

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Т. Н. Троян, С.А. Терещенко

**ПЛАНИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов
бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 631

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии
института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ»

Е. А. Барановская

Троян, Т. Н.

Планирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия / Т. Н. Троян, С. А. Терещенко. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 40 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Планирование урожаев сельскохозяйственных культур» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса и практических занятий, лабораторных работ для студентов очной и заочной форм обучения, включающие подробный план по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, дан список рекомендуемых источников для самостоятельной подготовки.

Табл. 15, список лит. – 5 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию в качестве локального электронного методического материала кафедрой агрономии и агроэкологии 31 августа 2023 г., протокол № 1

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 сентября 2023 г., протокол № 7

УДК УДК 631

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
©Троян Т. Н., Терещенко С. А., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Методические рекомендации по изучению дисциплины.....	6
2 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям и лабораторной работе.....	13
3 Методические рекомендации по подготовке к текущей и промежуточной аттестации.....	37
Список рекомендуемой литературы для самостоятельной работы обучающегося.....	39

ВВЕДЕНИЕ

Программирование урожаев – это разработка комплекса взаимосвязанных агротехнических и мелиоративных мероприятий, своевременное и высококачественное выполнение которых обеспечивает получение заранее рассчитанного урожая при одновременном повышении почвенного плодородия и улучшении экологической обстановки.

Планирование и программирование урожаев сельскохозяйственных культур – одно из самых актуальных направлений аграрной науки и практики. Успешный опыт последних десятилетий способствовал разработке и внедрению методов планирования урожайности в различных агроклиматических условиях России. При этом учитываются почвенно-климатические факторы, дифференциация агротехнических и мелиоративных приёмов оптимального использования материальных, технических и трудовых ресурсов.

Дисциплина «Планирование урожаев сельскохозяйственных культур» относится к блоку 1 обязательной части, модуля по выбору 1 Агробизнес основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

Целью освоения дисциплины «Планирование урожаев сельскохозяйственных культур» является формирование у студента навыков использования агротехнических основ и практических приемов планирования урожаев для решения профессиональных задач в сфере агрономической науки и практики.

Изучение дисциплины следует начинать с изучения настоящего учебно-методического пособия, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса. Весь курс дисциплины построен таким образом, чтобы обучающийся закреплял теоретические знания, полученные в ходе лекции и самостоятельной работы в ходе подготовке к практическим занятиям, написания курсовой работы, в том числе студентами заочной формы обучения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- закономерности формирования урожая сельскохозяйственных культур;
- экологические факторы влияния на формирование урожая сельскохозяйственных культур;
- принципы разработки технологических схем возделывания сельскохозяйственных культур, направленных на получение оптимальных урожаев;
- научно-обоснованные приемы управления урожаями сельскохозяйственных культур;

уметь:

- профессионально использовать полученные теоретические знания по планированию урожаев сельскохозяйственных культур в практической работе;
- адаптировать базовые технологии возделывания сельскохозяйственных культур к почвенно-климатическим условиям;
- установить соответствие агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении на территории землепользования;
- рассчитать оптимальные дозы органических и минеральных удобрений при организации подкормок сельскохозяйственных культур;
- составлять рациональные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов;
- разрабатывать технологические схемы мероприятий по возделыванию сельскохозяйственных культур;
- определять потенциальную и действительно возможную урожайность сельскохозяйственных культур;

владеть:

- представлениями о возможностях планирования урожаев сельскохозяйственных культур;
- принципами подбора видового разнообразия сельскохозяйственных культур для возделывания в конкретных почвенно-климатических условиях;
- навыками разработки технологических схем возделывания сельскохозяйственных культур, направленных на запланированный урожай.

Студенты, освоившие темы курса, проходят промежуточную аттестацию в виде экзамена.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения дисциплины «Планирование урожая сельскохозяйственных культур» студенту необходимо активно работать на лекционных и практических занятиях, лабораторных работах (для студентов заочной формы обучения) организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность при подготовке к занятиям и написанию курсового проекта (КП) (в том числе для студентов заочной формы обучения).

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура лекционных занятий

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов	
		очная форма	заочная форма
1	Введение. История развития планирования урожая сельскохозяйственных культур: предпосылки возникновения, целесообразность, надежность	4	2
2	Теоретические основы программирования урожая сельскохозяйственных культур	2	2
3	Принципы программирования урожая сельскохозяйственных культур	4	2
4	Агрохимические основы программирования урожайности	2	2
5	Роль агрометеорологических основ программирования урожая	4	2
6	Биологические факторы получения запланированной урожайности	4	2
7	Агротехнические факторы получения запланированной урожайности	2	2
ИТОГО:		22	14

Дисциплина изучается в восьмом семестре. К этому времени обучающиеся овладели теоретическими знаниями в области земледелия, агрохимии, растениеводства, механизации, ботаники, биологии растений и других дисциплин, что значительно способствует лучшему усвоению материала курса «Планирование урожая сельскохозяйственных культур».

На лекции рекомендуется внимательно слушать, отмечать специальные термины и определения, наиболее существенную информацию кратко

конспектировать, подразделяя на пункты в соответствии с планом лекции, представленными в настоящем учебно-методическом пособии.

Тема 1. Введение. История развития программирования урожаев сельскохозяйственных культур: предпосылки возникновения, целесообразность, надежность

Ключевые вопросы темы:

1. Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.
2. Растения – главное средство воспроизводства пищевых, сырьевых, биосферных ресурсов.
3. Понятие продуктивность, урожайность. Виды урожайности.
4. История развития планирования и программирования урожаев.

Ключевые понятия: растение, урожайность, планирование, программирование, биологическая урожайность, потенциальная урожайность, плановая урожайность, фактическая урожайность, валовая урожайность, бункерная урожайность

Методические рекомендации

При рассмотрении и освоении первой темы лекционного курса дисциплины «Планирование урожая сельскохозяйственных культур» обучающийся получает представление о цели и задачах дисциплины, месте дисциплины в структуре образовательной программы и планируемых результатах освоения дисциплины; определяют значимость изучаемого материала в системе образовательных дисциплин.

Во втором вопросе рассматривается роль растений в различных аспектах (биосферных, социальных, сырьевых), а также кратко в форме дискуссии вспоминаются полученные знания в области ботаники, физиологии и биохимии растений, введения в профессиональную деятельность.

При изучении третьего вопроса необходимо точно усвоить, что такое урожайность культур и какие выделяют виды урожайности.

В четвертом вопросе рекомендуется обратить внимание на историческое развитие данного направления в сельскохозяйственном производстве.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему растение рассматривают как источник энергии?
2. Дайте определения «урожайность».

3. Что такое продуктивность растений?
4. Назовите виды урожайности?
5. В чем заключается цель планирования урожайности культур?
6. С какого времени берет своё начало развитие направления планирования урожаев сельскохозяйственных культур?

Тема 2. Теоретические основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур

Ключевые вопросы темы:

1. Понятие программирования урожаев.
2. Методы программирования урожая культур.

Ключевые вопросы темы: программирование урожая, методы программирования

Методические рекомендации

Конспект следует начать с определения «программирования урожая – это...». Приветствуется несколько трактовок.

В рамках второго вопроса планируется изучение методов, используемых при планировании урожаев сельскохозяйственных культур.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение программированию урожаев.
2. Назовите методы, применяемые при планировании урожая?

Тема 3. Принципы программирования урожаев сельскохозяйственных культур

Ключевые вопросы темы:

1. Принципы программирования урожая.
2. Основные законы земледелия и растениеводства.

Ключевые вопросы темы: принципы программирования урожая, законы растениеводства и земледелия

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса необходимо рассмотреть основные принципы программирования урожая, предлагаемые И. С. Шатиловым (1970)

которые лежат в основе планирования повышения урожайности. При этом точно выделить, какие принципы предназначены для определения величины возможного урожая, а какие составляют технологическую схему программированного возделывания культур.

Поняв значимость и выбор принципов программирования, становится понятным многогранность работ в данном направлении.

