2}{\sigma_x^2 + (n-1) * \sigma_z^2}.$$

Этот способ оценки силы влияния путем расчета так называемого коэффициента внутриклассовой корреляции r_{ω} широко применялся в селекционно-генетических работах для оценки коэффициента наследуемости до отцам (производителям). Однако более глубокий теоретический анализ (З. С. Никоро и Э. Х. Гинзбург, 1976) показал, что коэффициент внутриклассовой корреляции по отцам вообще не может быть использован для оценки степени наследуемости.

В нашем примере:

$$r_{\omega} = \frac{26 + (3-1)*1}{26-1} = 0,893.$$

В том случае, если число животных в каждой градации было неодинаковым, вместо n используют n_0 , рассчитанное по формуле

$$n_0 = \frac{1}{g-1} \left(N - \frac{\sum n_i^2}{N} \right).$$

В нашем примере рассчитанные значения силы влияния фактора близки между собой. Все три оценки состоятельны в смысле сходимости по вероятности, что дает основание использовать основной способ как более подходящий в биологических исследованиях.

Для определения достоверности влияния фактора используют отношение дисперсий факториальной к случайной:

$$F = \frac{\sigma_{\text{ф}}^2}{\sigma_{\text{с}}^2}.$$

Полученное значение $F_{\text{факт}}$ следует сравнить с табличным $F_{\text{ст (табл)}}$ критерия Фишера для тех двух степеней свободы, которые рассчитаны в комплексе $v_1 = v_x$ для большей — факториальной дисперсии и $v_2 = v_z$ для меньшей — случайной дисперсии.

В основе такого сравнения дисперсий лежит уже известный факт: частные средние могут отличаться друг от друга в силу чисто случайных причин, даже когда изучаемый фактор не оказывает никакого воздействия на объект. Для того, чтобы можно было с достаточно высокой вероятностью (0,95 и выше) говорить о влиянии фактора, разнообразие частных средних, определяемое при анализе комплекса, должно превышать степень их случайного разнообразия.

Величину этого превышения и определяют в несколько математически измененном виде отношением факториальной дисперсии к случайной — F . Если полученное значение F будет больше (или равно) любому из трех табличных для данного в комплексе числа степеней свободы, можно делать вывод о достоверности влияния фактора.

Определим достоверность влияния фактора в нашем примере:

$$F_{\text{факт}} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2} = \frac{26}{1} = 26'''$$

2.4 Лабораторная работа № 4 (1 час).

Тема: «Генофонд популяции и оценка его состояния»

2.4.1 Цель работы:

Определить состояние генетической популяции по частоте аллелей

2.4.2 Задачи работы:

Научиться определять генетическое равновесие генетической популяции по уравнению Харди-Вайнберга

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Алгоритм расчета генетической популяции

2.4.4 Описание (ход) работы:

Расчет частот генотипов и аллелей в популяции

Основой анализа генетического равновесия является вычисление частот генотипов и аллелей, их образующих. Для нахождения частоты встречаемости определенного генотипа в популяции подсчитывают число несущих его животных – m . Частота генотипа может быть выражена как в абсолютном (m), так и в относительном ($p=m/N$) виде. Однако для расчета частоты аллелей обычно используют абсолютные величины. Частоту аллелей вычисляют по следующей формуле:

$$P_i = (2m_{ii} + \sum m_{ij}) / 2N \quad (1.1)$$

где P_i – частота i -того аллеля;

m_{ii} – частота гомозиготных носителей данного аллеля;

$\sum m_{ij}$ – сумма частот гетерозиготных носителей;

N – численность популяции.

В том случае, если ген представлен только двумя аллелями, уравнение принимает следующий вид:

$$P_i = (2m_{ii} + m_{ij}) / 2N \quad (1.2)$$

Для частот, рассчитанных по формулам 1.1 и 1.2, справедливо следующее равенство: $\sum P_i = 1$.

Разберем расчет частоты аллелей на следующем примере:

У крупного рогатого скота красной горбатовской породы выявлено два аллеля гена трансферрина (TF): А, D и E. Число животных с генотипами равно: AA – 10; AD – 24; AE – 1; DE – 1; DD – 16; EE

Рассчитать частоту аллелей.

P_i – частота аллелей А, D и E.

m_{ii} – число гомозиготных носителей аллелей AA, DD и EE = 10, 16, 1.

m_{ij} – число гетерозиготных животных с генотипами AD, AE, DE, число которых равно 24, 1 и 1.

N – сумма всех генотипов = $(10+24+1+1+16) = 53$.

Частота аллеля А будет равна:

$$P_A = (2m_{AA} + m_{AD} + m_{AE}) / 2N = (2 \cdot 10 + 24 + 1) / 2 \cdot 53 = 45 / 106 = 0,424$$

Частота аллеля D:

$$P_D = (m_{DD} + m_{AD} + m_{DE}) / 2N = (2 \cdot 16 + 24 + 1) / 2 \cdot 53 = 57 / 106 = 0,538$$

Частота аллеля E:

$$P_E = (m_{EE} + m_{AE} + m_{DE}) / 2N = (2 \cdot 1 + 1 + 1) / 2 \cdot 53 = 4 / 106 = 0,038.$$

$$\sum P_i = 0,424 + 0,538 + 0,038 = 1.$$

Расчет частоты аллелей А, D и E выполнен верно.

Выполнить самостоятельно следующие задания:

Задание 1

У крупного рогатого скота красной горбатовской породы выявлено два аллеля гена постальбумина (PALB): А и В. Число животных с генотипами равно: AA – 4; AB – 14; BB – 24. Рассчитать частоту аллелей.

Задание 2

У крупного рогатого скота выявлено два гена посттрансферрина (РТФ): А и В. Число животных с генотипами равно: АА – 18; АВ – 14; ВВ – 12. Рассчитать частоту аллелей.

