

Модуль 1. Теоретические основы и биология культуры

Лекция 1. Предмет и задачи растениеводства. Объекты исследования

Теоретические и прикладные основы современного растениеводства: предмет, задачи и объекты исследования в контексте глобальных агротехнологических вызовов. Растениеводство как фундаментальная наука и системообразующая отрасль производства. Растениеводство представляет собой сложную многоуровневую систему, которая одновременно выступает как фундаментальная научная дисциплина и как ключевая отрасль сельскохозяйственного производства. В основе этой дисциплины лежит изучение биологических закономерностей роста и развития полевых культур, а также разработка высокоэффективных технологий их возделывания с целью получения стабильно высоких урожаев заданного качества. Как отрасль народного хозяйства, растениеводство имеет стратегическое, жизнеопределяющее значение, поскольку оно является первичным звеном в цепочке обеспечения продовольственной безопасности, предоставляя населению продукты питания, животноводству — кормовую базу, а промышленным секторам — возобновляемое сырье.

Исторический генезис растениеводства как науки в России неразрывно связан с развитием естествознания и именами выдающихся ученых. Основоположителем научной школы принято считать М. В. Ломоносова, который в конце XVIII века инициировал создание класса «земледельства» в Российской академии наук, тем самым заложив фундамент для систематического изучения аграрных процессов. В дальнейшем теоретический каркас дисциплины формировался благодаря трудам К. А. Тимирязева, раскрывшему космическую роль растений в преобразовании солнечной энергии; И. А. Стебута, систематизировавшего агрономические знания; и Д. Н. Прянишникова, определившего роль химии и физиологии в питании растений. Особое место в мировой науке занимают исследования Н. И. Вавилова, который разработал учение о мировых центрах происхождения культурных растений и сформулировал закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, что позволило целенаправленно использовать генетическое разнообразие для селекции и интродукции новых форм.

В современной научно-образовательной парадигме растениеводство рассматривается как интегративная дисциплина, формирующая у специалистов способность критически анализировать физиологические процессы и прогнозировать продуктивность агроценозов. Она не существует изолированно, а опирается на физиологию растений как на теоретический фундамент для понимания механизмов метаболизма, на почвоведение для выбора оптимальных систем обработки и на биотехнологию для создания инновационных сортов и регуляции морфогенеза. Таким образом, растениеводство выступает в роли связующего звена между фундаментальной биологией и практическим производством, где культурное растение признается особой ветвью эволюции, направляемой волей и деятельностью человека.

Роль растения как объекта и орудия труда В системе растениеводческого производства культурное растение занимает уникальное положение, характеризующееся двойственной функциональной ролью. С одной стороны, оно является предметом труда: в процессе возделывания человек воздействует на растение через выбор предшественников в севообороте, подготовку почвы, установление норм высева и применение систем удобрений. Современная агрономия рассматривает растение как пластичный объект, который можно изменять и совершенствовать в соответствии с потребностями общества. С другой стороны, растение выступает как своеобразное «живое орудие труда». Оно обладает уникальной биологической способностью преобразовывать кинетическую энергию солнечного излучения в потенциальную энергию органических соединений в процессе фотосинтеза. Эта трансформация является базовым процессом, на котором строится вся жизнь

на планете и функционирование агропромышленного комплекса. Растениеводство как наука стремится максимизировать коэффициент полезного действия этого биологического механизма, создавая условия для наиболее эффективного использования ресурсов среды обитания.

Методологический аппарат растениеводческих исследований Научное растениеводство базируется на строгой методологии, включающей комплекс методов, направленных на изучение взаимодействия растений с внешними факторами и оптимизацию технологических циклов. Выбор метода зависит от поставленной задачи — будь то проверка эффективности нового удобрения, испытание сорта или изучение фундаментальных процессов питания. Система экспериментальных методов Методологический комплекс растениеводства включает три основные группы исследований: полевые, вегетационные и лабораторные.

Метод исследования	Объект и условия проведения	Основные задачи и возможности
Полевой опыт	Исследования в естественных полевых условиях на делянках открытого грунта.	Оценка эффективности агротехнических приемов (обработка, удобрения, защита) в реальных климатических условиях.
Вегетационный метод	Выращивание растений в специальных сосудах, теплицах или фитотронах.	Изучение влияния отдельных факторов (свет, температура, влага) в контролируемых условиях, независимо от сезона.
Лизиметрический метод	Исследования в специальных лизиметрах, где почвенный монолит изолирован с боков и снизу	Мониторинг водно-солевого и пищевого баланса, изучение выноса элементов питания и их фильтрации в глубокие слои.
Лабораторный эксперимент	Анализ растительных проб, семян, образцов почвы и удобрений с использованием приборов.	Вскрытие глубинных причин действия факторов через химические, физические и микробиологические анализы.

Полевой опыт считается основным методом агрономической науки, так как он позволяет получить результаты, наиболее приближенные к производственным условиям. Однако он требует строгого соблюдения принципа единственного различия и многолетней повторности для нивелирования влияния погодных колебаний. Лабораторные методы дополняют полевые исследования, позволяя оценить качество продукции (содержание белка, жира, сахаров) и физиологическое состояние растений. Современные исследования также активно используют метод изотопных индикаторов (меченых атомов) для изучения трансформации элементов в системе «почва — удобрение — растение».

Математический анализ и достоверность данных. Для установления точности проведенных опытов и доказательства достоверности полученных результатов в растениеводстве широко применяется математический аппарат. Дисперсионный, корреляционный и ковариационный анализы позволяют агроному-исследователю отсеять случайные ошибки и выявить реальные закономерности влияния изучаемых факторов на урожайность и качество. Это превращает растениеводство из эмпирического набора правил в точную науку, основанную на статистически подтвержденных данных.

Объекты исследования и уровни организации агросистем Объектом исследования в растениеводстве являются культурные растения, их сообщества (агроценозы) и условия их существования. Культурное растение рассматривается как результат длительной эволюции, направляемой производственной деятельностью человека. Из огромного видового разнообразия флоры человек отобрал и улучшил около 20 тысяч видов, однако фундамент мирового сельского хозяйства составляют примерно 640 видов, из которых 90 относятся к наиболее важным полевым культурам. Иерархические уровни изучения дисциплины Изучение

растениеводства строится на системном подходе, охватывающем несколько уровней организации:

1. Биологический и морфологический уровень. Исследуется происхождение, строение (морфология) и жизненный цикл растений. Анализируются фазы роста и развития, требования культур к свету, теплу, влаге и элементам минерального питания.

2. Генетико-селекционный уровень. Оценивается потенциал сортового разнообразия. Современные технологии позволяют изучать не только виды, но и конкретные сорта и гибриды, обладающие специфической устойчивостью к болезням или климатическим стрессорам.

3. Технологический уровень (Агротехника). Разработка научно обоснованных приемов обработки почвы, систем севооборотов, способов и сроков посева, систем защиты растений и технологий уборки, обеспечивающих минимальные потери продукции.

4. Экологический и системный уровень. Рассматривает посев как сложную искусственную экосистему — агроценоз. Здесь акцент смещается на взаимодействие растений друг с другом и с окружающей средой, включая почвенную микрофлору и фауну.

5. Экономический и цифровой уровень. Фокусируется на оптимизации материальных и энергетических затрат. На современном этапе этот уровень включает компьютерное моделирование и использование элементов точного земледелия для повышения эффективности производства.

Агроценоз как объект управления. Центральным понятием современного растениеводства является агроценоз — искусственно созданное растительное сообщество, предназначенное для производства продукции в интересах человека. Агроценозы коренным образом отличаются от естественных биоценозов по ряду параметров, что требует особого подхода к их управлению.