В рамках второго вопроса следует в форме дискуссии вспомнить и повторить основные законы земледелия и растениеводства: закон равнозначности, или незаменимости факторов, закон органического фактора, или закон минимума, закон возврата, закон оптимума и другие, так как они лежат в основе программирования урожая.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите принципы, предназначенные для определения величины возможного урожая?
2. Назовите принципы, которые составляют технологическую схему программированного возделывания культур?
3. Сформулируйте законы оптимума, минимума, равнозначности факторов, критического периода, физиологических часов.

Тема 4. Агрохимические основы программирования урожайности

Ключевые вопросы темы:

1. Определение понятия модели. Классификация моделей
2. Прогнозирование и программирование урожая на основе балансовых моделей.

Ключевые вопросы темы: модель, балансовая модель программирования, плодородие почв, деградация почв

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса необходимо рассмотреть понятия оптимальные и имитационные модели при программировании урожая и их возможное использование. Уяснить значимость использования оптимизационных моделей.

Второй вопрос направлен на изучение роли прогнозирования и программирования урожая на основе балансовых моделей, связанных с моделированием плодородия почвы. Здесь рекомендуется законспектировать определение понятия плодородия почвы и количественной оценки уровня

почвенного плодородия. Вспомнить, что понимается под основными показателями плодородия почвы. Важно отметить какие факторы способствуют деградации почвенного плодородия. В этом же вопросе следует записать раскрытые подпункты второго вопроса лекции, связанные с моделированием содержания гумуса в почве, прогнозированием азотного режима почвы, фосфатного и калийного потенциала почвы, реакции почвенного раствора.

Вопросы для самоконтроля

1. Раскройте смысл балансовой модели программирования урожая?
2. Что влияет на плодородие почв?
3. Какие показатели наиболее значимы для дерново-подзолистых почв Калининградской области?

Тема 5. Роль агрометеорологических основ программирования урожаев

Ключевые вопросы темы:

1. Комплекс метеорологических факторов, определяющих состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур
2. Методы расчета и обеспеченность ФАР основных сельскохозяйственных культур с учетом зональных особенностей
3. Определение урожайности по фотосинтетическому потенциалу листьев.

Ключевые вопросы темы: агрометеорологические факторы, ФАР, фотосинтез, прогноз, неблагоприятные явления

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса рекомендуется использовать знания, полученные при изучении дисциплины агрометеорология. В конспекте лекции кратко резюмировать комплекс метеорологических факторов, определяющих состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур. Проанализировать вероятность неблагоприятных явлений в районах интенсивного земледелия и учет их при программировании урожая.

В рамках изучения второго вопроса следует повторить, что такое фотосинтетическая активная радиация (ФАР), какова её роль в формировании урожая. При этом следует понимать, что для программирования урожаев необходимо использование прогнозов погоды; выполнить конспект методов расчета и обеспеченность ФАР растений.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите, что относится в неблагоприятным явлениям природы?
2. Какая государственная служба осуществляет прогноз неблагоприятных явлений погоды?
3. Почему ФАР может влиять на качественные и количественные характеристики урожайности сельскохозяйственных культур?

Тема 6. Биологические факторы получения запланированной урожайности

Ключевые вопросы темы:

1. Понятие фотосинтетического потенциала и ее роли в получении запланированной урожайности
2. Расчет чистой продуктивности фотосинтеза
3. Формирование оптимальной густоты стояния растений в посевах и формирование хозяйственно полезной части урожая.
4. Определение биологической урожайности.

Ключевые вопросы темы: биология растений, фотосинтез, густота стояния растений, норма высева, биологическая урожайность

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса рекомендуется записать, что понимается под определением «фотосинтетический потенциал», в и чем его роль при получении запланированной урожайности.

В рамках второго вопроса необходимо записать методику расчета чистой продуктивности фотосинтеза.

Третий вопрос лекции посвящен изучению выбора оптимальной густоты стояния растений в посевах с учетом полевой всхожести семян, выпада растений в течение вегетационного периода, способа посева, обеспечивающего аккумуляцию заданного уровня солнечной энергии.

Завершающим элементом конспекта следует записать формулы, применяемые для расчета биологической урожайности культур.

Вопросы для самоконтроля:

1. Влияет ли фотосинтетический потенциал растений на их рост и развитие?
2. Какие значения учитываются в методике расчета биологической урожайности культур?
3. В каких единицах измерения выражается урожайность?

4. В каких единицах измерения выражается густота стояния растений?

Тема 7. Агротехнические факторы получения запланированной урожайности

Ключевые вопросы темы:

Комплекс агротехнических факторов, определяющих состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур:

выбор сорта, гибрида,
разработка системы обработки почвы,
разработка интегрированной системы защиты растений,
разработка системы удобрений.

Ключевые вопросы темы: обработка почв, защита растений, удобрения

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса рекомендуется обратить внимание, что в первую очередь изучают и выбирают сорта или гибриды для программирования урожая. Выбор сортов осуществляют с учетом соответствующих почвенно-климатических условий зоны, устойчивость к комплексу неблагоприятных условий (засухоустойчивость, холодоустойчивость, морозоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, устойчивость к полеганию).

Далее уделяют внимание всем возможным агротехническим условиям, которые влияют на получение планируемой урожайности:

– разработке оптимальной системы обработки почвы для получения программированного урожая (приемы по накоплению и сохранению влаги, созданию оптимальной плотности почвы);

– планированию мероприятий по уходу за посевами и корректировка их по результатам контроля фактического хода формирования урожая (боронование, культивации, подкормки, орошение и др.);

– использование агротехнических приемов в период вегетации, повышающих качество сельскохозяйственной продукции (внекорневые подкормки, ретарданты, десиканты, дефолианты);

– выбор оптимальных сроков и способов уборки как необходимое условие сохранения качества и предотвращения потерь урожая.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите элементы агротехнологических факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур.

2. Возможно ли при планировании урожайности не учитывать хотя бы один из них?

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Практико-лабораторный курс по дисциплине «Планирование урожаев сельскохозяйственных культур» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогает лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний, и проводится с целью формирования у студентов умений и навыков планирования урожая сельскохозяйственных культур в профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

Тематический план практических (ПЗ), лабораторных работ (ЛР) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического занятия	Кол-во часов ПЗ		ЛР
		Очная форма	Заочная форма	Заочная форма
1	Программирование урожайности полевых культур. Агротехнические основы и практические приёмы программирования урожаев	14		
2	Расчет величины действительно потенциальной урожайности по влагообеспеченности урожая	6	2	
3	Расчёт величины потенциального урожая по приходу фотосинтетической активной радиации	4		
4	Определение структуры посева и урожая	4		
5	Определение действительно возможной урожайности по биогидротермическому показателю продуктивности	4	2	
6	Определение абсолютно-сухого вещества кормовых культур и расчет урожайности			2
Итого		32	4	2

2.1 Практическое занятие

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ

Цель занятия – приобретение умений и навыков программирования урожайности полевых культур методом оптимальной предуборочной густоты стеблестоя.

Задание 1. Определить норму высева изучаемых растений.

Задание 2. Изучить методику программирования оптимальной предуборочной густоты стеблестоя (травостоя).

Методические указания.

К заданию 1.

Практическое применение программирования урожаев в производственных условиях связано с необходимостью теоретического обоснования элементов технологии возделывания культур, и использования их при разработке и применении в конкретных условиях хозяйства. Технология возделывания культур, или агротехника, представляет собой сочетание агротехнических приемов, позволяющих создать необходимые условия растениям для развития всех элементов структуры урожая, последовательное и научно-обоснованное применение которых, даст возможность при полной обеспеченности посевов регулируемыи факторами полностью раскрыть потенциальные возможности культуры, сорта и получить максимально возможный уровень урожайности высокого качества.

Технология возделывания культур предусматривает обязательное применение следующих основных элементов:

- размещение посевов по лучшим предшественникам в системе севооборотов;
- возделывание высокоурожайных культур и сортов;
- научно-обоснованная система подготовки семян к посеву и обработки почвы;
- сроки и способы посева;
- нормы высева семян;
- сроки, способы и дозы внесения удобрений;
- уход за посевами, предусматривающий защиту посевов от сорняков, вредителей и болезней растений;
- сроки и способы уборки урожая.

