

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОНОМИИ И ЭКОЛОГИИ

О.В. Щегорец

РЕСУРСНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ПРИАМУРЬЯ
В УСЛОВИЯХ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
И ДИВЕРСИФИКАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Учебное пособие

Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2015

УДК 631.55(072)

Щегорец О.В. Ресурсная урожайность полевых культур Приамурья в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия и диверсификации растениеводства: учебное пособие / О.В. Щегорец. – Благовещенск: ДальГАУ, 2015. – 84 с.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курсов: «Адаптивные технологии сельскохозяйственных культур», «Диверсификации полеводства Приамурья» по направлению подготовки магистров сельского хозяйства 110400.68 Агрономия; «Программирование урожайности полевых культур» по направлению 110400.62 «Агрономия», 110100.62 «Агрохимия и почвоведение», «Технология производства продуктов растениеводства» для сельскохозяйственных вузов по направлению 080100 «Экономика и управление в отраслях АПК».

В учебном пособии освещены вопросы прогрессивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия, представлен системный подход к диверсификации отрасли растениеводства, критерии урожайности, методики расчета программирования урожая в условиях Приамурья, составления технологической карты.

Предназначено для подготовки бакалавров, магистров и аспирантов по направлению «Агрономия», специалистов АПК.

*Рецензент – В.Т. Синеговская, д-р с.-х. наук, профессор,
член-корреспондент РАН,
директор Всероссийского научно-исследовательского института сои*

Рекомендовано к печати методическим советом факультета агрономии и экологии Дальневосточного государственного аграрного университета (Протокол №6 от 26 февраля 2015 года).

Издательство ДальГАУ
2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ДИВЕРСИФИКАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА, РЕСУРСНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ПРИАМУРЬЕ.....	6
2 ПРОИЗВОДСТВЕННО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, УРОВЕНЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ.....	12
2.1 Технология и её задачи.....	12
2.2 Интенсивная технология и её факторы	14
2.3 Альтернативные системы земледелия и технологии	19
2.4 Законы земледелия.....	19
3 ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЯ	21
3.1 Программирование как наука и первый фактор технологии	21
3.2 Физиологические принципы программирования урожая.....	26
3.3 Биологические принципы программирования урожая	27
3.4 Агрохимические принципы программирования урожая	27
3.5 Агрофизические принципы программирования урожая.....	28
3.6 Агрометеорологические принципы программирования урожая	29
3.7 Агротехнические принципы программирования урожая	31
3.8 Программирование, прогнозирование, планирование урожая.....	32
4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ	35
4.1 Ресурсы ФАР и потенциальный урожай (ПУ).....	35
4.2 Определение действительно возможных урожаев по влагообеспеченности посевов (ДВУ)	39
4.3 Расчет доз удобрений при интенсивной технологии	41
5 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	45
5.1 Природно-климатические условия Амурской области.....	45
5.2 Климат.....	48
5.3 Определение максимальной урожайности культуры исходя из поступления ФАР (ПУ).....	61
5.4 Влагообеспеченность и действительно возможный урожай (ДВУ).....	64
5.5 Агрохимические основы программирования урожая	67
5.5.1 Почвы Амурской области	68
5.5.3 Расчет норм удобрений под запрограммированный уровень урожайности сельскохозяйственных культур.....	72
5.5.3 Распределение и потребность удобрений	78
6 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР.....	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	84

ВВЕДЕНИЕ

Формирования адаптивно-ландшафтного земледелия требует развития новых представлений, как о величине урожайности, так и процессе ее формирования. При доминировании экстенсивного пути развития земледелия Приамурья, рост урожайности шел крайне медленно, более того в отдельные периоды наблюдалась значительное его падение. Длительное время, как агрономы, так и исследователи, довольствовались тем урожаем, который вырастет в данных природных условиях, лишь бы были некоторые различия между фактической и плановой урожайностью, контролем и изучаемым вариантом. Такой подход устарел, современные условия хозяйствования вызывают необходимость изменения мировоззрения земледельцев в понимании формирования ресурсной урожайности.

Программа инноваций в растениеводстве, в основу которой положен системный подход на диверсификацию отрасли, путём введения в производство новых, перспективные культуры, предотвращения превращения сои в монокультуру, расширения ассортимента выпускаемой продукции. Задача диверсификации: сохранение и рост плодородия почвы, повышение урожайности культур, эффективности производства, получения экономической выгоды.

Урожайность, многогранное, но вполне конкретное понятие – *это урожай сельскохозяйственной культуры с единицы площади посева. Она определяется продуктивностью отдельного растения и числом растений на единице площади и зависит от культуры, сорта, густоты стояния растений, плодородия почвы, уровня агротехники, погодных условий, зоны выращивания, технологической дисциплины.* Урожайность бывает: генетическая, биологическая, ожидаемая, фактическая, производственная, потенциальная, прогнозируемая, планированная, программируемая, ресурсная и т. д. Отсутствие ГОСТов формулировки «урожайность», послужило причиной возникновения различных определений и самое ошибочное - отождествление понятий.

Главный критерий эффективности отрасли растениеводства – это фактическая – реальная урожайность, сложившаяся на данный момент в производственных условиях хозяйства, района, области, региона, страны. Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтной система земледелия является формирование геоинформационных систем на основе программирования урожайно-

сти. Перед агрономами ставится качественно новая задача – заранее определить **ресурсную урожайность культуры** (допустимо возможную) и в соответствии с составленной программой формировать условия ее получения. Для этого необходимо объединить ранее сложившиеся представления и новые методологические подходы к определению возможной продуктивности поля в условиях конкретного производства.

Задача данного учебного пособия является формирование навыков определения ресурсной урожайности на основе метода программирования, разработка прогрессивных технологий возделывания, обеспечивающих наиболее полную реализацию генетического потенциала сортов и гибридов в почвенно-климатических условиях Приамурья.

В современной земледелии при многообразии альтернативных технологий, внедрение методического подхода определения ресурсной урожайности и возможности её достижения, позволит повысить эффективность отрасли растениеводства. Для этого требуются дополнительные знания и умения, которыми должны овладеть студенты, магистранты, аспиранты, специалисты АПК, фермеры – все те, кто искренне заинтересован в результатах труда, видит реальные перспективы.

1 СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ДИВЕРСИФИКАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА, РЕСУРСНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ПРИАМУРЬЕ

Земледелие – древнейшая, очень сложная, многогранная сфера человеческой деятельности, лежащая в основе развития цивилизаций. Его состояние и экономическая эффективность функционирования оказывает решающее влияние на продовольственное обеспечение и благосостояние народа, социальную стабильность в обществе, в значительной мере определяет состояние экономики и уровень развития государства в целом.

Одним из основных факторов эффективности сельского хозяйства является система земледелия. *Под современной системой земледелия понимают высокопродуктивное, устойчивое, экологически обоснованное и экономически эффективное производство высококачественной продукции растениеводства при рациональном использовании земли и воспроизводстве почвенного плодородия.*

Система земледелия и технологии её составляющие находятся в динамичном развитии. В основе совершенствования и изменения системы земледелия лежит научно-технический прогресс, который представляет собой совершенствование техники, технологии, методов ведения производства, развитие производительных сил на основе применения научно-технических достижений. НТП служит основой интенсификации общественного производства, в том числе повышения эффективности Агропромышленного комплекса страны. Последовательная интенсификация производства предполагает коренную перестройку всех его сторон – техники, технологии, хозяйственного механизма, самих работников, уровня их квалификации и хозяйственной психологии.

С 50-х годов в России получили развитие различные направления разработки систем земледелия, в том числе система Т.С. Мальцева, почвозащитная система А.И. Бараева и др. В 80-х годах они были интегрированы в зональные системы земледелия. В каждой области, крае и автономных республиках были изданы книжки-рекомендации с такими названиями. В 90-х годах они получили дальнейшую разработку и были дифференцированы применительно к различным агроландшафтам в пределах природно-

сельскохозяйственных провинций различных природных зон. В конце XX века учеными РАСХН была разработана и сформулировано понятие адаптивно-ландшафтной системы земледелия как категории, интегрирующей ландшафтный и эколого-адаптивный подходы.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия (АЛСЗ) – это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство растениеводческой и животноводческой продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.

Эта официально принятая современная система земледелия России, которая благодаря адаптивности позволяет использовать как примитивные, так и прогрессивные технологии и системы направленная на результативность отрасли растениеводства.