Задание 3

У овец кавказской породы в М-системе выявлено 2 аллеля. Число животных с генотипом М_{aa} = 6; М_{ab} = 39; М_{bb} = 53. Рассчитать частоту аллелей.

Анализ генетического равновесия

В 1908 г. Г.Харди и В.Вайнберг независимо друг от друга сформулировали основной закон популяционной генетики, названный из именами, который гласит: «В популяции, в которой скрещивания осуществляются случайно, при условии равновесия, не нарушаемого ни отбором, ни мутациями, и при высокой её численности соотношение генов и генотипов из поколения в поколение остается абсолютно постоянным». Соотношение частот генотипов в этой ситуации описывается уравнением, получившим название уравнение Харди-Вайнберга:

$$1 = (p_A + p_a)^2 \text{ при этом } p + q = 1 \quad (1.3)$$

В традиционном виде уравнение принято записывать так:

$$p^2_{AA} + 2pq_{Aa} + q^2_{aa} = 1$$

Например:

У крупного рогатого скота ген каппа-казеина, влияющий на технологические свойства молока, представлен двумя аллелями: А и В. Для производства твердых сыров пригодного только молоко, содержащее казеин ВВ. В таблице 1.1 приведены данные о числе животных разных генотипов по каппа-казеину в выборках, полученных из популяций черно-пестрого, швицского и красного горбатовского скота.

Частота различных генотипов каппа-казеина у крупного рогатого скота (Н.А.Зиновьева и др, 1999; Ю.А.Столповский и др.,1999)

Порода	Генотипы		
	АА	АВ	ВВ
Черно-пестрая	17	28	20
Швицкая	17	45	85
Красная горбатовская	20	26	8

Частота генотипов каппа-казеина у скота черно-пестрой породы

$p^2_{AA} = 17$, $pq_{AB} = 28$, $q^2_{BB} = 20$, (табл.1.1). Частота аллелей из уравнения 1.2 составит:

$$p = (2m_{AA} + m_{AB}) / 2n = (2 \cdot 17 + 28) / 2 (17 + 28 + 20) = 62 / 130 = 0,477.$$

$$q = (2m_{BB} + m_{AB}) / 2n = (2 \cdot 20 + 28) / 130 = 0,533.$$

Частота генетических генотипов для данной группы популяции равна:

$$p^2_{AA} + 2pq_{AB} + q^2_{BB} = 0,477^2 + 2 \cdot 0,477 \cdot 0,533 + 0,533^2 = 0,228 + 0,499 + 0,273 = 1$$

Теоретическая численность животных составляет АА = $0,228 \cdot 65 = 15$, АВ = $0,499 \cdot 65 = 32$, ВВ = $0,273 \cdot 65 = 18$.

Следовательно, теоретическая и фактическая численность животных не совпадает. Однако следует выяснить закономерна ли разница между фактической и теоретической частотой или она зависит от случайных факторов.

Для этого, по методу хи-квадрат используется для проверки гипотез путем сравнения фактического распределения с теоретическим. Использование ошибок выборочных показателей и сравнение двух вариационных рядов основаны на нулевой гипотезе (H_0), которая предполагает, что между сравнительными выборками нет достоверных различий. Нулевая гипотеза опровергается или остается в силе. Критерием оценки этих суждений является уровень достоверности – P .

Вычисления критерия соответствия хи-квадрат также основано на принципах нулевой гипотезы. Критерий хи-квадрат используют при сравнении частот двух эмпирических рядов или сравнении эмпирических рядов с теоретическим при гибридологическом анализе, при проверке различных гипотез, при оценке эффективности применения лекарственных средств, закономерности распределения частот в популяциях и др. Критерий хи-квадрат – показатель приближенный. Он применим для выборок численностью 20 особей и более. Его нельзя использовать, когда частоты выражаются в относительных величинах. Критерий хи-квадрат вычисляется по формулам:

$$\chi^2 = (O - E)^2 / E \quad (1.4)$$

$$\chi^2 = [(O - E) - 1/2]^2 / E \quad (1.5)$$

где O – наблюдаемое число особей

$1/2$ – поправка Йетса

Если n и ожидаемые величины велики, то можно пользоваться формулой 1.4 без поправки.

Подставив в формулу 1.4 фактические и теоретические частоты, получим:

O	E	$O - E$	$(O - E)^2$	$(O - E)^2 / E$
17	15	2	4	0,27
28	32	-4	16	0,5
20	18	2	4	0,22
$\Sigma=65$	$\Sigma=65$			$\Sigma=0,99$

Полученная $(O - E)^2 / E$ представляет собой величину хи-квадрат. В данном примере он равен 0,99.

При оценке согласия принято пользоваться тремя уровнями значимости: $P=0,05$; $P=0,01$; $P=0,001$, для которых в приложении 1 приведены стандартные значения хи-квадрат. Если вычисленные значения хи-квадрат больше стандартного, находящегося в графе $P=0,01$ и тем более в графе $P=0,001$, то следует считать, что гипотеза не согласуется с полученными в опыте данными. Если вычисленная величина хи-квадрат меньше табличной, находящаяся в графе $P=0,01$, но больше той, которая находится в графе $P=0,05$, согласие наблюдаемых данных с ожидаемыми является сомнительным. Однако это не дает право отбросить нулевую гипотезу. Если вычисленная величина хи-квадрат меньше табличной графы $P=0,05$, то соответствие наблюдаемых данных с ожидаемыми считаются установленным.

Величина хи-квадрат зависит от числа степеней свободы. Поэтому для каждого значения вероятности (P) дано несколько значений хи-квадрат, расположенных в приложении 1 под определенным уровнем значимости. В рассматриваемых нами примерах число степеней свободы (v) на единицу меньше числа классов. В задаче имеются два класса, число степеней равно 1. следовательно, для решения задачи нужно использовать из приложения 1 уровни вероятности и строку « $v=1$ ». В этой строке стоят три значения хи-квадрат: 3,8; 6,6; 10,8. вычисленные значения хи-квадрат значительно меньше табличных. Следовательно,

частота генотипов по каппа-казеину соответствует теоретически ожидаемому и находится в генетическом равновесии.

