

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Романчук Иван Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 14.01.2026 16:55:18
Уникальный программный ключ:
6319edc2b582ffdacea443f01d5779368d0957a234f5cd074d811815304524f9

ФГБОУ ВО

« Государственный аграрный университет

Северного Зауралья»

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ
«Об образовании в Российской Федерации» ТюмГУ является
правопреемником ГАУ Северного Зауралья и продолжает
реализовывать образовательные программы по соответствующим
видам, уровням и условиям обучения, в том числе с сохранением
всех существующих форм и условий обучения.

ШАХОВА О.А., ЯКУБЫШИНА Л.И.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Учебное пособие

Тюмень

2018

УДК 631:633

ББК 41.47

Ш 32

Рецензенты:

Белкина Раиса Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Сапега Валерий Антонович – доктор биологических наук, профессор кафедры Техносферная безопасность Тюменский индустриальный университет

Авторы:

Шахова Ольга Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры Земледелия ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Якубышина Людмила Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Ш32 Шахова О.А. Программирование урожая сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / Шахова О.А., Якубышина Л.И. – Тюмень: ИД «Титул», 2018. – 96 с.

ISBN 978-5-98249-098-8

В пособии описаны теоретические аспекты программирования урожая; изложены методики расчётов потенциальной, действительно возможной и программированной урожайности сельскохозяйственных культур. Предназначено для специалистов АПК, научных сотрудников, магистрантов и студентов профильных ВУЗов.

Печатается по решению Методической комиссии Агротехнологического института ФГБОУ ВО «Государственного аграрного университета Северного Зауралья» протокол №3 от 20 ноября 2018 г.

© ГАУ Северного Зауралья, 2018

© Шахова О.А., Якубышина Л.И., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Программирование урожаев – составная часть технологии выращивания сельскохозяйственных культур	7
1.1. Программирование урожаев и саморегуляция посева	7
1.2. Структура программирования урожая	8
1.3. Основные принципы программирования урожаев	13
1.4. Посев как объект управления и его моделирование	17
1.5. Организация программирования урожаев	19
2. Методы контроля и анализа продуктивности посевов при программировании урожаев	22
2.1. Биологический контроль по Ф.М. Куперман	22
2.2. Морфологический контроль по Н.И. Федорову	23
2.3. Применение корреляционного анализа для выявления факторов минимума в процессе вегетации растений	25
2.4. Применение индексного метода для оценки отклонения урожая от программы	29
3. Потенциальная урожайность и её определение	34
4. Действительно возможная урожайность и её определение	38
4.1. Определение действительно возможной урожайности по влагообеспеченности	38
4.2. Определение действительно возможной урожайности по тепловым ресурсам	39
4.3. Определение действительно возможной урожайности по плодородию	41
4.4. Определение действительно возможной урожайности по содержанию питательных веществ в почве	42
4.5. Определение действительно возможной урожайности по урожаю предшественников	45
5. Агротехнические основы и практические приёмы программирования урожая	47
6. Обоснование плановой урожайности сельскохозяйственных культур	54
7. Составление современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур	57
Примеры тестовых заданий для контроля знаний	61
Задачи тестового уровня	66
Индивидуальные задания	71
Глоссарий	77
Библиографический список	83
Приложения	85

ВВЕДЕНИЕ

Программирование – это комплекс взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение урожая заданной величины.

Рождению раздела науки программирования урожаев предшествовали многолетние экспериментальные исследования по фотосинтезу, минеральному питанию, водному режиму и продуктивности культурных растений. В основу программирования урожаев положен метод баланса основных факторов жизни растений (солнечная радиация, влага, тепло, элементы питания, кислород, углекислый газ). Программирование урожаев исходит из принципа определения реально возможного урожая и разработки интенсивной технологии, обеспечивающей получение расчетной величины и высокого качества урожая (Р.И. Смирнова, 1987).

Получение программированного урожая включает несколько этапов:

1. Расчет реального урожая с учетом биологических особенностей культуры, данных о природных ресурсах (плодородие почвы, приход солнечной радиации, осадки, тепло и т.д.)
2. Реализация разработанной программы в производстве. Контроль за выполнением этой программы и управление ею с помощью биологического контроля за ходом формирования урожая.
3. Сравнение фактически полученных урожаев с запрограммированными; выявление факторов, лимитирующих получение заданной величины и качество урожая в конкретных условиях года.

Разработка получения расчетной урожайности предусматривает определение ряда величин и понятий реальной урожайности (Х.Т. Тооминг, 1978):

- потенциальная урожайность (ПУ), которую можно получить в идеальных метеорологических условиях и при соблюдении технологии

возделывания, зависит от прихода и процента использования фотосинтетически активной радиации (ФАР);

- при программировании нельзя ориентироваться на уровень ПУ, так как всегда какой-то фактор находится в минимуме, поэтому выделяют действительно возможную урожайность (ДВУ), которую можно получить в существующих погодных условиях при достаточно высокой технологии возделывания;
- урожайность в производстве (УП) – уровень фактической урожайности, обеспечиваемый в условиях производства при соблюдении рекомендуемой технологии возделывания для зерновых культур. Урожайность в производстве часто ниже ДВУ по причине неудовлетворительных прогнозов погоды, повреждения растений болезнями и вредителями.

Содержание учебного пособия соответствует программам дисциплин «Растениеводство» по направлению 35.03.04 «Агрономия», «Производство продукции растениеводства» по направлению 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (уровень высшего образования бакалавриат) и «Программирование урожая» по направлению 35.04.04 «Агрономия» (уровень высшего образования магистратура).

В пособии описаны теоретические аспекты программирования урожая; изложены методики расчётов потенциальной, действительно возможной и программированной урожайности сельскохозяйственных культур; дан перечень необходимых для их проведения справочных материалов; приведен глоссарий и задания для закрепления пройденного материала.

1. ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ – СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

1.1. Программирование урожаев и саморегуляция посева

Для программирования необходимо установить, как природа «программирует» урожай через приспособление растений к условиям окружающей среды, которое иначе называется саморегуляция посева (Е.П. Денисов, А.К. Юфин, 1984).

В процессе эволюции растений выработались два принципа саморегуляции:

1. избыточности действия заключается в том, что растения способны запасать значительно большее количество питательных веществ и морфологических элементов (цветки, почки), чем их используется при формировании урожая, то есть механизм саморегуляции растений предстоящую случайность неблагоприятных факторов внешней среды компенсирует избыточностью действия. Например, пшеница закладывает в колос в 3-4 раза больше цветков, чем реализуется в урожае;
2. обратной связи основан на том, что растения при неблагоприятном воздействии окружающей среды перестраивают свою структуру или изменяют течение физиологических процессов так, чтобы отрицательное внешнее воздействие стало наименьшим или было полностью ликвидировано. Например, при чрезмерно высокой температуре в дневные часы для уменьшения транспирации устьица на листьях прикрываются, а при недостатке влаги в растении повышается концентрация клеточного сока, увеличивается водоудерживающая способность и тем самым снижается потеря воды.

Принципы избыточности действия и обратной связи взаимно дополняют друг друга: чем больше избыточность, тем меньше необходимости в обратной связи, и наоборот. Каждый из этих принципов имеет свои преимущества и недостатки. С одной стороны, избыточность влечет за собой нерациональный перерасход внутренних ресурсов растений, с другой – повышает жизнеспособность организма в окружающей среде, то есть избыточность и продуктивность посева обратно пропорциональны: чем выше избыточность, тем ниже урожайность культур. Дикие растительные формы обладают значительной избыточностью в приспособлении к неблагоприятным условиям (засухоустойчивость, морозоустойчивость и др.) Однако продуктивность их намного ниже, чем у культурных растений. Дикая яблоня менее урожайна, чем культурные сорта, а качество их плодов несравнимо.

Преимущество обратной связи состоит в том, что действие её всегда согласуется с конкретной ситуацией на поле. Недостаток её обусловлен несколько замедленной перестройкой структуры растения на изменения факторов внешней среды, что связано с некоторой потерей продуктивности культуры.

Таким образом, для реализации высокой продуктивности культурного растения необходимо искусственно уменьшить степень неопределенности изменения факторов внешней среды и совершенствовать механизм избыточности и обратной связи, то есть разработать систему программирования урожая.

1.2. Структура программирования урожая

Для уменьшения неопределенности случайного изменения факторов внешней среды надо лучше знать процессы формирования урожая и иметь точные сведения об окружающей среде, погодно-климатических и почвенных условиях. Достоверность информации о каком-либо

определённом состоянии растений в будущем зависит от промежутка времени между моментом получения сведений и наступлением такого состояния.

Важно сократить до минимума этот промежуток времени, чтобы информация была точной и чтобы успеть принять меры для обеспечения нормального технологического процесса.

Структуру системы программирования урожая надо согласовывать с динамикой случайного изменения факторов внешней среды, которые подразделяются на долго-, средне- и краткосрочные.

К долгосрочным относят факторы с замедленной динамикой (потенциальное плодородие почвы, мелиоративное состояние земель, степень засоренности посева, распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и др.); к среднесрочным – водно-физические свойства пахотного слоя, наличие фосфора, калия, микроэлементов в почве и т.д.; к краткосрочным – содержание азота и влаги в почве, изменение погодных условий и т.п.

Академиком ВАСХНИЛ И.С. Шатиловым совместно с Агрофизическим научно-исследовательским институтом предложена следующая классификация решений по управлению указанными факторами:

- проектные, или перспективно-проектные, последствия которых сказываются в течение нескольких лет (экологический, или стратегический уровень);
- плановые, которые реализуются в процессах, развивающихся около одного года (ценотический, или тактический уровень);
- оперативные, затрагивающие процессы, охватывающие отдельные периоды вегетации (морфологический уровень).

Решения по управлению долгосрочными факторами принимаются на стратегическом уровне программирования. Их последствие сводится к оценке отдельных прогрессивных технологий в системе севооборота.

Влияние существующей технологии при принятом чередовании культур на динамику гумуса в почве, содержание доступных для растений элементов питания, засоренность полей, мелиоративное состояние орошаемой площади под севооборотом определяют при помощи математических методов и назначают коренное улучшение плодородия и агромелиоративного состояния орошаемых земель.

Управление среднесрочными факторами внешней среды и выбор режимов проведения агроприемов с оптимальной избыточностью устанавливают на тактическом уровне. Сюда относятся: подбор сортов, создание оптимальной плотности пахотного слоя, заправка почвы на весь вегетационный период фосфором, калием, микроэлементами, то есть питательными веществами, способными длительное время без непроизводительных потерь удерживаться в почве и впоследствии использоваться растением.

Вопросы по управлению краткосрочными факторами рассматриваются на оперативном уровне. Работа сводится к корректировке режимов проведения агроприёмов по принципу обратной связи.

При полном решении указанных задач на первых двух уровнях на оперативном уровне остается осуществить мероприятия, которые нельзя выполнить заранее, например, регулирование водного режима, азотного питания и др. Такая структура со множеством уровней в системе программирования урожаев обеспечивает минимальную избыточность и наименьшие потери эффекта обратной связи в технологическом процессе формирования сельскохозяйственных культур, обусловленные объективной случайностью факторов внешней среды.

Для уменьшения субъективной неопределенности на каждом уровне программирования предусмотрена циклическая структура. Она заключается в прерывности программирования, то есть его осуществляют по циклам ситуационного управления, выполняемым в определенные моменты времени. Цикл ситуационного управления состоит из следующих стадий:

1. Контроль – оценка различия между нормируемыми и фактическими значениями параметров роста растений и окружающей среды (наблюдения за приростом биомассы, высоты, площади листовой поверхности, влажностью почвы и воздуха, температурой и др.). Задача контроля состоит в определении этих параметров и в оценке отклика растений продуктивностью на факторы жизнеобеспечения, находящихся в минимуме. В настоящее время наиболее распространены следующие методы контроля за ростом растения – метод пробного снопа, биологический контроль по Ф.М. Куперман, морфологический контроль по Н.И. Федорову, агрохимические методы контроля за питательным и водными режимами, за плотностью почвы и др. Если в результате выявлены существенные отклонения от программы, то переходят к диагностике состояния посева.

2. Диагностика состояния посева – установление соответствия между указанными различиями и причинами, его вызывающими, чаще всего факторами, находящимися в минимуме (закон лимитирующих факторов – закон Либиха). При осуществлении диагностики должна быть получена оценка лимитирования факторов внешней среды в формировании урожая.

На экологическом (стратегическом) уровне внешние факторы анализируются в системе с агротехникой растений. Включение или исключение какого-либо агроприёма приводит к изменению влияния всех факторов среды на продуктивность посева. Оценивают этот приём и решают, насколько целесообразно его использовать в конкретных условиях.

На ценотическом (тактическом) уровне факторы окружающей среды рассматривают в комплексе с режимом проведения конкретного агроприёма, изменение которого влечет за собой корректировку программы формирования урожая сельскохозяйственной культуры.

На оперативном уровне фактор внешней среды сопрягают с агротехническим приёмом (нормы и сроки его осуществления) с морфолого-физиологическим состоянием посева (характеристика фенофаз и этапов

органогенеза). Изменение фактора внешней среды приводит к изменению сроков и норм проведения агроприёма, что повлечет за собой изменение определенного элемента продуктивности урожая.

Диагностика позволяет использовать дополнительные приёмы, не предусмотренные программой.

На стадии диагностики при анализе влияния факторов внешней среды на продуктивность посева в качестве объекта наблюдения на экологическом уровне выступает система земледелия, которая характеризуется определённым набором приёмов технологии возделывания сельскохозяйственных культур. На тактическом уровне анализируют конкретную программу формирования урожая применительно к какому-либо классу погодных условий по тепло- и влагообеспеченности. На оперативном уровне изучают влияние факторов внешней среды на морфолого-физическое состояние посева в конкретной ситуации.

Результаты диагностики учитывают при предсказывании урожая. Конечная цель предсказания – не простое угадывание, а выбор правильного решения по управлению процессами формирования урожая в определенный момент на основе оценки сложившихся ситуаций.