Параметр сравнения	Естественный биоценоз	Агроценоз (полевой посев)
Видовой состав	Высокое разнообразие, многоярусность.	Ограниченный состав (доминирование одного вида).
Энергетический баланс	Только солнечная энергия.	Солнечная энергия + антропогенные затраты (ГСМ, удобрения, труд).
Устойчивость	Высокая саморегуляция и долговечность	Низкая, риск гибели без вмешательства человека.
Круговорот веществ	Замкнутый, полный возврат элементов в почву.	Незамкнутый, вынос элементов с урожаем.
Направление отбора	Естественный отбор на выживаемость.	Искусственный отбор на продуктивность и качество.

Низкая устойчивость агроценозов обусловлена их генетическим единообразием и короткими пищевыми цепями. Это делает посевы крайне уязвимыми для всплеск численности вредителей и патогенов, что диктует необходимость постоянного агрономического контроля и применения средств защиты.

Систематизация и классификация культурных растений. Для эффективного управления производством и систематизации накопленных знаний в растениеводстве используется несколько типов классификаций: ботаническая, хозяйственная и биохимическая. Хозяйственная классификация по П. И. Подгорному Наиболее распространенная в отечественной агрономии классификация группирует культуры по их целевому назначению и конечному продукту. Согласно системе П. И. Подгорного, выделяют следующие группы:

1. Зерновые культуры. Составляют основу мирового производства продовольствия. - Хлеба первой группы (типичные злаки): пшеница, рожь, ячмень, овес. Характеризуются наличием озимых и яровых форм, колосовидным соцветием.

- Хлеба второй группы (просовидные): кукуруза, рис, просо, сорго. Отличаются повышенным теплолюбием и метельчатым соцветием.

- Крупяные культуры: гречиха, просо, рис.

2. Зернобобовые культуры. Горох, соя, фасоль, нут, чечевица, люпин. Являются важнейшим источником растительного белка и азотфиксаторами, улучшающими плодородие почвы.

3. Технические культуры.

- Сахароносы: сахарная свекла.

- Масличные: подсолнечник, рапс, соя, лен-кудряш.

- Эфиромасличные: кориандр, мята.

4. Волокнисто-пряжильные культуры. Лен-долгунец, конопля, хлопчатник.

5. Клубнеплоды. Картофель, топинамбур.

6. Корнеплоды. Сахарная свекла, кормовая свекла, морковь.

7. Кормовые травы. Однолетние (вика, суданская трава) и многолетние (клевер, люцерна) травы.

Биохимическая классификация

С точки зрения перерабатывающей промышленности и физиологии питания, решающее значение имеет биохимический состав накапливаемых веществ в запасающих органах.

1. Углеводные культуры. Накапливают крахмал (зерновые злаки, картофель) или сахара (сахарная свекла). Они служат основным энергетическим ресурсом.

2. Белковые культуры. Отличаются высоким содержанием растительных протеинов и аминокислот (зернобобовые).

3. Масличные культуры. Характеризуются накоплением липидов и жирных кислот (подсолнечник, рапс).

Ботаническая классификация по семействам. Ботаническое родство определяет сходство морфологических признаков, фенологических фаз и восприимчивости к болезням.

Семейство	Типичные представители	Характерные особенности
Мятликовые (Злаки)	Пшеница, рожь, кукуруза, рис.	Плод — зерновка, стебель — соломина, мочковатая корневая система.
Бобовые	Горох, фасоль, соя, клевер.	Плод — боб, соцветие — кисть или головка, симбиоз с азотфиксаторами.
Маревые	Свекла (сахарная, кормовая), шпинат.	Плод — клубочек (соплодие), развитый стержневой корень.
Астровые (Сложноцветные)	Подсолнечник, топинамбур, сафлор.	Соцветие — корзинка, плод — семянка, часто опушенные листья.
Пасленовые	Картофель, баклажан, томат.	Плод — ягода или коробочка, накопление соланина.

Факторы жизни растений и управление продукционным процессом.

Формирование высокого урожая заданного качества возможно только при оптимизации факторов роста и развития растений. К базовым условиям жизни относятся свет, тепло, воздух, вода и питательные элементы.

Световой и температурный ресурсы. Свет является первичным двигателем фотосинтеза. Без достаточного освещения в листьях не образуется хлорофилл, что блокирует синтез крахмала и сахаров из углекислого газа и воды. Недостаток света приводит к вытягиванию стеблей, их полеганию и снижению качества продукции. В растениеводстве регулирование светового режима осуществляется через правильное размещение растений на площади: выбор направления рядков (с севера на юг для лучшего улавливания утреннего и вечернего солнца) и оптимизацию густоты стояния. Например, при избыточно густом посеве

сахарной свеклы листья затеняют друг друга, что ведет к формированию мелких корней с низким содержанием сахара.

Температура воздуха и почвы определяет скорость протекания всех биохимических процессов. Каждому виду растения для прохождения полного цикла развития требуется определенная сумма тепла (сумма активных температур).

- Озимая пшеница: требует за весь период вегетации около 2125 $^{\circ}\text{C}$.

- Картофель: нуждается в сумме температур до 3000 $^{\circ}\text{C}$ от посадки до созревания.

При превышении температурного оптимума или при заморозках растения испытывают стресс, который может привести к преждевременному завершению вегетации или гибели урожая.

Питание и влагообеспеченность. Вода и минеральные вещества являются строительным материалом для растительных тканей. Современное растениеводство использует управление питанием как инструмент регулирования биохимического состава продукции. Азотное питание на поздних стадиях вегетации зерновых способствует увеличению доли белка в зерне, в то время как калийные удобрения повышают сахаристость и лежкость корнеплодов. Оптимизация водного режима, особенно в засушливых регионах, достигается через внедрение влагосберегающих технологий обработки почвы и систем капельного орошения.

Стратегические задачи растениеводства в XXI веке. В условиях глобализации, изменения климата и роста численности населения планеты перед растениеводством как наукой и отраслью стоят задачи стратегического масштаба.

Обеспечение продовольственной безопасности и качества. Ключевым приоритетом является достижение глобальной стабильности агросектора через создание высокопродуктивных агроценозов. Это требует не только экстенсивного расширения площадей, но и глубокой интенсификации технологий. Важнейшим аспектом становится не просто количество, а качество продукции — повышение содержания витаминов, микроэлементов и снижение уровня нитратов и пестицидов за счет биологизации земледелия.

Адаптация к климатическим изменениям. Глобальное потепление и аридизация (иссушение) территорий вынуждают растениеводов искать новые подходы. На первый план выходит селекция на адаптивность — создание сортов, способных давать урожай в условиях дефицита влаги и резких температурных колебаний. Переход к влагосберегающим системам земледелия, таким как No-till, становится необходимым элементом сохранения почвенного плодородия и экологического равновесия.

Инновации и цифровизация: Точное земледелие
Реализация современных задач растениеводства невозможна без интеграции науки с цифровыми инструментами. Инновационный путь развития отрасли включает несколько ключевых направлений.

1. Технологии точного земледелия. Использование спутникового мониторинга (GPS/ГЛОНАСС) и ГИС-технологий позволяет создавать детальные карты полей и осуществлять дифференцированное внесение удобрений и семян. Это минимизирует перерасход ресурсов и снижает антропогенную нагрузку на окружающую среду.

2. Интернет вещей (IoT) и сенсорные сети. Установка датчиков влажности почвы, температуры и уровня питательных веществ позволяет агроному принимать оперативные решения на основе данных в реальном времени, повышая эффективность каждого гектара.

3. Робототехника и автономные системы. Автоматизация рутинных задач, таких как прополка, сбор урожая и мониторинг состояния посевов с помощью дронов, значительно снижает трудозатраты и повышает точность операций.