Теоретическое обоснование ряда из вышеперечисленных агротехнических приемов и их практическое применение, позволяющих

научно-обосновано обеспечивать посеvy культур регулируемыми факторами, а также рационально использовать семена, удобрения и др. В частности, методику расчета норм высева, позволяющую получать оптимальную густоту стеблестоя (травостоя) с минимальным расходом семян.

Нормы высева сельскохозяйственных культур в различных районах возделывания неодинаковы и зависят не только от почвенно-климатических условий, но и от цели возделывания культуры, способов посева и посевных качеств семян. Они устанавливаются по весу и по количеству семян, высеваемых на единицу площади. Для каждого хозяйства нормы высева определяют из расчета посева семян 100 % посевной годности (ПГ). Поэтому их следует уточнить в соответствии с фактической посевной годностью.

Для расчета весовой нормы высева надо знать значение массы 1000 семян и количество семян, высеваемых на 1 га в данном районе.

Если массу 1000 семян обозначить через a , число миллионов чистых и всхожих семян через M , то весовая норма будет (1):

$$K = a * M \quad (1)$$

Вычисленная весовая норма означает число килограммов чистых семян на 1 га при 100 % посевной годности посевного материала.

Однако в производственных условиях семенной материал, как правило, имеет посевную годность ниже 100 %. Поэтому необходимо внести поправку в норму высева с учетом фактической посевной годности.

Для кондиционных семян вычисляют их посевную годность, под которой понимается % чистых и всхожих семян. Вычисляют её по формуле (2):

$$ПГ = \frac{AB}{100}, \quad (2)$$

где A – чистота семян, %; B – всхожесть, %.

Посевную годность выражают в целых процентах. Например, при чистоте 99,5 % и всхожести 97 % посевная годность семян составит: $(99,5 * 97) / 100 = 96,5$ % или 97 %.

Посевная годность семян служит для внесения поправки в весовую норму высева применительно к данному семенному материалу.

Для внесения поправки надо норму высева (при 100 % ПГ) разделить на фактическую посевную годность и умножить на 100 (формула 3)

$$X = \frac{K \cdot 100}{ПГ}, \quad (3)$$

где K – норма высева при 100% посевной годности; $ПГ$ – фактическая посевная годность; X – норма высева с поправкой па фактическую посевную

годность, кг.

Нередко возникает необходимость определения посевного коэффициента и весовой нормы высева, когда известно количество семян, фактически высеваемых на 1 погонном метре.

Некоторые пропашные культуры (подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла) высевают по числу семян па 1 линейный метр рядка. *Например*, кукурузу высевают по 6–7 зёрен, подсолнечник – по 4–5 семян и сахарную свеклу – по 14–16 семян.

Для определения весовой нормы высева надо знать ширину междурядий возделываемой культуры и затем вычислить площадь линейного метра рядка (площадь питания растений). При ширине междурядья 70 см для кукурузы и подсолнечника она будет равна $0,7 \text{ м}^2$, а при 45 см для свеклы – $0,45 \text{ м}^2$, для зерновых – $0,15 \text{ м}^2$.

Зная площадь метрового рядка, число высеваемых семян на эту площадь и массу 1000 семян, можно рассчитать весовую норму высева.

Пример 1. Рассчитать весовую норму высева яровой твердой пшеницы при коэффициенте высева 5,0 млн. всхожих семян на 1 га, всхожести 95 % и чистоте 98 %.

1. $\text{ПГ} = (98 \cdot 95) / 100 = 93,1 \%$ или 93 %.
2. $K_v = 5,0 \text{ млн.} \times 45 \text{ г} = 225 \text{ кг/га}$.
3. $N_v = (225 \cdot 100) / 93 = 242 \text{ кг/га}$ (весовая норма высева).

Пример 2. На погонный метр рядка высеваются 16 клубочков кормовой свеклы, масса 1000 семян 22 г, ширина междурядья 45 см. Рассчитать норму высева.

1. На $0,45 \text{ м}^2$ – 16 семян
на 10000 м^2 – X $X = 356 \text{ тыс./га}$
2. $N_v = 356 \cdot 22 = 7,8 \text{ кг/га}$.

К заданию 2.

Условия, влияющие на формирование густоты стеблестоя Накопление растениями органического вещества, происходит в процессе фотосинтеза и зависит от площади листьев и фотосинтетического потенциала, поэтому на эти показатели и уровень урожайности посевов влияет количество растений на единице площади, сохранившихся к уборке. Густота стеблестоя (травостоя) формируется под воздействием факторов внешней среды и уровня агротехники, которые условно можно объединить в две основные группы. Первая группа влияет на получение количества растений к фазе полных всходов, посевные

качества семян (норма высева, глубина их заделки и условия увлажнения в верхних слоях почвы и др.). Вторая определяет сохранность растений за период от полных всходов до уборки, а для многолетних трав и озимых культур в процессе перезимовки и связана с метеорологическими условиями за этот период, проведением ухода за посевами и др. На количество растений к уборке оказывают влияние полевая всхожесть семян, выживаемость и сохранность растений, которые следует прогнозировать и учитывать при расчете норм высева семян. Полевая всхожесть – отношение числа растений в фазу полных всходов к количеству высеянных всхожих семян на единице площади, выраженное в процентах. Расчетная формула (4) полевой всхожести семян ($P_{ПВ}$) может выглядеть так:

$$P_{ПВ} = \frac{Ч \times 100}{К}, \quad (4)$$

где Ч – число растений в фазу полных всходов, шт. на 1 м²,
К – количество всхожих высеянных семян, шт. на 1 м².

Сохранность растений – показатель, характеризующий отношение полученных в фазу полных всходов растений, сохранившихся к уборке к количеству растений, полученных в фазу полных всходов (шт./м²), выраженное в процентах.

Расчетную формулу (5) сохранности растений (C_p) можно представить в следующем виде:

$$C_p = \frac{P_{У} \times 100}{P_{ПВ}}, \quad (5)$$

где $P_{У}$ – растения к уборке, шт./м²; $P_{ПВ}$ – растения в фазу полных всходов, шт./м².

Изменение величины показателя сохранности растений за период от полных всходов до уборки связано с гибелью растений и зависит от многих факторов: низкой влагообеспеченности (засуха), повреждение растений вредителями и болезнями, уничтожение (вырезание) растений при нарушении технологии ухода за посевами (боронование по всходам, междурядная обработка, неразумное применение гербицидов и др.).

Выживаемость растений – показатель, характеризующий отношение количества растений, сохранившихся к уборке к количеству высеянных всхожих семян (шт./м²), выраженное в процентах, иными словами, этот показатель характеризует количество растений, полученных к уборке от каждых 100 шт. высеянных всхожих семян. Выживаемость растений (V_p) может рассчитываться следующими способами:

а) через количество высеянных всхожих семян по формуле (6):

$$V_p = \frac{\text{растений к уборке, шт./м}^2 \times 100}{\text{семена всхожие, шт./м}^2} \quad (6)$$

б) через показатели полевой всхожести семян и сохранности растений (формула 7):

$$V_p = \frac{P_v \times C_p}{100} \quad (7)$$

где V_p – выживаемость растений, %; P_v – полевая всхожесть семян, %; C_p – сохранность растений, %.

Показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений можно брать из справочной литературы с соответствующими обоснованными поправками на уровень проектируемой технологии возделывания культуры;

в) через полевую всхожесть и сохранность растений с учетом посевной годности высеянных семян (формула 8):

$$V_p = \frac{P_g \times P_v \times C_p}{10000} \quad (8)$$

где V_p – выживаемость растений, %; P_g – посевная годность семян, %; P_v – полевая всхожесть семян, %; C_p – сохранность растений, %.