Идею адаптивно-ландшафтной системы земледелия впервые высказали в XIX веке, классики отечественного земледелия, В. В. Докучаев, П. А. Костычев, А. А. Измаильский, В. Р. Вильямс. Основное условие системы заключается в том, что любые способы воздействия на почву в целях повышения ее плодородия должны применяться не изолированно одно от другого, а в тесной взаимосвязи, только в этом случае они дадут необходимый результат.

Возврат к классической идее русских ученых-аграриев, подкрепленный современными достижениями науки и практики, позволит современному земледелию выйти на качественно новый уровень развития, результатом которой является получение экологически чистой, конкурентоспособной продукции, что диктуется концепцией государственной политики в области продовольственного самообеспечения, и здорового питания населения.

АЛСЗ имеет конкретный агроэкологический адрес, адаптирована к определенным социально-экономическим условиям и определяется шестью группами факторов (рис. 1), которые аккумулируют научно-практические аспекты развития современного сельского хозяйства.

1. Общественные (рыночные) потребности – рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции.

2. Агроэкологические и биологические требования культур и их среда образующее влияние на величину урожайности. Опреде-

ление допустимо возможной урожайности полевых культур с реальным учетом фактора АЛСЗ.

3. Агроэкологические параметры земель – природно-ресурсный потенциал.

4. Производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации, используемые технологии.

5. Хозяйственные уклады, социальная инфраструктура.

6. Качество продукции и среды обитания, экологические ограничения.



Рис. 1. Факторы системы АЛСЗ

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия представляет собой развитие ранее сложившихся представлений и вбирает в себя прежние и новые понятия. Она реализуются пакетами агротехнологий для различных агроэкологических типов земель при разных уровнях производственно-ресурсного потенциала (экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокие). Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия является

формирование геоинформационных систем (ГИС), определение урожайности на основе метода программирования который основывается на биологических требованиях растений, агроэкологические параметры почвы, природно-ресурсном потенциале (2, 3 фактор АЛСЗ). Чем выше уровень интенсификации земледелия, тем большее количество агроэкологических факторов учитывается при формировании урожайности.

Урожайность это ежегодно возобновляемый органический ресурс обеспечивающий существование человечества. Урожайность полевых культур величина нестабильная, её величина определяется генетическими возможностями сорта, реализация которой зависит от почвенно-климатических, метеорологических, условий производства. Задача технологии – создать максимально комфортные условия для реализации потенциальных возможностей культуры. «Нигде, быть может, ни в какой другой деятельности не требуется взвешивать столько разнообразных условий успеха, нигде не требуется таких многосторонних сведений, нигде увлечение односторонней точкой зрения не может привести к такой крупной неудаче, как в земледелии», – так, характеризовал возможность получения высокой урожайности К.А. Тимирязев.

Ресурсная урожайность – это допустимо возможная урожайность, которую может формировать культура в условия произрастания.

Урожайность формируется в тесной взаимосвязи трех групп факторов: *космических* – свет и тепло (не поддаются регулированию); *земных* – вода, минеральное питание, кислород, углекислый газ (частично регулируемые); *агротехнических* – плодородие почвы, качество ее обработки, качество семян, норма высева, срок посева и др. (определяются производственной деятельностью человека). Часть факторов, определяющих рост и развитие растений, урожай и его качество, в полевых условиях не подлежит регулированию. Это ограничивает возможность управления формированием величины урожая. Поэтому с помощью регулируемых факторов необходимо снизить отрицательное влияние нерегулируемых и частично регулируемых (лимитирующих).

Приамурье - зона рискованного земледелия, лимитирующими факторами являются: продолжительность безморозного периода (поэтому сорт должен иметь сумму активных температур, соответствующую этому периоду); недостаточное количество осадков и неравномерное их распределение в течение вегетации; повышенная

кислотность почвы, низкое содержание подвижного фосфора и микроэлементов; низкие температуры пахотного слоя из-за глубокого промерзания и медленного оттаивания. Климатические условия области не всегда способствуют получению стабильных урожаев, однако при высоком научно-техническом уровне современных технологий, есть возможность значительно ослабить или нейтрализовать отрицательное воздействие экстремальных условий.

В развитых странах соотношение фактической и ресурсной урожайности определяется как 1:3, в России – 1:5 и более. Например: генетические возможности продуктивности современных сортов картофеля составляют 100-150 т/га, в практике она реализуется на 25-70%, в условиях Приамурья лишь на 25%. У сои отношение средней урожайности к ресурсной составляет как 1 к 3 (12 т/га - средняя по области, 35 т/га - ресурсная). Самая низкая реализация генетических возможностей сортов отмечается у пшеницы и гречихи – более чем как 1:4. Разрыв производственной и ресурсной урожайности полевых культур в Амурской области более чем в 3 раза - это реальные перспективы существенного роста продуктивности пашни, повышения эффективности отрасли растениеводства.

Возможно ли тождество между ресурсной, плановой и фактической урожайностью? Возможно! Если на полях хозяйств с высокой культурой земледелия будет полностью реализовываться потенциальная продуктивность районированных сортов, которая основывается на вскрытии следующих возможностей:

- природно-климатического потенциала Приамурья;
- внутренних резервов агроэкосистем, главными из которых являются: использование высокопродуктивных, с повышенной адаптационной способностью сортов, повышение роли севооборота, сидерация почвы, оптимизация питания, интегрированная система защиты растений и др.

Рост валового производства сои в последние годы растёт, в 2014 г. установлен рекорд – превысили миллионный сбор соевых бобов. С одной стороны это радует, но с другой - вызывает большие опасения. Удельный вес сои, в структуре полевых культур, превысила 80%. Сползание сои к монокультуре обеспечивает её востребованность на внутреннем и международном рынке. Резко подскочившие в последние годы мировые цены на сою сделали её очень выгодной бизнес-культурой. Производитель идёт по пути максимального получения доходов при минимальных затратах. Самый простой – увеличение площади пашни сою. Это влечёт нару-

шение научно обоснованных севооборотов, переход к монокультуре, что способствует накоплению болезней и вредителей, почвоутомлению, снижению продуктивности и качества продукции. Используемые сегодня в производстве современные технологии можно назвать «ленивыми»: посеяли, одновременно внесли ударную дозу химикатов, и убрали... - достигнув минимального энергосбережения и затрат. Давно забыли, что соя пропашная культура, требующая аэрации, у неё симбиотический тип питания, на заплывающих лугово-черноземовидных почвах, необходимы междурядные, механизированные обработки. Морфобиологические особенности культуры, локальное использование продуктов фотосинтеза репродуктивными органами – требует широкорядных способов посева, и множество специфических агроприёмов по уходу во время вегетации.

Монокультурная специализация растениеводства делает отрасль неустойчивой перед лицом природных факторов и изменений. Поэтому в настоящее время очевидным является ориентир на диверсификацию отрасли растениеводства Амурской области.

Диверсификация производства (новолат. *diversificatio* - изменение, разнообразие; от лат. *diversus* - разный и *facere* – делать) – расширение ассортимента выпускаемой продукции и переориентация рынков сбыта, освоение новых видов производств с целью повышения эффективности производства, получения экономической выгоды, предотвращения банкротства.

Системный подход диверсификации отрасли растениеводства, путём введения в производство новых, перспективные культуры, расширения ассортимента выпускаемой продукции, оптимизация пропорций посевных культур в системе севооборота, направлен на повышение эффективности производства, получения экономической выгоды. В связи с этим, в данном учебном пособии приводим биологические и агротехнические требования традиционно возделываемых и перспективных для формирования ресурсной урожайности полевых культур Приамурья. К таковым относятся не только новые, но и культуры, которые успешно возделывались в Приамурье в историческом прошлом (лён, конопля и др.), спрос на их продукцию растёт на мировом рынке. Они удачно могут вписаться в организационно-технологическую структуру, повысить эффективность сельского хозяйства.

2 ПРОИЗВОДСТВЕННО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, УРОВЕНЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ

Четвёртым фактором адаптивно-ландшафтной системы земледелия является производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации, используемые технологии для получения ресурсной урожайности заданного качества.

2.1 Технология и её задачи

Технология (от греч. techne – искусство, мастерство, умение) в растениеводстве означает совокупность агротехнических приемов, выполняемых в определенной последовательности, направленных на удовлетворение требований биологии сельскохозяйственных культур и получение высокого урожая заданного качества, при минимальных затратах труда и средств на единицу высококачественной продукции.

Технология включает перечень материально-технических средств, экономические показатели и отражается в технологических картах.

Задача технологии как науки – выявление механизмов и закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов. В основе технологии лежит агротехника (от греч. agros – поле) – это система приемов возделывания сельскохозяйственных культур. Она включает: правильный выбор сорта и предшественника (севооборот), обработку почвы, внесение удобрений, подготовку семян к посеву, посев, уход за растениями, борьбу с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений, уборку урожая.