4. Цифровые двойники агросистем. Одной из наиболее перспективных технологий является создание виртуальных моделей (цифровых двойников), которые имитируют реальные

физические объекты и процессы. Это позволяет агрономам и исследователям проводить имитационное моделирование различных сценариев выращивания культур, оптимизировать схемы питания и прогнозировать урожайность без вмешательства в реальные посевы. Такие системы объединяют физический мир с цифровым, создавая интеллектуальную сельскохозяйственную экосистему, способную к самообучению и быстрой адаптации к изменениям внешней среды.

Заключение. Растениеводство как наука и отрасль производства находится на этапе глубокой трансформации. Базируясь на классических принципах биологии и агрономии, заложенных великими учеными прошлого, оно активно впитывает достижения цифровой эпохи. Сегодня это высокотехнологичная сфера деятельности, где управление производственным процессом осуществляется на основе точных математических моделей и глубокого понимания физиологии растительного организма. Объединение биологических основ с инновационными инструментами мониторинга и моделирования позволяет решать сложнейшие задачи обеспечения человечества качественным продовольствием при сохранении экологической устойчивости биосферы. Развитие растениеводства в ближайшие десятилетия будет определяться скоростью внедрения элементов искусственного интеллекта, развитием систем точного земледелия и созданием сортов нового поколения, способных эффективно функционировать в условиях меняющегося климата. Это делает дисциплину не только теоретическим фундаментом аграрного образования, но и ключевым инструментом глобального прогресса и стабильности.

Лекция 2. Биологические основы формирования урожая

Формирование урожая — это сложный биологический процесс, в основе которого лежит использование солнечной энергии для синтеза органических веществ в конкретных почвенно-климатических условиях. Теоретической базой этой дисциплины является учение о фотосинтетической деятельности растений в посевах, где агроценоз рассматривается как сложная оптико-биологическая система. Основными показателями этой деятельности являются индекс листовой поверхности (ИЛП), представляющий собой отношение площади листьев к площади поля (оптимальные значения для большинства культур составляют 4–6 м²/м²), и фотосинтетический потенциал (ФП) — сумма ежедневных показателей площади листьев за весь период вегетации.

Важнейшим ресурсом для формирования биомассы является фотосинтетически активная радиация (ФАР) — часть солнечной энергии в диапазоне длин волн 380–710 нм, которая непосредственно поглощается хлорофиллом. Эффективность использования этого ресурса оценивается через чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), которая отражает суточный прирост сухой массы растений на единицу площади листьев. Биологический фундамент урожая закладывается через управление этими процессами: оптимизацию архитектуры посева (пространственного размещения растений), регулирование густоты стояния и обеспечение растений факторами жизни (влажностью, теплом, питанием).

В растениеводстве принято различать несколько уровней урожайности для оценки эффективности агротехнологий: Потенциальная урожайность (ПУ) — теоретический максимум, рассчитываемый по приходу ФАР при идеальном обеспечении всеми остальными факторами. Действительно возможная урожайность (ДВУ) — уровень, ограниченный наиболее дефицитным ресурсом региона (чаще всего влажностью или суммой эффективных температур). Фактическая урожайность — реальный сбор продукции, полученный в конкретном хозяйстве, который часто ниже ДВУ из-за технологических потерь или стресс-факторов. Для физиолога растений ключевой задачей является минимизация разрыва между ПУ и фактическим урожаем путем воздействия на структуру посева и метаболизм растений в критические периоды развития. Моделирование высокопродуктивного агроценоза подразумевает создание условий,

при которых растения максимально быстро формируют оптимальный листовой аппарат и поддерживают его активность до конца вегетации, обеспечивая эффективный отток ассимилятов в хозяйственно ценные органы (зерно, клубни, семена).

Лекция 3. Физиология онтогенеза и органогенеза. Шкала ВВСН

Индивидуальное развитие растения, или онтогенез, представляет собой совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований от момента прорастания семени до естественной смерти организма. В современном растениеводстве крайне важно различать понятия роста (увеличение линейных размеров и сухой массы) и развития (качественные изменения в структуре и функциях клеток и органов). Каждый этап онтогенеза характеризуется строго специфическими требованиями к факторам внешней среды: температуре, влажности, фотопериоду и минеральному питанию.

Фундаментальной основой формирования продуктивности агроценоза является органогенез — процесс формирования зачатков и самих органов. Согласно классической теории Ф.М. Куперман, жизненный цикл однолетних полевых культур (преимущественно злаков) подразделяется на 12 этапов органогенеза. Понимание этих этапов позволяет специалисту «видеть» скрытые процессы формирования элементов структуры урожая:

- На 2–3 этапах происходит дифференциация конуса нарастания и закладывается количество сегментов (уступов) будущего колоса. На 4–5 этапах формируются колосовые и цветковые бугорки, определяющие потенциальное число зерен в колосе. Любой стресс на этом этапе (дефицит влаги или азота) ведет к редукции цветков, что невозможно компенсировать на более поздних стадиях. На заключительных этапах происходит формирование гамет, цветение и налив зерновки.

Для стандартизации наблюдений и практической диагностики в мировом растениеводстве используется международная шкала ВВСН (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*). Она базируется на универсальном десятичном коде, где весь жизненный цикл растения разделен на 10 макростадий (от 0 до 9), каждая из которых детализируется микростадиями:

- 00–09 (Прорастание): Период от набухания семени до появления всходов. Физиологически это этап перехода от гетеротрофного питания (за счет запасов семени) к автотрофному. Ошибки в глубине заделки на этом этапе ведут к истощению проростка.
- 10–19 (Развитие листьев): Формирование фотосинтетического аппарата. Количество листьев на этом этапе предопределяет мощность будущего растения.
- 20–29 (Кущение): Обработка этого этапа критична для формирования оптимальной плотности стеблестоя. Физиологически кущение контролируется соотношением гормонов (ауксинов и цитокининов) и уровнем освещенности узла кущения.
- 30–39 (Стеблевание или «выход в трубку»): Фаза интенсивного линейного роста и максимального накопления биомассы. Это период самого высокого потребления воды и элементов минерального питания, особенно азота.
- 50–59 (Появление соцветия): Визуальный маркер перехода к генеративной фазе.
- 60–69 (Цветение): Самый уязвимый этап к температурным стрессам. Высокие температуры (выше +30°C) в этот период могут привести к стерильности пыльцы и пустоколосице.
- 70–89 (Налив и созревание): Процесс ретранслокации (оттока) пластических веществ из листьев и стебля в зерно. Эффективность этого процесса определяет массу 1000 семян и содержание белка/крахмала.

Глубокое знание кодов ВВСН и этапов органогенеза позволяет агробиотехнологу управлять продукционным процессом с хирургической точностью. Это дает возможность научно обосновать сроки применения химических и биологических препаратов: например,

внесение гербицидов безопасно только в строго определенные окна ВВСН, а дробные азотные подкормки, привязанные к стадиям развития, позволяют целенаправленно влиять либо на количество зерен, либо на качество клейковины, минимизируя при этом экологическую нагрузку на окружающую среду.

Лекция 4. Экологические факторы жизни растений

Жизнедеятельность растений в агроценозе определяется сложным взаимодействием внутренних генетических программ и внешних условий среды. Для эффективного управления продукционным процессом магистранту необходимо опираться на фундаментальные законы земледелия, которые определяют границы адаптации культур.

Фундаментальные законы земледелия

- Закон незаменимости и равнозначности факторов жизни: данный закон гласит, что ни один из базовых факторов жизни — будь то свет, вода, тепло или питательные вещества — не может быть полностью заменен другим. С физиологической точки зрения это означает, что избыток азота в почве не сможет компенсировать острый дефицит влаги, а высокая интенсивность освещения не заменит потребность в оптимальной температуре для работы ферментов. В контексте формирования биологического урожая все эти факторы физиологически равнозначны.