3. Регулирование – выполнение наиболее предпочтительных во временной последовательности мероприятий, обеспечивающих заданное состояние посева. Системе управления ростом и развитием растений присуще комплексное регулирование, характер которого зависит от организации технологического процесса, биологических особенностей сельскохозяйственных культур; природно-климатических условий района, а также от совершенства организации и структуры управления сельскохозяйственным производством. Регулирование – главный завершающий этап в цикле управления, все остальные операции – подготовительные и вспомогательные. Полнота их и завершенность обусловлены характером воздействий на этапе регулирования. Эти

воздействия (обработка почвы, внесение удобрений, поливы, борьба с вредителями, болезнями, сорняками и др.) комплексные и вызывают существенные изменения факторов условий жизни растений. В зависимости от динамики изменения делят на три вида (И.С. Шатилов, М.К. Каюмов, Н.Ф. Бондаренко, Е.Е. Жуковский, С.В. Нерпин, Р.А. Полуэктов, 1978):

- изменения под влиянием приёмов с длительным последствием;
- изменения, возникающие в результате применения приёмов, обладающих средним по длительности последствием;
- быстрые изменения под влиянием приёмов с коротким последствием.

Приёмы с длительным последствием (выбор культур для посева, мероприятия против засоления, заболачивания увлажняемых земель и эрозии почвы, выравнивание поверхности орошаемых участков, внесение заправочных доз органических и минеральных удобрений, правильное чередование культур и др.) относят к экологическому или стратегическому регулированию. Они влияют в основном на факторы, ограничивающие потенциальные возможности посевов.

Приёмы со средним по продолжительности последствием (влагозарядка, основная обработка почвы, весеннее внесение удобрений, предпосевная культивация и др.) относятся к тактическому или тактическому регулированию.

К оперативному регулированию принадлежат приёмы с кратковременным регулированием (поливы, подкормки, междурядная культивация, щелевание, окучивание, подкашивание).

Такое деление относительно. В различных случаях одно и то же воздействие в зависимости от характера применяемых средств может относиться к разным уровням регулирования. Например, плантажная вспашка обладает длительным последствием, а обычная – средним и т.д.

1.3 Основные принципы программирования урожая

Структура программирования урожая основана на принципах, сформированных академиком ВАСХНИЛ И.С. Шатиловым.

1. Определение биологически возможного урожая в данной местности по коэффициенту использования растениями фотосинтетически активной радиации (ФАР).

Поглощая солнечную энергию, растения в процессе фотосинтеза преобразуют её в химическую. От интенсивности, продолжительности фотосинтеза и коэффициента использования солнечной энергии растениями зависит величина накопления органической массы и урожая.

2. Определение гидротермического показателя продуктивности фитомассы для конкретного района возделывания сельскохозяйственных культур.

Среднегодовое количество влаги, радиационный баланс, продолжительность сезона вегетации или суммы температур позволяют установить биогидротермический потенциал или биологическую продуктивность пашни.

3. Выявление потенциальных возможностей культуры или сорта, применительно к почвенно-климатическим условиям.

Высокорослые культуры (кукуруза, сорго, подсолнечник и др.) лучше поглощают солнечную энергию, значит, более продуктивны, чем растения с розеточным расположением листьев. Поэтому надо использовать такие культуры и сорта, которые способны аккумулировать значительное количество солнечной энергии.

4. Создание на поле фотосинтетического потенциала, соответствующего уровню урожая.

Высокие урожаи возможны только при условии формирования растениями определенной фотосинтетической поверхности

(фотосинтетического потенциала). Например, для получения 3 кг зерна необходимо 1000 единиц фотосинтетического потенциала.

5. Правильное применение основных законов и закономерностей земледелия.

Биологические потребности растения должны быть строго согласованы с условиями выращивания, что возможно только при правильном применении всех законов и закономерностей земледелия, знание которых обязательно для специалистов сельского хозяйства:

- оптимум факторов – растение должно быть обеспечено всеми факторами в оптимальных количествах;
- равнозначность и незаменимость факторов – нельзя один жизненно важный фактор заменить другим (воду – теплом, солнечную энергию – минеральным питанием и т.д.);
- лимитирующий фактор – величину урожая определяет тот фактор, который находится в минимуме;
- взаимодействие факторов – совокупность действия факторов на растения всегда эффективнее, чем сумма эффектов от отдельных факторов;
- возврат – питательные вещества, потребленные растением из почвы для формирования урожая, необходимо возвращать в почву ежегодно с удобрениями;
- физиологические часы – при подборе культур для определенной зоны надо учитывать реакцию растений на длину светового дня;
- плодосмен – чередование культур по полям севооборота всегда способствует повышению урожая;
- регулярная система – необходимо учитывать такую особенность растений, как непрерывное реагирование замедлением или усилением роста на условия внешней среды, и на основе этого правильно проводить районирование возделываемых культур и сортов.

6. Разработка научно обоснованной системы удобрений с учётом плодородия почвы и потребности растений в питательных веществах.

Удобрение – мощный фактор повышения урожаев сельскохозяйственных культур.

7. Широкое применение сортовой агротехники.

Для получения запрограммированных урожаев необходимо строго и четко выполнять все агротехнические мероприятия (качественную обработку почвы, сроки и густоту посева, уход за посевами и др.) исходя из требований сорта.

8. Обеспечение потребности культуры в воде, особенно в орошаемом земледелии.

Оптимальная влажность почвы в каждую фазу развития растений значительно влияет на формирование запрограммированных урожаев.

9. Выращивание здоровых растений, исключение повреждения культур и поражения болезнями за счёт проведения эффективных мер борьбы с ними.

10. Широкое использование математических методов моделирования продукционного процесса для более точного определения оптимального варианта воздействия на посев в полевых условиях.

При программировании урожаев нельзя упускать из вида ни одного основного фактора жизнедеятельности растений. Недоучёт каждого из них непременно приведет к снижению урожая. Комплексный учёт всех факторов и их взаимосвязей при выращивании запрограммированных урожаев невозможен без математики и моделирования.

Ученик И.С. Шатилова М.К. Каюмов (1989), основываясь на взаимосвязи роста растений с факторами внешней среды, сформулировал в новой редакции шесть принципов программирования урожаев, которые имеют определенную практическую значимость:

1. Физиологические принципы – формирование посевов с оптимальными показателями площади листьев, фотосинтетического потенциала (ФП), чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), обеспечивающих получение максимально возможного урожая в конкретных почвенно-климатических условиях.
2. Биологические принципы связаны с оптимизацией водного, воздушного, теплового и пищевого режимов почвы, что особенно успешно осуществляется в теплицах, камерах искусственного климата и др. В естественных условиях регулируют отдельные факторы или группу факторов, которые показывают наибольшее влияние на продуктивность сортов (в частности, тепловые мелиорации, гребневые посадки картофеля и посевы кукурузы, импульсное орошение и др.).
3. Агрохимические принципы предусматривают обоснование экологически оправданных доз удобрения с учётом эффективного плодородия, выноса питательных веществ с урожаем, повышение окупаемости каждой единицы удобрений за счет лучшего способа их внесения: локального, ленточного, прикорневого и др.
4. Агрофизические принципы – оптимизация физических и химических свойств почвы (плотность, удельное сопротивление, пористость, влажность, влагоёмкость, водопроницаемость, теплоёмкость и др.)
5. Агрометеорологические принципы – рациональное использование климатических показателей для обоснования продуктивности посевов, прогнозирования условий в течение вегетационного периода и др.
6. Агротехнические принципы заключаются в разработке и внедрении оптимальных для конкретных условий технологий возделывания культуры, обеспечивающих своевременное и высококачественное проведение всего комплекса работ с учётом биологических особенностей культуры, сорта и почвенно-климатических условий региона.

1.4 Посев как объект управления и его моделирование

Объектом исследования и управления при программировании урожая служат посевы сельскохозяйственных культур и экологическая среда, окружающая их. В отличие от всех технических систем, для которых более или менее полно разработаны теория управления, посев представляет собой сложный живой объект.

Человек, занимаясь земледелием, формирует искусственные биоценозы (агроббиоценозы). Саморегуляция у них во многом изменяется, разрывается целостность цепи естественных ценотических связей, нарушается обмен энергией, то есть с территории агроббиоценоза отторгается большая часть синтезированной биомассы, что приводит к обеднению почвы минеральными элементами питания и органическим веществом. Продуктивность агроббиоценоза намного выше естественных биоценозов.

Сам агроббиоценоз возобновляться не может. Для этого нужна целесообразная деятельность человека, создающая условия сохранения его равновесия (обработка почвы, внесение удобрений, борьба с сорняками, посев, орошение и др.).

Выявление разрушенных связей и влияние последствий их на агроббиоценоз связаны с необходимостью устанавливать одновременно взаимосвязи очень многих факторов, а это сопряжено со значительными трудностями. Иные свойства нередко с трудом обнаруживаются непосредственно в процессе или явлении, происходящим в биоценозе. При объяснении явлений используют метод аналогии (сходства). Усовершенствование, усложнение этого метода и есть моделирование. Модель – это искусственный объект природы в агроббиоценозе или в отдельных его составных частях. Создание моделей, отражающих недостающие связи в агроббиоценозе и способствующих определению целесообразной деятельности человека, помогает полнее выявлять

взаимосвязи всех природных факторов и взаимосвязи на объекте. При этом применимы все виды моделей.

Программирование урожая сельскохозяйственных культур базируется непосредственно на применении математических методов, на построении математических моделей и решении на них различных задач управления формированием урожая.

Благодаря моделированию можно исследовать агробиоценозы в любых условиях. Параметры агробиоценоза и окружающей среды сильно изменяются и очень часто не реализуются в полевых опытах. Моделирование позволяет сокращать время на разработку проектов, избегать ошибок в планировании и т.д. К тому же агрономические опыты, требующие для своего осуществления годы, на компьютере могут быть смоделированы в минуты и часы.

Всю систему происходящих в агробиоценозе процессов обычно представляют в виде блочной иерархической структуры (Нарушев, 2014). Выделяются биотический и абиотический блоки. Среди биотических процессов выделяют в отдельные блоки рост и развитие посева, функционирование почвенной микрофлоры, развитие энтомофауны, развитие болезней сельскохозяйственных культур, взаимодействие посева с сорняками и др. Абиотические блоки включают в себя модели, описывающие формирование теплового, водного режима почвы, концентрации и передвижения биогенных и токсических солей, различных остатков распада пестицидов, ростовых веществ и метаболитов в почве, концентрации углекислого газа в посевах. Блочная структура позволяет изучать, изменять и детализировать одни блоки, не меняя других. Как правило, число параметров внутри блоков существенно больше числа параметров, которыми блоки соединяются между собой. На основе блоков синтезируются целостные динамические модели, способные прогнозировать изменение во времени ряда характерных параметров растений, в первую очередь биомассу всего

растения и отдельных органов, начиная от всходов (иногда от момента посева) до завершения вегетации (созревания). Первые такие модели были разработаны коллективом американских авторов (SPAM - Soil-Plant-Atmosphere Model, Schaweroft et.al., 1974) и де Витом и его группой (BESCROP - Basic Crop Simulation, De Wit, 1978). В настоящее время имеется несколько десятков такого типа моделей формирования урожая, разработанных с разной степенью детализации для сои, пшеницы, многолетних трав, кукурузы, хлопчатника и других культур.

1.5 Организация программирования урожая

Программирование урожая связано с решением широкого круга задач организации сельскохозяйственного производства на разных уровнях: в сельскохозяйственных предприятиях, районе, области и т.д.

Для программирования урожая в условиях различной степени обеспеченности ресурсами необходима следующая информация:

- о погоде из государственных учреждений метеослужбы;
- о фондах минеральных удобрений, химических средств защиты, изменении плодородия почвы – из учреждений агрохимической службы и службы защиты растений;
- о потенциальных возможностях перспективных сортов (по данным Государственной сортоиспытательной сети);
- о наличии семеноводческих фондов (по сведениям семеноводческих хозяйств).

При программировании урожайности необходимо выполнить три основных этапа:

Первый этап – установление для определенной почвенно-климатической зоны лимитирующего комплекса факторов и обоснование возможного урожая на основе его моделирования.

Второй этап – разработка комплекса соответствующих агротехнических мероприятий с выбором конкретных количественных критериев эффективности производства (максимально возможная урожайность, максимальный доход или минимальные затраты для получения заданной урожайности).

Третий этап – обеспечение оперативных наблюдений за фондом формирования урожая и внесения уточнений в систему запланированных агротехнических мероприятий в соответствии со складывающимся агрометеоположением.

Контрольные вопросы:

1. Теоретические основы программирования.
2. Величины и понятия реальной урожайности.
3. Факторы изменения внешней среды.
4. Классификация решений по управлению факторами изменения внешней среды.
5. Классификация изменений факторов условий жизни растений.
6. Цикл ситуационных управлений программирования.
7. Принципы программирования урожайности в формулировке И.С. Шатилова.
8. Принципы программирования урожайности в формулировке М.К. Каюмова.
9. Моделирование как способ управления посевами сельскохозяйственных культур.
10. Этапы программирования урожайности.

2. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ УРОЖАЕВ

2.1. Биологический контроль по Ф.М. Куперман

Метод биологического контроля заключается в наблюдении за развитием и ростом конуса нарастания растения. Для препарирования конуса нарастания на ранних этапах развития необходима препаровальная игла, бинокулярная или простая лупа (Е.П. Денисов, А.К. Юфин, 1984). На более поздних этапах, начиная с дифференциации зачаточного колоса или метелки, конус нарастания хорошо виден и невооруженным глазом.

Фенологические наблюдения (за сороками фенофаз) не отражают всего хода формирования органов растений, особенно в межфазные периоды. Для успешного применения в программировании этого метода необходимо хорошо ознакомиться с этапами органогенеза высеваемых культур.

Все растения в своем развитии проходят 12 этапов органогенеза. На каждом из них протекают процессы образования определенных органов:

I. В набухшем от влаги семени начинается активное образование зародышевых органов. При прорастании зерновки трогается в рост главный зародышевый корешок. Через сутки двое появляются зародышевые корни. Конус нарастания (точка роста) недифференцированный. Этап завершается прорастанием семени. Элементы продуктивности — полевая всхожесть и густота стояния растений.

II. Дифференциация основания конуса нарастания на зачаточные узлы, междоузлия и стеблевые листья. Элементы продуктивности — высота и число листьев, коэффициент кущения.

III. Вытягивание и сегментация конуса нарастания — зачаточной оси колоса. С началом кущения образуются вторичные (узловые) корни. Элемент продуктивности — число члеников колосового стержня.

IV. Формирование колосковых бугорков (конуса нарастания второго порядка). Растут нижние междоузлия. Элемент продуктивности — число колосков в колосе.

V. Формирование цветков и колосков. Первыми начинают дифференцироваться колосковые бугорки средней части колоса. На этом этапе окончательно определяется потенциально возможное для сорта число цветков в колосках.