2.5 Лабораторная работа № 5 (1 час).

Тема: «Загрязнение окружающей среды в связи с с.-х. производством»

2.5.1 Цель работы:

Ознакомиться с основными источниками загрязнения окружающей среды

2.5.2 Задачи работы:

Научиться классифицировать загрязнения окружающей среды по видам и меры борьбы с ними

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Рекомендации, и характеристики загрязнений окружающей среды

2.5.4 Описание (ход) работы:

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду веществ и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

В обиходе загрязнением в узком смысле считается привнесение в какую-либо среду новых, не характерных для нее физических и биологических агентов или превышение естественного среднесуточного уровня этих агентов в среде.

Загрязнение – широкое понятие. Это комплекс загрязнителей.

Загрязнитель – более узкое понятие.

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Загрязнение на бытовом уровне – все то, что не в том месте, не в то время, не в том количестве, какое естественно.

То, что дает загрязнение – источники загрязнения, которые бывают: первичные, вторичные, стационарные и передвижные.

- первичные – непосредственно любое промышленное предприятие, теплоэлектростанция, животноводческий комплекс, от которого поступают различные загрязнители;
- вторичные – в ходе накопления трансформации первичных (воздух, вода, продукты питания);
- стационарные – любые предприятия АПК;
- передвижные – транспорт.

Классификации основных видов загрязнения

Классификация загрязнения по происхождению:

- естественное – возникает в процессе мощных природных явлений без участия человека (извержение вулканов, лесные пожары, лавины, пылевые бури);
- антропогенное – является результатом деятельности человека и по масштабам превосходит природное.

Антропогенное загрязнение делится на 4 группы:

- промышленное;
- транспортное;
- бытовое;
- сельскохозяйственное.

Промышленное – потенциальными источниками загрязнения среды в Саратовской области является около 33,3 тыс. предприятий. В окружающую среду (атмосферный воздух) поступает свыше 400 наименований загрязняющих веществ различных классов опасности. Выбросы от стационарных источников в 2009 г. составили 120, 867 тыс. т. По объему выбросов лидируют: транспорт (трубопроводный) и связь (ООО «Газпром трансгаз Саратов») – 60,1 % от общей доли выбросов, обрабатывающие производства – 23,9 %, производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 7,8 %, добыча полезных

ископаемых – 4,8 %, прочие виды экономической деятельности – 3,4 %. В целом по области произошло снижение объемов выбросов ЗВ на 23,0 %. Саратов лидирует по количеству выбросов и сбросов среди всех городов области.

Транспортное – 89% всех выбросов приходится на предприятия автомобильного транспорта, 2% – авиатранспорт 1% – водный транспорт. Транспорт дает 60% – 70% химического и 90% шумового загрязнения. Отработанные газы двигателей внутреннего сгорания содержат более 200 наименований различных загрязнений, в том числе канцерогенных. С транспортом связано более 90% свинцового загрязнения. В Саратовской области выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников в 2009 г. составили 312,374 тыс. т. При увеличении на 2,4 % общего количества зарегистрированных на территории области автомобилей выбросы ЗВ уменьшились на 6,5 %. Этот факт объясняется уменьшением количества грузового транспорта и автобусов, вносящих наибольший вклад в загрязнение воздушной среды.

Бытовое – ЖКХ является поставщиком различных отходов. Отходы, образующиеся от жизнедеятельности населения относятся к 4 классу опасности. В Саратовской области ежегодно образуется более 4 млн. м³ ТБО, которые захораниваются на соответствующих полигонах и свалках. На территории области имеется 746 объектов размещения отходов: полигонов ТБО – 21, санкционированных свалок – 351, несанкционированных свалок – 331, шламонакопителей – 17, иных мест размещения отходов (иловые площадки, отвалы) – 26. Обустройство и эксплуатация большинства существующих свалок ТБО не отвечает в полной мере санитарным и экологическим требованиям. В Саратовской области резко возросло количество несанкционированных свалок, которые являются источниками загрязнения окружающей среды, тяжелыми металлами и диоксинами, причем диоксиновое загрязнение может обнаруживаться на расстоянии 5 км.

Сельскохозяйственное – проблема связана с загрязнением водоемов продуктами эрозии, химическое загрязнение менее выражено, что связано с резким сокращением объемов внесения агрохимикатов и с появлением новых классов химических соединений в меньшей степени влияющих на окружающую среду. Тем не менее в 2009 г. ФГУ «Саратовский ЦГМС» обследовал почвы вокруг склада ГУП «Аткарсагропромхимия» Аткарского района (250 га). Максимальные значения для остаточного количества были обнаружены по ДДТ – 37 ПДК и по ГХЦГ – 6,7 ПДК. Значительное загрязнение обнаруживалось в западном направлении на расстоянии 50 и 100 м от склада. При изучении состояния почв в районе склада пестицидов ОАО «Ершовская сельхозхимия» также были обнаружены остаточные количества вышеперечисленных препаратов, но в значительно меньших концентрациях.

Классификация загрязнения по сущности:

- физическое;
- химическое;
- физико – химическое;
- биологическое.

Физическое – связано с изменением физических температурно-тепловых, волновых и других параметров среды. Различают тепловое, шумовое, радиоактивное, световое, электромагнитное.

Тепловое – сточные воды ТЭС теплее на 8 – 10 градусов, чем вода в водоемах. Такая температура способствует усиленному развитию водорослей планктона; температурная граница преграждает путь на нерест лосося и угря. Для развития икры налима температурный перепад выше 1,5 градусов достаточно губителен. Кроме того тепловое загрязнение способствует развитию некоторых заболеваний рыб.

Шумовое – человек всегда жил в мире звуков. В природе громкие звуки редки, шум относительно слаб и непродолжителен. Тихий шелест листвы, журчанье ручья, шум прибора – эти звуки всегда были приятны человеку, они успокаивают его, снимают стресс.