- Закон минимума (Ю. Либиха): он утверждает, что величина урожая определяется тем фактором, который находится в минимальном количестве по отношению к биологической потребности растения. Именно этот «лимитирующий фактор» становится барьером, сдерживающим реализацию генетического потенциала сорта или гибрида. Устранение одного минимума немедленно выводит на первый план следующий фактор, оказавшийся в дефиците.

Факторы среды и их физиологическое значение

- Свет (спектральный состав): свет выступает не только как энергетический субстрат для фотосинтеза, но и как важнейший регулятор морфогенеза. Красный и дальний красный свет через сложную систему фитохромов управляют процессами цветения, прорастания и вытягивания стебля. Синий свет, в свою очередь, регулирует движение устьиц, фототропизм и интенсивность синтеза хлорофилла.

- Тепло (сумма эффективных температур): температура напрямую определяет скорость всех биохимических и ферментативных реакций в растительном организме. Для успешного перехода к каждой последующей фазе развития, фиксируемой по международной шкале ВВСН, растению необходимо накопить строго определенную «сумму эффективных температур» выше его биологического минимума.

- Влага (коэффициент водопотребления): вода является универсальным растворителем, необходимым для транспирации, обеспечения тургора, терморегуляции и транспорта метаболитов. Физиологический показатель — коэффициент водопотребления — отражает количество воды (в граммах), затраченное на синтез 1 грамма сухого вещества, и этот показатель значительно варьирует у разных видов в зависимости от их стратегии адаптации.

- Элементы минерального питания: макроэлементы (N, P, K) и микроэлементы являются строительным материалом для клеточных структур и кофакторами, катализирующими основные метаболические пути.

Адаптация и стресс-физиология

Адаптация представляет собой сложную совокупность физиологических механизмов, позволяющих растительному организму сохранять внутренний гомеостаз и выживать в экстремальных условиях. В условиях воздействия стрессовых факторов (таких как засуха, критический холод или почвенное засоление) растения запускают каскад защитных реакций:

- Перестройка метаболизма: активация синтеза специфических стрессовых белков (шаперонов).
- Осморегуляция: активное накопление осмопротекторов, таких как растворимые сахара и аминокислота пролин, которые удерживают воду в клетках и защищают мембраны от повреждений.
- Гормональная регуляция: изменение работы устьичного аппарата (закрытие пор) для минимизации транспирационных потерь при сохранении возможности газообмена.

Изучение этих механизмов позволяет магистранту обоснованно применять биостимуляторы и адаптогены для повышения устойчивости агроценозов в условиях меняющегося климата.

Лекция 5. Научные основы севооборота и почвенного гомеостаза

Севооборот представляет собой научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и паров) во времени и в пространстве. Он является фундаментом биологизации земледелия, направленным на поддержание почвенного гомеостаза — динамического равновесия физико-химических и биологических свойств почвы, обеспечивающего высокую продуктивность агроценоза.

1. Основные причины необходимости чередования культур

Необходимость смены культур на поле обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов:

- Биологические причины: Предотвращение накопления специфических для конкретной культуры патогенов, почвенных вредителей и специализированных сорных растений, которые неизбежно размножаются при монокультуре. Бессменное возделывание одного вида ведет к деградации полезной почвенной биоты и нарушению микробиологического баланса ризосферы.
- Химические причины (баланс NPK): Различные культуры обладают специфическим профилем выноса элементов питания и разной архитектурой корневых систем⁵. Чередование культур с глубоко проникающей стержневой системой (например, подсолнечник, сахарная свекла) и мочковатой системой (зерновые мятликовые) позволяет рационально использовать запасы питательных веществ и влаги из всех почвенных горизонтов, предотвращая одностороннее истощение пахотного слоя.
- Физические причины: Влияние различных технологий возделывания на агрегатное состояние и структуру почвы. Если интенсивная обработка под пропашные культуры способствует распылению почвенной структуры, то многолетние травы и культуры с мощной, разветвленной корневой системой способствуют структурообразованию и восстановлению пористости почвы.

2. Аллелопатия и механизмы почвоутомления

Важнейшим физиолого-биохимическим фактором севооборота является аллелопатия — влияние растений друг на друга посредством выделения в среду специфических продуктов метаболизма.

- Экзометаболиты: Корневые выделения и продукты разложения растительных остатков содержат биоактивные вещества (колины, фенольные соединения, сапонины), которые могут оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее действие на последующие культуры.
- Почвоутомление: Это явление связано с накоплением в почве специфических токсинов и фитопатогенов при длительном возделывании одной культуры, что ведет к резкому снижению урожайности даже при внесении достаточного количества удобрений.

Аллелопатические взаимодействия необходимо учитывать при подборе пар «предшественник — последующая культура» для исключения эффекта самоотравления посевов.

3. Проектирование и роль предшественников

Научно обоснованный выбор предшественника — это ключевой инструмент управления плодородием без привлечения дополнительных материальных затрат.

- Бобовые культуры: Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами, они являются уникальными предшественниками, обогащающими почву биологическим азотом и легкоразлагаемыми органическими остатками.

- Пары (чистые и занятые): Играть роль «санитаров» и аккумуляторов ресурсов. Они позволяют накопить в почве значительные запасы доступной влаги и эффективно очистить поле от трудноискоренимых сорняков, создавая идеальный стартовый режим для наиболее ценных и требовательных культур, таких как озимая пшеница.

Модуль 2. Агротехнические методы управления урожайностью

Лекция 6. Системы обработки почвы: физиологический анализ

Обработка почвы — это направленное механическое воздействие на почвенные горизонты, целью которого является создание оптимальных условий для роста и развития растений¹. С точки зрения физиологии растений, выбор системы обработки определяет структуру среды обитания корневой системы, её газообмен и водопотребление.

1. Технологии: Традиционная вспашка против ресурсосберегающих систем

В современном растениеводстве выделяют несколько принципиальных подходов к механическому воздействию на почву:

- Традиционная (отвальная) вспашка: предполагает полный оборот пласта с глубокой заделкой растительных остатков и удобрений. Она обеспечивает эффективную борьбу с сорняками и вредителями, но со временем может приводить к разрушению структуры почвы и образованию «плужной подошвы».

- Mini-till (Минимальная обработка): заменяет вспашку поверхностным или глубоким рыхлением без оборота пласта, что снижает механическую нагрузку на почву и затраты энергии.

- No-till (Нулевая обработка): исключает любое механическое воздействие, кроме непосредственного посева семян в необработанную почву. Это способствует сохранению естественной капиллярности и структуры.

2. Физика среды: Плотность почвы и дыхание корней

Физическое состояние почвы напрямую управляет метаболизмом растений. Основными параметрами являются:

- Влияние плотности на дыхание: чрезмерное уплотнение почвы снижает пористость аэрации, что ведет к дефициту кислорода и накоплению углекислого газа в ризосфере. Это подавляет аэробное дыхание корней, вызывая переход на энергетически менее выгодный гликолиз.

- Развитие корневых волосков: при высокой плотности (свыше 1,3–1,4 г/см³ для большинства культур) механическое сопротивление среды препятствует росту корневых окончаний. Это критически снижает поглотительную поверхность корня и доступность малоподвижных элементов питания, таких как фосфор.

- Синтез фитогормонов: корневая система является основным местом синтеза цитокининов. Ухудшение условий дыхания корней из-за плохой структуры почвы замедляет

транспорт этих гормонов в надземную часть, что тормозит развитие побегов и старение листьев.

3. Влагосбережение и роль мульчирующего слоя

Ресурсосберегающие системы (No-till и Mini-till) ориентированы на сохранение растительных остатков на поверхности поля.

- Снижение физического испарения: мульчирующий слой (стерня и пожнивные остатки) выполняет роль экрана, прерывающего прямой контакт солнечных лучей с почвой. Это снижает температуру поверхности на несколько градусов и резко сокращает потери влаги через испарение.