VI. Формирование пыльниковых мешков и завязи пестика. Идет рост тычинок, пестика и покровных органов цветка. Усиленно растут средние междоузлия. Элемент продуктивности — число цветков в колосках.

VII. Завершение процесса формирования пыльцы. Усиливается рост тычиночных нитей. Начинается интенсивный рост члеников соцветия и покровных органов цветка, а также верхних междоузлий. Элементы продуктивности — фертильность цветков, плотность колоса.

VIII. Завершается процесс формирования всех органов соцветия и цветка. Усиленно растет самое длинное верхнее междоузлие. Элементы продуктивности — фертильность цветков, плотность колоса.

IX. Цветение, оплодотворение, образование зиготы. Рост междоузлий стебля прекращается. Элемент продуктивности — озернённость колоса.

X. Формирование зерновки. К концу этапа зерновки достигают типичных для сорта размеров по длине. Элемент продуктивности — величина зерновки.

XI. Накопление питательных веществ в зерновках (налив), идет их рост в толщину и ширину. Элемент продуктивности — величина зерновки.

XII. Рост зерновки прекращается, наступают восковая и полная спелость. Накопленные в зернах питательные вещества превращаются в запасные. Элемент продуктивности — масса зерновки.

2.2 Морфологический контроль по Н.И. Федорову

Морфологический контроль за ростом стебля растения можно осуществлять, наблюдая за формированием листового ряда на основе тесной взаимосвязи между ростом междоузлия и листьев.

Для яровой пшеницы по окончании роста первого листа все междоузлия, за исключением первого, находятся в состоянии покоя. При завершении роста второго листа заканчивается растяжение клеток во втором междоузлии. В конце роста третьего листа интеркалярно растут третье и четвертое междоузлие. Интеркалярный (вставочный) рост пятого, шестого и седьмого междоузлий происходит по окончании роста пятого листа, восьмого междоузлия – при затухании роста шестого листа.

За развитием узловых корней разных ярусов можно судить по окончанию роста листьев главного побега.

Завершается рост третьего листа яровой пшеницы появлением корней первого яруса, четвертого – второго яруса, пятого – третьего яруса, шестого – четвертого яруса.

Для контроля заложения элементов продуктивности в производственных условиях можно широко использовать такие морфологические признаки, как начало и угасание роста листьев или образование различных корней.

У яровой пшеницы появление первого листа совпадает с закладкой валиков стеблевых листьев; второго – с окончанием заложения валиков стеблевых листьев; третьего – с сегментацией колосового стержня; четвертого – с формированием колосовых бугорков; пятого – с образованием цветковых бугорков, наступлением спорогенеза; шестого – с спорогенезом; седьмого – с завершением спорогенеза; восьмого – с созревaniem гамет.

Аналогичная шкала-таблица разработана и для озимой пшеницы.

Выход третьего настоящего листа у озимой пшеницы сопровождается формированием coleoptильных корней; четвертого – узловых корней

первого яруса; пятого-шестого – узловых корней второго яруса; седьмого листа – узловых корней третьего яруса.

Наиболее интенсивный рост её стебля начинается с затуханием роста седьмого листа.

У озимой пшеницы затухание второго настоящего листа соответствует заложению валиков седьмого – тринадцатого листьев; выход четвертого осеннего листа – началу сегментации оси колосового стержня; второго и четвертого весенних листьев – началу закладки колосовых и цветковых бугорков; шестого-седьмого листьев – образованию пыльников и пестика; окончание роста седьмого весеннего листа – формированию пыльцевых зерен.

При проведении контроля за развитием пшеницы по появлению очередных листьев необходимо уточнять сроки подкормки и полива, например, первый вегетационный полив яровой пшеницы рекомендуется осуществлять к выходу третьего листа, когда начинает формироваться колос, второй – шестого листа, совпадающему с фазой образования генеративных органов, спорогенезом.

Озимую пшеницу в осенний период надо поливать при выходе третьего-четвертого листа, образовании coleoptильных и узловых корней. Весной первый полив следует выполнять при появлении второго листа, под закладку элементов колоса, а второй – при выходе шестого-седьмого листа, в период начала спорогенеза.

Таким образом, применение контроля по морфологическим показателям в производстве при программировании урожая позволяет наглядно видеть процессы формирования урожая и сознательно участвовать в его управлении.

2.3 Применение корреляционного анализа для выявления факторов минимума в процессе вегетации растений

С ростом и развитием растений меняется и соотношение требуемых факторов жизнеобеспеченности. В начале вегетационного периода во время роста и развития растений больше усваивается азота и меньше – фосфора. Во вторую половину вегетации расходуется много фосфора и калия. Постоянное изменение потребности растений в факторах жизнедеятельности зачастую создает диспропорцию, обусловленную недостатком какого-либо фактора жизнедеятельности (элемента питания, влаги, кислорода в почвенном воздухе, углекислого газа, света, тепла и др.)

По закону минимума нормальное развитие растения в условиях орошения, а, следовательно, и величина урожая сдерживается этим фактором. Дефицит фактора выражается либо во внешних морфолого-физических, либо во внутренних биохимических проявлениях. Чем значительнее недостаток того или иного фактора, тем сильнее взаимосвязь его с признаком, изменение которого он вызывает. Например, недостаток влаги в почве усиливает связь его с концентрацией клеточного сока. При хорошем водообеспечении взаимосвязь данных факторов заметно ослабляется.

При оценке состояния посева приходится сталкиваться с тем, что факторов в минимуме, как правило, несколько. Однако степень минимализации их различна. Поэтому целесообразно говорить не о факторе в минимуме, а о степени его минимализации. Такая трактовка закона минимума при программировании урожая правомерна по следующим соображениям:

- при программировании урожая контроль практически ведется за обеспеченностью факторами не отдельных растений, а агроценоза в целом;

- измененные значения параметров посева относятся не к какому-то моменту времени и месту посева, а к определенному периоду и конкретной площади;
- посев представляет собой самонастраивающуюся и самоорганизующуюся систему, способную приспособливаться к изменяющимся условиям, то есть в одной и той же окружающей среде эффект от минимальности фактора может варьировать в зависимости от степени адаптации растений к ней;
- посев – инертно-динамическая система, в которой один процесс не может мгновенно сменяться другим при изменении факторов внешней среды;
- изменение параметров, раскрывающих факторы жизнеобеспечения и отклик на них растений, – величины случайные, взаимозависимость между ними – корреляционная.

В качестве меры минимальности фактора жизнеобеспеченности растений целесообразно использовать статистические оценки корреляции между параметрами, характеризующими внешние условия и продуктивность посева. Такими оценками служат коэффициенты корреляции. Чем в большем дефиците находится фактор жизнеобеспечения, тем значительнее коэффициент корреляции во взаимосвязи с параметрами продуктивности растения. Это обусловлено тем, что с изменением самого дефицитного фактора отклоняется и продуктивность растений.

Зависимость формирования урожайности зерновых при различных системах основной обработки почвы с её плодородием и фитосанитарным состоянием посевов с позиции закона минимума проанализирована и обоснована Абрамовым Н.В. (2013 г.) в результате многолетних экспериментов на опытном поле ГАУ Северного Зауралья (табл. 1).

Коэффициент корреляции соответственно составил 0,505; 0,470 и 0,341. Согласно коэффициенту детерминации, засорённость посевов определяла

урожайность пшеницы на 25,5%; запасы продуктивной влаги метрового слоя – на 22,1%, а содержание водопрочных агрегатов – на 11,6%. С остальными показателями плодородия почвы и пораженностью растений корневыми гнилями урожайность пшеницы имела слабую степень связи (коэффициент корреляции составил 0,184-0,267). Наличие фосфорной кислоты в слое почвы 0-40 см не влияло на формирование урожайности.

Таблица 1. Корреляция урожайности зерновых, показателей плодородия почвы и фитосанитарного состояния посевов, при различных системах обработки чернозёма выщелоченного в шестипольном зернопропашном севообороте

Показатели плодородия почвы и фитосанитарного состояния посевов	Вспашка			Дифференцированная			Безотвальная		
	1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация	1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация	1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация
Запасы продуктивной влаги в слое 0-100, мм	0,470	0,416	0,724	0,313	0,295	0,595	0,229	0,300	0,616
Плотность сложения пахотного слоя, г/см ³	0,238	0,220	0,305	0,418	0,329	0,233	0,514	0,315	0,163
Водопрочность структуры почвы, %	0,341	0,404	0,390	0,250	0,280	0,220	0,420	0,281	0,187
Засоренность посевов, шт./м ²	-0,505	-0,325	-0,231	-0,377	-0,441	-0,382	-0,253	-0,492	-0,411
Распространение корневых гнилей на зерновых, %	-0,206	-0,183	0,257	-0,230	-0,275	-0,360	-0,247	-0,269	-0,370
Содержание гумуса в слое 0-30 см, %	0,267	-	0,135	0,185	-	0,257	0,133	-	0,194
Содержание N-NO ₃ в слое 0-40 см, мг/кг почвы*	0,184	0,177	F _ф <F _т	0,152	0,260	F _ф <F _т	0,130	0,235	F _ф <F _т
Содержание P ₂ O ₅ в слое 0-40 см, мг/100 г почвы	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	0,139	0,139	F _ф <F _т	0,124	0,190	0,254

*Содержание нитратного азота и подвижного фосфора со второй ротации севооборота в слое 0-30 см

2.4 Применение индексного метода для оценки отклонения урожая от программы

Контроль за формированием структуры урожая выявляет на разных этапах развития растения те или иные отклонения от программы, которые необходимо оценивать для определения уже на начальных этапах процента снижения урожая и его учёта при выполнении последующих приёмов. Сложность оценки заключается в проведении соизмерения между прибавками или потерями урожая при изменении различных элементов продуктивности. Такое соизмерение между собой прибавок или потерь различных элементов продуктивности проводят при помощи индексного метода.

Метод основан на использовании формулы урожая сельскохозяйственных культур М.С. Савицкого:

$$Y = K \times P_t, \quad (1)$$

где Y – величина урожая зерна (семян), ц/га;

K – масштабный множитель;

P_t – элемент продуктивности в определенной последовательности ($t=1, 2, 3, \dots, n$).

Формула показывает, что урожай зерна (семян) равен произведению элементов продуктивности растений (густоты, числа колосков или бобов, озерненность колоска или боба, массы 1000 зёрен или семян и др.). В формулу можно вводить число цветков, процент их полноценности, коэффициент опыления, сохранности завязи и т.д.

Последовательность расчёта по элементам продуктивности должна соответствовать временной очередности их формирования в процессе вегетации. Для анализа необходимо иметь два варианта: один из них условно базовым (контрольным, запрограммированным оптимальным), другой – анализируемым (фактическим).

Разница в урожае сельскохозяйственных культур между базовым и анализируемым вариантами представляется как сумма потерь и прибавок

урожая, обусловленных различием между значениями элементов продуктивности двух сравниваемых величин.

Последовательности применения анализа рассмотрена на примере семенной люцерны. За базовый вариант выбран фактический урожай, за анализируемый – программированный (табл.2).

Полученные результаты рассчитываются в следующем порядке. Значение цепного индекса для элемента продуктивности определяют по отношению его величины в анализируемом варианте к данной величине в базовом варианте. Например, значение цепного индекса для среднего количества кистей на один стебель равно: $10,1:9,6=1,052$.

Значение индекса нарастающим итогом для элемента продуктивности получается умножением величины индекса для предыдущего элемента на значение цепного индекса для данного элемента. При этом считается, что для первого элемента продуктивности индекс нарастающим итогом равен его цепному индексу. Например, значение индекса нарастающим итогом для среднего количества кистей на один стебель составляет: $1,068 \times 1,052 = 1,123$.

Прибавку или потерю урожая ΔY , определяемую разницей значений элементов продуктивности для двух сравниваемых вариантов, рассчитывают по формуле:

$$\Delta Y = Y_{\text{б}}(I_n - I_{n-1}), \quad (2)$$

где $Y_{\text{б}}$ – урожай базового варианта, ц/га;

I_n – величина индекса нарастающим итогом для данного элемента продуктивности;

I_{n-1} – величина индекса нарастающим итогом для предыдущего элемента продуктивности.

Таблица 2. Анализ приростов (убыток) урожая по элементам продуктивности

Показатель	Значения по вариантам		Значения индекса		Прирост (убыток), ц/га
	базовый	анализируемый	цепной	нарастающим итогом*	
Общая плотность стеблестоя, млн./га	2,60	2,68	1,031	1,031	+0,138
Доля продуктивности стеблей, %	84	87	1,036	1,068	+0,165
Среднее количество кистей на один стебель, шт.	9,6	10,1	1,052	1,123	+0,245
Среднее количество цветков на одну кисть, шт.	13,5	15,8	1,170	1,314	+0,852
Доля сохранившихся бобов, %	32	29	0,906	1,190	-0,553
Среднее количество семян в бобе, шт.	3,02	3,40	1,126	1,349	+0,664
Средняя масса 1000 семян, г	1,63	1,64	1,006	1,347	+0,036
Урожай, ц/га	4,46	6,01	-	-	-
Разница в урожае, ц/га	-	-	-	-	1,55

*Значение индекса нарастающим итогом для условного элемента, предшествующего первому, равно 1.

Например, значение прибавки урожая, обусловленной разницей количества кистей на один стебель между анализируемым и базовым вариантами, вычисляют следующим образом:

$$4,46 \times (1,123 - 1,068) = 0,245 \text{ (ц/га)}. \quad (3)$$

Итоговая прибавка урожая между анализируемым и базовым вариантами равна алгебраической сумме прибавок или потерь урожая по каждому из элементов продуктивности, то есть:

$$0,138 + 0,156 + 0,245 + 0,852 - 0,553 + 0,664 + 0,036 = 1,547. \quad (4)$$

Индексный метод можно использовать при программировании урожая сельскохозяйственных культур для определения отклонения фактического хода формирования урожая от программного, а также для сравнительной оценки влияния факторов среды на образование каждого элемента продуктивности урожая.

Так, запланировали получить 4,46 ц/га семян люцерны, собрали же 6,01 ц/га главным образом за счёт правильно разработанной системы удобрений при программированном выращивании урожая. Повышение урожая семян люцерны на 1,55 ц/га стало возможным в первую очередь благодаря увеличению количества цветков в кистях и хорошей обсемененности бобов, так как люцерна в период формирования генеративных органов при чрезвычайном посеве была лучше освещена и обеспечена фосфором, чем предусмотрено программой; в фазе образования и налива семян в бобах влажность почвы равнялась не 60% (по программе), а 70-75% НВ.