Основной перечень агротехнических приемов: обработка почвы, внесение удобрений, посев, уход за посевами, уборка – выполняется при возделывании любой полевой культуры и составляет основу технологии.

Дополнительные агроприемы, выполняемые при возделывании конкретной культуры, составляют особенности агротехники, на основании которых разрабатывается сортовая агротехника (технология). Сортовая технология основана на использовании в производстве ценных биологических особенностей конкретного сорта с уче-

том его требований к условиям произрастания. Например, при возделывании сои учитываются: период вегетации, продуктивность сорта, габитус куста, высота прикрепления бобов. Отсюда напрямую зависит изменение и агротехнических приемов: способ посева, норма высева, уход и т.п. Только в условиях высокой агротехники может наиболее полно проявиться высокопотенциальная продуктивность интенсивного сорта.

Разработка научно обоснованной технологии возделывания полевых культур базируется на знании биологических особенностей растения, агрохимической характеристики почв, климатических, погодных и экономических условий района, хозяйства и т.п. Агротехника тесно связана с уровнем механизации и химизации растениеводства, во многом зависит от развития комплекса наук о земледелии, достижения которых способствуют ее совершенствованию. Агротехнические приемы имеют зональный характер, они корректируются с учетом складывающихся погодных условий, особенностей каждого поля, а их эффективность определяется своевременностью и качеством выполнения, т.е. соблюдением технологической дисциплины на полях. Современная технология должна быть направлена на сохранение почвенного плодородия, защиту почв от эрозии. Каждый агротехнический прием и вся система технологии должны быть почвозащитными, влаго-, гумусо-, энергосберегающими.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур находится в динамичном развитии и постоянно совершенствуется. Разрабатываемые новые технологии имеют тесную взаимосвязь с предыдущими технологиями или являются их более совершенным продолжением, что выражается в наложении современных приемов на традиционную агротехнику.

Прогрессивными технологиями являются те технологии, которые в результате сравнения с аналогами по совокупности их характеристик имеют передовые (наилучшие) экономические показатели и соответствуют критерию полезности наилучшим образом, представляют прогрессивные изменения конкурентного преимущества.

Существуют следующие технологии: индустриальная, механизированная, промышленная, операционная, комплексная, прогрессивная, сортовая, интенсивная, восстановительная, высокая, базовая, нормальная, энергосберегающая, адаптивная, экологическая,

биологизированная, и другие альтернативные технологии. Совершенствование технологии возделывания - непрерывный процесс, учитывающий биологические особенности, агротехнические требования, современную систему машин возделывания сельскохозяйственных культур и направленный на реализацию потенциальных возможностей сортов в конкретных почвенно-климатических условиях.

2.2 Интенсивная технология и её факторы

Интенсивная технология (от лат. *intensio* – напряжение, усиление) в растениеводстве означает применение все более эффективных средств производства (интенсивных сортов и гибридов, эффективных пестицидов, регуляторов роста и удобрений, биологических и агротехнических методов защиты растений, современной техники и др.) и технологических процессов, использование передовых методов организации труда, достижений научно-технического прогресса.

Интенсивная технология в сельском хозяйстве – современная технология производства, обеспечивающая увеличение выпуска продукции за счет повышения урожайности путем более полной реализации биологического потенциала культур на базе широкого использования современных факторов интенсификации, обеспечивающая сохранение окружающей среды.

Для успешного применения интенсивной технологии необходимо овладеть ее научными основами, уметь управлять ее факторами, то есть знать, почему, когда и как надо применять тот или иной агроприем с учетом биологии развития растений и зональных условий.

Рассмотрим факторы интенсивной технологии:

1. Установление научно обоснованного уровня планируемого урожая с учетом природных ресурсов зоны и лимитирующих факторов, плодородия почвы, возможностей сорта (программирование урожая).

2. Выбор сорта с учетом его пригодности для возделывания по интенсивной технологии: районированный или перспективный, высокоурожайный интенсивного типа, отзывчивый на высокий агрофон, устойчивый к полеганию, вредителям и болезням.

3. Высокие требования к посевному материалу. Семена должны

быть только первого класса посевного стандарта с лабораторной всхожестью не менее 95% и силой роста не менее 80%; они должны быть крупными.

Только такие семена обеспечивают высокую полевую всхожесть и сохранность растений к уборке. Использование перво-классных семян позволяет правильно определить норму высева с расчетом на конечную предуборочную густоту продуктивных стеблей и продуктивность каждого растения. А от этого в основном и зависит урожайность.

4. Размещение посевов по лучшим предшественникам в системе севооборотов с учетом зональных условий: чистые и занятые пары, другие предшественники, обеспеченные достаточным запасом влаги.

5. Высокие требования к качеству обработки почвы: хорошее измельчение почвы (размеры комочков от 1 до 0,5 см), выравненность поверхности, сохранение влаги в почве.

6. Биологическое обоснование сроков посева с учетом особенностей роста и условий.

7. Управление развитием растений (формирование величины урожая и качества зерна). Это достигается внесением в нужных количествах макро- и микроудобрений. Фосфорные и калийные удобрения вносят под основную обработку почвы, микроудобрения – при подготовке семян, а азотные удобрения – дробно в определенные этапы органогенеза по результатам почвенной и растительной диагностики.

Наукой выявлены особенности реакции растений на азотное удобрение. Одноразовое внесение азота в больших дозах вызывает полегание растений и неполное использование этого элемента на образование зерна, развивается большая биомасса, распространяются болезни растений. Дробное внесение азота на соответствующих этапах органогенеза обеспечивает более полное использование удобрений на формирование урожая зерна и повышение его качества.

8. Биологический контроль роста и развития растений по фазам роста и этапам органогенеза. При этом могут быть учтены полевая всхожесть, густота стояния растений, число продуктивных стеблей, число колосков в колосе, развитых цветков в колосках, завязавшихся зерен, возможная (средняя) масса 1000 зерен. Учет этих факто-

ров позволяет определить необходимость применения тех или иных агроприемов.

9. Интегрированная система защиты растений от болезней, вредителей и сорняков и применение регуляторов роста (тур, кампозан М) в борьбе с полеганием. Необходимость проведения этих мер определяют с учетом прогноза их развития, а сроки и объемы уточняют по данным текущих обследований и оценки фитосанитарного состояния посевов.

10. Биологическое обоснование сроков начала, продолжительности и способов уборки урожая. От этого во многом зависят и полнота сбора выращенного зерна, и сохранение его качества. Применяют как раздельное, так и прямое комбайнирование. Необходимо проводить учет биологического и фактического урожая зерна.

11. Контроль качества выращиваемого зерна. Для получения высокого экономического эффекта от применения интенсивной технологии необходима полная реализация всех намеченных мероприятий этого сложного комплекса.

До выхода в поле должна быть проведена большая подготовительная работа. Необходимо составить технологическую карту, паспорт поля, в котором приводятся агрохимические показатели почвы (содержание азота, фосфора калия, микроэлементов, реакция почвенного раствора) и его фитосанитарное состояние (засоренность, болезни, вредители) поля.

ПАСПОРТ ПОЛЯ

Область _____

Район _____

Хозяйство _____

Севооборот _____ Поле № _____ Участок № _____ Площадь, _____ га

Предшественник _____ Удобрение предшественника _____

Культура _____ Сорт _____ Планируемая урожайность _____

Год возделывания _____

Агрохимические показатели. Дата обследования _____

Фитосанитарное состояние. Дата обследования _____

Содержание гумуса %	P ₂ O ₅ по _____	K ₂ O по _____	NO ₃ в слое _____ см	Микроэлементы, мг на 1 кг почвы			
	мг на 1 кг почвы						

Виды сорняков	Засоренность – площадь с наличием на 1 м ²					Болезни			Вредители	
	До 5	5-15	15-50	50-100	более 100	Наименование	Распространение	Степень заражения	Наименование	Численность на 1 м

Составляют план комплексного применения средств химизации, где указываются дозы и виды удобрений, нормы пестицидов и ретардантов. Подготавливают органические и минеральные удобрения, микроудобрения и другие химические средства.

Наименование средства	Дозы на 1 га по видам (д.в.)	Общая потребность	Сроки и способы внесения	Используемая техника, агрегаты	Исполнитель

При ГИС технологии составляют электронный паспорт поля.

Успешное применение интенсивных технологий требует новых агрономических знаний, поэтому ежегодно следует проводить обучение кадров всех рангов и аттестацию. Необходимо своевременно и тщательно подготовить сельскохозяйственную технику.