- Сохранение почвенной биоты: отсутствие механического перемешивания слоев способствует развитию полезной микрофлоры и червей, которые формируют биогенную пористость почвы.

- Физиологическое значение влаги: стабильная влажность в корнеобитаемом слое позволяет растению поддерживать тургор и открытые устьица даже в периоды кратковременной атмосферной засухи, что критически важно для непрерывного фотосинтеза.

Лекция 7. Современные технологии посева

Современные технологии посева в системе растениеводства рассматриваются как критический этап реализации генетического потенциала сорта, поскольку именно в этот краткий временной промежуток закладывается фундамент будущего агроценоза и определяется жизнеспособность растений на всех последующих этапах онтогенеза. Начальным и определяющим звеном этой технологической цепи является качество семенного материала, которое в современной науке оценивается не только по стандартным показателям всхожести, но и через призму биологической ценности семян. Под биологической ценностью понимают совокупность генетических, морфологических и физиологических характеристик, определяющих способность семени давать полноценное и высокопродуктивное потомство. Ключевыми физиологическими параметрами здесь выступают энергия прорастания и сила роста. Энергия прорастания характеризует способность семян давать дружные и быстрые всходы в оптимальных условиях, что является необходимым условием для формирования выровненного стеблестоя и синхронного прохождения фаз развития всеми растениями в посеве. Сила роста, в свою очередь, является более глубоким показателем, отражающим жизнеспособность проростка в неблагоприятных полевых условиях, таких как наличие почвенной корки, избыточное уплотнение или глубокая заделка. Физиологически сила роста коррелирует с запасом пластических веществ в эндосперме и активностью ферментативных систем, обеспечивающих быстрый переход от гетеротрофного питания к автотрофному.

Обоснование параметров посева требует от исследователя детального анализа морфофизиологических особенностей культуры в сочетании с агроклиматическими условиями. Сроки посева устанавливаются на основе биологического минимума температуры прорастания и динамики прогревания почвенного горизонта на глубине заделки семян. Преждевременный посев в холодную и переувлажненную среду неизбежно ведет к затягиванию периода всходов, провокации грибковых заболеваний и потере энергии роста, тогда как неоправданное опоздание чревато попаданием проростков в условия почвенной засухи, что блокирует ферментативные процессы. Глубина заделки семян рассчитывается исходя из их размера, типа прорастания (эпигеальное или гипогеальное) и гранулометрического состава почвы. При этом крайне важно соблюсти баланс между обеспечением семени стабильной влагой и минимизацией энергозатрат проростка на преодоление слоя почвы до выхода на поверхность и начала фотосинтеза. Норма высева семян обосновывается целевой плотностью стояния растений к моменту уборки, с учетом

коэффициентов полевой всхожести и естественного отхода растений в процессе вегетации, что позволяет сформировать оптимальный фотосинтетический потенциал агроценоза без избыточной внутривидовой конкуренции за свет и ресурсы.

Управление площадью питания и пространственным размещением растений в агроценозе осуществляется через выбор способов посева, каждый из которых адаптирован под специфические биологические потребности культур. Рядовой способ посева является стандартом для зерновых культур сплошного сева, обеспечивая относительно равномерное распределение растений и быстрое смыкание рядков для подавления сорной растительности. Широкорядный способ применяется для пропашных культур, таких как кукуруза или сахарная свекла, которые требуют значительного пространства для развития мощной вегетативной массы и позволяют проводить междурядные обработки для улучшения аэрации корней. Пунктирный посев представляет собой наиболее совершенную технологию точного высева, при которой каждая семя распределяется в ряду на строго заданном расстоянии. Это позволяет полностью исключить скученность растений, обеспечить максимальную освещенность каждого листа и равномерный доступ корневых систем к элементам минерального питания. Такая точность посева является фундаментом для высокопродуктивных посевов, позволяя эффективно использовать ресурсы среды и достигать максимальных показателей урожайности при минимальных затратах посевного материала.

Лекция 8. Физиология минерального питания и расчет доз удобрений

Физиология минерального питания выступает мощным рычагом управления метаболическими процессами и продуктивностью полевых культур, позволяя агробиотехнологу направленно воздействовать на формирование биомассы и качество конечной продукции. Фундаментальная роль минеральных элементов заключается в их участии в ключевых биохимических циклах растения. Азот является основой жизни растения, входя в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла; именно азотное питание определяет интенсивность вегетативного роста и общую площадь фотосинтетической поверхности. Фосфор выступает незаменимым компонентом энергетического обмена в форме молекул аденозинтрифосфата (АТФ), играет решающую роль в передаче генетической информации и крайне необходим на ранних этапах онтогенеза для формирования мощной, глубоко проникающей корневой системы. Калий, не являясь структурным элементом органических молекул, выполняет важнейшие функции осморегуляции, поддерживая тургор клеток и управляя движением устьиц, что напрямую влияет на водный статус растения и его устойчивость к засухе, морозам и патогенам. Кроме того, калий стимулирует отток продуктов фотосинтеза из листьев в запасные органы, что критически важно для формирования урожая зерна, клубней или сахарных корнеплодов.

Для эффективного управления минеральным фоном в современном растениеводстве применяется комплексная диагностика состояния посевов. Визуальная диагностика позволяет оперативно выявить острый дефицит элементов по специфическим изменениям окраски и формы листьев, однако она часто фиксирует уже необратимые изменения в обмене веществ. Более точная тканевая диагностика (функциональная диагностика) основывается на анализе химического состава сока или тканей растения в критические фазы развития, что дает возможность определить скрытый дефицит или избыток питания еще до появления внешних признаков.

Почвенная диагностика, в свою очередь, позволяет оценить текущие запасы доступных форм макро- и микроэлементов в корнеобитаемом слое, что служит основой для долгосрочного планирования применения удобрений. Взаимосвязь между почвенными запасами и физиологическим состоянием растения определяет стратегию дробного питания, при которой

основное внесение удобрений дополняется припосевным внесением и некорневыми подкормками в фазы максимального потребления ресурсов.

Научно обоснованное планирование системы удобрений в интенсивном растениеводстве базируется на балансовом методе расчета. Этот метод позволяет определить точную дозу минеральных туков, необходимую для достижения планируемой урожайности заданного качества. Формула расчета учитывает биологический вынос элементов питания с каждой тонной основного и побочного урожая, коэффициенты использования элементов из почвенных запасов и из вносимых удобрений, а также последствие удобрений, внесенных под предшествующие культуры. Такой подход исключает как дефицит питания, лимитирующий урожай по закону минимума, так и избыточное внесение, которое может привести к экологическому загрязнению почвенных вод и снижению качества продукции. Особое внимание уделяется микроэлементам, таким как цинк, бор, медь и молибден, которые, присутствуя в ничтожных количествах, являются кофакторами важнейших ферментов и определяют устойчивость растений к стрессам. Интеграция физиологических знаний о поглотительной способности корней и динамике потребления элементов позволяет создавать высокоэффективные системы питания, обеспечивающие реализацию биологического потенциала современных сортов и гибридов в условиях вариативности внешней среды.

Лекция 9. Интегрированная защита растений

Интегрированная защита растений (ИЗР) представляет собой современную научно обоснованную стратегию управления фитосанитарным состоянием агроценозов, которая базируется на приоритетном использовании естественных регулирующих факторов и рациональном сочетании различных методов борьбы с вредными объектами. В рамках магистерской программы «Агробιοтехнология» ИЗР рассматривается как комплексная система, интегрирующая агротехнические, биологические, химические и физико-механические меры, направленные на поддержание численности вредителей, болезней и сорняков ниже уровней, причиняющих экономический ущерб. Фундаментом системы ИЗР являются агротехнические мероприятия, такие как соблюдение научно обоснованных севооборотов, выбор оптимальных сроков и способов посева, а также систем обработки почвы. Эти меры позволяют создать среду, благоприятную для развития культурного растения и угнетающую для патогенов, нарушая циклы развития вредных организмов без прямого химического вмешательства. Биологический метод защиты ориентирован на использование природных энтомофагов, антагонистов возбудителей болезней и микробиологических препаратов, что способствует сохранению биоразнообразия и экологического равновесия в агроэкосистеме.