Таким образом, применяя описанный метод анализа, можно установить, на какие элементы продуктивности сельскохозяйственных растений влияют те или иные условия или агротехнические приёмы, заранее количественно оценить по элементам продуктивности отклонения будущего урожая от программы и направленно управлять его формированием.

Контрольные вопросы:

1. Биологический контроль по Ф.М. Куперман как метод наблюдения за развитием и ростом растений.
2. Связь этапов органогенеза и элементов продуктивности сельскохозяйственных культур.
3. Суть морфологического контроля Н.И. Федорова.
4. Возможности применения корреляционного анализа для выявления факторов минимума в процессе вегетации растений.
5. Особенности применения индексного метода для оценки отклонения урожая от программы.

3. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ И ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Под потенциальной урожайностью понимают такой её уровень, который можно достичь при идеальных почвенно-климатических и агротехнических условиях. Определение потенциального урожая проводится по количеству ФАР (Дж), поступающей на единицу площади, калорийности образующегося сухого вещества за счёт фотосинтеза и доли полезного использования ФАР посевом (Колмаков В.П., Якубышина Л.И., Казак А.А., 2010).

Единица измерения энергии: 1Дж = 0,2388 кал, 1 МДж = 10^6 Дж, 1 ГДж – 10^9 Дж. Для справки: 1 ккал = 4187 Дж.

Основные районы земледелия Тюменской области находятся между 55-59° северной широты. Здесь приход физиологически активной солнечной радиации (ФАР) за вегетационный период (80-110 суток) составляет 1,9-2,5 млрд. ккал/га (табл. 3).

Таблица 3. Приход биологически активной солнечной радиации по зонам Тюменской области

Почвенно-климатические зоны	Районы	ФАР, млрд ккал/га
Тайга	Уватский, Тобольский, Вагайский	1,9-2,0
Подтайга	Аромашевский, Нижнетавдинский, Ярковский, Юргинский, Викуловский, Сорокинский	2,0-2,1
Северная лесостепь	Тюменский, Исетский, Упоровский, Ялуторовский, Заводоуковский, Омутинский, Гольшмановский, Ишимский, Абатский	2,2-2,3
Южная лесостепь	Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский	2,3-2,5

Для расчёта потенциальной урожайности используется формула:

$$ПУ = \frac{O \times K_0}{100 \times C \times 10^3}, \text{ т/га} \quad (5)$$

где ПУ – урожайность абсолютно сухой биомассы;

О – сумма ФАР за период вегетации; ккал/га;

K_0 – коэффициент использования ФАР посевами, %;

C – калорийность единицы урожая органического вещества, ккал/кг;

100 – для учета процента усвоения ФАР;

10^3 – перевод данных в т/га.

Следует учесть, что коэффициент K_0 варьирует в зависимости от биологических особенностей культур, почвенного плодородия, технологии возделывания растений и других факторов. Поэтому с учетом агротехники он способен изменяться в следующих пределах: невысокий уровень агротехники 0,5-1,5; средний уровень агротехники 1,5-3,0; высокий уровень агротехники 3,5-5,0; очень высокий уровень агротехники 6,0-8,0.

Необходимые для расчетов суммы средних многолетних значений ФАР могут быть взяты из справочника по климату и местных наблюдений.

Пример. Допустим, что за вегетационный период на гектар посевов поступило 2,5 млрд. ккал/га ФАР. Тогда по формуле (5) легко рассчитать потенциальную урожайность абсолютно сухой биомассы. Она окажется равной 11.12 т/га.

$$ПУ = \frac{2,5 \times 10^9 \times 2,0}{100 \times 4500 \times 10^3} = 11,12 \text{ т/га.}$$

В большинстве случаев важно знать потенциальные уровни основной продукции, которые могут быть рассчитаны по формуле:

$$Y = \frac{100 \times V}{(100 - W) \times \alpha} \text{ т/га,} \quad (6)$$

где Y – урожайность основной сельскохозяйственной продукции при стандартном содержании в ней влаги, т/га;

V – урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га;

W – стандартная влажность основной продукции, %;

α – сумма частей в соотношении основной и побочной продукции абсолютно сухой биомассы.

Стандартная влажность хорошо известна и составляет для семян зерновых 14%, клубней картофеля и корней корнеплодов – 80%, многолетних трав на сено – 16%, кукурузы на силос – 70% (Иваненко А.С., Логинов Ю.П. и др., 2017).

Коэффициент «а» зависит от сорта, технологии возделывания, погодных условий. Обычно с повышением продуктивности посевов полезная часть урожая возрастает, часто значительно. Поэтому в случае возделывания новых сортов необходимо этот коэффициент уточнять (табл. 4).

Таблица 4. Соотношения основной и побочной продукции

Яровая пшеница	Озимая пшеница	Озимая рожь	Тритикале	Ячмень	Овес	Просо	Гречиха	Рапс (семена)	Горох	Картофель	Корнеплоды	Лен-долгунец	Кукуруза (силос)
1:1,2	1:1,5	1:2,0	1:2,0	1:1,1	1:1,3	1:1,8	1:1,5	1:1,0	1:1,6	1:0,7	1:0,4	1:12	1:0,8

Если потенциальная урожайность биомассы (ПУ), определяемая суммой ФАР, составляет (см. предыдущий пример) 11,12 т/га, то в соответствии с данными таблицы 2 $\alpha = 1 + 1,5 = 2,5$. По формуле 6 урожайность зерна окажется равной

$$Y = \frac{100 \times 11,12}{(100 - 14) \times 2,5} = 5,18 \text{ т/га.}$$

Разумеется, содержание питательных веществ в почве должно полностью удовлетворять биологические потребности сельскохозяйственных культур, влажность почвы соответствовать оптимальной, т.е. находиться в пределах 65-70% от полной полевой влагоемкости, что реально только для орошаемых участков (Наумник В.Н., Ступин А.С.. 2014). При этом оптимальная листовая поверхность составляет 30-40 тыс. м². На каждом гектаре должно быть 4 млн. продуктивных стеблей зерновых культур, 114...120 тыс. растений кукурузы, 40...60 тыс. кустов картофеля и т.д.

Контрольные вопросы:

1. Формы поступления солнечной энергии на Землю и единицы её измерения.
2. Приходная и расходная части баланса поступающей и аккумулированной посевами солнечной энергии.
3. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) и методика её расчёта.
4. Сущность методики определения потенциальной урожайности по заданному приходу ФАР.
5. Калорийность и её значения у разных сельскохозяйственных культур.
6. Возможный уровень урожайности в зависимости от КПД ФАР.

4. ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ И ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

4.1. Определение действительно возможной урожайности по влагообеспеченности

Действительно возможная урожайность (ДВУ) теоретически может быть обусловлена генетическим потенциалом сорта лимитирующими нерегулируемыми факторами, которые в рамках почвенно-климатических зонах ограничивают уровень урожайности растений (Шатилов И.С., Чудновский А.Ф., 1980).

Расчет действительно возможной урожайности (ДВУ) по ресурсам влаги производят различными способами. Простейший из них основан на использовании соотношения

$$\text{ДВУ} = \frac{10 \times W}{K_w} \text{ т/га, (7)}$$

где ДВУ – действительно возможная урожайность сухой биомассы, т/га, лимитируемая ресурсами влаги;

W – ресурсы продуктивной влаги;

K_w – коэффициент водопотребления.

Продуктивную влагу определяют, как разность между годовой суммой осадков и непроизводительными ее расходами, которые обычно составляют 30-40% от общего количества осадков (Иваненко А.С., Кулясова О.А., 2008). Однако, различная влагоемкость почв, рельеф местности и другие факторы обуславливают значительные колебания продуктивной влаги. Более достоверные данные получают, когда продуктивную влагу учитывают, как сумму запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент посева плюс эффективное использование осадков за вегетационный период (прил.1).

Для вычислений необходимо знать коэффициент водопотребления K_w . Он является специфичным для каждой культуры и может изменяться в широких пределах в зависимости от системы удобрений, теплообеспеченности и других факторов. Растение расходует на создание

одной единицы сухого вещества настолько меньше влаги, насколько полнее удовлетворяются его потребности в других факторах жизни. Чем ниже почвенное плодородие и уровень технологии возделывания культур, тем коэффициент водопотребления выше (прил.2).

Пример. По данным метеостанции «Викулово» (см. прил.1), количество продуктивной влаги для яровой пшеницы составляет 261 мм. Применяв формулу (7), получим действительно возможную урожайность:

$$ДВУ = \frac{10 \times 261}{470} = 5,6 \text{ т/га.}$$

При пересчете полученной абсолютной сухой биомассы на урожайность зерна имеем:

$$У = \frac{100 \times 5,6}{(100 - 14) \times 2,5} = 2,6 \text{ т/га.}$$

4.2. Определение действительно возможной урожайности по тепловым ресурсам

Наряду с влагообеспеченностью, в роли лимитирующего урожая фактора часто выступает тепло, которое находится в тесной взаимосвязи с радиационным и водным балансом местности. На фотосинтез в природе расходуется относительно незначительная часть солнечной энергии, а основное количество её тратится на нагревание и транспирацию. Так, на образование 1 кг сухой биомассы расходуется 11,5-28,2 МДж. Если транспирационный коэффициент ячменя составляет 450 л воды на 1 кг сухого вещества, то на транспирацию расходуется 110,2 МДж. Затраты тепла на испарение влаги играют основную роль в тепловом балансе. Если в зоне тайги на нагревание расходуется около 20% радиации и до 80% - на испарение, то в степной зоне это соотношение обратное. Следует заметить, что основные полевые культуры, возделываемые в Западной Сибири, обеспечены тепловыми ресурсами (прил. 3).

Солнечное тепло и влага составляют климатический комплекс, математическое выражение которого в разных интерпретациях может быть

использовано при расчёте ДВУ сельскохозяйственных культур, возделываемых в разных зонах.

Взаимоотношение этих факторов отражено в формуле А.М. Рябчикова, которая с высокой точностью позволяет определить биогидротермический потенциал продуктивности в конкретных климатических условиях:

$$K_p = \frac{W \times T_v}{36R}, \quad (8)$$

где K_p – биогидротермический потенциал продуктивности, балл;

W – количество продуктивной влаги за вегетацию, мм;

T_v – период вегетации, декад (прил.4);

R – радиационный баланс за вегетацию, ккал/см²;

36 – число декад в году.

Радиационный баланс обычно на 4-5% выше ФАР и составляет примерно 52% от интегральной радиации. Его можно рассчитать следующим образом:

$$R = \frac{Q_{\text{фар}} \times 52}{48}. \quad (9)$$

Пример. Если приход ФАР ($Q_{\text{фар}}$) за вегетацию ячменя ($T_v=8,4$ декады) составил 20,7 ккал/см² (или 48%), то радиационный баланс за этот период достигнет 22,4 ккал/см²

$$R = \frac{20,7 \times 52\%}{48\%} = 22,4 \text{ ккал/см}^2.$$

Рассчитываем затем K_p если запасы продуктивной влаги за вегетацию ячменя (W) составил 287 мм

$$K_p = \frac{287_{\text{мм}} \times 8,4_{\text{декад}}}{36_{\text{декад}} \times 22,4_{\text{ккал/см}^2}} = 2,99_{\text{балл}}.$$

Урожай сухой биомассы ячменя ($Y_{\text{биол}}$) определяют:

$$Y_{\text{биол}} = 2 \times K_p; \quad (10)$$
$$Y_{\text{биол}} = 2 \times 2,99 = 5,98 \text{ т/га.}$$

Затем рассчитывается действительно возможный урожай (ДВУ), т.е. урожай основной продукции, в нашем примере зерна

$$ДВУ = \frac{У_{биол} \times 100}{(100 - B_{st}) \times Л} = \frac{5,98 \times 100}{(100 - 14) \times 2,1} = 32 \text{ ц / га.}$$

Задание. Определить биогидротермический потенциал продуктивности представленных преподавателем культур в конкретных климатических условиях. Результаты оформить в виде таблицы 5.

Таблица 5. Действительно возможные урожаи полевых культур по биогидротермическому потенциалу

Культура	R, ккал/см ²	W, мм	T _v , декады	K _p , балл	У _{биол} , т/га	ДВУ, т/га

4.3. Определение действительно возможной урожайности по плодородию

Плодородие – совокупность свойств и режимов почвы, обуславливающих выполнение ею экологических функций и создающих необходимые условия для роста растений.

Расчёт действительно возможной урожайности по плодородию почв ДВУ_{п.п.} (т/га) осуществляется по следующей формуле:

$$ДВУ_{п.п.} = \frac{Б_{п.} \times ЦБ_{п.}}{1000}, \quad (11)$$

где Б_{п.} – балл бонитета почвы (прил. 5);

ЦБ_{п.} – цена балла пашни, основной продукции, кг на 1 балл (прил.6).

Пример. Определить ДВУ ячменя по уровню плодородия почвы в Ярковском районе Тюменской области:

$$ДВУ_{п.п.} = \frac{79 \times 30}{1000} = 2,4 \text{ т/га.}$$

4.4. Определение действительно возможной урожайности по содержанию питательных веществ в почве

Оптимальные дозы удобрений рассчитывают с учетом выноса элементов питания планируемым урожаем. Для этого необходимо знать химический состав растений.

Зная содержание питательных веществ в растениях, находят вынос азота, фосфора и калия планируемым урожаем (прил.7).

При расчете доз удобрений на запрограммированную урожайность (Ермохин Ю.И., 1995) следует знать коэффициенты использования растениями питательных веществ из почвы и из внесенных органических и минеральных удобрений (прил.8, 9, 10, 11, 12).

Коэффициент усвоения из почвы азота для зерновых культур равен 30%, фосфора – 30%, калия – 60%; пропашных 35, 70 и 70% соответственно.

При наличии сведений о запланированной урожайности, запасах питательных веществ в почве, коэффициентах их использования из почвы, из минеральных и органических удобрений требуемые дозы внесения туков рассчитывают по формуле:

$$Д = \frac{100 \times (В - П \times K_{п})}{K_{у} \times C_{у}}, \quad (11)$$

где Д – доза внесения удобрений в туках, т/га;

В – вынос элементов минерального питания с программированной урожайностью, кг/га;

П – содержание доступного питательного вещества в почве, кг/га;

K_п – коэффициент использования питательного вещества из почвы, %;

K_у – коэффициент использования питательного вещества из удобрений, %;

C_у – содержание питательного вещества в используемом удобрении, %;

100 – перевод данных в ц/га;

1000 – перевод данных в т/га.