Звуки большой мощности поражают слуховой аппарат, нервные центры, могут вызвать болевые ощущения и шок. Длительный шум неблагоприятно действует на орган слуха, понижает его чувствительность к звуку.

2.6 Лабораторная работа № 5 (1 час).

Тема: «Биогеохимические пищевые цепи в производстве с.-х. продукции.»

2.6.1 Цель работы:

Рассмотреть пищевые биогеохимические и трофические связи в природе

2.6.2 Задачи работы:

Проанализировать трофические связи в природе и дать оценку

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Примеры трофических связей

2.6.4 Описание (ход) работы:

Одним из наиболее существенных свойств экосистем является наличие в них пищевых цепей и сетей. Трофическая (пищевая) цепь – последовательность видов организмов, отражающая движение в экосистеме органических веществ и заключенной в них биохимической энергии в процессе питания организмов. Термин происходит от греч. *трофе* – питание, пища. Для дальнейшего изучения рассмотрим следующие термины: продуценты, консументы и редуценты.

Продуценты (от англ. *to produce* – производить) – организмы, производящие органические вещества из неорганических соединений. Продуцентами в экосистеме являются автотрофные организмы, преобразующие путем фотосинтеза внешнюю (солнечную) энергию в биохимическую энергию, заключенную в органическом веществе. Примерами продуцентов в наземных экосистемах являются растения. Фитопланктон – мельчайшие водоросли – является другим примером продуцентов, характерных для морских и вообще водных экосистем.

Консументы (от лат. *консуме* – потреблять) – это организмы, питающиеся органическим веществом, произведенным другими организмами (продуцентами). Такими организмами в экосистеме являются гетеротрофы. Различают консументы 1-го и 2-го порядков. *Консументы 1-го порядка* – растительноядные организмы (например, овца, заяц). *Консументы 2-го порядка* – плотоядные, которые строят свои белки из белков растительного и животного происхождения (хищники).

Редуценты – организмы (главным образом, бактерии, грибы и др.), превращающие органические остатки в неорганические вещества (минерализация). Синоним термина – деструкторы (от англ. *to destruct* – разлагать).

Трофические (пищевые) уровни. В любой экосистеме можно выделить несколько трофических уровней или звеньев. Первый уровень представлен продуцентами, а второй и последующий уровни – консументами. Последний уровень в основном образуется микроорганизмами и грибами, питающимися мертвым органическим веществом (редуцентами). Их основная функция в экосистеме – разложение органического вещества до исходных минеральных элементов. Взаимосвязанный ряд трофических уровней и представляет цепь питания, или трофическую цепь.

Важно подчеркнуть, что цепь питания не всегда может быть полной. Во-первых, в ней могут отсутствовать продуценты (растения). Такие цепи питания характерны для сообществ, формирующихся на базе разложения животных или растительных остатков, например, накапливающихся в лесах на почве (лесная подстилка). Во-вторых, в цепях питания могут отсутствовать (либо находится в очень малом количестве) гетеротрофы (животные). Например, в лесах отмирающие растения или их части (ветви, листья и др.), т.е. продуценты, сразу включаются в звено редуцентов.

Виды трофических цепей. Трофические цепи в зависимости от числа уровней подразделяются на *простые* и *сложные* (многоуровневые) цепи. Примером простой цепи, в которой представлены все три вида уровней (продуцент, консумент и редуцент), может служить следующая последовательность организмов:

ОСИНА – ЗАЯЦ – ЛИСА.

Простая трофическая цепь имеет три трофических уровня. Сложные цепи в отличие от рассмотренных выше простых имеют большее число уровней, но обычно не превышающее 5–6 в реальных природных экосистемах. Ниже приводится пример сложной пятиуровневой цепи:

ТРАВА – ГУСЕНИЦА – ЛЯГУШКА – ЗМЕЯ – ХИЩНАЯ ПТИЦА.

Различают три основных типа трофических цепей:

- цепи хищников;
- цепи паразитов;
- сапрофитные цепи.

Примеры трофических *цепей хищников*:

ТРАВА – ОВЦА – ВОЛК;

ЛИСТ ДУБА – ГУСЕНИЦА – СИНИЦА – ЯСТРЕБ.

Отличительной особенностью трофических *цепей паразитов* от цепей хищников является то, что в цепях хищников размеры особей увеличиваются по мере продвижения по уровням цепи (слева направо), а в цепях паразитов – наоборот. *Сапрофитные* (от греч. *сапрос* – гнилой) цепи – это трофические цепи с разложением органического вещества, т.е. включающие редуцентов. К сапрофитам относятся организмы (грибы, некоторые растения и др.), питающиеся органическим веществом и преобразующие его в минеральные соединения. Ниже приведен пример такой трофической цепи:

ЛИСТВЕННЫЕ ДЕРЕВЬЯ – ЧЕРВИ – ГРИБЫ.

Трофические сети. В реальных природных экосистемах, включающих большое число видов организмов, функционируют и большое количество трофических цепей, причем некоторые виды участвуют одновременно в нескольких различных цепях питания, т.е. некоторые цепи образуют общие уровни. Комбинации различных трофических цепей, имеющих общие уровни в экосистеме, называются *трофическими сетями*.

2.7 Лабораторная работа № 7 (1 час).

Тема: «Наследственно-средовые мультифакторные заболеваний.»

2.7.1 Цель работы:

Ознакомиться с основными наследственными и наследственно-средовыми заболеваниями

2.7.2 Задачи работы:

Определить частоту встречаемости мутаций и возможность сохранения мутаций в популяции

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.7.4 Описание (ход) работы:

Мутации, представляющие собой стойкие изменения в структуре ДНК, хромосом и количественном составе кариотипа, постоянно и с определенной частотой возникают в популяциях животных.