Посевная годность семян (P_g) представляет собой произведение чистоты семян на лабораторную всхожесть. Таким образом, при расчете норм высева под планируемую густоту следует заранее спрогнозировать величины показателей: полевой всхожести семян, выживаемости и сохранности растений, зависящих от складывающихся метеорологических условий и уровня агротехники. Прогнозировать эти показатели и также коэффициент продуктивной кустистости очень трудно, поскольку неизвестно, как сложатся метеорологические условия в период вегетации, потому приходится пользоваться средними данными, полученными в опытах и производственных условиях. По обобщенным данным, продуктивная кустистость озимой ржи составляет в среднем 1,47, озимой пшеницы 1,6, а яровых зерновых хлебов – в пределах 1,0–1,3, а полевая всхожесть яровой пшеницы – в среднем 70–94 %, выживаемость растений – 66–69 %, с колебаниями – от 57 до 85 %. Аналогичные показатели выведены и по кормовым культурам. Показатели полевой всхожести семян и сохранности растений зависят, в первую очередь, от уровня обработки почвы, посевных качеств семян и подготовки их к посеву, выбора оптимальных для складывающихся условий срока посева, глубины заделки семян, приемов ухода за посевами, и т. д., т. е. при оптимизации всех элементов технологии эти показатели могут достигнуть максимальных значений, при

нарушении технологии могут значительно снижаться.

Вопросы самоконтроля:

1. Какие основные элементы предусматривают при технологиях возделывания культур?
2. Что такое норма высева семян? Назовите единицу измерения. Как рассчитать норму высева семян?
3. Что считается кондиционными семенами?
4. Что такое посевная годность семян?
5. Какие условия влияют на густоту стеблестоя?
6. Что такое выживаемость растений?

2.2 Практическое занятие **РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ** **УРОЖАЙНОСТИ (ДВУ) ПО ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ УРОЖАЯ**

Цель занятия – получение навыков определения действительно возможного урожая по влагообеспеченности культур расчетным методом.

Задание. Изучить методику расчета действительно потенциальной урожайности. Рассчитать ДВУ для заданной культуры при заданных условиях. Данные заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет действительно возможной урожайности (ДВУ) по влагообеспеченности вегетационного периода

Показатели	Нормально влажный	Средне засушливый	Сильно засушливый
1. Запас продуктивной влаги в почве (слой 1 м) перед посевом, мм			
2. Коэффициент использования влаги из почвы			
3. Будет использовано влаги из почвы, мм			
4. Коэффициент использования влаги из осадков			
5. Будет использовано влаги от осадков, мм			
6. Будет использовано влаги всего, мм			
7. Коэффициент водопотребления клубней, мм/т			
8. Возможная урожайность основной продукции, т/га			

Методические указания.

Действительно возможная урожайность (ДВУ) теоретически может быть обеспечена генетическим потенциалом сорта или гибрида и лимитирующими нерегулируемыми факторами, которые в разных почвенно-климатических зонах ограничивают уровень урожайности растений: влагообеспеченность посевов, обеспеченность углекислотой, необходимой для фотосинтеза, плодородие почвы, реакция почвенной среды, воздушный и тепловой режимы, приход ФАР, уровень агротехники и ряд других с учетом лимитирующего фактора, основываясь на законе минимума.

Для многих районов страны одним из основных факторов, ограничивающих рост продуктивности посевов, является влагообеспеченность растений. Поэтому величину урожайности следует прогнозировать по наличию продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом и количеству осадков за вегетационный период определенной культуры с учетом коэффициентов водопотребления.

Роль влаги в жизни растений огромна и многообразна. Она участвует в фотосинтезе, насыщает клетки и ткани, поддерживая их жизнедеятельность, доставляет элементы питания из почвы. Однако основная масса воды (90%) испаряется с поверхности растений для охлаждения тканей и поддержания тепловых условий, необходимых для жизни растений. От режима влагообеспеченности растений во время их вегетации в решающей степени зависит урожайность сельскохозяйственных культур.

В течение вегетации растения испытывают различную потребность во влаге. При этом отмечают критические периоды – периоды наибольшей потребности во влаге.

Для реализации потенциальной продуктивности растений влажность почвы в течение вегетации должна быть в диапазоне 60–100 % ППВ (предельной полевой влагоемкости). По мере испарения воды с поверхности почвы и использования ее вегетирующими растениями влажность пахотного слоя почвы постоянно снижается, и на определенном этапе единая водно-капиллярная система разрушается, капилляры почвы разрываются – это состояние почвы по влажности называют влажностью разрыва капилляров (ВРК).

У большинства почв она наступает при снижении влажности до 60 % ППВ, на легких слабогумусированных почвах – при 63–65 %, а на связных и высокогумусированных – при 55–58 % ППВ. Когда влажность почвы опускается ниже влажности разрыва капилляров, корневой волосок, нашедший обрывок капилляра, быстро высасывает из него воду и отмирает. Продолжительность функционирования корневого волоска сокращается с 10–15 до 3–4 суток или даже несколько часов. Растение вынуждено образовывать все новые и новые корневые волоски для поиска новых обрывков капилляров с водой. Длина одного корневого волоска в среднем составляет около 1 мм, у мятликовых культур – 1,5 мм. Общая длина корневых волосков одного растения достигает – 3–4 км, а у тыквы – 25 км. В посевах пшеницы на 1 га всасывающая поверхность корней составляет – 100 тыс. м. При недостатке

влаги эта огромная всасывающая поверхность сменяется тем быстрее, чем глубже водный стресс. При влажности почвы – 45–50 % ППВ растение тургоресцентно и внешне не обнаруживает признаков водного стресса, однако большая часть фотоассимилятов идет на образование все новых мелких корешков и корневых колосков, уменьшается накопление надземной массы вегетативных и генеративных органов. При дальнейшем снижении влажности почвы до 35–25 % ППВ накопление надземной массы почти прекращается, все ассимиляты направляются на рост мелких корней для поиска воды.

Для реализации потенциальной продуктивности растений влажность почвы в течение вегетации должна быть в диапазоне от 100 % ППВ до влажности разрыва капилляров. ВРК является предполивным порогом влажности почвы.

Разные виды культурных растений по-разному переносят временный недостаток влаги. Это определяется степенью развития их корневой системы.

Поскольку влажность – процесс динамичный, изменяющийся ежечасно, то, называя оптимальную влажность почвы для какой-то культуры, можно говорить только о диапазоне влажности или о предполивном пороге влажности.

Уровень урожаев и намеченный комплекс агротехнических мероприятий для их достижения в значительной мере зависят от влагообеспеченности посевов и использования ими влаги в течение вегетационного периода.

Величина действительно возможного урожая ($Y_{дву}$) в основном определяется влагообеспеченностью, особенно продуктивной ее частью, которая рассчитывается по данным годового количества осадков.

Годовые осадки не полностью используются растениями. Часть из них с талыми водами испаряется с поверхности почвы, когда она не занята растениями, а также стекает во время ливневых осадков с полей, имеющих значительный уклон. По обобщенным данным, процент использования годовых осадков на различных по гранулометрическому составу почвах колеблется от 42 до 88. Остальные 12–58 % составляют непроизводительные расходы. Торфяно-болотные почвы обладают большей влагоемкостью, чем другие типы почв, и в них накапливается больше продуктивной для растений влаги. Песчаные почвы имеют низкую влагоемкость, в них содержится всего 42–48 % влаги от годового количества осадков. Различная влагоемкость почв обуславливает и значительное колебание продуктивной влаги по региону.

Из-за неравномерности выпадающих осадков области расчет действительно возможных урожаев по влагообеспеченности следует проводить дифференцированно для каждого хозяйства, а в дальнейшем и для каждого поля с учетом почвенных особенностей и рельефа местности.