Если совместно используются минеральные и органические удобрения, то можно произвести расчет по формуле:

$$Д = \frac{100 \times В - П \times К_{п} - Д_{о} \times C_{о} \times K_{о}}{K_{у} \times C_{у}}, \quad (12)$$

где Д, В, К_п, К_у, С_у – те же обозначения, что и в формуле (11);

Д_о – количество вносимого органического удобрения, т/га;

С_о – содержание в органическом удобрении соответствующего питательного вещества, кг/т;

К_о – коэффициент использования питательного вещества в органическом удобрении.

Требуемое количество питательных веществ можно компенсировать внесением локально до посева 5 ц нитрофоски на гектар и в рядки с семенами 0,76 ц двойного суперфосфата. Таким образом, для расчета доз удобрений балансовым методом необходимо знать вынос питательных веществ на 1 т основной продукции с учетом побочной. Для яровой пшеницы они составляют: азота – 39,6 кг, фосфора – 12,5 кг, калия – 21,8 кг. При урожайности 2,6 т/га будет соответственно 94,4, 32,3 и 56,7 кг. Содержание фосфора и калия (мг/100 г почвы) берется из почвенных картограмм. Для перевода их в кг/га эти показатели элементов следует умножить на 30, так как каждый миллиграмм элемента на 100 г почвы равен 30 кг на гектар; в пахотном слое количество нитратов определяют перед посевом. Например, на выщелоченном черноземе содержание питательных веществ такого: азота -3,2, фосфора – 10 и калия 15 мг на 100 г почвы. Следовательно, содержание NPK равно 96, 300 и 450 кг/га, а коэффициент их использования в удобрениях (табл. 6) легко рассчитать по формуле (12) необходимое количество минеральных удобрений для получения запрограммированной урожайности.

Таблица 6. Расчет доз удобрений балансовым методом на планируемую урожайность зерна яровой пшеницы 2,6 т/га

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 т основной продукции с учетом побочной, кг	39,6	12,5	21,8
Общий вынос питательных веществ с урожаем яровой пшеницы 2,6 т/га, кг/га	94,4	32,3	56,7
Содержание питательных веществ в почве, мг/100 г	3,2	10,0	15,0
Содержание питательных веществ в пахотном слое почвы, кг/га	96,0	300,0	450,0
Коэффициент использования питательных веществ из почвы, %	25,0	6,0	10,0
Будет усвоено пшеницей из почвы, кг	24,0	18,0	45,0
Дефицит элементов питания, кг	70,4	14,3	11,7
Коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений, %	60,0	20,0	65,0
Требуется внести, кг/га	117,3	71,5	18,0

При внесении органических удобрений потребность в минеральных удобрениях резко снижается (табл.7). В итоге можно внести нитроаммофоса примерно 2 ц/га, содержащего по 25 % азота и фосфора.

Таблица 7. Расчет доз минеральных удобрений балансовым методом под планируемый урожай картофеля 30 т/га

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
Вынос на 1 т основной продукции с учетом побочной, кг	4,5	1,8	10,0
Общий вынос с урожаем в 30 т клубней, кг	135	54	300
Содержание питательных веществ в почве, мг/100 г	2,0	10,0	15,0
Содержание питательных веществ в почве, кг/га	60	300	450
Коэффициент использования питательных веществ из почвы, %	25	9	24
Будет усвоено картофелем из почвы, кг	15	27	108

Продолжение таблицы 7			
1	2	3	4
Внесено питательного вещества с 40 т/га навоза, кг/га	200	100	240
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %	30	30	60
Содержание в органическом удобрении питательных веществ, кг/т	5,0	2,5	6,0
Будет усвоено картофелем из 40 т навоза, кг	60	30	144
Всего будет усвоено картофелем из почвы и навоза, кг	75	57	252
Дефицит элементов питания для картофеля, кг	60	-	48
Коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений, %	70	-	70
Требуется внести, кг/га	85	-	69

4.5. Определение действительно возможной урожайности по урожаю предшественников

При возделывании сельскохозяйственных культур большая роль принадлежит предшественнику и последствию применяемых удобрений. Обобщение многолетних опытов позволило выявить определенную зависимость урожая сельскохозяйственных культур от величины урожая предшественника. Эту зависимость можно выразить полиномом второй степени (Селевцев В.Ф., 1993):

$$Y = 9,3 - 0,45X + 0,028X^2, \quad (13)$$

где Y – уровень урожайности в зерновых единицах без применения удобрений, ц/га;

X – урожайность предшественника в зерновых единицах, ц/га.

Пример. Требуется определить, какой величины урожайность ячменя следует ожидать после предшественника-пшеницы, урожайность зерна которой составила 25 ц/га.

$$Y = 9,3 - 0,45 \times 25 + 0,028 \times 25^2 = 15,6 \text{ ц/га.}$$

Контрольные вопросы:

1. Коэффициент водопотребления полевых культур, его зависимость от уровня агротехники, условий влагообеспеченности, культуры, сорта.
2. Суммарное водопотребление и методика его расчёта.
3. Методика расчёта ДВУ по влагообеспеченности, если известны запасы продуктивной влаги перед посевом и если не известны.
4. Формула А.М. Рябчикова и биогидротермический потенциал.
5. Параметры, от которых зависит величина периода вегетации.
6. Содержание понятия «биологический урожай»
7. Практическое значение оценки биоклиматических показателей
8. Потребность в тепле основных сельскохозяйственных культур
9. Охарактеризуйте термин «плодородия почвы».
10. Связь действительно возможной урожайности и плодородия почвы.
11. Законы земледелия и растениеводства, которые следует учитывать при программировании урожаев и оценке обеспеченности посевов факторами внешней среды и реализации их на практике за счёт применения соответствующих элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур.
12. Существующие методики расчёта доз минеральных удобрений с учётом уровня урожайности и плодородия почвы
13. Особенности методики расчёта доз минеральных удобрений при внесении органических удобрений
14. Анализ баланса по выносу питательных веществ и их возврату в почву в настоящее время.

5. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ

Практическое применение (Савельев В.А., 2011; Васина Н.В., 2014 г.) 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 регулирующими 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, позволяет научно обоснованно обеспечивать посевы культур регулирующими факторами, а

также рационально использовать семена, удобрения и др. В частности, применять 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 (Выдрин В.В., Федорук Т.К., 2017) и количество семян, высеваемых на 1 га в данном районе (прил. 13,14).

Нормы высева могут быть рассчитаны разными способами, простейший из них основан на использовании коэффициента высева и вычисляется по формуле:

$$H = \frac{M \times K \times 100}{ПГ}, \quad (14)$$

где H – норма высева, кг/га;

M – масса 1000 зерен, г;

K – коэффициент нормы высева, млн. шт. всхожих семян на 1 га;

ПГ – посевная годность семян, %

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

$$K = a \times M. \quad (15)$$

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 процент чистых и всхожих семян. Выражают посевную годность в целых процентах и вычисляют её по формуле:

$$\text{ПГ} = \frac{A \times B}{100}, \quad (16)$$

где ПГ – посевная годность, %;

А – чистота семян, %;

В – всхожесть, %.

Пример. При сортовой чистоте яровой пшеницы 98,0% и всхожести 98% посевная годность составит 96%

$$\text{ПГ} = \frac{98 \times 98}{100} = 96\%.$$

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

$$H = \frac{K \times 100}{\text{ПГ}}, \quad (17)$$

где Н – норма высева с поправкой на фактическую посевную годность, кг;

К – норма высева при 100% посевной годности;

ПГ – посевная годность, %.

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 на 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 – $0,45 \text{ см}^2$, для зерновых – $0,15 \text{ м}^2$. Зная площадь метрового рядка, число высеваемых семян на эту площадь и массу 1000 семян, нетрудно 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%.

$$1. \text{ ПГ} = \frac{98 \times 95}{100} = 93,1 \approx 93\%.$$

$$2. \text{ К} = 5,0 \text{ млн.} \times 45 \text{ г.} = 225 \text{ кг/га.}$$

$$3. \text{ Н} = (225 \times 100) / 93 = 242 \text{ кг/га.}$$

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

$$1. \quad \begin{array}{l} 45 \text{ м}^2 - 16 \text{ семян} \\ \text{на } 10000 \text{ м}^2 - \text{X} \end{array} \quad \text{X} = 356 \text{ тыс./га}$$

$$2. \quad \text{Н} = 356 \times 22 = 7,8 \text{ кг/га.}$$

Задание 1. Определить норму высева изучаемых растений.

Таблица 8. Результаты расчёта нормы высева

Культура	Масса 1000 семян, г	Посевной коэффициент	Посевная годность, %	Ширина междурядий, см	Нормы высева, ц/га

Накопление растениями органического вещества происходит в процессе фотосинтеза и зависит от площади листьев и ФП, 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 полевой всхожести семян (Π_v) может выглядеть так:

$$\Pi_v = \frac{Ч \times 100}{К}, \quad (18)$$

где Ч – число растений в фазу полных всходов, шт./м²;

К – количество всхожих высеянных семян, шт./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 сохранности растений (C_p) можно представить в следующем виде:

$$C_p = \frac{P_y \times 100}{P_{пв}}, \quad (19)$$

где P_y – 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 (В_р) может рассчитываться следующими способами:

1. через количество высеянных всхожих семян по формуле:

$$B_p = \frac{\text{растений к уборке, шт./м}^2 \times 100}{\text{семена всхожие, шт./м}^2} \quad (20)$$

2. через показатели полевой всхожести семян и сохранности растений:

$$B_p = \frac{P_v \times C_p}{100}, \quad (21)$$

где В_р – выживаемость растений, %;

П_в – полевая всхожесть семян, %;

С_р – сохранность растений, %.

3. через полевую всхожесть и сохранность растений с учётом посевной годности высеянных семян:

$$B_p = \frac{ПГ \times P_v \times C_p}{10000}, \quad (22)$$

где В_р – выживаемость растений, %;

ПГ – посевная годность семян, %;

П_в – полевая всхожесть семян, %;

С_р – сохранность растений, %.

Посевная годность семян (ПГ) 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 кустиность 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., то есть при оптимизации всех элементов технологии эти показатели могут достигнуть максимальных значений, при нарушении технологии могут значительно снижаться. Знание этих вопросов и умение применить их на практике позволяет агроному максимально приблизить полевую всхожесть семян к лабораторной, а сохранность растений к 100%, то есть необходимо стремиться к тому, чтобы каждое высеянное семя дало полноценные всходы, а каждое полученное растение достигло уборочной (укосной) спелости, что позволит уменьшить расход семян, который в структуре себестоимости получаемой продукции растениеводства занимает не последнее место.

Контрольные вопросы:

1. Основные требования, предъявляемые к посевным качествам семян зерновых культур.
2. Показатели кондиционности семян.
3. Посевная годность семян и методика её определения.
4. Полевая всхожесть семян и методика её определения.
5. Основные отличия полевой и лабораторной всхожести.
6. Сохранность и выживаемость растений. Методика их определения и основные агротехнические приёмы, способствующие повышению.

6. ОБОСНОВАНИЕ ПЛАНОВОЙ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Экономические расчёты показывают, что максимальная плановая урожайность в определенных почвенно-климатических условиях не должна превышать 80% потенциальной, то есть она должна быть реально достижимой, целесообразной и не может превышать природные и хозяйственные возможности. Завышенная плановая урожайность может оказаться нерентабельной (Ю.И. Ермохин, Н.К. Трубина, 2012).

Для обоснования планирования урожайности необходимо определить следующие уровни урожайности:

ПУ – потенциальная урожайность конкретной культуры;

ДВУ_в – действительно возможная урожайность по влагообеспеченности;

ДВУ – действительно возможная урожайность по тепловым ресурсам ДВУ_{кр} (по критерию А.М. Рябчикова), по гидротермическому показателю ДВУ_{гм};

ДВУ_{пвп} – действительно возможный урожай без удобрений, за счёт питательных веществ почвы.

Потенциальную урожайность (ПУ) можно получить при идеальных условиях тепло- и влагообеспеченности, высоким коэффициентом полезного действия (КПД) культуры и сорта и т.д.

Максимальное значение ПУ для многих культур земного шара – 280 ц/га (в окрестностях устья р. Нила), для Европы – 210-230 (Южная Франция и Северная Италия), для северной европейской территории России – 52-83, для Украины, Поволжья и других южных районов – около 125-132 ц/га. Известный специалист по физиологии растений А.Н. Ничипорович считает, что биологически обосновано получение 100 ц/га. По величине ФАР в черноземной зоне Сибири и Зауралья можно получить 80-100 ц/га зерновых. К сожалению, при программировании урожаев нельзя ориентироваться на уровень ПУ, так как метеорологические условия в большинстве случаев отличаются от идеальных.

Так, в условиях южной лесостепи Тюменской области потенциальная урожайность ячменя составляет:

$$ПУ = \frac{0,03 \times 8323 \times 0,476}{18,49 \times 0,86} = 7,47 \text{ т/га.}$$

Действительно возможная урожайность по влагообеспеченности при 96 мм продуктивной влаги в метровом слое чернозёмной почвы и 180 мм осадков за вегетационный период может составлять:

$$ДВУ_{\text{в}} = \frac{96 + 180 - 28}{115} = 2,16 \text{ т/га.}$$

Уровень естественного плодородия почвы может обеспечить урожайность ячменя:

$$ДВУ_{\text{п.п.}} = \frac{79 \times 30}{1000} = 2,4 \text{ т/га.}$$

Следует отметить, что расчёт по данному показателю (бонитету почвы) весьма приблизительный. Для более точного определения уровня урожайности требуется дополнительная агрохимическая характеристика.

Определение ДВУ ячменя без применения удобрений ограничивается, прежде всего, содержанием азота в почве:

$$ДВУ = \frac{(0,7 \times 30 \times 1,2 + 70) \times 0,6}{35,6} = 1,6 \text{ т/га.}$$

Таким образом, на данном поле основным ограничивающим фактором величины урожая ячменя является низкая обеспеченность растений питательными веществами. При наличии достаточного количества минеральных удобрений урожайность можно поднять до уровня ДВУ по влагообеспеченности, то есть, как минимум, 2,16 т/га, а с учётом применения удобрений на основе почвенно-растительной диагностики, влагопотребления растений при которых снижается на 20-30%, до уровня 3,6-3,8 т/га.