Широкое и повсеместное применение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, при которых в больших дозах применяются азотные удобрения, пестициды и ретарданты, не должно идти во вред природе.

Известны пути экологического совершенствования технологии. В борьбе с сорняками главная роль должна принадлежать агротехническим приемам обработки почвы и вспомогательная – гербицидам; локальное внесение гербицидов на посевах пропашных культур в три раза уменьшает их расход. Применение правильно подготовленных органических удобрений значительно уменьшит

потребность в минеральном азоте. Следует шире использовать биологический азот (агробиотехнология), накапливаемый азот фиксирующими бактериями (свободно живущими в почве и находящимися в симбиозе с растениями). Большая роль принадлежит биологическим методам защиты растений. Первостепенной задачей является правильное, грамотное применение химических средств.

Успешное применение интенсивных технологий требует новых агрономических знаний, поэтому ежегодно следует проводить обучение кадров всех рангов и аттестацию. Необходимо своевременно и тщательно подготовить сельскохозяйственную технику.

Широкое и повсеместное применение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, при которых в больших дозах применяются азотные удобрения, пестициды и ретарданты, не должно идти во вред природе.

Известны пути экологического совершенствования технологии. В борьбе с сорняками главная роль должна принадлежать агротехническим приемам обработки почвы и вспомогательная – гербицидам; локальное внесение гербицидов на посевах пропашных культур в три раза уменьшает их расход. Применение правильно подготовленных органических удобрений значительно уменьшит потребность в минеральном азоте. Следует шире использовать биологический азот (агробиотехнология), накапливаемый азот фиксирующими бактериями (свободно живущими в почве и находящимися в симбиозе с растениями). Большая роль принадлежит биологическим методам защиты растений. Первостепенной задачей является правильное, грамотное применение химических средств.

Внедрение интенсивных технологий в России началось в восьмидесятые годы, на четыре десятилетия позже, чем в развитых странах. Ориентир был сделан на агротехнологическую модель развитых евро-американских стран. Однако недостаточная адаптация зарубежных заимствований к нашим условиям, привели к противоречиям. Интенсивные технологии не совершенствовались с учетом отечественного земледелия и были в значительной мере дискредитированы. Их применение стало быстро сокращаться и упрощаться, а в сложных, разрушительных для сельского хозяйства 90-х годах, этот процесс стал неуправляемым. Это послужило поводом к переосмыслению ситуации и поиску новых систем российского земледелия.

2.3 Альтернативные системы земледелия и технологии

Следует заметить, что в евро-американской модели интенсификации растениеводства к 80-тым годам, был фактически достигнут предельно возможный уровень механизации и химизации, который, с одной стороны, способствовал росту продуктивности сельскохозяйственных культур, с другой - показал масштабность и глубину противоречий, в основе которых лежит игнорирование важнейших законов развития живой и неживой природы и, как результат, – нарушение экологического равновесия в биосфере. Негативные последствия масштабной химизации сельского хозяйства послужили причиной поиска **альтернативных систем земледелия – биологической, экологической, органической** и др., которые объединяются под общим названием «сельское хозяйство выживания», которое в 1981 году во Франции, а затем в Великобритании, ФРГ, Нидерландах, Швеции, Дании, США и др. получило официальное признание. Оно значительно отличается от интенсивного и традиционного земледелия структурой использования пашни, размерами производственных затрат, трудоемкостью, а также резким снижением вплоть до запрета применения агрохимикатов. Обязательным условием биологического земледелия является внесение органических удобрений, ввод в севооборот бобовых культур, сидеральных культур для поддержания и повышения плодородия почв, борьба с сорной растительностью за счет механических обработок, внедрение высокопродуктивных селекционных сортов. При этой системе получают экологически чистую продукцию, относящаяся к «функциональным» продуктам питания «группы здоровья». При многоземелье Амурской области переход на **биологоэкологическую систему одно из наиболее перспективных направлений современного земледелия.**

2.4 Законы земледелия

Законы земледелия – это частное выражение законов природы, которые устанавливают взаимосвязи и закономерности изменения факторов жизни растений, ими определяются пути эффективного развития сельскохозяйственного производства. Разрабатывая систему агротехнических мероприятий необходимо учитывать основные законы земледелия.

Закон физиологической равнозначности факторов. Ни один из

факторов среды не может быть заменен другим, так как по своему физиологическому действию все они одинаково важны и равнозначны для жизни растения.

Закон совокупного действия факторов. В природных условиях жизненные факторы действуют на растение не изолированно, а комплексно, одновременно. Каждый фактор в разных сочетаниях с другими действует по-разному. Для формирования высоких урожаев необходимо одновременное и совместное действие всех жизненных факторов.

Закон ограничивающего фактора, или закон минимума. Развитие растения и его урожайность ограничиваются тем фактором, который оказывается в минимуме. Только при устранении этого минимума продуктивность увеличивается и будет возрастать до тех пор, пока в дефиците не окажется другой фактор. Лишь при оптимальном воздействии каждого из жизненных факторов продуктивность растения будет повышаться.

Закон возврата. Для поддержания эффективного плодородия почвы необходимо вносить в нее питательные вещества для растений в количествах, потребляемых ими на создание урожая.

Кроме того, нельзя забывать о существовании критического периода по отношению к фосфору. Если полевые культуры в начале развития перенесли фосфорные голодания, то они не смогут сформировать высокие урожаи зерна даже при хорошей обеспеченности фосфором в последующий период.

Севооборот. Чередование культур позволяет в равных условиях получать более высокие урожаи, чем при повторных посевах или при бессменном возделывании. Использование основных законов растениеводства – теоретическая основа введения отрасли на принципах интенсивных технологий.

Для успешного применения прогрессивных технологий требуется высокий уровень квалификации земледельца, умение быстро принимать единственно правильное решение, от которого зависит судьба урожая. Интенсивная технология требует надежной материально-технической базы и соответствующего уровня организации производства (высокой технологической дисциплины).

3 ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЯ

3.1 Программирование как наука и первый фактор технологии

Проблема увеличения производства зерна и других сельскохозяйственных продуктов решается главным образом за счет дальнейшего значительного повышения продуктивности пашни. Этому способствует новое направление в агрономической науке – программирование урожаев. В основе его лежит требование удовлетворения потребностей растений в жизненно важных ресурсах для формирования заданного урожая. Программирование урожаев опирается на достижения большого числа смежных наук – физиологии растений, почвоведения, агрофизики, агрохимии, метеорологии, растениеводства, а также математики, кибернетики и экономики. Основная цель программирования состоит в том, чтобы перейти к широкому использованию в агрономии количественных моделей и электронно-вычислительной техники. Применение компьютеров и специальных программ позволит быстро обрабатывать большую информацию о факторах, влияющих на рост растений, и рекомендовать оптимальный вариант агротехнических мероприятий, направленных на получение запрограммированных урожаев.

Для программирования урожаев требуются предварительная обработка всей накопленной смежными науками информации, разработка стройной системы мер по получению заданного, максимально возможного в конкретных почвенно-климатических условиях урожая, а при достаточной влагообеспеченности – полное использование генетического потенциала возделываемых сортов.

Программирование – составная часть быстро развивающейся науки об управлении урожайностью. Зародившись в нашей стране в конце 30-х годов прошлого столетия, метод программирования стал достоянием научной мысли, однако внедрение в практику шло медленно и лишь в начале XXI века с внедрением АЛСЗ, ГИС технологий, модернизации отрасли растениеводства метод стал востребованным. Суть его заключается в том, чтобы разработать оптимальную программу получения ресурсной урожайности для конкретно взятого хозяйства, поля и технологическую систему ее реализации.

Программирование находит самое разнообразное применение:

в решении транспортных задач, в анализе деятельности учреждений, хозяйств, предприятий, в планировании производства и т.д. Задачи программирования сравнительно легко решаются в промышленности, связи, на транспорте, где результаты производства не находятся в тесной зависимости от природных условий.

Урожай программировать неизмеримо сложнее, так как нужно предвидеть изменения в природе, находить выход из тех неожиданных для земледельцев трудностей, которые связаны с погодой. Однако, несмотря на сложность этой задачи, она вполне по силам современной науке и практике.

Первые опыты по программированию урожаев были проведены известным селекционером-картофелеводом А.Г. Лорхом. Еще в довоенные годы он разработал систему выращивания картофеля, дающую 500 ц с 1 га в условиях Московской области. Фактически тогда получили урожайность 528 ц с 1 га. Суть программы А.Г. Лорха состояла в следующем. На основании длительных наблюдений ученый составил график нарастания биологической массы картофеля, затем в соответствии с этим он регулировал питание, водоснабжение и углекислотный обмен растений. Программа возделывания полностью соответствовала биологическим особенностям роста и развития картофеля. Позднее А.Г. Лорх разработал программу получения урожая 700 ц клубней картофеля и более с 1 га.