Показатель действительно возможного по влагообеспеченности урожая определяют по формуле (1):

$$Y_{дву} = \frac{100 \times W}{K_w}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{дву}}$ – урожай абсолютно сухой биомассы (ц/га); W – ресурсы продуктивной для растений влаги (мм), K_w – коэффициент водопотребления (мм x га/ц)

Для озимых пшеницы, ржи, яровой пшеницы, ячменя, картофеля этот коэффициент равен 350–400, для кормовой свеклы, моркови, капусты, кукурузы, викоовсяной смеси на зеленый корм – 300–400, для многолетних трав на сено 500–700.

$$W = W_0 + 0,8 \times O_c,$$

где W – ресурсы продуктивной для растений влаги (мм); W_0 – количество продуктивной влаги в метровом слое почвы (мм); 0,8 – коэффициент использования осадков, выпадаемых за период вегетации; O_c – осадки вегетационного периода (мм).

Все данные, входящие в формулу, специалист может взять в ближайшей к хозяйству агрометеорологической станции или организовать агрометеорологический пункт хозяйства.

Коэффициент водопотребления (K_w) определяется по формуле (2):

$$K_w = \frac{E_o \cdot 10^2}{Y_{\text{биол}}}, \quad (2)$$

где E_o – суммарное водопотребление культурой за период вегетации (мм).

Оно складывается из количества воды в метровом слое весной и осадков вегетационного периода без коэффициента 0,8 ($E_o = W_0 + O_c$).

Для удобства расчетов для условий хозяйства лучше определить товарный коэффициент водопотребления K_T , т. е. затраты воды на формирование единицы урожая зерна, клубней, корнеплодов, сена и зеленой биомассы, по формуле (3):

$$K_T = \frac{E_o \times 10^2}{Y_T}, \quad (3)$$

где Y_T – урожай основной продукции (ц/га).

Таблица 4 – Суммы осадков вегетационного периода, мм

Метеостанция	Год		
	влажный	средний	засушливый
Калининград	554	439	354
Черняховск	518	417	349
Балтийск	582	462	362
Гвардейск	524	436	339

Таблица 5 – Многолетнее внутрисезонное распределение осадков вегетационного периода (метеостанция г. Калининград), % от общей суммы

Месяц										за год
февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	
5	5	10	13	10	20	5	12	15	5	100

Таблица 6 – Агроклиматические ресурсы Нечерноземной зоны России (средние многолетние показатели)

Область	Средне-годовая температура воздуха, °С	Сумма активных температур выше 10°С	Осадки, мм		Гидротермический коэффициент	Запас продуктивной влаги в почве на начало вегетации, мм
			за год	за период с температурой выше 10°С		
Архангельская обл.	1,1	1461	521	199	1,18	236
Вологодская обл.	2,0	1656	560	255	1,54	226
Калининградская обл.	6,9	2277	687	358	1,60	168
Ленинградская обл.	3,2	1653	612	323	1,90	195
Мурманская обл.	-0,7	852	558	117	1,40	82
Новгородская обл.	3,8	1682	589	289	1,50	194

Таблица 7 – Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур для района Европейской части Нечерноземной зоны Российской Федерации (в расчете на сухое вещество полезной продукции)

Культура	Характер года		
	влажный	средний	засушливый
Пшеница озимая	375–450	450–500	500–525
Рожь озимая	400–425	425–450	450–550
Ячмень	375–425	435–500	470–530
Овес	435–480	500–550	530–590
Кукуруза (зеленая масса)	174–250	250–350	350–406

Культура	Характер года		
	влажный	средний	засушливый
Картофель	167–300	450–500	560–660
Свекла	240–300	310–350	350–400
Лен-долгунец	240–250	300–310	370–380
Многолетние травы (сено)	500–550	600–650	700–750
Капуста цветная	400	310–350	240

Вопросы самоконтроля:

1. Что такое действительно возможная урожайность?
2. Назовите оптимальные значения предельной полевой влажности растений для реализации потенциальной продуктивности растений.

2.3 Практическое занятие

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО УРОЖАЯ (ПУ) ПО ПРИХОДУ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ (ФАР)

Цель: получение навыков определения биологического потенциала культуры (сорта) по формированию урожая сухой биомассы и основной продукции стандартной влажности в конкретных почвенно-климатических условиях по приходу ФАР.

Задание. Изучить методику расчета потенциальной урожайности по приходу ФАР.

Методика проведения расчета.

Для расчета прихода энергии за вегетацию необходимо знать:

1. Приход солнечного тепла на единицу поверхности в конкретной географической точке. Суммарная ФАР (ккал/см²) приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Приход ФАР по месяцам в Калининградской области, ккал/см²

Месяц					
апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
6,6	7,1	6,9	6,3	4,9	2,7

2. Чтобы определить приход ФАР на единицу площади посева конкретной культуры или сорта, необходимо установить фактическую продолжительность периода вегетации (даты начала и конца вегетации). Эти сведения можно определить, зная сроки посева/посадки культуры и сроков уборки в условиях региона (таблица 10).

3. Рассчитать по формуле потенциальную урожайность и данные занести в

таблицу 9.

Таблица 9 – Потенциальные урожаи полевых культур по приходу ФАР и ее использованию растениями

Культура	Приход ФАР, млрд. ккал./га	Калорийность, ккал/кг	Возможный урожай, ц/га		Соотношение основной и побочной продукции	Урожай, ц/га
			абсолютно сухой биомассы	при 14 % влажности		

Методические указания.

Программирование урожаев начинается с прогнозирования, обоснования величины возможного урожая – максимального или потенциального – по приходу фотосинтетической активной радиации.

Потенциальный урожай (ПУ) – это теоретически возможный максимальный урожай, который можно получить в идеальных метеорологических условиях (достаточно воды, тепла, света). Он зависит от прихода ФАР и потенциальной продуктивности культуры или сорта.

Урожай формируется в процессе фотосинтеза в результате использования энергии солнечной радиации. Основой для важнейшей жизненной функции растений фотосинтеза является свет. Сущность фотосинтеза заключается в том, что под действием энергии солнечного луча, поглощаемой хлоропластами листьев и других зеленых органов растений, вода разлагается (фотолиз воды). При этом образуется свободный кислород, который выделяется в окружающий воздух, а водород, присоединяется к углероду углекислого газа, восстанавливает его, и в результате образуются органические вещества – углеводы, белки, витамины и др.

Проблема питания растений – самая актуальная и сложная в растениеводстве. Один из путей её решения – максимальное и эффективное использование солнечной энергии сельскохозяйственными культурами во время вегетации, так как 90–95 % биомассы растений составляют органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза.

Различают два вида естественной радиации: коротковолновую, называемую также *интегральной радиацией*, с длиной волны 280–400 нм; длинноволновую с длиной волны от 400–4000 нм. Для определения потенциальной урожайности используют фотосинтетически активную радиацию (ФАР) с длиной волны 380–710 нм.

В свою очередь ФАР подразделяется на следующие виды:

- **прямая солнечная радиация (S)** – часть лучистой энергии

Солнца, поступающая к Земле в виде почти параллельных лучей;

– **рассеянная радиация (D)** – часть солнечной радиации, падающая на горизонтальную поверхность после рассеивания атмосферой и отражения от облаков, ее измеряют пиранометром, приемная часть которого затеняется от солнца при помощи специальных экранов.

Показатель ФАР обычно составляет 42–47 % интегральной радиации и зависит от метеорологических условий года. В зависимости от продолжительности вегетационного периода, значения ФАР сильно различаются: в приполярных зонах приход ее составляет 4,19–6,28 млрд. кДж/га, на Северном Кавказе – 25,12–29,31 млрд. кДж/га, а в республиках Средней Азии – 33,49–41,87 млрд. кДж/га, что обуславливает формирование различного количества и качества биомассы.

Увеличить урожайность – значит повысить фотосинтетическую продуктивность растений, а также коэффициент использования солнечной энергии.

Листья растений поглощают в процессе фотосинтеза не весь световой поток, а фотосинтетически активную радиацию (ФАР) – фотосинтетически активные лучи с длиной волны 400–700 нм (нанометров). Именно эти лучи хорошо поглощаются зеленым пигментом хлоропластом – хлорофиллом и являются энергетической основой фотосинтеза. Однако растения используют лишь небольшую долю ФАР.