Фенотипически мутации нередко проявляются в формах врожденных уродств (аномалий), в смертности, снижении жизнеспособности и устойчивости к болезням, нарушении воспроизводительной функции. В популяциях сельскохозяйственных животных в процессе длительного их существования накоплен определенный груз вредных рецессивных мутаций и aberrаций хромосом. Для профилактики распространения вредных мутаций необходима прежде всего организация учета всех форм патологии животных.

Генетический контроль (мониторинг) вредных мутаций должен включать тщательный клинический анализ болезней и уродств, экспертизу происхождения аномальных животных, выяснение роли наследственности в их этиологии. Значение проблемы генетического мониторинга в современном животноводстве связано с рядом обстоятельств. Так, в связи с использованием искусственного осеменения постоянно сокращается число производителей; следовательно, степень влияния каждого из них на генофонд стада, распространение наследственных дефектов значительно увеличилась. Поэтому особо важное значение при организации крупномасштабной селекции приобрела оценка генотипов быков, хряков, баранов, используемых в интенсивном воспроизводстве. Контроль воспроизводительных способностей производителей общепринятыми методами по качеству потомства не дает полных сведений о возможности генетического влияния их на оплодотворяемость, эмбриональную смертность, рождение аномального и нежизнеспособного, подверженного заболеваниям плода. Ситуация осложняется тем, что большинство аномалий и уродств — это рецессивно наследуемые генные мутации, фенотипически проявляющиеся только в гомозиготном состоянии. Наследуемые хромосомные аномалии фенотипически проявляются лишь у взрослых дочерей производителей в виде гибели эмбрионов.

Для проверки производителей на носительство скрытых генетических дефектов и элиминации их из воспроизводства необходимы регистрация всех случаев уродств и аномалий, контроль состояния структуры и функции хромосом.

Организация мониторинга в животноводстве позволяет контролировать уровни мутагенов в окружающей среде, их влияние на хромосомный аппарат, рост, развитие и продуктивность животных, осуществлять профилактику распространения генетической патологии.

В норме распространение аномалий — 1%. Распространитель летальных и полуметальных генов — производитель.

Аномалии у к.р.с.:

1. Укорочение нижней челюсти — аутосомный рецессивный.
2. Отсутствие носовых отверстий — аутосомный рецессивный.
3. Пупочная грыжа — или аутосомный рецессивный, или доминантный. Относительная частота отдельных типов аномалий в каждой популяции различна.

Аномалии у свиней:

1. Мозговая грыжа — аутосомный рецессивный.

2. Отсутствие анального отверстия – не какого наследования.
3. Расщепление нёба (волчья пасть) – доминантный.

Аномалии у овец:

1. Отсутствие нижней челюсти и непроходимость пищевода - аутосомный рецессивный.
2. Коротконогость - аутосомный рецессивный. 3. Комолость.

Аномалии у птиц: наиболее часто встречаются аномалии клюва (клюв попугая, перекрещивающийся клюв)

Аномалии у лошадей: у тяжеловозных пород чаще встречается атрезия ободочной кишки, пупочная грыжа. Главный метод профилактики – выявления гетерозиготных носителей наследственных аномалий.

Способы выявления:

- 1) анализирующее скрещивание – полулетальные;
- 2) кровосмешение – летальные;
- 3) спаривание с матками неизвестного генотипа.

Распространение генетических аномалий животных

В современных условиях разведения животных, когда генотип производителя за короткое время может быть репродуцирован тысячами его потомков, ущерб от рождения аномального приплода, снижения его плодовитости и жизнеспособности может быть больше улучшающего эффекта по продуктивности, если производитель является носителем вредных генов или aberrаций хромосом.

При использовании в разведении быков, содержащих в кариотипе вредные гены, их самих, а также их сыновей и внуков частота генетической аномалии быстро возрастает. Например, в костромской породе интенсивно использовали быка Бурхана 6083, в потомстве которого было зарегистрировано несколько типов уродства (укорочение нижней челюсти, мопсовидность и пучеглазие, водянка, слепота, уродства конечностей и др.). В результате, если частота этих аномалий в приплоде Бурхана составила 4,87 %, то у его внука быка Жетона 3501 уже 17,3 % потомков имели уродства головы.

Анализ 14 линий костромского скота (Жигачев А. И., 1986) выявил большое число уродств в линии Ладка. Причиной такого явления обычно служит насыщение родственной группы животных (линии) рецессивными мутациями при отсутствии браковки гетерозиготных по вредным генам животных.

Влияние дрейфа генов, усиление концентрации вредного аллеля возрастают при повышении нагрузки на одного производителя. Скорость протекания генетико-автоматических процессов (дрейфа) зависит от эффективной численности популяций. Для определения последней используют формулу $Ne = 4N_f N_m / N_f + N_m$, где Ne — эффективная численность популяции; N_f — количество самок; N_m — количество самцов, участвующих в размножении.

Зависимость интенсивности генетико-автоматических процессов (дрейфа) от размера популяции определяется по формуле $K = 1/2 Ne$, где K — доля, на которую изменяется концентрация аллеля.

Так, если на поголовье 1000 маток будут использоваться 5 быков, величина K составит 2,0 %, а при использовании одного быка K будет равна 10 %. Особенно резко может повыситься частота мутантного аллеля в популяции, если при разведении линии генотип гетерозиготного родоначальника будет репродуцироваться с применением инбридинга, как это имело место в линии Ладка и его продолжателя Бурхана. В пяти поколениях этой линии зарегистрировано 117 телят-уродов. В большинстве случаев родословные отцов и матерей замыкались на трех предков - быков Бурхана, его отца Ладка и деда Салата. В ряде случаев инбридинг был комплексным — одновременно на указанных производителей или усиливающимся, что повышало вероятность перехода мутантных генов в гомозиготное состояние.