В те же годы опыты с озимой пшеницей проводил М.С. Савицкий. На опытном поле Всесоюзной сельскохозяйственной выставки он собрал по 99,8 ц зерна с 1 га. М.С. Савицкий заранее составил структурную формулу урожая, которая включала густоту стояния растений, число продуктивных стеблей, колосьев, зерен в колосе, массу 1000 зерен. Затем он рассчитал дозу удобрений на заданный урожай. Было учтено и орошение. Фактический урожай оказался близким к расчетному.

Прежде агрономы-опытники годами довольствовались тем урожаем, который вырастет в данных природных условиях, лишь бы были некоторые различия между контролем и изучаемым вариантом. Метод программирования ставит перед агрономической наукой качественно новую задачу – заранее определить конечные результаты опыта и соответственно формировать его условия. С развитием биологии, кибернетики, агрометеорологии, агрономии и мелиорации были созданы предпосылки для разработки систем оптимального управления ростом и развитием растений на основе современной техники сбора и обработки информации, математиче-

ских моделей растений и внешней среды. Как важнейшая проблема времени программирование урожаев аккумулирует в себе результаты достижений многих наук и дает объективно необходимую основу для координации и объединения усилий коллективов исследователей в области биологических и сельскохозяйственных наук в настоящем и будущем. Программирование урожаев отражает закономерный процесс логического развития учения об урожае как сложной функции многих процессов и факторов, определяющих его количественные и качественные характеристики. Этот метод позволяет заранее рассчитать технологический процесс получения заданного урожая (норму высева, густоту стояния растений, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, дозы удобрений, режим орошения и др.) с учетом климатических условий, генетического потенциала сортов и естественного плодородия почвы.

Программирование урожая направлено на упорядочение организации агрофитоценоза как системы для достижения максимальной его продуктивности и включает:

- заблаговременное вычисление формирования урожая по заранее составленной программе с учетом физико-географических, почвенно-климатических, экономических условий зоны и биологических особенностей растений;

- оптимизацию, то есть достижение максимального урожая высокого качества с низкой себестоимостью при минимальных затратах труда, времени, материально-технических и других ресурсов;

- применение метода математического планирования многофакторных полевых экспериментов для получения объективной информации и установления закономерностей взаимодействия основных факторов формирования урожая;

- математическое моделирование и разработку программ для ЭВМ;

- применение компьютерной техники;

- разработку программирования агрокомплексов и составление сетевых графиков (технологических карт) возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте;

- практическое применение разработанной программы в производственных условиях и уточнение исходных функциональных моделей программирования урожая.

Многолетние экспериментальные исследования и обобщение результатов работ по фотосинтезу, использованию посевами фотосинтетически активной радиации (ФАР), водному режиму продук-

тивности культурных растений позволили академику ВАСХНИЛ И.С. Шатилову обосновать экологические, биологические и агротехнические условия программирования урожаев. Им разработан метод программирования урожайности, в основе которых лежат десять принципов.

Первые пять принципов предназначены для определения величины возможного урожая на основе следующих факторов:

- 1) прихода ФАР и использования ее посевами;
- 2) биоклиматических показателей;
- 3) влагообеспеченности посевов;
- 4) фотосинтетического потенциала посевов;
- 5) потенциальных способностей культуры, агрофитоценоза и набора культур в пожнивных и поукосных посевах.

Остальные принципы составляют технологическую схему возделывания культуры для получения величины запрограммированного урожая:

6) разработка системы удобрения с учетом эффективного плодородия почвы и потребности растений в питательных элементах, обеспечивающих получение запрограммированного урожая высокого качества;

7) разработка комплекса агротехнических мероприятий для каждой культуры, направленных на получение запрограммированных урожаев;

8) всесторонний учет и правильное применение основных законов и закономерностей земледелия и растениеводства;

9) разработка конкретных мер по борьбе с болезнями и вредителями растений;

10) использование ЭВМ для определения оптимального варианта агротехнических комплексов, обеспечивающих получение высокого урожая.

Академик ВАСХНИЛ И.С. Шатилов дал следующее определение этому направлению в агрономической науке: ***«Программирование урожаев – это разработка комплекса взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение предельно возможной урожайности сельскохозяйственных культур заданного качества. При этом формирование урожаев предопределяется программой, составленной заранее с учетом почвенно-климатических условий района и биологических особенностей растений».***

Цель и задачи, стоящие перед программированием, позволяют

дать такое определение. Программирование урожаев – это определение продуктивности земли по почвенно-климатическим ресурсам и разработка интенсивных технологий возделывания, обеспечивавших наиболее полное использование генетического потенциала сортов и гибридов сельскохозяйственных культур.

Прогрессивная технология возделывания сельскохозяйственных культур базируется на полном удовлетворении потребности растений в жизненно важных факторах внешней среды: свете, тепле, воде, воздухе, минеральном питании. Свет (солнечная радиация) и тепло – факторы космические, они не поддаются регулированию. Вода, минеральное питание, кислород, углекислый газ – земные факторы, это частично регулируемые факторы и агротехнические условия (плодородие почвы, качество ее обработки, качество семян, норма высева, срок посева и др.) – антропогенные, определяются производственной деятельностью человека, – регулируемые факторы (рис. 2).

Первый фактор технологии – программирование урожая, установление научно обоснованного уровня планируемого урожая с учетом природных ресурсов зоны и лимитирующих факторов, плодородия почвы, возможностей сорта.

Последующие факторы выращивания урожая предусматривает не только оптимизацию основных условий жизнедеятельности растений в период их вегетации, но и активное управление процессами формирования урожая. Получение высоких, заранее рассчитанных урожаев – новый шаг в агрономической науке. Всесторонний учет всех факторов, определяющих уровень урожайности, позволяет подойти с научных позиций к получению высоких урожаев с одновременным ростом плодородия почв. Повышение культуры земледелия, выведение качественно новых сортов, разработка интенсивных технологий возделывания полевых культур и другие достижения в области агрономической науки, а также накопление исходных данных о взаимосвязи с различными факторами роста и развития растений позволили сформулировать новые принципы программирования урожаев: физиологические, биологические, агрометеорологические, агрофизические, агрохимические и агротехнические. Такое разделение несколько условно, но эти принципы широко применяются в решении задачи практического программирования урожаев специалистами различных отраслей агрономической науки и смежных с ней наук.

3.2 Физиологические принципы программирования урожая

Физиологические принципы программирования урожая предусматривают формирование посевов с оптимальным и показателями площади листьев, фотосинтетического потенциала (ФП) чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), и продуктивности работы ассимилирующей поверхности, обеспечивающих получение заданного урожая. Каждому уровню урожая должны быть присущи «свои» фитометрические показатели, которые заблаговременно закладываются в программу. На их основе составляют графики формирования площади листьев и фотосинтетического потенциала, в течение периода вегетации контролируют их нарастание и принимают оптимальные решения для регулирования (полного или частичного) факторами, непосредственно влияющими на рост и развитие ассимилирующих органов и динамику накопления ФП.

Фотосинтетический потенциал – обобщающий показатель, определяющий норму высева, сроки сева, систему удобрения, водный режим и уход за посевами. В каждом конкретном случае 1000 единиц фотосинтетического потенциала – 1000 (м²/га) дней – обеспечивают соответствующее количество продукции (зерна, сухой биомассы, зеленой массы, сена, клубней картофеля и др.). Например, в зоне кукурузосеяния каждая тысяча единиц фотосинтетического потенциала обеспечивает сбор 3-3,5 кг зерна. Для получения 100 ц зерна кукурузы с 1 га в условиях орошения необходим фотосинтетический потенциал, равный 3-3,5 (млн.м²/га) дней. Поэтому любой агротехнический прием, направленный на повышение урожайности, будет эффективен в том случае, если он:

- обеспечивает быстрое развитие и достижение оптимальной площади листьев;
- повышает продуктивность фотосинтеза;
- сохраняет листья в активном состоянии возможно более длительный период времени;
- способствует наилучшему использованию продуктов фотосинтеза для усиленного роста питающих и проводящих органов и накопления в них возможно большего количества органических веществ высокого качества, составляющих основной урожай растений.