Центральным инструментом принятия управленческих решений в системе ИЗР является экономический порог вредоносности (ЭПВ). ЭПВ — это критическая плотность популяции вредителя или степень развития болезни, при которой стоимость ожидаемых потерь урожая становится равной или превышает затраты на проведение защитных мероприятий. Использование ЭПВ позволяет агробιοтехнологу исключить профилактические и шаблонные обработки, переходя к точечному и обоснованному применению пестицидов. Это не только снижает себестоимость продукции, но и минимизирует негативное токсикологическое воздействие на почву, воду и биоту, что соответствует принципам экологической безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства. С точки зрения физиологии растений, химические средства защиты рассматриваются как фактор снижения стрессовой нагрузки на агроценоз, позволяющий сохранить фотосинтетический потенциал листового аппарата и обеспечить беспрепятственное протекание онтогенеза.

Особое внимание в современной интегрированной защите уделяется механизмам иммунитета и индуцированной устойчивости растений к патогенам. Индуцированная

устойчивость представляет собой состояние повышенной защитной готовности, возникающее в ответ на первичный контакт с патогеном или воздействие специфических сигнальных молекул – элиситоров. На молекулярно-физиологическом уровне этот процесс сопровождается активацией защитных генов, синтезом фитоалексинов, упрочнением клеточных стенок за счет лигнификации и накоплением антистрессовых белков. Понимание этих механизмов позволяет интегрировать в технологии возделывания применение иммуномодуляторов и биостимуляторов, которые «включают» естественную защиту растения еще до массового распространения инфекции. Таким образом, ИЗР трансформируется из системы простого уничтожения вредителей в систему сложного управления здоровьем растений, где химический метод является лишь крайним средством, применяемым строго по результатам фитосанитарного мониторинга и анализа ЭПВ.

Лекция 10. Устойчивость растений к стресс-факторам

Физиологическая устойчивость растений в современном растениеводстве рассматривается как сложная, генетически детерминированная способность организма сохранять структурную целостность клеток и функциональную активность метаболизма в условиях воздействия неблагоприятных факторов внешней среды. В условиях интенсивного земледелия и глобальных климатических изменений понимание механизмов стрессоустойчивости становится фундаментом для разработки агротехнических приемов, направленных на минимизацию потерь урожая.

Любой стресс, будь то засуха, холод или засоление, инициирует в растении каскад реакций, который начинается с рецепции внешнего сигнала мембранами и заканчивается глубокой перестройкой экспрессии генов. Процесс адаптации проходит через фазу тревоги, характеризующуюся кратковременным снижением интенсивности фотосинтеза и усилением дыхания, фазу адаптации, когда активируются защитные системы, и фазу устойчивой стабилизации. Если же стресс превышает адаптивный потенциал растения, наступает стадия истощения и гибели.

Центральную роль в универсальном ответе на стресс играют активные формы кислорода, которые выступают сигнальными молекулами, но при избытке вызывают окислительный стресс. Поэтому важнейшим физиологическим показателем устойчивости является активность антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза и каталаза, которые нейтрализуют токсичные радикалы и защищают липиды мембран от разрушения.

Температурный стресс является одним из наиболее мощных факторов, лимитирующих распространение и продуктивность полевых культур. Морозоустойчивость и зимостойкость, которые часто ошибочно отождествляют, имеют разную физиологическую природу. Морозоустойчивость — это способность переносить отрицательные температуры, которая достигается в процессе закаливания.

Во время первой фазы закаливания, проходящей на свету при температурах близких к нулю, в клетках накапливаются растворимые сахара, преимущественно сахароза, которая выполняет роль криопротектора. Сахара препятствуют дегидратации протопласта и защищают белковые молекулы от агрегации при образовании льда в межклетниках. Зимостойкость же включает устойчивость не только к морозу, но и к выпреванию, вымоканию и ледяной корке, что требует от растения экономного расхода запасных веществ в период зимних оттепелей. На противоположном полюсе находится жароустойчивость, которая критически важна для пропашных и зерновых культур в летний период. Физиологический механизм защиты от перегрева связан с усилением транспирационного охлаждения и синтезом белков теплового шока, так называемых шаперонов. Эти белки восстанавливают нативную структуру

поврежденных ферментов и защищают аппарат фотосинтеза от фотоингибирования, позволяя растению поддерживать углеродный обмен даже при температурах выше сорока градусов.

Засухоустойчивость представляет собой комплексную стратегию выживания в условиях водного дефицита, что особенно актуально для аридных зон. Физиологи выделяют три типа адаптации к засухе: избегание, при котором растение завершает цикл развития до наступления дефицита влаги; уклонение путем формирования мощной корневой системы; и толерантность, основанная на способности тканей переносить глубокое обезвоживание. Ключевым механизмом толерантности является осморегуляция. В ответ на снижение водного потенциала почвы в клетках активно синтезируются и накапливаются осмотически активные вещества, такие как аминокислота пролин, бетаины и многоатомные спирты. Эти соединения удерживают воду внутри цитоплазмы, поддерживая тургорное давление, необходимое для роста клеток и работы устьиц. Не менее важна роль абсцизовой кислоты, которая выступает в роли «гормона стресса», подавая сигнал к закрытию устьичных щелей для предотвращения избыточной транспирации. Однако закрытие устьиц ограничивает поступление углекислого газа, что требует от современных сортов способности поддерживать высокую эффективность использования воды без резкого падения продуктивности фотосинтеза.

Солеустойчивость культурных растений определяет их возможность давать урожай на почвах с повышенным осмотическим давлением почвенного раствора. Основная опасность засоления заключается в ионной токсичности натрия и хлора, а также в физиологической сухости, когда растение не может поглотить воду из-за высокого содержания солей в среде. Физиологические адаптации здесь направлены на компартментализацию ионов, то есть их активную перекачку в вакуоли, где они не мешают работе ферментов цитоплазмы. Устойчивые виды также способны синтезировать специфические белки-транспортеры, которые выводят избыток солей обратно в почвенный раствор или изолируют их в стареющих листьях. Глубокое понимание всех вышеперечисленных механизмов позволяет специалисту в области агробиотехнологии не только подбирать наиболее адаптированные сорта для конкретных регионов, но и активно применять экзогенные регуляторы роста и антистрессовые препараты, которые активируют сигнальные системы растений и подготавливают их к возможным природным катаклизмам, обеспечивая стабильность производства растениеводческой продукции.

Модуль 3. Интенсивные технологии и инновации

Лекция 11. Технологии возделывания зерновых и зернобобовых

Зерновые и зернобобовые культуры составляют основу мирового продовольственного баланса и являются главными объектами изучения в частном растениеводстве. Технологии их возделывания базируются на глубоком понимании биологии формирования урожая и специфики метаболизма каждой группы. Зерновые мятликовые культуры, такие как пшеница, ячмень и овес, характеризуются уникальной способностью к кущению, что позволяет им формировать оптимальную плотность продуктивного стеблестоя. Физиологический процесс кущения регулируется гормональным балансом в узле кущения, который является жизненно важным органом злаков.

Успех перезимовки озимых зерновых напрямую зависит от глубины залегания этого узла и накопления в нем защитных сахаров. Современные интенсивные технологии возделывания зерновых ориентированы на управление этапами органогенеза, начиная от стимуляции корнеобразования при посеве и заканчивая защитой флагового листа, который

обеспечивает до семидесяти процентов притока ассимилятов в развивающийся колос. Особое внимание уделяется качеству зерна, которое определяется динамикой накопления белка и клейковины в фазу налива, что напрямую зависит от доступности азота в почве и отсутствия теплового стресса.