Посевы по их средним значениям КПД ФАР А. А. Ничипорович (1956) подразделил на следующие группы:

- 0,5–1,5 % – обычно наблюдаемые;
- 1,5–3,0 % – хорошие;
- 3,0–5,0 % – рекордные;
- 5,0–8,0 % – теоретически возможные.

С выведением новых сортов и гибридов, совершенствования технологии возделывания культур стало возможным усвоение посевами ФАР 4–5 % и даже 8–10 %. Поэтому значения КПД ФАР М. К. Каюмов (1989) подразделил следующим образом:

- 0,5–1,5 % – низкие;
- 1,5–3,0 % – средние;
- 3–5 % – повышенные;
- 8–10 % – сверхвысокие.

По приходу ФАР, пользуясь формулой А.А. Ничипоровича, рассчитывают *потенциальную урожайность (ПУ)*, т. е. урожайность, полученную в идеальных условиях (формула 1)

$$Y_{\text{биол.}} = \frac{Q_{\text{ФАР}} \cdot K}{10^2 \cdot q \cdot 10^2}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{биол.}}$ – биологический урожай абсолютно сухой растительной массы (потенциальная урожайность), ц/га; $Q_{\text{ФАР}}$ – количество ФАР за

период вегетации культуры (от посева до уборки), млрд. ккал/га (таблица 1); К – коэффициент использования (усвоения) ФАР посевами, %; 10^2 – для перевода К в абсолютные величины; q – калорийность органического вещества единицы урожая (количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг сухого вещества), ккал/кг (таблица 11); 10^2 – перевод из кг в ц.

Для перехода от урожая абсолютно сухой биомассы ($Y_{\text{биол}}$) к величине урожая зерна или другой растительной продукции при стандартной влажности необходимо использовать соотношение (2):

$$Y_T = \frac{100 * Y_{\text{биол}}}{(100 - \omega) * a}, \quad (2)$$

где Y_T – урожай зерна или какой-то другой сельскохозяйственной продукции при стандартной влажности (ц/га); ω – стандартная влажность по ГОСТу (%) (таблица 4); а – сумма частей в соотношении основной продукции к побочной в общем урожае биомассы (таблица 11).

Таблица 10 – Сроки посева (посадки) и уборки культур в Калининградской области

Культура	Сроки	
	посева (посадки)	уборки
Озимая пшеница, озимая рожь: – оптимальные – допустимые	с 05 по 15 сентября до 25 сентября	август – 1 декада сентября
Озимый ячмень	3 декада июля – август	2 половина июля – август
Яровая пшеница, яровой ячмень, овес	2 половина апреля	2 половина июля – август
Гречиха, просо	конец апреля – начало мая	август
Зернобобовые ранние (вика, люпин, горох)	конец апреля	Июль – август
Зернобобовые поздние (соя, бобы, чечевица)	1 декада мая	август
Картофель ранний	3 декада апреля – 1 декада мая	2 половина июня – июль
Картофель средних и среднепоздних сортов	1 декада мая	3 декада августа – сентябрь
Морковь	2 половина апреля	ранние сорта: конец июня – 1 половина июля средние и поздние – конец сентября – начало октября
Турнепс, брюква	1 декада мая	сентябрь – октябрь
Свекла	1 декада апреля – май	Ранняя продукция (на

Культура	Сроки	
	посева (посадки)	уборки
		пучок): 2 половина июля На хранение: 3 декада сентября – 1 декада ноября (до наступления морозов – 5 °С)
Кукуруза, подсолнечник	2 половина мая – 1 декада июня	на силос и корм – 2 половина июля – 1 декада августа; на зерно (семена) – сентябрь
Лен-долгунец	май	август
Рапс – яровой – озимый	2 половина апреля 2 декада августа -1 декада сентября (до 10 сентября)	август июль – август

Таблица 11 – Основные показатели сельскохозяйственных культур

Культура	Калорийность (целое растение) ккал/кг	Отношение основной продукции к побочной	Сумма частей	Коэффициент использования ФАР, %	Стандартная влажность основной продукции, %
Пшеница озимая	4450	1:2	3	3,5	14
Пшеница яровая	4500	1:1,6	2,6	3,9	14
Рожь озимая	4400	1:2	3	3,2	14
Овёс	4400	1:1,5	2,5	3,2	14
Ячмень	4420	1:1,4	2,4	3,2	14
Кукуруза	4100	1:2	3	3,5	14
Кукуруза (ЗМ)	3900	–	–	2,8	70
Гречиха	4540	1:1,5	2,5	2,5	14
Горох	4710	1:1,5	2,5	2,5	14
Лён-долгунец	4600	7:1	8	2,0	12
Свёкла сахарная	4230	1:0,55	1,55	1,2	80
Свёкла кормовая	3850	1:1	2	3,5	85
Картофель	4300	1:1	2	3,9	75
Брюква	3850	1:1	2	3,4	91

Культура	Калорийность (целое растение) ккал/кг	Отношение основной продукции к побочной	Сумма частей	Коэффициент использования ФАР, %	Стандартная влажность основной продукции, %
кормовая					
Турнепс	3850	1:1	2	3,7	92
Морковь кормовая	3850	1:1	2	2,7	78
Рапс	4680	1:1,7	2,7	2,7	10
Соя	4800	1:1,1	2,1	2,7	14

Пример расчета

Пшеница яровая вошла 3 мая; тогда количество энергии за май (по Оренбургу – 7,8) делим на 31 (число дней в мае) и умножаем на 29 (исключили первые два дня мая, когда еще не было всходов). Аналогично ведется расчет по последнему месяцу вегетации: если вегетация завершается 5 августа, то 6,9 делится на 31 и умножается на 5.

Общий расчет энергии ФАР будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{\text{ФАР}} = \frac{7,8}{31} * 29 + 8,5 + 8,0 + \frac{6,9}{31} * 5 = 24,9 \text{ ккал/см}^2$$

май июнь июль август

то энергия в ккал на 1 см² поверхности. При переводе на 1 га принимаем: 1 м² = 10000 см², 10000 м² = 1 га = 108 см², тогда QФАР, приходящаяся на 1 га = 24,9 × 108 ккал/га.

Учитывая сравнительно невысокий уровень культуры земледелия в зоне и наличие ограничивающего фактора (недостаток влаги), для начала примем возможный коэффициент использования ФАР (КФАР) равным 1 %. Тогда потенциальная урожайность (У_{биол}) можно определить делением количества энергии QФАР на калорийность биомассы культуры с учетом КФАР.

$$U_{\text{биол}} = \frac{24,9 * 10^8 * 1}{10^2 * 4500 * 10^2} = 55,3 \text{ ц/га абсолютно сухой массы}$$

Для перехода от урожайности абсолютно сухой биомассы к величине урожайности основной продукции при стандартной влажности используют формулу (2) и получают:

$$y_{\tau} = \frac{100 * 55,3}{(100 - 14) * 2,6} = 24,7 \text{ ц/га}$$

Таким образом, получаем, что при такой величине ФАР урожайность зерна составит 24,7 ц/га.

Вопросы самоконтроля:

1. Дайте определение «потенциальный урожай».
2. Перечислите виды ФАР.
3. Какой длины волны фотосинтетически активных лучей поглощают листья? Что понимают под КПД ФАР?

2.4 Практическое занятие

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОСЕВА И УРОЖАЯ

Цель: приобретение умений и навыков программирования урожайности полевых культур методом оптимальной предуборочной густоты стеблестоя.

Задание 1. Определение уровня биологической урожайности по структурной формуле урожая Савицкого М.С.

Задание 2. Агробиологическое обоснование величины урожайности зерновых культур по густоте стеблестоя (по И. С. Травину).

Методические указания.

Задание 1. Определение уровня биологической урожайности по структурной формуле урожая Савицкого М.С.

Формула определения биологического урожая:

$$Y = \frac{(C+V)}{10},$$

где Y – биологическая урожайность зерна, ц/га; C – количество продуктивных стеблей на 1 м^2 при уборке; V – масса зерна с 1 колоса (метелки), г; 10 – число для пересчета урожайности в ц/га.