В случае оптимального почвенного питания листья КУКУРУЗЫ и сахарной свеклы способны усваивать в 1,5-2 раза больше солнечной радиации, чем при средних условиях. При этом прирост

биомассы на удобренных почвах оказывается в 2-3 раза выше, чем на почвах среднего плодородия. Коэффициент использования ФАР с увеличением площади листьев, например, втрое также увеличивается в 2,5-3 раза.

Оптимальной принято считать такую площадь листьев, которая обеспечивает максимальный газообмен в посевах. Оказывается, в результате компенсации длины дня при средней величине ФАР оптимальная площадь листьев мало отличается на разных широтах. Следовательно, можно сделать вывод, что программирование – это разработка системы агротехнических мероприятий, направленных на максимальное использование солнечной энергии в процессе фотосинтеза. В первую очередь это достигается за счет формирования посевов с оптимальной площадью листьев.

3.3 Биологические принципы программирования урожаев

Биологические принципы программирования урожаев связаны с оптимизацией водного, воздушного, теплового и пищевого режимов почв; с созданием автоматизированных систем регулируемого земледелия; с управлением факторами среды обитания растений и реализацией потенциальной продуктивности современных сортов сельскохозяйственных культур. «Искусственное» растениеводство (камеры искусственного климата, теплицы и др.) уже в настоящее время носит характер контролируемого, управляемого и регулируемого объекта. Оно должно быть полностью охвачено методом программирования. В естественных условиях на обширных посевных площадях при программировании урожаев, как правило, регулируют отдельные факторы или группу факторов, которые обеспечивают наибольшую реализацию потенциальной продуктивности сортов. Это – тепловые мелиорации для северных областей, двустороннее регулирование водного режима в зоне достаточного увлажнения, известкование и гипсование почв, гребневые посадки картофеля, импульсное орошение для формирования оптимального фитоклимата и др.

3.4 Агрохимические принципы программирования урожаев

Агрохимические принципы программирования урожаев предусматривают обоснование экономически оправданных доз удобрений для посевов заданной продуктивности с учетом агрохимиче-

ских показателей почв, выноса питательных веществ урожаями, коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений, получения продукции высокого качества при одновременном повышении плодородия почв, а также применение листовой диагностики для контроля за питанием растений в агрофитоценозах. В настоящее время накоплен обширный материал по выносу элементов минерального питания единицей сельскохозяйственной продукции, проводятся почвенно-агрохимические обследования почв. Эти данные должны быть использованы для расчета оптимальных доз удобрений под заданные урожаи культур с учетом агрохимических показателей почв (каждого поля, участка) севооборота. На первом этапе эффективность программирования доз удобрений следует считать удовлетворительной, если на 1 кг NPK хозяйства будут получать 8-10 кг зерна или другой эквивалентной продукции. На втором этапе эти показатели должны составить 12-14 кг зерна, на третьем – 16-18 кг, что будет отвечать соответственно хорошему и высокому уровням эффективности средств химизации.

Для повышения окупаемости единицы удобрений следует выбирать такие технологии внесения, которые обеспечивают использование в них не менее 85-90% азота 40-45% фосфора и 90-95% калия. Это локально-ленточное, прикорневое и другие способы внесения.

3.5 Агрофизические принципы программирования урожаяев

Агрофизические принципы программирования урожаяев предусматривают оптимизацию физических и физико-химических свойств почв (объемная масса, удельное сопротивление, пористость, плотность, влагоемкость, водопроницаемость, теплоемкость и др.).

Пористость в значительной степени зависит от плотности почвы. Чем почва рыхлее, тем больше ее пористость и воздухоемкость. Чтобы иметь достаточное количество кислорода в почве, необходимо сохранять ее в рыхлом состоянии. Оно соответствует объемной массе не более 1-1,2 г/см³ для суглинистых почв и не более 1,2-1,4 г/см³ для супесчаных и песчаных почв. Как показали исследования, проведенные в НИИ картофельного хозяйства, всходы картофеля на уплотненных суглинистых почвах с объемной массой 1,35-1,5 г/см³ появляются на 5-6 дней позднее, чем на почвах, где этот

показатель равен 1,1-1,2 г/см³. Уплотнение почвы до 1,57-1,6 г/см³ приводит к полному загниванию высаженных клубней, они не дают всходов.

При объемной массе до 1,1 г/см³ даже на тяжелосуглинистых почвах картофель формирует относительно высокий урожай. Однако доведение до показателя 1,4-1,5 г/см³ резко снижает продуктивность этой культуры из-за медленного роста и развития растений, незначительной площади листьев; большинство клубней имеет уродливую форму, при хранении они быстро загнивают.

Установлено, что при объемной массе почвы до 1,1 г/см³ корневая система картофеля хорошо развивается, пронизывая весь пахотный слой, при 1,35-1,5 г/см³ плохо ветвится и располагается лишь в слое почвы 10-15 см.

Оптимальным условиям для роста и развития картофеля в Амурской области отвечают пойменные почвы с объемной массой 1-1,2 г/см³.

Слабогумусированные почвы, как правило, мало аккумулируют солнечную энергию и обладают незначительной теплоемкостью. Теплопроводность таких почв повышенная. Вследствие этого в зимний период здесь бывает гибель озимых зерновых культур и многолетних трав.

На перезимовку озимых культур и многолетних трав значительное влияние оказывает влагоемкость почвы. Изреженность посевов озимой пшеницы при оптимальной влажности составляет 4,5%, при недостаточной 26,3, а при избыточной – 47,6%.

Поэтому успешное программирование урожаев сельскохозяйственных культур можно вести только при условии создания оптимальных параметров агрофизических свойств почв.

3.6 Агрометеорологические принципы программирования урожаев

Агрометеорологические принципы программирования урожаев – это правильное использование климатических показателей для обоснования продуктивности посевов, прогнозирования условий вегетационного периода, полегания растений, появления вредителей и болезней и др.

Основные неблагоприятные факторы, которые приводят к гибели или частичному повреждению посевов озимых и зимующих культур, – вымерзание, выпревание, вымокание, выдувание, зимняя засуха и ледяная корка на почве. Эти показатели могут быть ис-

пользованы для программирования условий перезимовки озимых и зимующих культур.

Д.И. Шашко для программирования урожаев сельскохозяйственных культур предложил использовать сумму температур выше 10°C . При этом оценку биологической продуктивности проводят по показателю так называемого биоклиматического потенциала (БКП), полученному П.И. Колосковым:

$$\text{БКП} = K_p \frac{\sum t > 10^{\circ}\text{C}}{1000^{\circ}\text{C}},$$

где K_p – коэффициент биологической продуктивности, представляющий собой отношение максимальной продуктивности в условиях достаточного увлажнения к продуктивности при недостатке влаги (пределы его колебаний – от 1 для влажной лесной зоны до 0,2 для сухих степных районов); $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма температур воздуха выше 10°C , накапливаемая за период вегетации культуры; 1000°C – сумма среднесуточных температур выше 10°C на северной границе земледелия.

Например, за весенне-летний период вегетации пшеницы (третья декада апреля – первая декада августа) накапливается около 1400°C (табл. 10), что при $K_p = 1$ (в год с достаточной влагообеспеченностью) составляет

$$\text{БКП} = \frac{1400}{1000} = 1,4.$$

Урожай основной продукции определяют по формуле

$$U_T = \beta \text{БКП}$$

где $\beta = 20$ ц зерна с 1 га при использовании 1,1% ФАР; 30 ц – 1,7%, 40 ц – при 2,2% ФАР.

Отсюда возможный урожай пшеницы U_T , ц с 1 га, составит:

$$U_T = 20 \cdot 1,4 = 28 \text{ при КПД ФАР} = 1,1\%;$$

$$U_T = 30 \cdot 1,4 = 42 \text{ при КПД ФАР} = 1,7\%;$$

$$U_T = 40 \cdot 1,4 = 56 \text{ при КПД ФАР} = 2,2\%;$$

Уровень урожая и КПД ФАР зависят от окультуренности почв, урожайности сорта, влагообеспеченности посевов, доз удобрений и других агротехнических мероприятий. Их оптимизация составляет задачу программирования урожая.

Хозяйства ежедекадно получают Агрометеорологический бюллетень, где приведены климатологические данные. Их необходимо использовать для решения тех или иных задач программирования урожаев сельскохозяйственных культур и внесения корректив к технологиям возделывания. Средний многолетний агрометеорологические данные по Амурской области приведены в разделе 4.2 Климат.