Зернобобовые культуры, к которым относятся соя, нут, горох и чечевица, занимают особое место в севообороте благодаря своей уникальной способности к симбиотической азотфиксации. Физиологическая суть этого процесса заключается в формировании на корнях растений специфических образований — клубеньков, внутри которых развиваются бактерии рода ризобиум. Эти микроорганизмы обладают ферментативным комплексом нитрогеназы, способным разрывать прочные связи молекулярного азота атмосферы и переводить его в аммонийную форму, доступную для растения.

Эффективность симбиоза зависит от множества факторов, включая аэрацию почвы, наличие молибдена и кобальта, а также отсутствие избыточного минерального азота в почве на ранних этапах, который может подавлять развитие клубеньков. Зернобобовые являются ценнейшим источником растительного белка, синтез которого требует значительных энергетических затрат, поэтому технологии их возделывания включают обязательную инокуляцию семян высокоактивными штаммами бактерий и оптимизацию фосфорно-калийного питания.

Технологический цикл возделывания обеих групп культур включает в себя тщательную подготовку семенного ложа для обеспечения контакта семени с влагой и дружного появления всходов. Для зерновых культур критически важен выбор срока посева, чтобы избежать перерастания озимых осенью или попадания яровых под раннелетнюю засуху.

В защите посевов основной акцент делается на предотвращение развития грибковых заболеваний, таких как ржавчина и фузариоз, которые не только снижают урожайность, но и загрязняют зерно опасными микотоксинами.

Зернобобовые же требуют особого внимания к чистоте полей от сорняков на ранних этапах, так как из-за медленного начального роста они обладают низкой конкурентной способностью. Уборка зерновых и зернобобовых производится в фазу полной спелости, при этом для зернобобовых важно учитывать склонность бобов к растрескиванию и осыпанию семян.

Интеграция биологических особенностей этих культур в единую технологическую систему позволяет не только получать высокие урожаи, но и поддерживать плодородие почвы за счет накопления органического вещества и биологического азота, что является ключевым аспектом устойчивого агропроизводства.

Лекция 12. Технологии возделывания масличных и сахарных культур

Технологии возделывания масличных и сахарных культур в современном растениеводстве занимают особое место, так как производство растительных жиров и сахаров требует прецизионного управления вторичным метаболизмом растений. Биологической особенностью этой группы культур является их высокая потребность в энергетических ресурсах для синтеза сложных органических соединений, таких как триглицериды и сахароза. К основным масличным культурам относятся подсолнечник и рапс, а ведущей сахароносной культурой умеренного пояса является сахарная свекла. Успех их возделывания напрямую зависит от оптимизации фотосинтетической деятельности и обеспечения условий для беспрепятственного оттока ассимилятов из вегетативных органов в запасующие.

Подсолнечник как ведущая масличная культура характеризуется мощной стержневой корневой системой, способной извлекать влагу из глубоких горизонтов почвы, что делает его относительно засухоустойчивым. Однако физиологический процесс накопления масла в семенах крайне чувствителен к температурному режиму и уровню инсоляции в период от цветения до налива. Технология возделывания подсолнечника требует строгого соблюдения

пространственной изоляции и севооборота, так как культура подвержена накоплению специфических патогенов и паразитов, таких как заразиха. Особое внимание уделяется густоте стояния растений: избыточная плотность ведет к уменьшению диаметра корзинок и снижению масличности из-за конкуренции за свет и элементы питания. Современные гибриды подсолнечника отзывчивы на применение микроудобрений, особенно бора, который критически важен для прорастания пыльцы и формирования полноценных семян.

Рапс, представляющий семейство капустных, является стратегической культурой для производства пищевого масла и биодизеля. Физиология рапса отличается высокими требованиями к влагообеспеченности и минеральному питанию, особенно к сере, которая входит в состав специфических глюкозинолатов и аминокислот. Озимый рапс требует тщательной подготовки к перезимовке; ключевым технологическим моментом здесь является недопущение перерастания точки роста выше поверхности почвы осенью, что регулируется применением фунгицидов с ретардантным эффектом. Весенний уход за посевами рапса ориентирован на борьбу с рапсовым цветоедом и скрытнохоботником, так как повреждение генеративных органов ведет к резкому падению продуктивности. Масличные культуры требуют деликатной уборки при достижении физиологической спелости, чтобы минимизировать потери от осыпания и сохранить высокое качество масла.

Сахарная свекла — уникальный объект растениеводства, представляющий собой культуру с двухлетним циклом развития, которую возделывают как однолетник ради сочного корнеплода. Физиологический процесс сахаронакопления является результатом баланса между фотосинтезом в листьях и активностью ферментов в корнеплоде. Технология возделывания сахарной свеклы требует глубокой обработки почвы для создания условий беспрепятственного роста корня вглубь. Культура крайне требовательна к калийному питанию, так как калий является основным осморегулятором, обеспечивающим транспорт сахарозы из листового аппарата в паренхиму корня. Важнейшим этапом является защита посевов от сорняков в период смыкания рядков, так как свекла на ранних этапах обладает низкой конкурентной способностью. В период уборки основной задачей является сохранение целостности корнеплодов и минимизация потерь сахара при хранении, что достигается путем оптимизации сроков выкопки и правильной организации кагатов. Интеграция биотехнологических методов, таких как использование дражированных семян с защитными оболочками и применение стимуляторов роста, позволяет максимизировать выход сахара и масла с единицы площади, обеспечивая высокую экономическую эффективность производства.

Лекция 13. Пропашные культуры (Кукуруза)

Кукуруза занимает уникальное положение в мировом растениеводстве, являясь одновременно универсальной продовольственной, кормовой и технической культурой. В системе агробиотехнологии она рассматривается как классический представитель растений с типом фотосинтеза C4, что определяет её высочайший потенциал продуктивности и специфические требования к условиям возделывания.

Физиологическое преимущество кукурузы заключается в способности фиксировать углекислый газ с минимальными потерями на фотодыхание, что позволяет ей эффективно наращивать биомассу даже при высоких температурах и интенсивной инсоляции. Это делает кукурузу идеальным объектом для интенсивного земледелия, способным при оптимальном управлении формировать рекордные урожаи зерна и силосной массы.

Биологической особенностью кукурузы является её мощная, глубоко проникающая корневая система и высокая потребность в сумме эффективных температур. Как пропашная культура, она требует значительной площади питания для каждого отдельного растения, что диктует выбор широкорядного способа посева.

Технология возделывания кукурузы начинается с тщательной подготовки почвы, направленной на сохранение весенней влаги и создание рыхлого, хорошо аэрируемого слоя, так как корни кукурузы крайне чувствительны к дефициту кислорода и переуплотнению. Сроки посева определяются устойчивым прогреванием почвы на глубине заделки семян до десяти-двенадцати градусов Цельсия; преждевременный посев в холодную землю ведет к повреждению семян почвенными патогенами и резкому снижению полевой всхожести.

Физиология формирования урожая кукурузы тесно связана с динамикой потребления элементов питания. Культура характеризуется «растянутым» периодом поглощения азота и фосфора, причем критический период по отношению к азотному питанию наступает в фазу выметывания метелок и цветения. В этот момент закладывается количество зерен в початке, и любой дефицит ресурсов ведет к их редукции.

Особое значение в технологии имеет борьба с сорной растительностью на ранних этапах онтогенеза. Из-за медленного начального роста кукуруза обладает низкой конкурентной способностью в фазе первых трех-пяти листьев, что делает применение гербицидов или междурядных обработок обязательным элементом защиты.