При дефиците минеральных удобрений плановая урожайность устанавливается, исходя из возможности хозяйства, использовать удобрения под данную культуру.

При анализе уровней урожайности следует учесть, что в условиях производства её рост часто лимитируется низкой окультуренностью поля.

Контрольные вопросы:

1. Уровни урожайности позволяющие обосновать планируемую урожайность.
2. Условия, влияющие на получение потенциальной урожайности.
3. Возможности получения максимальной потенциальной урожайности.
4. Методика обоснования плановой урожайности.
5. Ограничивающие факторы, сдерживающие получение максимальной плановой урожайности.

7. СОСТАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Современные технологии представляют собой совокупность операций по управлению процессом производства сельскохозяйственных культур в агроценозах с целью достижения планируемой урожайности и качества продукции при обеспечении экологической безопасности и определенной экономической эффективности. Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтов через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и защиты растений, т.е. является составной частью адаптивно-ландшафтной системы земледелия (Завражнов А.И.. 2013). При этом они имеют и самостоятельное значение, определяемое особенностями сорта. поскольку каждому сорту соответствует модель агроценоза и система управления процессом производства.

Методология формирования агротехнологий заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции. Их количество зависит от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности. Тем самым в значительной мере определяется и содержание агротехнологий.

По критерию интенсивности различают четыре категории технологий (табл. 9):

- экстенсивные, ориентированные на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с ограниченным их использованием;
- нормальные, обеспеченные минеральными удобрениями и пестицидами в том минимальном количестве, которое позволяет осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания и давать удовлетворительное качество продукции. Эти технологии используются для пластичных сортов зерновых;

- интенсивные, рассчитанные на получение планируемого урожая высокого качества в системе непрерывного управления производственным процессом сельскохозяйственной культуры, обеспечивающие оптимальное минеральное питание растений и защиту от вредных организмов и полегания. Интенсивные технологии предполагают применение интенсивных сортов и создание условий для более полной реализации их биологического потенциала. Эти технологии, рассчитанные, например, на 40-50 ц/га озимой пшеницы высокого качества, могут быть реализованы с использованием отечественной серийной техники, сортов, удобрений и импортных пестицидов;

высокоинтенсивные, рассчитанные на достижение урожайности культуры, близкой к её биологическому потенциалу, с заданным качеством продукции с помощью достижений научно-технического прогресса при минимальных экологических рисках. Они относятся к категории так называемого точного земледелия с использованием прецизионной техники, современных препаратов, информационных технологий. Высокоинтенсивные, или высокие, технологии являют собой качественный скачок и в создании сортов, и в подготовке почвы, и в насыщении технологическими операциями ухода за посевами.

Таблица 9. Сравнительная оценка агротехнологий различного уровня интенсивности

Показатели	Агротехнологии			
	экстенсивные	нормальные	интенсивные	высокие
Сорта	толерантные	пластичные	интенсивные	с заданными параметрами
Удобрения	нет	поддерживающие	программированное	точное
Защита растений	эпизодическая	ограниченная, против вредоносных видов	интегрированная	экологически сбалансированная
Обработка почвы	система вспашки	почвозащитная комбинированная	дифференцированно минимизированная	оптимизированная
Техника	первого-второго поколения	третьего поколения	четвертого поколения	прецизионная
Качество продукции	неопределенное	неустойчиво-удовлетворительное	отвечающее требованиям переработки и рынка	сбалансированное по всем компонентам
Экологический риск	активная деградация почв и ландшафтов	деградация почв	риск загрязнения	минимальный риск

Задание. Разработать оптимальную технологию получения запланированной урожайности культуры предложенной преподавателем с учётом ближайшей перспективны, но реальную, принимая во внимание природные возможности зоны. При этом используются новейшие достижения науки и передовой практики, при условии полной обеспеченности семенами, удобрениями, ядохимикатами и техникой. Технологические операции представить в виде таблицы 10.

Таблица 10. Технологическая схема возделывания

Операции	Обоснование	Оптимальные сроки проведения	Марки тракторов и сельскохозяйственных машин

Контрольные вопросы:

1. Определение понятия «Технология возделывания культур».
2. Категории технологий по критерию интенсивности.
3. Основные показатели высокой технологии и их обоснование.
4. Роль и место программирования урожаев сельскохозяйственных культур в разработке и применении технологий интенсивного типа.
5. Необходимость Технологической схемы возделывания сельскохозяйственных культур.
6. Составные части Технологической схемы возделывания сельскохозяйственных культур.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Урожай, обеспечиваемый почвенным плодородием:
 - А) ПУ;
 - В) КУ;
 - С) ДВУ;
 - Д) РУ.
2. Метод программирования, в основе которого лежит анализ и обработка экспериментальных данных:
 - А) имитационно-модельный;
 - В) эмпирико-статистический;
 - С) динамический;
 - Д) балансовый.
3. Урожай, обеспечиваемый ресурсами световой энергии:
 - А) ПУ;
 - В) КУ;
 - С) ДВУ;
 - Д) РУ.
4. Урожай, получаемый в производственных условиях:
 - А) УП;
 - В) КУ;
 - С) ДВУ;
 - Д) ПрУ.
5. Метод программирования, в основе которого лежит проникновение в физическую сущность процессов в системе атмосфера-почва-растение:
 - А) имитационно-модельный;
 - В) эмпирико-статистический;
 - С) динамический;
 - Д) балансовый.

6. Программирование урожаев, как новый метод в агрономии, возникло в:
- А) 1950-х годах;
 - В) 1980-х годах;
 - С) 1930-х годах;
 - Д) 1970-х годах.
7. Основные принципы программирования урожаев сформулировал:
- А) Шатилов Н.И.;
 - В) Каюмов М.К.;
 - С) Образцов А.С.;
 - Д) Нечепорович А.А.
8. При расчете величины потенциального урожая необходимо иметь данные о:
- А) суммарной солнечной радиации;
 - В) фотосинтетически активной радиации;
 - С) тепловом балансе территории;
 - Д) радиационном балансе.
9. Урожай, обеспечиваемый ресурсами влаги:
- А) PrU ;
 - В) KU ;
 - С) $ДВU$;
 - Д) $РУ$.
10. Обычно наблюдаемые посевы с.-х. культур имеют КПД ФАР:
- А) 1,5-3 %;
 - В) 0,5-1,5 %;
 - С) 3,5-5 %;
 - Д) 6-8 %.
11. Отношение запасенной в урожае энергии к поступившей на посев энергии Солнца представляет собой:
- А) коэффициент использования ФАР;

- В) коэффициент использования NPK;
- С) коэффициент водопотребления;
- Д) гидротермический коэффициент.

12. При расчете величины климатически обеспеченного урожая необходимо иметь данные о:

- А) суммарной солнечной радиации;
- В) фотосинтетически активной радиации;
- С) тепловом балансе территории;
- Д) радиационном балансе.

13. Хорошие урожаи с.-х. культур обеспечивают КПД ФАР (%):

- А) 1,5-3;
- В) 0,5-1,5;
- С) 3,5-5;
- Д) 6-8.

14. При расчете величины действительно возможного урожая необходимо иметь данные о:

- А) показателях почвенного плодородия;
- В) фотосинтетически активной радиации;
- С) тепловом балансе территории;
- Д) радиационном балансе.

15. Количество воды, необходимое для образования 1 т сухой биомассы, называется:

- А) товарный коэффициент водопотребления;
- В) коэффициент товарного водопотребления;
- С) коэффициент использования ФАР;
- Д) гидротермический коэффициент.

16. Сельскохозяйственные растения теоретически могут иметь КПД ФАР до (%):

- А) 1,5-3;
- В) 0,5-1,5;

С) 3,5-5;

Д) 6-8.

17. Количество воды, необходимое для образования 1 т урожая основной продукции стандартной влажности, называется:

А) товарный коэффициент водопотребления;

В) коэффициент товарного водопотребления;

С) коэффициент использования ФАР;

Д) гидротермический коэффициент.

18. Продуктивная влага – это:

А) общее содержание воды в почве;

В) содержание влаги в растительной продукции;

С) влага, которую растения могут использовать из почвы;

Д) количество воды, необходимое для формирования урожая.

19. Биологический вынос элементов минерального питания – это:

А) вынос NPK всем растением;

В) вынос NPK урожаем;

С) вынос NPK из почвы;

Д) вынос NPK урожаем основной продукции.

20. Для расчета возможного урожая по почвенным и метеорологическим условиям используется следующая программа:

А) прогностическая;

В) оперативно-текущая;

С) корректирующая;

Д) динамическая.

21. С целью оперативного внесения в технологию изменений для получения программируемого урожая используют программу:

А) прогностическая;

В) оперативно-текущая;

С) корректирующая;

Д) динамическая.

22. Хозяйственный вынос элементов минерального питания – это:
- А) вынос NPK всем растением;
 - В) вынос NPK урожаем;
 - С) вынос NPK из почвы;
 - Д) вынос NPK урожаем основной продукции.
23. Основным методом в программировании урожаев является метод:
- А) балансовый;
 - В) динамических моделей;
 - С) корреляционный;
 - Д) эмпирический.

ЗАДАЧИ ТЕСТОВОГО УРОВНЯ

1. Запасы гумуса (т/га) в 30 см слое чернозема выщелоченного, если содержание его составляет 5%:
 - А) 80;
 - В) 120;
 - С) 150;
 - Д) 300.
2. Доступные запасы P_2O_5 (кг/га) в 30 см слое почвы, если содержание составляет 15 мг/100 г почвы:
 - А) 150;
 - В) 250;
 - С) 450;
 - Д) 650.
3. Доступные запасы K_2O (кг/га) в 30 см слое почвы, если содержание 20 мг/100 г почвы:
 - А) 20;
 - В) 100;
 - С) 500;
 - Д) 600.
4. Количество азота на формирование урожая зерновыми культурами из минеральных удобрений(%):
 - А) 60-72;
 - В) 5-25;
 - С) 30-45
 - Д) 45-75.
5. Количество P_2O_5 на формирование урожая зерновыми культурами из минеральных удобрений, (%):
 - А) 20-40;
 - В) 5-20;
 - С) 15-35;

Д) 40-75.

6. Количество K_2O на формирование урожая зерновыми культурами из минеральных удобрений, (%):

А) 60-80;

Б) 30-50;

С) 10-20;

Д) 40-80.

7. Коэффициент использования азота из почвы зерновыми культурами на формирование урожая, (%):

А) 20-30;

Б) 30-50;

С) 10-20;

Д) 35-55.

8. Коэффициент использования P_2O_5 из почвы зерновыми культурами на формирование урожая (%):

А) 7-12;

Б) 12-25;

С) 35-40;

Д) 15-25.

9. Коэффициент использования K_2O из почвы зерновыми культурами на формирование урожая, (%):

А) 7-14;

Б) 10-25;

С) 30-35;

Д) 7-24.

10. Коэффициент использования азота зернобобовыми культурами из минеральных удобрений на формирование урожая, (%):

А) 60;

Б) 70;

С) 75;

Д) 5.

11. Коэффициент использования P_2O_5 зернобобовыми культурами из минеральных удобрений на формирование урожая, (%):

А) 20;

Б) 30;

С) 35;

Д) 40.

12. Коэффициент использования K_2O зернобобовыми культурами из минеральных удобрений на формирование урожая, (%):

А) 60;

Б) 65;

С) 70;

Д) 75.

13. Коэффициент использования азота из навоза пропашными культурами на формирование урожая, (%):

А) 10;

Б) 30;

С) 60;

Д) 85.

14. Коэффициент использования P_2O_5 из навоза пропашными культурами на формирование урожая, (%):

А) 10;

Б) 30;

С) 60;

Д) 85.

15. Коэффициент использования K_2O из навоза пропашными культурами на формирование урожая, (%):

А) 10;

Б) 30;

С) 60;

Д) 80.

16. Использование азота из почвы клубнеплодами на формирование урожая, (%):

А) 25;

Б) 30;

С) 40;

Д) 20.

17. Использование P_2O_5 из почвы клубнеплодами на формирование урожая, (%):

А) 10;

Б) 6;

С) 9;

Д) 12.

18. Содержание азота в почве составляет 200 кг/га, коэффициент использования зерновыми 20 %. Вынос азота с 1 т зерна 20 кг, возможный урожай яровой пшеницы составил (т/га):

А) 1;

Б) 2;

С) 3;

Д) 4.

19. Содержание подвижной P_2O_5 в почве 500 кг/га. Коэффициент использования зерновыми 6 %. Вынос P_2O_5 с 1 т зерна 16 кг, возможный урожай ячменя составит (т/га):

А) 1;

Б) 2;

С) 3;

Д) 4.

20. Содержание обменного калия в почве 500 кг/га. Коэффициент использования зерновыми 10 %. Вынос K_2O составляет с 1 т зерна 20 кг, возможный урожай овса составит (т/га):

- А) 1,5;
- Б) 2,5;
- С) 3,5;
- Д) 4,5.

21. Минерализация гумуса в год в среднем составила 1,3 т/га. Восполнение гумуса за счет пожнивных и корневых остатков в среднем в год составило 0,25 т/га. Дефицит гумуса равен (т/га):

- А) 1,05;
- Б) 1,25;
- С) 0,85;
- Д) 0,55.

22. Использование K_2O из почвы клубнеплодами на формирование урожая, (%):

- А) 13;
- Б) 7;
- С) 24;
- Д) 10.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1

1. Программирование урожаев и его связь с другими агрономическими науками.
2. Параметры посева, используемые для программирования урожая.
3. Определите потенциальную урожайность озимой пшеницы: приход ФАР – $29,8 \text{ ккал/см}^2$, КПД – 2%, калорийность 1 кг – 4450 ккал, $K_x = 0,487$.

Задание 2

1. Методы прогнозирования необходимых доз удобрений на заданный уровень урожайности.
2. Параметры, характеризующие высокопродуктивные посевы озимой пшеницы и озимого ячменя.
3. Определите фактический КПД ФАР посева подсолнечника с урожайностью 18 ц/га, если приход ФАР составил $33,8 \text{ ккал/см}^2$, $K_x = 0,0387$, калорийность 1 кг биомассы – 4450 ккал.