3.7 Агротехнические принципы программирования урожаев

Агротехнические принципы программирования урожаев заключаются в разработке и внедрении оптимальных технологий (сетевых графиков) возделывания культуры, обеспечивающих своевременное и высококачественное проведение всего агротехнического комплекса работ с учетом биологических особенностей сорта. Важные факторы при этом: нормы высева, густота стояния растений, сроки и способы посева, режимы орошения или осушения, то есть факторы, придающие агрофитоценозу характер регулируемого и управляемого объекта. Задача программирования состоит в том, чтобы с учетом складывающихся погодных условий или материально-технических ресурсов хозяйства сформировать такие посевы, которые бы при минимальных затратах труда и средств обеспечивали наивысшую продуктивность.

В технологии возделывания культуры необходимо предусматривать нормы высева и густоту стояния растений, обеспечивающие формирование посевов с оптимальными показателями площади листьев, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза и продуктивности работы ассимилирующей поверхности. Каждому посеву должны соответствовать «свои» фитометрические показатели и графики роста и развития.

Густой и мощный растительный покров поглощает 60-90% падающей коротковолновой радиации, 10-30% ее отражается, и лишь 5-10% проходит сквозь растительный покров и поглощается почвой. Из всей поглощенной растительным покровом солнечной радиации на долю листьев приходится 80-90%, остальная часть поглощается стеблями, цветками и другими надземными органами.

Определение экологических основ и возможностей повышения продуктивности посевов путем увеличения использования солнечной радиации в процессе фотосинтеза – одна из важнейших проблем современного растениеводства. Эта проблема будет решена при широком внедрении интенсивных технологий возделывания культур, в полной мере учитывающих биологические особенности районированных сортов, а также основные законы и закономерности земледелия и растениеводства.

3.8 Программирование, прогнозирование, планирование урожаев

Схожие понятия – программирование, прогнозирование, планирование урожаев имеют принципиальное отличие и взаимосвязь.

Программирование урожаев – это разработка комплекса взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение предельно возможной урожайности сельскохозяйственных культур заданного качества. При этом ход формирования урожаев предопределяется программой, составленной заранее с учетом почвенно-климатических условий района и биологических особенностей растений. В установленной последовательности и в оптимальные сроки применяют агроприемы, необходимые для достижения на каждом этапе предусмотренных количественных и качественных показателей роста, развития растений и продуктивности агрофитоценозов. Программирование урожаев предусматривает также корректировку хода формирования фитоценоза по этапам органогенеза растений на основании оперативно получаемой информации.

Отсутствие ГОСТ послужило причиной возникновения и других определений и, самое главное, отождествления программирования, прогнозирования и планирования. Собственно программирование стали называть ресурсным. Цели и задачи, стоящие перед программированием, позволяют дать такое определение. *Программирование урожаев* – это определение продуктивности земли по почвенно-климатическим ресурсам и разработка интенсивных технологий возделывания, обеспечивающих наиболее полное использование генетического потенциала сортов и гибридов сельскохозяйственных культур.

Следовательно, программирование урожаев предусматривает полную реализацию потенциальной продуктивности сорта при оптимизации основных факторов жизнедеятельности растений в регу-

лируемом земледелии и рациональное использование ресурсов климата и почв при условии лимитирования продуктивности посевов каким-нибудь фактором. При этом потенциальный урожай рассчитывают по формуле (5), а реальный – по формуле (8).

Прогнозирование урожаев – это научно обоснованное предсказание продуктивности сельскохозяйственных культур на ряд лет или на перспективу. При использовании метода корреляционно-регрессионного анализа в прогнозировании урожаев пользуются линейной формой уравнения:

$$y = a + bx$$

где y – средний урожай в n -м году, ц с 1 га; a – свободный член уравнения; b – коэффициент регрессии; x – фактор времени.

Уравнение (3) предусматривает ежегодный прирост урожайности в зависимости от различных почвенно-климатических факторов, доз удобрений, способов и глубины обработки почвы, и т.п.

Планирование урожаев, как правило, осуществляется от достигнутого уровня с использованием показателей роста продуктивности растениеводческой продукции, утвержденных на предстоящую пятилетку. Так, в Основных направлениях экономического и социального развития России на 1986-1990 годы и на период до 2000 года предусмотрено увеличить продуктивность пашни на 14-16%. Этот прирост является обязательным условием для определения урожая культуры на перспективу. Например, за годы одиннадцатой пятилетки урожай пшеницы в хозяйстве составил в среднем 26,6 ц зерна с 1 га. При увеличении урожая на 14 % к концу 1990 г. сборы зерна пшеницы в хозяйстве должны составить 30,3 ц с 1 га, или увеличиться на 3,724 ц, то есть ежегодно на 0,745 ц с 1 га. Урожай по годам должны быть следующими (ц с 1 га): 1986 – 27,3; 1987 – 28,1; 1988 – 28,8; 1989 – 29,6 и 1990 – 30,3. Таким образом проводят планирование от достигнутого уровня. В этом заключается отличие планирования от прогнозирования урожаев.

Возможно ли тождество между программированием и планированием? Возможно, при выполнении всех необходимых агроприёмов технологии возделывания, при высокой культуре земледелия будет полностью реализовываться потенциальная продуктивность районных сортов и гибридов. Тогда планирование потеряет свой смысл: к достигнутому уровню урожая не будет применим соответ-

ствующий процент ежегодного роста продуктивности.

В настоящее время практика планирования урожаев от достигнутого уровня не обеспечивает всестороннего учета факторов формирования урожая и оценки потенциальной продуктивности посевов. В связи с этим оценку максимальной урожайности следует начать с выявления причин несоответствия между показателями в условиях хозяйства (U_{ϕ}), реально возможной ($U_{дву}$) и потенциальной продуктивностью ($U_{пу}$). Следует отметить, что до сих пор много сил и средств вкладывают на исследования отдельных параметров, характеризующих посевы как биологические системы. Однако знание отдельных факторов не дает представления об их комплексном влиянии на урожай.

Программирование урожаев обеспечивает соединение всего накопленного до сих пор экспериментального материала в единое целое и планирование исследований в целях изучения посевов как целостной биологической системы.

Программирование урожаев следует рассматривать как науку об управлении формированием посевов с заранее заданными параметрами при изменяющихся условиях окружающей среды обитания растений. Теория управления развитием растений и продуктивностью посевов опирается на объективные законы и закономерности земледелия и растениеводства, а также на научные принципы, определяемые в результате проведения экспериментальных исследований.

4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ

Теоретической основой программирования урожайности служат фотосинтетическая деятельность и минеральное питание растений как единая биологическая система с определенными параметрами агрофитоценоза и климатических условий, обеспечивающая максимальную продуктивность растений.

Практическая реализация метода программирования заключается в оптимизации фотосинтетической деятельности посевов высокопродуктивных сортов и гибридов в условиях интенсивных технологий возделывания.

Интенсивное использование земли, климатических ресурсов и продуктивности сортов требует развития новых представлений как о величине урожайности, так и о самом процессе ее формирования. Разработке теории программирования урожаев сопутствуют научное обоснование максимального или потенциального урожая (ПУ), действительно возможного урожая (ДВУ), а также фактически получаемого в условиях производства (УП), выявление причин несоответствия $УП \rightarrow ДВУ \rightarrow ПУ$ и определение путей перехода от низкого уровня к максимальному. Поэтому, для программирования урожаев необходима информация по приходу солнечной энергии в данной почвенно-климатической зоне. Этот показатель составляет энергетическую основу фотосинтеза, транспирации, поглощения и передвижения элементов минерального питания и ассимилятов. Он формирует тепловой, водный и воздушный режимы почвы и растений в период вегетации.

4.1 Ресурсы ФАР и потенциальный урожай (ПУ)

Урожай формируется в процессе фотосинтеза в результате использования энергии солнечной радиации. К.А. Тимирязев считал, что предел плодородия земли определяется не количеством удобрений, которые мы можем ей доставить, не количеством поданной влаги, а количеством световой энергии, посылаемой солнцем на данную поверхность.

Различают два вида естественной радиации:

– коротковолновую, называемую также *интегральной радиацией*, с длиной волны 280-400 нм;

– длинноволновую с длиной волны от 400-4000 нм.

Для определения потенциальной урожайности используют фотосинтетически активную радиацию (ФАР) с длиной волны 380-710 нм.

В свою очередь, ФАР подразделяется на следующие виды:

– *прямая солнечная радиация S* – часть лучистой энергии солнца, поступающая к земле в виде почти параллельных лучей, она измеряется фитоактинометром и пиргелиометром;

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

– *суммарная радиация Q*, равная $S+D$, измеряется пиранометром, установленным на открытой площадке.