Следует иметь в виду, что при интенсивном использовании ограниченного контингента производителей в товарных хозяйствах генетическое разнообразие популяции

суживается даже при своевременной ротации линий. Такое положение может привести к сочетанию родственных по генотипам (гетерозиготных носителей вредных генов) производителей и маток. С другой стороны, интенсивное кроссирование линий в племенных хозяйствах неизбежно будет приводить к стихийному родственному спариванию в товарных хозяйствах и массовому проявлению инбредной депрессии, в том числе повышению частоты уродств и аномалий в популяциях.

Инбредная депрессия может возрасти в результате миграции. Под миграцией в животноводстве понимают импорт производителей, маток или гамет (спермиев, а также яйцеклеток и эмбрионов), закупки племенных животных из других зон страны. При использовании завезенных животных в местную популяцию могут быть введены не только желательные гены, повышающие продуктивность, но и аллели, обуславливающие летальные и полумлетальные аномалии. Сдвиги концентраций рецессивного аллеля q при миграциях определяются по формуле $q = -t(q - q_m)$, где t - величина обмена генами, а q_m - средняя концентрация аллеля по всей системе популяций, между которыми идет обмен генами, или в тон определенной популяции, откуда поступают животные (Дубинин Н. П., 1985). Из формулы видно, что величина сдвига концентраций рецессивного аллеля зависит от частоты рецессивного аллеля в исходной популяции, откуда мигрируют особи, и частоты миграции.

Чтобы не допустить массового распространения наследственной патологии, необходимы проверка генотипов производителей на носительство вредных генов и исключение из интенсивного использования носителей мутации.

Вновь возникшая мутация находится в абсолютном большинстве случаев гетерозиготном состоянии. Вероятность сохранения ее в последующем зависит от числа потомков. При стабильной численности популяции и отсутствии полигамии, через несколько сотен поколений она, как это было показано Р.Фишером (1936), полностью исчезнет. Зависимость между числом потомков и вероятностью сохранения мутации, в общем случае, задается распределением Бернулли. Чтобы избежать сложных расчётов, воспользуемся тем фактом, что вероятность утери мутации в зависимости от числа потомков задается простым уравнением:

$$Q = (1/2)^k \quad (2.1)$$

где: k – число потомков носителя мутации.

Отсюда вероятность сохранения этой мутации находим из выражения:

$$P = 1 - (1/2)^k \quad (2.2)$$

Вероятность сохранения единичной мутации зависит от смены поколений и количества потомков. Рассчитаем:

$$G(s) = 1 - ((2/3)/(1-s/3))^k \quad (2.3)$$

Где $G(s)$ – искомая вероятность, s -вероятность утери мутации в предыдущем поколении. Между s и $G(s)$ существует простая связь: s для F_i равна $1 - G(s)$, для $F_0 s = 0$.

Отсюда вероятность утери мутации в 1 поколении. По условию $G(s)_0 = 1$ и $s = 0$, тогда при одном потомке ($k=1$) вероятность сохранения мутации в F_1 равна:

$$G(s)_1 = 1 - ((2/3)/(1-0/3))^1 = 1 - (2/3)^1 = 1/3, \quad s = 2/3.$$

Для двух потомков ($k=2$) $G(s)_1 = 1 - (2/3)_2 = 1 - 4/9 = 5/9$, и т.д.

Для второго поколения при $k=1$, $s = 1 - G(s)_1 = 1 - 1/3$, $s = 2/3$. Тогда $G(s)_2 = 1 - (2/3)/(1 - (2/3)/3)^1 = 1 - (2/3)/(1 - 2/9)^1 = 1 - (2/3)/(7/9) = 1 - 6/7 = 1/7^2$

Для $k=2$ $s = 4/9$, $G(s)_2 = 1 - (2/3)/(1 - (4/9)/3)^2 = 1 - ((2/3)/(1 - 4/27))^2 = 1 - ((2/3) - (23/27))^2 = 1 - (18/23)^2 = 0,387$.

Задание 1:

Рассчитайте вероятность сохранения мутации при числе потомков 1, 2, 5, 10, 20, 50 и 100 в первом, втором, третьем, четвёртом и пятом поколениях. Представьте результаты в виде таблицы

Зависимость вероятности сохранения мутации в ряде поколений от числа потомков

Поколение	Число потомков					
	1	2	10	20	50	100

Задание 2:

Из уравнений 2.2 и 2.3 следует, что вероятность сохранения единичных мутаций в потомстве пропорциональна числу потомков её носителя. Эта закономерность важна в селекционном плане. Для сельскохозяйственных животных характерна полигамия, имеющая наибольшее выражение при использовании искусственного осеменения.

Средняя нагрузка на производителя в молочном скотоводстве составляет 1000-1500 маток в год. Для того, чтобы ответить на вопрос, как может повлиять наличие мутации производителя на структуру популяции, рассмотрим следующий пример:

В популяции численностью 20000 коров используется 10 производителей. Один из них несёт мутацию в гомозиготном состоянии.

1. Чему равна частота носителей мутантных генотипов и мутантного аллели в F?
2. Как изменятся эти частоты, если число производителей уменьшится до 5, при условии сохранения среди них мутанта?

2.8 Лабораторная работа № 8 (1 час).

Тема: Эколого-генетический мониторинг производства экологически безопасный продукт

2.8.1 Цель работы:

Ознакомиться с методами эколого-генетического мониторинга

2.8.2 Задачи работы:

Проанализировать методы генетического анализа и выявить положительные и отрицательные стороны

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Алгоритмы генетических исследований, инструкции и рекомендации

2.8.4 Описание (ход) работы:

По прогнозам ЮНЕСКО, к 2050 г. Численность населения в мире приблизится к 10 млрд. человек, что потребует резкого увеличения объемов производства продуктов питания и других товаров широкого потребления. Несмотря на то, что за последние 40 лет производство сельскохозяйственной продукции выросло более, чем в 2 раза, дальнейший его рост представляется маловероятным. В течение последних 20 лет человечество потеряло свыше 15% плодородного почвенного слоя. Большая часть пригодных к возделыванию земель уже вовлечена в сельскохозяйственное производство.