Показатели структуры урожая позволяют объяснить, за счет каких элементов получен данный уровень урожайности. Анализ структуры урожая дает возможность рассчитать урожайность биологическую и $K_{\text{хоз}}$, то есть долю хозяйственной части урожая в общем биологическом.

Задание 2. Агробиологическое обоснование величины урожайности зерновых культур по густоте стеблестоя (по И. С. Травину).

Каждому уровню должна соответствовать своя норма высева, которая определяется по формуле:

$$N_B = \frac{(Y \cdot 100)}{P \cdot K \cdot V} \times P_B,$$

где N_B – норма высева, кг/га; Y – урожайность, ц/га; P – продуктивность 1 стебля, г; K – продуктивная кустистость; V – выживаемость, %; P_B – полевая всхожесть, %.

Весовая норма высева определяется с учетом массы 1000 зерен.

Количественная норма высева определяется по числу всхожих семян.

Пример расчета: Для получения 50 ц/га зерна озимого ячменя количество продуктивных стеблей к уборке должно составлять 630 шт./ м^2 . При продуктивной кустистости 1,7 к уборке необходимо сохранить 370 растений на 1 м^2 ($630:1,7$). Если к этому времени останется 75 % растений, то для получения 50 ц/га зерна на каждый гектар потребуется высеять 4,9 млн. всхожих семян ($370 \text{ растений на } 1 \text{ м}^2 : 75 \% \times 100 = 490 \text{ всхожих семян на } 1 \text{ м}^2$).

Поскольку у озимого ячменя более высокая кустистость, то при повышенных нормах высева густота стояния растений снижается, а при

пониженных – возрастает. За счет кущения при повышенных нормах (6 млн./га) формируется 36–46 % продуктивных стеблей, а при пониженных – (4 млн./га) 51–57 %.

Таблица 12 – Структура урожая озимого ячменя

Показатель	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продуктивная кустистость	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	250	260	270	280	290	300	310	320	330
Количество продуктивных стеблей к уборке на 1 м ² , шт.	350	364	405	420	464	480	527	544	594
Масса зерна с колоса, г	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,32	1,35
Колосков в колосе, шт.	37,5	38,0	38,5	39,0	39,5	40,0	40,5	41,0	41,5
Зерен в колосе, шт.	37,5	38,0	38,5	39,0	39,5	40,0	40,5	41,0	41,5
Полевая всхожесть, %	87	87	87	87	87	87	87	87	87

Таблица 13 – Структура урожая озимой пшеницы

Показатель	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продуктивная кустистость	1,05	1,08	1,10	1,12	1,14	1,15	1,17	1,19	1,20
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	286	306	327	348	368	391	410	429	458
Количество продуктивных стеблей к уборке на 1 м ² , шт.	300	330	360	390	420	450	480	510	550
Масса зерна с колоса, г	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,32
Колосков в колосе, шт.	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0
Зерен в колосе, шт.	37,0	37,5	38,0	38,5	39,0	39,5	40,0	40,5	41,0
Полевая всхожесть, %	88	88	88	88	88	88	88	88	88

Вопросы самоконтроля:

1. Чем биологическая урожайность отличается от валовой урожайности?
2. Влияет ли густота стеблестоя на урожайность?

2.5 Практическое занятие

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ПО БИОГИДРОТЕРМИЧЕСКОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ПРОДУКТИВНОСТИ

Цель: сформировать знания о методике определения действительно возможной урожайности по биогидротермическому показателю продуктивности.

Задание. По представленному алгоритму определить действительно возможную урожайность по биогидротермическому показателю продуктивности.

Методические указания.

Основную роль в формировании урожайности сельскохозяйственных культур играет комплекс факторов (приход ФАР за вегетацию культуры, наличие тепла и влаги), математическое выражение которого объединено в формуле А.М. Рябчикова, что позволяет определить урожайность фитомассы. Биогидротермический потенциал определяют по формуле (1):

$$K_p = \frac{W \cdot T_B}{36 \cdot R}, \quad (1)$$

где K_p – биогидротермический потенциал, балл; W – запасы продуктивной влаги за вегетацию, мм; T_B – период вегетации, декад; 36 – число декад в году; R – приход интегральной радиации за период вегетации культуры, ккал/см² (например, 2,55 млрд. ккал./га соответствует 25,5 ккал./см²).

Величину урожайности абсолютно сухой биомассы определяют по формуле (2):

$$U_{\text{биол.}} = B \times K_p, \quad (2)$$

где $U_{\text{биол.}}$ – урожайность абсолютно сухой биомассы, ц/га; B – коэффициент, равный 20 ц/га сухой биомассы; K_p – биогидротермический потенциал, балл.

Для перехода от урожайности абсолютно сухой биомассы к величине урожайности основной продукции при стандартной влажности используют формулу (3):

$$U_{\text{станд.}} = \frac{100 \cdot U_{\text{биол.}}}{(100 - C) \cdot a}, \quad (3)$$

где $U_{\text{станд.}}$ – урожайность основной продукции при стандартной влажности, ц/га; C – стандартная влажность по ГОСТу; a – соотношение основной и побочной продукции в общем урожае биомассы.

Вопросы самоконтроля:

1. Что такое биогидротермический потенциал?
2. Что такое стандартная влажность урожая?
3. Чем отличается урожайность сухой массы от абсолютно-сухой массы?

2.6 Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНО-СУХОГО ВЕЩЕСТВА КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И РАСЧЕТ УРОЖАЙНОСТИ

Цель: сформировать знания о методике определения продуктивности кормовых культур, лугов и пастбищ и практические навыки определения абсолютно-сухого вещества.

Задание. Определить урожайность зеленой массы естественных кормовых угодий и агрофитоценоза люцерны изменчивой.

Вводные пояснения. Урожайность кормовых культур определяют сплошным укосным методом или методом учета урожайности на пробных площадях, и выражают в ц/га или т/га [11].

Определение урожайности культур по учетным площадям проводят не менее, чем в 4-х кратной повторности. Учетная площадь зависит от вида кормовой культуры и способа сева (ширина междурядья).

Урожайность пастбищ и сенокосов определяют скашиванием с учетных площадок в 2,5 м² каждая в четырехкратной повторности, выбранные по диагонали кормового угодья; высота среза составляет 4–5 см. Скошенную массу взвешивают, пересчитывают на гектар, а урожайность надземной фитомассы выражают в зелёной и воздушно-сухой массе.

Если поверхность луга неоднородная, то в этом случае проводят учет зелёной массы на десяти площадках размером 1 м² каждая.

Из каждой скошенной учетной площадки отбирают на пробу 1 кг. Пробу высушивают до влажности 17–18% для определения выхода воздушно-сухого вещества [12].

При учете урожайности, например, пропашных культур, длину учетной площади устанавливают в погонных метрах, а ширину учетной площади определяют исходя из ширины двух рядов посева. Например, если посева кормовой свеклы имеются ширину междурядья 45 см, одна учетная площадь составит 2 п. м × 90 см, при этом мерную ленту следует устанавливать таким образом, чтобы учет урожая проводили с двух рядков сразу на 2 м погонных в длину.

Для кормовых культур с узкорядным севом (7,5 см, 15 см, 20 см) учетная площадь отбивается в одном направлении сева и равна 1 м² в 4–8-микратной повторности.

Конечные результаты урожайности, полученные укосным методом, выражают в кормовых единицах, позволяющих сравнить питательность различных кормов.

Методические указания. Используя мерную рамку, выполните учет надземной фитомассы луга в 4-кратной повторности. Взвесьте, и запишите в таблицу 14.

В стеклянные или алюминиевые бюксы соответствующих размеров поместите измельченную массу, и поставьте в сушильный шкаф при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ на 6–8 ч, охладите и взвесьте.

После сушки бюкс закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры. Взвешивание пустого бюкса, навески пробы, а также бюкса с высушенной навеской проводят с точностью $+0,01$ г.

Пробы повторно подсушивают в течение 1 ч и после охлаждения снова взвешивают. Массу считают постоянной, если разница между первым и вторым взвешиваниями высушенной и охлажденной пробы не превышает 0,5 % массы высушенной пробы.