Задание 3

1. Прогнозирование урожая и его связь с другими науками.
2. Биологические основы программирования урожая. Параметры, определяющие величину урожая.
3. Определите фактический КПД ФАР посева озимой пшеницы с урожайностью 37 ц/га, если приход ФАР составил $29,8 \text{ ккал/см}^2$, $K_x = 0,485$, калорийность 1 кг биомассы – 4550 ккал.

Задание 4

1. Сравнительная оценка потенциальной и реальной урожайности сельскохозяйственных культур.
2. Листовая и почвенная диагностика, ее роль при программировании урожаев.
3. Определите потенциальную урожайность подсолнечника: приход ФАР – $33,8 \text{ ккал/см}^2$, КПД – 2%, калорийность 1 кг – 4450 ккал, $K_x = 0,387$.

Задание 5

1. Информация необходима для прогнозирования и программирования урожая.
2. Прогнозирование урожайности по распределению осадков.
3. Определите норму высева семян озимого ячменя на урожайность 50 ц/га, если полевая всхожесть – 85%, выживаемость всходов – 70%, продуктивная кустистость – 1,5, продуктивность колоса – 1,2 г.

Задание 6

1. Расчет величины урожая по эффективному плодородию почв.
2. Почвенный покров, подготовка почвы и прогноз возможного урожая полевых культур.
3. Определите коэффициент хозяйственной эффективности озимой пшеницы, если урожай зерна – 45 ц/га, соломы – 51 ц/га, половы и корневых остатков – 15 ц/га.

Задание 7

1. Агротехнические основы программирования урожая. Технологическая карта возделывания сельскохозяйственной культуры.
2. Использование метеорологических факторов для программирования урожая.
3. Рассчитайте суммарное водопотребление озимой пшеницы за вегетационный период, если начальный запас влаги метрового слоя почвы составил 90 мм, осадки за вегетацию – 360 мм, Кэф осадков – 0,85, остаток доступной влаги после уборки – 30 мм.

Задание 8

1. Задачи прогнозирования урожая.
2. Агрофизические основы программирования урожая. Их использование при определении продуктивности растений.
3. Определите коэффициент водопотребления товарный для озимой

пшеницы, если урожайность зерна – 40 ц/га, ресурсы доступной влаги составили 420 мм/га, остаточная влага после уборки – 30 мм/га.

Задание 9

1. Коэффициенты водопотребления культур и их определение
2. Предшественники – как элемент интенсивной технологии. Их роль при программировании урожая.
3. Определите потенциальную урожайность озимого ячменя: приход ФАР – $26,8 \text{ ккал/см}^2$, КПД – 2%, калорийность 1 кг – 4420 ккал, K_x – 0,553.

Задание 10

1. Потенциальный, действительно возможный и производственный урожай.
2. ФАР и способы её определения.
3. Рассчитайте действительно возможную урожайность озимой пшеницы, если ресурсы доступной влаги составляют 480 мм/га, остаточная влага после уборки – 42 мм/га, коэффициент водопотребления товарный – 9,4 мм/ц.

Задание 11

1. Ресурсы тепла и их использование при программировании урожаев
2. Влагообеспеченность почв и растений на территории Тюменской области.
3. Определите коэффициент увлажнения озимой пшеницы в период налива и созревания зерна, если приход ФАР составляет $19,6 \text{ ккал/см}^2$, сумма осадков – 64 мм.

Задание 12

1. Прогнозирование урожая по почвенному плодородию.
2. Расчет действительно возможной урожайности по влагообеспеченности посевов.
3. Определите норму высева семян озимого ячменя на урожайность 50 ц/га, если полевая всхожесть – 85%, выживаемость всходов – 70%, продуктивная кустистость – 1,5, продуктивность колоса – 1,2 г.

Задание 13

1. Физиологические основы программирования урожая. Урожай и его составляющие. Структура урожая. Управление элементами структуры урожая.
2. Роль агротехнических приёмов при прогнозировании урожая.
3. Определите биологический урожай озимого ячменя при следующих параметрах посева; густота растений – 220 шт/м^2 , продуктивная кустистость — 1,8, в колосе содержится 40 зёрен с массой 1000 штук – 40 г.

Задание 14

1. Прогнозирование возможного урожая по параметрам посева.
2. Роль баланса питательных веществ при оптимизации системы удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте.
3. Рассчитайте возможное суммарное водопотребление озимой пшеницы, если приход ФАР — $25,8 \text{ ккал/см}^2$, теплота испарения 1 л воды – 586 ккал.

Задание 15

1. Технологическая карта программированного урожая.
2. Использование балансового метода при прогнозировании урожая.
3. Рассчитайте действительно возможную урожайность озимого ячменя, если ресурсы доступной влаги составляют 480 мм/га, остаточная влага после уборки – 42 мм/га, коэффициент водопотребления товарный 8,4 мм/ц.

Задание 16

1. Роль сорта при реализации программы урожая.
2. Логическая схема расчета норм NPK. Опишите формулу и дайте характеристику ее составляющих.
3. Рассчитайте действительно возможную урожайность ярового ячменя, если ресурсы доступной влаги составляют 280 мм/га, остаточная влага после уборки – 40 мм/га, коэффициент водопотребления товарный – 8,4 ц/га.

Задание 17

1. Влияние тепловых ресурсов на наступление фаз роста растений.
2. Обоснуйте необходимость глубокого знания биологии роста и развития растений при прогнозировании урожая.
3. Определите коэффициент водопотребления товарный для подсолнечника если урожайность зерна = 16 ц/га, ресурсы доступной влаги составили 280 мм/га, остаточная влага после уборки – 30 мм/га.

Задание 18

1. Биогидротермический потенциал продуктивности пашни.
2. Законы и закономерности земледелия и растениеводства. Их понимание и правильное использование при прогнозировании и программировании урожайности.
3. Определите потенциальную урожайность зернового сорго: приход ФАР – 32,8 ккал/см², КПД – 2%, калорийность 1 кг – 4480 ккал, K_x – 0,553.

Задание 19

1. Законы и закономерности земледелия и растениеводства. Их понимание и правильное использование при прогнозировании и программировании урожайности.
2. Суммарное водопотребление. Методы его определение.
3. Определите норму высева семян ярового ячменя на урожайность 30 ц/га, если полевая всхожесть – 85%, выживаемость всходов – 70%, продуктивная кустистость – 1,2, продуктивность колоса – 1,2 г.

Задание 20

1. Агрохимические основы программирования урожая. Агрохимические показатели почв, определяющие величину урожая.
2. Прогнозирование урожая по состоянию посевов в различные фазы вегетации.
3. Определите норму высева семян озимого ячменя на урожайность 50 ц/га, если полевая всхожесть – 85%, выживаемость всходов – 70%, продуктивная кустистость – 1,4, продуктивность колоса – 1,25 г.

ГЛОССАРИЙ

Агротехника – система приемов возделывания сельскохозяйственных культур: обработка почвы, внесение удобрений, подготовка семян, посев или посадка, уход за посевами, борьба с болезнями и вредителями растений, уборка урожая.

Агрохимическая характеристика почвы – совокупность химических и физико-химических показателей, характеризующих эффективное плодородие почв – уровень обеспеченности сельскохозяйственных растений элементами минерального питания и условиями роста.

Адаптация – приспособляемость культур (сортов) к почвенно-климатическим условиям.

Анализ агрохимический – определение лабораторными методами химического состава растений, кормов растительного происхождения, почвы, удобрений, пестицидов.

Анализ почвы – совокупность методов исследования состава, свойств и функций почвы.

Баланс питательных элементов в почве – соотношение статей прихода и расхода питательных элементов в почве.

Вегетационный период – период от посева до созревании данной культуры; в более широком смысле - число дней в течение года в какой либо местности, когда можно выращивать данную культуру.

Весовую норму высева выражают в кг/га, *количественную* (коэффициент высева) в млн. шт./га.

Вещество почвы органическое – совокупность всех органических веществ, находящихся в форме гумуса остатков животных и растений.

Водопотребление – расход воды полем за период вегетации. Коэффициент водопотребления – количество воды, израсходованное посевом на формирование 1 т продукции.

Возврат питательных элементов в почвы – количество питательных элементов, возмещаемых внесением удобрений, пожнивными и корневыми остатками.

Воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения – сохранение и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения посредством систематического проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных, противоэрозионных и иных мероприятий.

Вспашка – основной прием обработки почвы, при котором происходят одновременное крошение, рыхление и оборачивание почвы отвальными плугами.

Всхожесть семян – их способность давать нормальные всходы, она выражается в процентах нормально проросших от числа высеянных семян в пробе за установленный для культуры срок. Различают лабораторную и полевую всхожесть семян, представляющую собой процент всхожих семян к общему их числу, высеянных в условиях лаборатории или поля.

Гербициды – химические вещества для уничтожения сорняков.

Гумификация – сложный биохимический процесс разложения органических остатков и одновременного синтеза высокомолекулярных гумусовых веществ (гуминовые кислоты, фульвокислоты и негидролизующий остаток).

Гумус – органическое вещество почвы, обуславливающее ее плодородие.

Гумус – часть органического вещества почвы, образующаяся при гумификации органических остатков.

Действительно возможный уровень урожайности – это уровень урожайности, который может быть достигнут в условиях реального климата и при реальном уровне эффективного плодородия почвы.

Диагностика питания растений – определение степени обеспеченности растений питательными элементами.

Доза удобрения – количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за один приём.

Интенсивность баланса – отношение дозы к хозяйственному выносу элементов питания (в процентах).

Использование растениями питательного элемента из почвы – потребление растениями питательного элемента из почвы в процессе вегетации.

Использование растениями питательного элемента из удобрения – потребление растениями питательного элемента из удобрения в процессе вегетации.

Категории сортовой чистоты – условные единицы чистосортности, определяемые средним минимальным процентом сортовой чистоты для самоопыляющихся культур или сортовой типичности для перекрестноопыляющихся культур.

Клубень – видоизмененный побег растения с утолщенным стеблем и недоразвитыми листьями; содержит запасные питательные вещества.

Колос – тип соцветия у растений семейства мятликовых (злаковых).

Комплексные удобрения – минеральные вещества, содержащие два-три основных элемента питания растений в различных соотношениях, иногда микроэлементы.

Коэффициент возврата – отношение дозы удобрений к хозяйственному выносу элементов питания.

Коэффициент использования действующего вещества удобрения – отношение количества питательного элемента, вынесенного урожаем сельскохозяйственной культуры, к общему его количеству, внесенному с удобрениями.

Кустистость – среднее число всех или продуктивных побегов на одном растении.

Макроэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве от целых до сотых долей процента в расчёте на сухое вещество.

Масса 1000 семян – показатель выполненности и крупности посевного материала (г).

Междурядная культура – возделывание одной культуры в междурядьях другой.

Междурядье – пространство между двумя соседними рядами растений.

Микроудобрение – удобрения, в котором действующим веществом является микроэлемент.

Микроэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве до сотых долей процента в расчёте на сухое вещество.

Норма высева семян – количество высеваемых на 1 га кондиционных семян.

Норма удобрения – это количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за период выращивания.

Плодородие земель сельскохозяйственного назначения – способность почвы удовлетворять потребность сельскохозяйственных культурных растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать продукционный процесс (урожай).

Плодородие почвы – способность почвы обеспечивать условия, необходимые для жизни растений.

Подкормка растений – внесение удобрения в период вегетации растений.

Полнота всходов – отношение полевой всхожести семян к лабораторной.

Посевная годность семян – процент семян основной культуры в партии, обладающих всхожестью.

Потенциально возможный уровень урожайности – максимальный теоретически возможный, уровень урожайности при идеальных условиях окружающей среды.

Почва – самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникающее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетическо-морфологические признаки,

свойства, создающие соответствующие условия для роста и развития растений.

Предпосевное удобрение – удобрение, вносимое в борозду непосредственно перед или во время посева или посадки растений.

Предшественник – сельскохозяйственная культура или пар, занимавшие поле до посева последующей в севообороте культуры.

Программирование урожая – разработка и выполнение ряда взаимосвязанных, обоснованных с научной точки зрения мероприятий, возможность получать запланированный высокий уровень урожайности и увеличивать плодородность земли.

Районирование сорта – определение границ (ареала) почвенно-климатической зоны в областях, краях и регионах допуска в процессе Государственного испытания сорта.

Реальный хозяйственный уровень урожайности – уровень урожайности, получаемый в условиях производства.

Севооборот – чередование культур и пара во времени и по полям.

Система удобрений – комплекс мероприятий по рациональному использованию удобрений и других агрохимических средств в севооборотах, многолетних насаждениях, на лугах и пастбищах, направленных на воспроизводство плодородия почвы, получение высоких урожаев требуемого качества и охрану окружающей среды от загрязнения.

Слой пахотный – слой почвы, который периодически подвергается основной обработке.

Содержание питательного элемента в удобрении – количество питательного элемента в удобрении.

Сорт – совокупность более или менее сходных по хозяйственно-биологическим свойствам и морфологическим признакам растений одной культуры, родственных по происхождению, приспособленных к определенным условиям произрастания и дающих высокие урожаи качественной продукции.

Технологическая карта – планово-нормативный документ, отражающий комплекс технологических, организационных и экономических мероприятий по выполнению заданной производственной программы.

Удобрение – вещество для питания растений и повышения плодородия почвы.

Удобрение – вещество, обеспечивающее растение элементами питания; бывает органическим (образовавшимся при разложении растительных остатков и навоза), минеральным и органоминеральным (смесь органических и минеральных веществ).

Урожай – продукция, полученная в результате выращивания сельскохозяйственной культуры.

Урожайность – количество сельскохозяйственной продукции, полученной с единицы площади.

Фенологические фазы – фазы развития растений, последовательная смена биологического развития растений в годичном цикле, выражающаяся как во внешних, так и во внутренних (физиологических) изменениях.

Энергия прорастания – процент нормально проросших семян за короткий срок (например, для зерновых культур через 3-4сут.); характеризует способность семян давать дружные всходы.

Эффект взаимодействия удобрений – эффект, полученный от совместного действия двух или большего числа питательных элементов, в сравнении с эффектом, полученным от раздельного их внесения.