Каждую неделю население нашей планеты увеличивается на 1.2 млн. человек, при этом темпы производства продукции все больше отстают от темпов роста населения. Уже сейчас дефицит пищевых продуктов в мире превышает 60 млн. тонн, а число людей страдающих от недостаточного питания, выросло на 25 млн. лишь за период с 2002 по 2003 гг., а общая цифра голодающих приближается к 1 млрд. человек. Таким образом, современная стратегия производства пищевых продуктов должна быть направлена на поиск выхода из продовольственного кризиса в кратчайшие сроки. Возникла необходимость в применении принципиально новых подходов к созданию высокопродуктивных агросистем обеспечивающих значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности скота.

Одним из способов решения поставленной задачи, как утверждают некоторые ученые, является применение новейших способов селекции. Этому способствуют огромные возможности, появившиеся в результате революционных достижений в области генетики и биотехнологии.

Новейшая биотехнология - это наука о генно-инженерных и клеточных методах и технологиях создания и использования генетически трансформированных биологических объектов для интенсификации производства или получения новых видов продуктов различного назначения.

Основная цель современной биотехнологии – получение трансгенных организмов методами клеточной и генетической инженерии. Отличие генетической инженерии от традиционной селекции состоит в том, что при селекции перенос генов осуществляется только между близкородственными растениями, генная же инженерия позволяет перенести в растение гены из любого организма.

Генетическая инженерия известна довольно давно, ее рождение условно относят к 1972 г., когда в лаборатории Бэрга впервые была синтезированная рекомбинантная молекула ДНК. Существует несколько определений раскрывающих понятие генной инженерии. В федеральном законе « О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности » закреплено, что «генная инженерия - совокупность методов и технологий, в том числе технологий получения рекомбинантных рибонуклеиновых и

дезоксирибонуклеиновых кислот, по выделению генов из организма, осуществлению манипуляций с генами и введению их в другие организмы».

Всего выделяют 4 группы метода генной инженерии:

- методы получения рекомбинантных ДНК и РНК;
- методы выделения генов из организмов;
- методы создания искусственных генетических программ
- методы введения трансгенов в микроорганизмы;

Каждая группа методов в настоящее время активно развивается и совершенствуется. Использование методов генной инженерии приводит к созданию генетически модифицированных организмов. В директиве 2001/18/ЕС Европейского Парламента и Совета определено что « генетически модифицированный микроорганизм означает организм, за исключением людей, генетический материал которого изменен способом, который не может быть достигнут естественным путем скрещивания или рекомбинации»

Можно выделить следующие основные характеристики генетически модифицированного организма:

- это любой биологический организм способный к воспроизводству или передаче генетического материала;
- содержит искусственную генетическую программу;
- получен, с применением методов генной инженерии;

В работе используется понятие «генетически модифицированные продукты (организмы)», под которыми понимаются продукты питания содержащие результаты генно-инженерной деятельности.

2.9 Лабораторная работа № 9 (2 часа).

Тема: «Генетико – экологическая экспертиза животноводства»

2.9.1 Цель работы:

Ознакомиться методом ПЦР как основным при мониторинге экологически чистой продукции свободным от ГМО

2.9.2 Задачи работы:

Ознакомиться с технологией и методикой работы ПЦР анализа

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Лаборатория ПЦР при Оренбургском ГАУ

2.9.4 Описание (ход) работы:

ПЦР позволяет выявлять даже единичные клетки бактерий или вирусов. ПЦР-анализ обнаруживает наличие возбудителей инфекционных заболеваний в тех случаях, когда другими методами (иммунологическими, бактериологическими, микроскопическими) это сделать невозможно. Чувствительность ПЦР-анализа составляет 10-100 клеток в пробе (чувствительность иммунологических и микроскопических тестов - 103-105 клеток).

Универсальность процедуры выявления различных возбудителей.

Материалом для исследования методом ПЦР служит ДНК возбудителя. Метод основан на выявлении фрагмента ДНК или РНК, являющегося специфичным для конкретного организма. Сходство химического состава всех нуклеиновых кислот позволяет применять унифицированные методы проведения лабораторных исследований. Это дает возможность диагностировать несколько возбудителей из одной биопробы. В качестве исследуемого материала могут использоваться различные биологические выделения (слизь, моча, мокрота), соскобы эпителиальных клеток, кровь, сыворотка.

Высокая скорость получения результата анализа.

Для проведения ПЦР- анализа не требуется выделение и выращивание культуры возбудителя, что занимает большое количество времени. Унифицированный метод обработки биоматериала и детекции продуктов реакции и автоматизация процесса амплификации дают возможность провести полный анализ за 4-5 часов.

Возможность диагностики не только острых, но и латентных инфекций.

Особенно эффективен метод ПЦР для диагностики трудно культивируемых, некультивируемых и персистирующих форм микроорганизмов, с которыми часто приходится сталкиваться при латентных и хронических инфекциях, поскольку этот метод позволяет избежать сложностей, связанных с выращиванием таких микроорганизмов в лабораторных условиях. Применение ПЦР-диагностики также очень эффективно в отношении возбудителей с высокой антигенной изменчивостью и внутриклеточных паразитов.

Следует отметить, что методом ПЦР возможно выявление возбудителей не только в клиническом материале, полученном от больного, но и в материале, получаемом из объектов внешней среды (вода, почва и т.д.).

Ограничения метода ПЦР

1. Амплифицируется ДНК как живого, так и погибшего микроорганизма.

Это налагает определенные требования при использовании ПЦР для контроля эффективности лечения. В общем случае подобный контроль должен проводиться спустя промежуток времени, в течение которого происходит полная элиминация возбудителя. Обычно этот интервал составляет 4-8 недель.

2. Возможность перекрестной реакции.