Бюкс с испытуемой пробой повторно помещают в сушильный шкаф. Крышку снимают и ставят рядом, или одевают на дно бюкса. Высушивание проводят при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 2–3 ч.

Массовую долю сухого вещества y , %, в испытуемой пробе вычисляют по формуле

$$y = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * 100$$

где m_1 – масса бюкса (при определении содержания сухого вещества в корнеплодах и клубнеплодах, а также жидких и пастообразных кормах)г; m_2 – масса бюкса с пробой до высушивания, г; m_3 – масса бюкса с пробой после высушивания, г; 100 – коэффициент пересчета в проценты.

За окончательный результат определения принимают среднеарифметическое значение параллельных определений массовой доли сухого вещества, полученных в условиях повторяемости (таблица 14).

Следуя алгоритму, приведенному в теоретической части, определите урожайность.

Например, вес зеленой массы с 4-х учетных площадей составил: 15, 12, 13, 14 кг/2,5 м². Сначала определяется среднее числовое значение:

$$15+12+13+14=54 \text{ кг} / 4 = \text{ср. } 13,5 \text{ кг}$$

Далее проводят пересчет зеленой массы на 1 га:

$$1 \text{ га} = 10\,000 \text{ м}^2$$

$$\frac{X - 10\,000 \text{ м}^2}{13,5 \text{ кг} - 2,5 \text{ м}^2}$$

$X = (13,5 * 10\,000) / 2,5 = 54\,000 \text{ кг} = 54 \text{ т/га}$ зелёной массы (влажность 100%).

Таблица 14 – Определение урожайности зеленой массы (ЗМ) и абсолютно сухого вещества (АСВ) укосным методом

Вариант	Учетная S, м ²	Вес з/м с уч. S, кг	Вес ЗМ с га, ц/га	№ бьюкса	Вес ЗМ с бьюксом, г	Вес ЗМ после сушки с бьюксом, г	Вес СВ без бьюкс, г	Вес пустого бьюкса, г	% СВ без бьюкса, г	Вес ЗМ без бьюкса, г	Среднее, %	Урожай АСВ, ц/га
<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	$z = \frac{(в * 10\ 000)}{б}$	<i>д</i>	<i>e</i>	<i>ж</i>	$з = ж - и$	<i>и</i>	$к = \frac{з * 100}{л}$	<i>л</i>	<i>м</i>	$н = \frac{з * м}{100}$
Агрофитоценоз люцерны изменчивой четвертого года пользования (I цикл скашивания)												
<i>пример</i>	5,25	2,250	42,8	5870 5866 5858	40,8 41,9 42,1	33,1 33,6 33,2	2,7 2,8 2,7	30,4 30,8 30,5	25,9 25,2 23,2	10,4 11,1 11,6	24,7	10,5
1	5,25	1,550		6000 5753 5784	42,0 41,2 41,2	33,9 33,2 33,6		31,0 30,9 31,0				
2	5,25	2,800		5880 5906 5963	42,5 41,9 41,4	33,9 33,9 33,8		31,0 31,2 31,1				
3	5,25	1,900		5913 5910 4331	39,8 42,0 40,7	33,0 34,2 33,5		30,8 31,4 30,8				
Естественные кормовые угодья (II цикл скашивания)												
4	2,5	0,86		Я5707 243 241	27,8 23, 22,6	21,3 16,9 17,0		18,7 14,3 14,7				
5	2,5	0,92		Я5954 Я5715 037	34,8 28,9 26,8	26,0 22,2 18,7		18,7 18,7 14,4				
6	2,5	1,25		242 387 345	21,5 23,2 24,6	16,0 17,7 17,9		13,4 15,0 14,6				
7	2,5	0,76		064 294 Я5826	22,1 22,9 27,3	16,9 16,8 21,6		14,7 14,3 19,2				

Например, необходимо определить возможные объемы сена исходя из урожайности луга. Влажность сена 17 %. Для определения урожайности сена поставляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 54\ 000 - 100\ \% \\ X - 17\ \% \end{array}$$

$$X = 17 \cdot 54000 / 100 = 9,18 \text{ т/га.}$$

Урожайность луга составляет: 54 т/га – зеленой массы или 9,18 т/га – сена.

К среднеарифметическому значению содержания сухого вещества в силосованных и зеленых кормах вносят поправки на потери летучих веществ в процессе сушки.

При этом содержание сухого вещества рассчитывают по формулам:

$$СВ_k = 0,96 СВ + 2,22 \text{ (для силоса из кукурузы),}$$

$$СВ_k = 0,975 СВ + 2,08 \text{ (для других видов силоса),}$$

$$СВ_k = СВ + 0,66 \text{ (для зеленых кормов),}$$

где СВ_к – значение содержания сухого вещества, скорректированного с учетом потерь летучих веществ, %; СВ – значение содержания сухого вещества, установленного посредством анализа, % [11].

Для закрепления полученных навыков, определите урожайность надземной фитомассы кормовых угодий согласно варианту, представленному в таблице 14. При определении зеленой массы на 1 га (столбец 4) обратите внимание, что числовые значения записывают в ц/га.

После определения абсолютно-сухого вещества урожайность следует выразить в кормовых единицах.

По результатам выполненного задания написать вывод, в котором будет отображены: тип кормового угодья, урожайность зеленых кормов – зеленой массы с 1 га, урожайность абсолютно сухого вещества и сбор кормовых единиц в 1 га.

Вопросы самоконтроля:

1. Расскажите о существующих методах учета урожайности кормовых угодий?
2. Почему урожайность выражают в абсолютно-сухом веществе?
3. Может ли учетная площадь быть больше или меньше 2,5 м²?
4. Какое лабораторное оборудование необходимо для определения абсолютно сухого вещества?

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Особенность курса заключается не только в его теоретической, но и практической направленности. Методическая модель преподавания дисциплины основана на проведении еженедельного контроля текущей успеваемости обучающегося.

К текущей аттестации относится защита практических и лабораторных работ. Оценка результатов выполнения задания по каждой работе производится при представлении выполненной студентом работы. Выполнять работы следует придерживаясь алгоритма решения, представленного в учебно-методическом пособии. Студент, выполнивший задание получает оценку «зачтено». Методические указания по выполнению практических заданий и лабораторной работы изложены в п. 2 настоящего пособия.

Для прохождения текущей аттестации студент должен показать набор знаний, необходимых для системного взгляда на изучаемый объект и в состоянии решить поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом.

Оценка является экспертной и зависит от уровня освоения студентом практического материала (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на вопросы) (таблица 15).

Таблица 15 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
Критерий	«незачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«незачтено»	«зачтено»		
	состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	задачи	информацию в рамках поставленной задачи	новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, получившие положительную оценку по результатам лабораторного практикума и практических занятий и защитившие курсовой проект.

4 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

При организации самостоятельной внеаудиторной работы обучающегося и написании курсового проекта, подготовке к аттестациям, предлагается использовать «Список рекомендуемой литературы для самостоятельной работы»:

1. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Е. А. Устименко, Е. В. Голосной, А. Н. Есаулко [и др.]. – Ставрополь: СтГАУ, 2021. – 222 с. – ISBN 978-5-9596-1806-3. – Текст: электронный (ЭБС «Лань»).

2. Планирование производства: учеб. пособие / составитель Т. В. Полякова. – Новосибирск: НГАУ, 2018. – 162 с. – Текст: электронный (ЭБС «Лань»).

3. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур: учебное пособие / А.И. Трубилин, Г.Ф. Петрик, А.Г. Прущников. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 95 с. – ISBN 978-5-000977-382-0.

4. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / Е. А. Устименко, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной [и др.]. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2019. – 178 с.

5. Можаяев, И. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / И. Можаяев, Н. Серинкаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с. – ISBN 978-601-271-105-9.

Локальный электронный методический материал

Татьяна Николаевна Троян
Светлана Анатольевна Терещенко

ПЛАНИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 2,8. Печ. л. 2,5.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
236022, Калининград, Советский проспект, 1