Опыление кукурузы — сложный процесс, зависящий от синхронности созревания мужских соцветий (метелок) и появления рылец на женских соцветиях (початках). Температурный стресс и засуха в этот период могут вызвать «рассогласование» этих процессов, что приводит к череззернице и резкому падению урожая.

Современные биотехнологические подходы включают использование гибридов с повышенной засухоустойчивостью и применением антистрессовых препаратов в фазу седьмого-девятого листа.

Уборка кукурузы на зерно проводится при достижении физиологической спелости, маркером которой является появление «черной точки» у основания зерновки, что сигнализирует о прекращении поступления ассимилятов.

Интеграция всех элементов технологии — от выбора гибрида до прецизионного внесения удобрений — позволяет максимально реализовать генетическую программу этой высокопродуктивной культуры.

- С4-фотосинтез: Физиологические преимущества кукурузы (высокая эффективность водопользования и светопоглощения).
- Агротехника: Управление густотой посева для максимизации урожая зерна и силоса.

Лекция 14. Цифровые технологии: Дистанционный мониторинг

Цифровизация современного растениеводства и переход к концепции точного земледелия невозможны без внедрения систем дистанционного зондирования Земли, которые позволяют получать объективную информацию о состоянии агроценозов на огромных площадях в режиме реального времени. Физиологической основой дистанционного мониторинга является способность растительного покрова избирательно поглощать и отражать электромагнитное излучение в различных диапазонах спектра. Здоровые растения с высоким содержанием хлорофилла интенсивно поглощают синий и красный свет для процессов фотосинтеза, но при этом сильно отражают ближний инфракрасный свет благодаря специфической структуре мезофилла листа. Именно на анализе этого контраста базируется использование спектральных вегетационных индексов, самым распространенным из которых является нормализованный относительный вегетационный индекс, известный как NDVI.

Применение индекса NDVI в растениеводстве позволяет исследователям и агробиотехнологам дистанционно оценивать плотность биомассы, содержание хлорофилла в листьях и общую жизнеспособность посевов. С помощью спутниковых снимков и данных с

беспилотных летательных аппаратов создаются электронные карты вегетации, на которых отчетливо видны зоны угнетения растений, вызванные дефицитом влаги, азотным голоданием, засолением почвы или деятельностью вредителей. Физиологическая интерпретация этих данных дает возможность проводить зонирование полей и переходить от усредненных технологий к дифференцированному управлению. Это означает, что удобрения и средства защиты растений вносятся не равномерно по всему полю, а только в те точки, где это биологически и экономически обосновано, что позволяет оптимизировать ресурсы и снизить экологическую нагрузку на агроэкосистему.

Дистанционный мониторинг также включает в себя использование тепловых сенсоров для оценки водного стресса. Температура растительного покрова напрямую коррелирует с интенсивностью транспирации: при закрытии устьиц в ответ на засуху охлаждение листа прекращается, и его температура резко возрастает, что фиксируется тепловизорами еще до появления видимых признаков увядания. Интеграция данных дистанционного зондирования с наземными метеостанциями и цифровыми моделями роста позволяет прогнозировать урожайность с высокой точностью и планировать сроки проведения технологических операций, таких как десикация или уборка. Таким образом, цифровые технологии превращают растениеводство в высокотехнологичную отрасль, где каждое управленческое решение подкреплено точными данными о физиологическом состоянии растений, что является ключевым индикатором успешности реализации программы агробиотехнологии.

Лекция 15. Биологизация и экологизация растениеводства

Современный этап развития мирового агропроизводства характеризуется глобальным переходом от интенсивных химизированных технологий к стратегиям биологизации и экологизации. Этот процесс продиктован необходимостью сохранения почвенного плодородия, защиты биоразнообразия и получения экологически безопасной продукции. Биологизация растениеводства рассматривается как система научно обоснованных мер, направленных на максимальное использование биологических факторов — фотосинтеза, азотфиксации, микробиологической активности почвы и естественных механизмов защиты растений — для замещения или существенного дополнения техногенных ресурсов. Экологизация же подразумевает гармонизацию агроландшафтов, при которой сельскохозяйственное производство встраивается в природные циклы, минимизируя антропогенное давление на биосферу.

Одним из центральных инструментов биологизации является использование микробных препаратов и биостимуляторов. Физиологический эффект этих средств основан на активации ризосферной микрофлоры и стимуляции иммунной системы растений. Инокуляция семян полезными микроорганизмами, такими как фосфатмобилизующие бактерии или грибы рода триходерма, позволяет переводить труднодоступные формы минеральных элементов в усвояемое состояние и создавать защитный барьер против почвенных патогенов. Особое внимание уделяется применению сидератов — «зеленых удобрений». Запашка биомассы бобовых и крестоцветных культур обогащает почву свежим органическим веществом, улучшает её структуру и активизирует круговорот элементов питания, выполняя роль биологического мелиоранта.

Важнейшим аспектом экологизации является внедрение технологий интегрированного управления здоровьем растений, где приоритет отдается сортам с групповой устойчивостью и применению регуляторов роста природного происхождения. Физиология этих процессов тесно связана с понятием элиситации — запуска защитных механизмов растения еще до массового появления вредных объектов. Использование хитозана, гуминовых кислот и экстрактов водорослей позволяет повысить адаптивный потенциал агроценозов к засухе и температурным

стрессам, снижая при этом потребность в синтетических пестицидах. Такой подход позволяет реализовать концепцию точного земледелия в его биологическом понимании, когда воздействие направлено не на подавление симптомов, а на укрепление биологического гомеостаза всей системы.

Биологизация также неразрывно связана с сохранением почвенного биоразнообразия и отказом от глубокой обработки почвы в пользу ресурсосберегающих систем, таких как нулевая обработка. Это способствует накоплению гумуса и развитию почвенных червей и микроорганизмов, которые формируют биогенную пористость и обеспечивают устойчивость почвы к эрозии. В долгосрочной перспективе переход к биологизированному растениеводству позволяет не только снизить себестоимость продукции за счет экономии на дорогих минеральных удобрениях и ядохимикатах, но и обеспечить продовольственную безопасность страны на принципах устойчивого развития, сохраняя природные ресурсы для будущих поколений. Интеграция этих знаний в практику агробиотехнологии является завершающим этапом формирования компетенций современного магистра, способного управлять агросистемами будущего.

Литература:

1. Наумкин В.Н., Ступин А.С. Технология растениеводства. Учебное пособие для вузов, 4-е издание, ЛАНЬ-ТРЕЙД Книги Изд-ва Лань, 2023 г. – 592 с.
2. Тарануха, В. Г.; Камасин, С. С.; Пугач, А. А.; Соломко, О. Б.; Нестерова, И. М.; Нехай, О. И.; Таранова, А. Ф.; Волков, М. М. Растениеводство. Практикум: учеб.-метод. пособие. – Горки: БГСХА, 2023. – 373 с.
3. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Жеруков Б.Х. Растениеводство, учебник, издательство НИЦ ИНФРА-М, 2025 г, 612 с.
4. Бельченко С.А. Инновационные технологии в растениеводстве. Учебное пособие, Изд-ва Лань, 2025, - 108 с.
5. Ториков В.Е. Производство продукции растениеводства. Учебное пособие, Изд-ва Лань, 2021, - 512 с.
6. Головацкая И.Ф. Морфогенез растений и его регуляция. Часть 1: Фоторегуляция морфогенеза растений: учеб. пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 172 с.
7. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. - Москва: Издательство Юрайт, 2024. - 437 с.

Интернет-ресурсы

1. <http://elibrary.kaznu.kz/ru>
2. <https://library.atu.edu.kz/files/85759.pdf>
3. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3703>
4. <https://image.agriexpert.ru/storage/files/article/247/block/3883/1OwYeubHXQiB.pdf>
<https://ippras.ru/info/chailahyanovskie-chteniya/3.pd>