Эффективность удобрения – показатель, характеризующий степень положительного влияния удобрений на плодородие почвы, урожайность сельскохозяйственной культуры и качество продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов Н.В. Производительность агроэкосистем и состояние плодородия почв в условиях Западной Сибири / Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – Тюмень, 2013 – 254 с.
2. Васина Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.
3. Выдрин В.В., Федорук Т.К. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по тюменской области за 2017 год. – Тюмень, 2017. – 98 с.
4. Денисов Е.П., Юфин А.К. Биологический контроль и программирование урожаев сельскохозяйственных культур в Поволжье. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 104 с.
5. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: Монография /ОМГАУ. – Омск, 1995. – 208 с.
6. Ермохин Ю.И., Трубина Н.К. Плодородие почвы и факторы внешней среды – основа программирования урожаев / Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2012. – 136 с.
7. Иваненко А.С., Кулясова О.А. Агроклиматические условия Тюменской области. – Тюмень, 2008.
8. Иваненко А.С., Логинов Ю.П., Белкина Р.И., Казак А.А., Тоболова Г.В., Якубышина Л.И. Растениеводство Северного Зауралья. Тюмень, 2017.
9. Каюмов М.К. Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 368 с.
10. Колмаков В.П., Якубышина Л.И., Казак А.А. Методические указания по выполнению курсовой работы по растениеводству для студентов очного и заочного обучения специальностей 310200 «Агрономия»,

- 320400 «Агроэкология», 311200 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» / ТГСХА. – Тюмень, 2010. – 40 с. – Изд. 2-е переработанное.
- 11.Нарушев В.Б. Основы программирования урожайности полевых культур и их сортовая агротехника. Краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство профиля подготовки – Растениеводство / ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ – Саратов, 2014. – 34 с.
- 12.Наумник В.Н., Ступин А.С. Технология растениеводства: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 592 с.
- 13.Савельев В.А. Программированное изучение растениеводства. Учебное пособие. – Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2011. – 166 с.
- 14.Селевцев В.Ф. Программирование урожая. Учебное пособие. – Пермь: Пермский СХИ, 1993. – 87 с.
- 15.Смирнова Р.И. Биологические основы интенсивной технологии зерновых культур, обеспечивающие программируемую урожайность: Лекция. – Новосибирск, 1987. – 44 С.
- 16.Современные проблемы науки и производства в агроинженерии: Учебник / Под ред. А.И. Завражнова. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 496 с.
- 17.Тооминг Х.Т. На какой уровень урожайности ориентироваться при программировании урожая. – М., 1978. С.10-17.
- 18.Шатилов И.С., Каюмов М.К., Бондаренко Н.Ф., Жуковский Е.Е., Нерпин С.В., Полуэктов Р.А. Организация научных исследований по программированию урожаев // Науч. основы программирования урожаев с.-х. культур. — М., 1978. — С. 5—9
19. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожаев. –Л.: Гидронефтиздат., 1980. – 280 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Средняя многолетняя влагообеспеченность
сельскохозяйственных культур в условиях Тюменской области

Зона	Метео-станция	Культуры	Запасы влаги в метровом слое на дату посева, мм	Осадки за период от посева до созревания, +0,7 мм	Ресурсы продуктивной влаги, мм
Тайга	Уват	ранние яровые	190	122	312
		поздние яровые	160	203	363
		озимые	175	196	371
	Тобольск	ранние яровые	190	122	312
		поздние яровые	160	203	363
		озимые	175	196	371
Подтайга	Викулово	ранние яровые	125	136	261
		поздние яровые	150	175	325
		озимые	180	175	355
	Ярково	ранние яровые	215	140	355
		поздние яровые	140	168	308
		озимые	150	168	318
Северная лесостепь	Ишим	ранние яровые	140	115	255
		поздние яровые	140	161	301
		озимые	150	168	318
Южная лесостепь	Бердюжье	ранние яровые	110	105	215
		поздние яровые	140	154	294
		озимые	140	140	280
	Ильинское	ранние яровые	115	168	213
		поздние яровые	120	154	274
		озимые	140	140	280

Приложение 2

Примерные коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур,
м³/т сухой надземной массы (обобщенные данные)

Культура	Средний
Озимая рожь	425...450
Озимая пшеница	450...500
Озимая тритикале	470...520
Яровая пшеница	435...525
Ячмень	435...500
Овес	500...550
Горох	500...550
Вика	190...310
Картофель	175...200
Корнеплоды	85...100
Свекла кормовая	85...100
Кукуруза (силос)	90...95
Кукуруза (зерно)	250...270
Просо	180...256
Гречиха	500...515
Викоовес (зеленая масса)	110...120
Рапс (семена)	250...260
Однолетние травы	500-625
Многолетние травы	550...600
Лен-долгунец (солома + семена)	250...300

Агроклиматические показатели по зонам Тюменской области

Показатель	Таёжная зона	Подтаёжная зона	Северная лесостепь	Южная лесостепь
Среднегодовое количество осадков, мм	450-550	до 420	350-420	300-350
Осадки за период май-август, мм	250	210	175-210	150-175
Сумма температур воздуха выше 10 ⁰ С за вегетационный период	1050-1775	1600-1860	1900-1950	1800-2000
ФАР, млрд. ккал/га	1,9-2,0	2,0-2,1	2,2-2,3	2,3-2,5
Вегетационный период, дней	140-150	около 150	150-160	160-165
Продолжительность безморозного периода, дней	80-100	110-120	110-120	120-125
Высота снежного покрова, см	44-48	до 30	менее 30	менее 30
Глубина промерзания почвы, см	95-100	около 115	более 100	менее 100

Продолжительность вегетационного периода сельскохозяйственных культур в Тюменской области
(данные 2017 г. Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений по Тюменской области)

Культура	Продолжительность вегетационного периода, дней		
	подтаёжная зона	северная лесостепь	южная лесостепь
Яровой тритикале	75-120	59-110	-
Яровая пшеница	82-97	79-94	38-68
Яровой ячмень	50-105	46-94	28-59
Овёс на зерно	78-90	74-80	70-75
Овёс на зеленую массу	44-49	41-45	41-43
Горох на зерно	76-86	75-85	77-80
Кормовой горох на зеленую массу	-	35-41	-
Кормовой горох на семена	-	80-90	-
Гречиха	-	60-79	-
Просо на зеленую массу	-	43-62	-
Просо на семена	-	94-106	-
Яровая вика на зеленую массу	-	30-32	-
Яровая вика на семена	-	96-99	-
Яровой рапс на зеленую массу	40	31-33	-
Яровой рапс на семена	102-108	-	-
Соя на семена	98-108	-	-

Бонитеты почв пашни по районам Тюменской области

Район и зона	Площадь, тыс. га	Бонитет
1. Уватский	16,8	66
2. Тобольский	57,4	74
3. Вагайский	66,7	75
4. Ярковский	51,7	79
Южная тайга	192,6	75
1. Нижне-Тавдинский	722,8	75
2. Юргинский	45,0	82
3. Аромашевский	77,9	79
4. Сорокинский	58,2	80
5. Викуловский	88,2	82
Подтайга	342,1	80
1. Тюменский	64,0	90
2. Исетский	87,7	95
3. Упоровский	100,4	93
4. Ялуторовский	45,0	89
5. Омутинский	73,5	83
6. Заводоуковский	80,4	96
7. Голышмановский	110,7	90
8. Ишимский	151,5	92
9. Абатский	99,5	91
Северная лесостепь	812,7	85
1. Армизонский	65,7	80
2. Бердюжский	73,7	88
3. Казанский	97,1	92
4. Сладковский	91,2	80
Южная лесостепь	327,7	85
Всего по югу Тюменской области	1675,1	83

Цена балла почвенного бонитета (в кг основной продукции на 1 балл)

Культура	Уровень агротехники			
	низкий	средний	повы- шенный	высокий
Озимая пшеница	16	26	34	47
Озимая рожь	17	25	32	45
Яровые зерновые	17	25	30	40
Картофель	150	200	240	320
Многолетние травы:				
сено	40	50	65	90
семена	2	3	5	8
Лён-долгунец	20	40	50	80
Корнеплоды	250	400	700	900
Силосные	230	380	750	850
Однолетние травы на зелёный корм	150	250	300	350

Примерный вынос NPK полевыми культурами

Культура	Вынос на 1 т основной продукции с учетом побочной, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	37,5	11,5	20,0
Яровая пшеница	39,6	12,5	21,8
Озимая рожь	32,5	14,0	24,5
Озимая тритикале	35,0	13,0	20,1
Ячмень	35,6	12,1	25,1
Овес	36,4	12,0	33,7
Просо	34,8	10,6	32,6
Сорго (зеленая масса)	4,7	1,4	4,4
Гречиха	36,1	16,2	42,8
Горох	37,6	10,4	25,3
Соя	72,0	16,0	43,0
Рапс	35,0	18,0	26,0
Вика (зерно)	62,3	13,1	15,6
Вика (сено)	22,7	6,2	10,0
Лен-долгунец (семена)	60,0	20,0	70,0
Лен-долгунец (соломка)	12,2	7,2	17,2
Подсолнечник (семена)	50,0	14,0	55,7
Подсолнечник (зеленая масса)	3,0	0,8	3,7
Кормовая морковь	3,0	1,2	5,0
Кормовая свекла	4,1	1,5	5,1
Турнепс	3,5	1,4	4,0
Картофель	4,5	1,8	10,0
Топинамбур	4,4	1,3	8,5
Кукуруза (зерно)	41,3	11,2	34,2
Кукуруза (зеленая масса)	4,5	0,9	3,7
Однолетние мятликовые травы (сено)	21,0	8,0	17,8
Однолетние мятликовые травы (зеленая масса)	4,2	1,6	3,7
Горохоовсянная смесь (сено)	23,0	9,5	23,5
Клевер (сено)	24,1	14,0	22,0
Люцерна (сено)	26,6	8,1	23,9
Люцерна (семена)	229,0	75,0	188,0

Коэффициент использования NPK
из почвы (обобщенные данные)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	0,30	0,07	0,10
Яровая пшеница	0,25	0,06	0,10
Озимая рожь	0,30	0,10	0,10
Озимая тритикале	0,20	0,12	0,14
Ячмень	0,20	0,07	0,07
Овес	0,30	0,10	0,12
Просо	0,20	0,07	0,07
Гречиха	0,20	0,07	0,07
Горох	0,40	0,12	0,13
Вика (зерно)	0,30	0,08	0,07
Вика (сено)	0,25	0,07	0,07
Лен-долгунец (семена)	0,30	0,08	0,13
Лен-долгунец (соломка)	0,25	0,07	0,12
Корнеплоды	0,30	0,06	0,13
Картофель (клубни)	0,25	0,09	0,24
Кукуруза (зеленая масса)	0,35	0,12	0,13
Рапс (семена)	0,20	0,03	0,07

Коэффициент использования NPK
из удобрений (обобщенные данные)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	0,70	0,30	0,70
Яровая пшеница	0,60	0,20	0,65
Озимая рожь	0,70	0,30	0,70
Озимая тритикале	0,72	0,30	0,60
Ячмень	0,60	0,30	0,65
Овес	0,70	0,30	0,70
Просо	0,60	0,30	0,70
Гречиха	0,60	0,40	0,80
Горох	0,75	0,35	0,75
Вика (зерно)	0,70	0,25	0,70
Вика (сено)	0,60	0,26	0,60
Лен-долгунец (семена)	0,60	0,20	0,70
Лен-долгунец (соломка)	0,60	0,20	0,70
Корнеплоды	0,70	0,40	0,90
Картофель (клубни)	0,60	0,30	0,90
Кукуруза (зеленая масса)	0,70	0,30	0,80
Рапс (семена)	0,05	0,15	0,60

Коэффициент использования растениями
питательных веществ из почвы, %

Культура	P ₂ O ₅	K ₂ O
При анализе почв по методу Кирсанова		
Зерновые	3-5	6-7
Пропашные, бобовые травы	5-7	7-10
При анализе почв по методу Чирикова		
Зерновые	3-4	5-6
Пропашные, бобовые травы	5-6	8-10

Коэффициент использования питательных
элементов из удобрений в разные годы

Вид удобрения	Годы действия	Коэффициент использования, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Органические (навоз, компосты)	1	20-30	35-45	50-60
	2	20-25	10-15	15-20
Зеленые	3	5-10	0-5	5-10
Минеральные	1	50-60	15-26 (порошковидные)	50-60
			25-35 (гранулированные)	
	2	3-5	10-15	10-15
	3	0-3	5-10	0-5

Использование NPK туков полевыми культурами

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровая пшеница	60	30	60
Озимая тритикале	60	30	60
Озимая пшеница	60	30	60
Озимая рожь	60	30	60
Ячмень	60	30	60
Овес	60	30	60
Просо	60	30	60
Гречиха	60	30	60
Горох	55	35	60
Кукуруза	70	40	70
Картофель	70	40	70
Корнеплоды	70	40	70
Лен-долгунец	50	30	60
Рапс (семена)	50	35	60

Приложение 13

Масса 1000 зерен сельскохозяйственных культур

Культура	Масса 1000 зерен, г	Культура	Масса 1000 зерен, г
Озимая пшеница	32-53	Гречиха	28-37
Озимая рожь	25-44	Кукуруза	100-400
Озимая тритикале	35-54	Соя	100-250
Яровая пшеница	33-47	Подсолнечник	80-100
Яровой ячмень	30-58	Яровой рапс	3,0-5,5
Овес	25-50	Лен	8-15
Горох	141-300	Корнеплоды	

Приложение 14

Коэффициент нормы высева сельскохозяйственных культур по Тюменской области

Культура	Коэффициент, млн. всхожих зерен на га	Культура	Коэффициент, млн. всхожих зерен на га или тыс. растений
Озимая пшеница	7,0-8,0	Кукуруза (на зерно)	45-80
Озимая рожь	7,0-8,0	Кукуруза (на зеленую массу)	100-180
Озимая тритикале	7,0-8,0	Подсолнечник	120-160
Яровая пшеница	6,0-6,5	Вика яровая	2,0-3,0
Яровой ячмень	5,0-5,5	Яровой рапс	2,5-3,0
Овес	5,0-5,5	Лен	17-20
Горох	1,2-1,4	Корнеплоды	
Гречиха	4,5-5,0	Соя	0,8-1,0
Просо	4,5-5,0	Картофель	48-54

Шахова О.А., Якубышина Л.И.

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Учебное пособие

Технический редактор Сергей Дикк

ООО «Издательский дом «Титул»
Тюмень, ул. 30 лет Победы, 33/6
Тел. 8 (9088) 742-542, e-mail: titul@list.ru

Подписано в печать 01.12.2018
Формат 60х84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая
Усл.печ.л. 5,58. Тираж 300 экз. Заказ № 59

Отпечатано в ООО «ИД «Титул»