Подбор праймеров происходит на основе существующих знаний о геноме данного и сходных микроорганизмов. Теоретически существует возможность присутствия такого же фрагмента и у других микроорганизмов, геном которых в настоящее время не расшифрован, и которые не были протестированы на возможность перекрестной реакции. Присутствие в пробе таких микроорганизмов может привести к ложноположительному результату анализа.

3. Изменчивость микроорганизмов.

Хотя при конструировании тест-системы фрагмент генома, используемый для амплификации, выбирается из высоко консервативной области, изменчивость микроорганизмов может приводить к тому, что некоторые генотипы или штаммы исследуемого возбудителя могут приобретать мутации в амплифицируемом участке генома, и, таким образом, становятся неуловимыми данной тест-системой.

Последние два пункта важны для разработчиков ПЦР-диагностик. В настоящее время разработаны стандарты, регламентирующие объем испытаний (включая проверку на перекрестные реакции, а также тестирование известных штаммов определяемого возбудителя), которые должна выдержать тест-система, прежде чем она попадет на рынок.

Основные принципы организации ПЦР-диагностических лабораторий и требования к проведению ПЦР-анализа

Работы в ПЦР-лаборатории проводятся согласно:

- СП 3.1/3.2.558-96 "Общие требования по профилактике инфекционных и паразитарных заболеваний";
- СП 1.2.731-99 "Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности и гельминтами";
- методическим рекомендациям МУ 1.3. 1888-04 "Организация работы при исследованиях методом ПЦР материала, инфицированного патогенными биологическими агентами III-IV групп патогенности";
- МУ 3.5.5.1034-01 "Обеззараживание исследуемого материала, инфицированного бактериями III-IV групп патогенности, при работе методом ПЦР".

Проведение ПЦР-диагностики инфекций связано с проблемой, обусловленной высокой чувствительностью метода, - возможностью контаминации. Попадание в реакционную пробирку следовых количеств положительной ДНК (специфических продуктов амплификации ДНК - ампликонов; ДНК-стандарта, используемого в качестве положительного контроля; положительной ДНК клинического образца) приводит к амплификации в процессе ПЦР специфического фрагмента ДНК и, как следствие, к появлению ложноположительных результатов.

В процессе работы могут встретиться два вида контаминации:

1) перекрестная контаминация от пробы к пробе (в процессе обработки клинических образцов или при раскапывании реакционной смеси), приводящая к появлению спорадических ложноположительных результатов;

2) контаминация продуктами амплификации (ампликонами), имеющая наибольшее значение, т.к. в процессе ПЦР ампликоны накапливаются в огромных количествах и являются идеальными продуктами для реамплификации.

Контаминация следовыми количествами ампликонов посуды, автоматических пипеток и лабораторного оборудования, поверхности лабораторных столов или даже поверхности кожи сотрудников лаборатории приводит к появлению систематических ложноположительных результатов.

Как правило, определить источник контаминации бывает очень трудно и требует значительных затрат времени и средств. Накопленный к настоящему времени опыт работы лабораторий, использующих метод ПЦР для диагностики позволяет сформулировать основные требования к организации таких лабораторий и проведению самих анализов.

Соблюдение данных требований позволяет исключить возможность контаминации и получения ложноположительных результатов.

Необходимо территориально разделить различные стадии проведения анализа, размещая их в отдельных помещениях:

-Пре-ПЦР-помещение, где производится обработка клинических образцов, выделение ДНК, приготовление реакционной смеси для ПЦР и постановка ПЦР (при наличии условий два последних этапа рекомендуется также проводить в дополнительном отдельном помещении). В этих помещениях запрещается проводить все другие виды работ с инфекционными агентами, ПЦР-диагностика которых проводится в данной лаборатории.

-Пост-ПЦР-помещение, где проводится детекция продуктов амплификации. В этом помещении допускается использовать другие методы детекции инфекций. Желательно комнату детекции продуктов амплификации расположить как можно дальше от пре-ПЦР-помещений.

Рабочие помещения должны быть оснащены ультрафиолетовыми лампами с максимумом излучения в области 260 нм (типа ДБ-60) из расчета 2,5 Вт на 1 м³. Лампы должны быть расположены так, чтобы прямому облучению подвергались поверхности рабочих столов, оборудование и материалы, с которыми имеет контакт оператор во время проведения ПЦР-анализа. Облучение необходимо проводить в течение 1 часа до начала работы и в течение 1 часа после окончания работы.

Работа должна проводиться в лабораторной одежде, сменяемой при переходе из одного помещения в другое, и в одноразовых перчатках, так как анализируемые биопробы являются потенциально опасным инфицированным материалом. Обработка одежды из разных помещений должна производиться отдельно. Желательно, чтобы на разных этапах проведения ПЦР-анализа работали различные сотрудники.

Следует использовать отдельные наборы дозаторов, пластиковой и стеклянной посуды, лабораторного оборудования, халатов и перчаток предназначенные для различных стадий анализа и не переносимые из одного помещения в другое. Оборудование, материалы и инвентарь в каждой комнате должны иметь соответствующую маркировку.

Все этапы работы проводить только с использованием одноразовых расходуемых материалов: наконечников для автоматических пипеток, пробирок, перчаток и т.д. Обязательно менять наконечники при переходе от пробы к пробе. Желательно использовать наконечники с фильтром - аэрозольным барьером для предотвращения попадания микрокапель раствора в пипетку. Использованные пробирки и наконечники должны сбрасываться в специальные контейнеры или емкости, содержащие дезинфицирующий раствор.

Клинические образцы следует хранить отдельно от реагентов.

Для обработки и уборки рабочего места необходимо в каждом помещении иметь ватно-марлевые тампоны (салфетки), пинцет, дезинфицирующий и инактивирующий растворы.

Следует исключить проведение в ПЦР-диагностической лаборатории работ, связанных с получением (клонированием) и выделением рекомбинантных плазмид, содержащих последовательности ДНК или фрагментов генов возбудителей, которые диагностируются в данной лаборатории.