Суммы ФАР по району (хозяйству) могут быть рассчитаны также по данным ближайшей актинометрической станции или агрометеорологического поста. Данные сумм интегральной радиации, взятые на станции, пересчитывают на сумму ФАР по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{фар}} = 0,42\Sigma S' + 0,58\Sigma D \quad (4)$$

где $\Sigma Q_{\text{фар}}$ – сумма общей ФАР; $\Sigma S'$ – сумма прямой солнечной радиации; ΣD – сумма рассеянной солнечной радиации.

Показатель ФАР обычно составляет 42-47% интегральной радиации и зависит от метеорологических условий года.

В агроклиматическом справочнике области (края, республики) приводится суммарная ФАР по месяцам, которая также может быть использована для определения потенциальной урожайности. Так же определяют приход суммарной ФАР за период вегетации различных культур. В среднем эти показатели будут следующими (млрд. кДж/га):

Озимая рожь	9,63	Свекла кормовая	11,97
Ячмень	9,26	Кукуруза	9,63
Овес	9,46	Викоовсяная смесь	8,58
Картофель	9,71	Многолетние травы	11,09

Наиболее достоверные данные по приходу ФАР получают путем проведения экспериментальных исследований конкретно для каждого хозяйства или группы хозяйств, расположенных на расстоянии до 50 км от метеостанции.

Потенциальный урожай – это урожай, который может быть получен в идеальных метеорологических условиях (при достаточном количестве влаги и тепла). Он зависит от прихода ФАР, агротехнического фона, биологических свойств культуры и сорта.

Потенциальный урожай (ПУ) определяют при помощи математической модели продукционного процесса и формирования урожайности. Для его оценки пользуются формулой:

$$Y_{\text{пу}} = 10^4 \eta K_m \frac{\Sigma Q}{q} \quad (5)$$

где $Y_{\text{пу}}$ – потенциальный урожай товарной продукции, ц с 1 га; η – КПД ФАР культуры или сорта в оптимальных метеорологических условиях, %; K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая или доля основной продукции в общей биомассе; ΣQ – суммарный за период вегетации приход ФАР, кДж/см²; – калорийность урожая, кДж/кг.

В зависимости от продолжительности вегетационного периода значения ФАР сильно различаются: в приполярных зонах приход ее составляет 4,19-6,28 млрд. кДж/га, на Северном Кавказе – 25,12-29,31 млрд., а в республиках Средней Азии – 33,49-41,87 млрд. кДж/га, что обуславливает формирование различного количества биомассы. Пользуясь формулой (5), рассчитывают потенциальный урожай сухой биомассы для различных значений КПД ФАР.

Для перевода сухой биомассы на основную продукцию (зерно, клубни, корнеплоды и др.) рассчитывают K_m по формуле

$$K_m = C_T / \Sigma a, \quad (6)$$

где C_T – доля товарной продукции в общей биомассе (принимают равной единице); Σa – сумма частей в соотношении основной продукции и побочной. При известном количестве абсолютно сухой биомассы ($Y_{\text{биол}}$) с помощью K_m определяют массу товарной продукции:

$$Y_T = Y_{\text{биол}} \cdot K_m$$

При обычной агротехнике посевы, как правило, используют приходящую энергию ФАР с КПД 0,5-1%; в условиях хорошего водоснабжения и обеспеченности удобрениями коэффициент использования возрастает до 2-3%. В наиболее благоприятных условиях посевы усваивают 4-5 и даже 80-10% и более ФАР.

Значения КПД ФАР в разных посевах подразделяются следующим образом (%):

Низкие	0,5-1,5
Средние	1,5-3
Повышенные	3-5
Высокие	5-8
Сверхвысокие	8-10

КПД ФАР определяют по формуле:

$$\eta = \frac{Y_{\text{биол}} q}{10^4 \Sigma Q} \quad (7)$$

Для определения потенциального урожая по формуле (5) КПД ФАР, как правило, следует определять по данным урожайности рекомендованного к районированию сорта, которая получена на полях ближайшего к хозяйству госсортоучастка.

Использование ФАР посевами в целом значительно ниже, чем КПД ФАР листьев. К естественным причинам снижения КПД ФАР посевов относятся: недостаточная площадь листовой поверхности вначале вегетационного периода, не позволяющая полностью использовать падающую на посев ФАР; постепенное увеличение в процессе роста затрат ассимилятов на дыхание фотосинтезирующих и нефотосинтезирующих органов растений; наличие листьев, фотосинтетически неактивных из-за их физиологического возраста; наличие листьев, не адаптированных к существующим условиям ФАР внутри посева.

Основная причина ограничения потенциально возможного урожая и высоких КПД ФАР заключается в том, что современные сорта обладают чрезмерно большим вегетативным ростом и в усло-

виях высокого плодородия почвы формируют загущенные посевы. Высокий уровень азотного питания стимулирует фотосинтетическую активность листьев растений, в результате ускоряется темп роста листьев. Возникает нежелательная обратная связь – показатели листовой поверхности вскоре превышают оптимальные, режим ФАР посева ухудшается, снижается газообмен и в конечном счете КПД ФАР и урожай.

Можно ли избавиться от нежелательной обратной связи и использовать высокий агротехнический фон для получения запрограммированных урожаев? Это возможно при определенной структуре урожая. Так, повышение урожая пшеницы и риса достигнуто главным образом в результате изменения морфологических признаков растений. Новые сорта имеют короткий стебель, вертикально расположенные листья, крупные колосья с большим числом крупных зерен и хорошо отзываются на высокие дозы удобрений без чрезмерного роста вегетативной массы.

Теоретическое обоснование и практическое создание высокопродуктивных посевов, которые способны в различных условиях усваивать энергию солнечной радиации с максимально возможным для этих условий КПД ФАР, – один из важнейших принципов программирования урожаев.

Конечно, программировать урожай не следует только по приходу солнечной энергии. Часто получение запрограммированных урожаев ограничивается другими факторами жизни растений: углекислотой, необходимой для фотосинтеза, плодородием почвы, реакцией почвенной среды, воздушным режимом, потенциальной продуктивностью сорта. Кроме того, программирование будет неточным, если ориентироваться на уровень потенциального урожая, так как метеорологические условия в большинстве случаев отличаются от идеальных. По этому при разработке практических основ программирования урожаев следует также обосновывать продуктивность посевов с учетом почвенно-климатических ресурсов.

4.2 Определение действительно возможных урожаев по влагообеспеченности посевов (ДВУ)

Действительно возможный урожай – это урожай, который теоретически может быть обеспечен генетическим потенциалом сорта или гибрида и основным лимитирующим фактором. ДВУ

всегда ниже ПУ. Определяют ДВУ по следующей формуле:

$$У_{\text{ДВУ}} = \frac{100W}{K_{\text{В}}} K_{\text{м}}, \quad (8)$$

где W – количество продуктивной для растений влаги, мм; $K_{\text{В}}$ – коэффициент водопотребления, мм га/ц., $K_{\text{м}}$ – коэффициент хозяйственной эффективности урожая.

Коэффициент водопотребления ($K_{\text{в}}$) – количество влаги, затрачиваемое на формирование единицы сухой биомассы. Размерность (мм га/ц) взята произвольно. Этот коэффициент специфичен для каждой культуры и меняется в зависимости от климатических особенностей вегетационного периода, уровня почвенного плодородия, доз удобрений и других факторов. В частности, в определенных пределах справедливо утверждение, что растение затрачивает на создание единицы сухого вещества тем меньше воды, чем полнее удовлетворяются его потребности в других факторах жизнеобеспеченности. Чем ниже уровень агротехники и почвенного плодородия, тем коэффициент водопотребления в среднем выше. При отсутствии данных, которые отвечают условиям хозяйства (или еще лучше - поля. участка), можно пользоваться средними коэффициентами водопотребления. Для озимых пшеницы, ржи, ячменя, овса, а также для картофеля этот коэффициент равен 350-400, для кормовой свеклы, моркови, капусты, кукурузы, викоовсяной смеси на зеленый корм – 300-400, для многолетних трав на сено – 500-700.

Продуктивная влага и ее определение. Количество продуктивной влаги определяют по данным выпадаемых в течение года осадков. Для этого месячные суммы осадков по агроклиматическим районам области (края, республики) суммируют и вычитают из полученной суммы непроизводительные расходы влаги.

Годовое количество осадков не полностью используется растениями. Непроизводительные расходы влаги бывают за счет стока с тальными водами и во время ливневых осадков с полей, имеющих значительный уклон, а также испарения с поверхности почвы, не занятой растениями. Болотные почвы обладают большей влагоемкостью, чем другие типы, и в них накапливается больше продук-

тивной влаги. Песчаные почвы имеют низкую влагоемкость, в них содержится лишь 42-48% влаги от годового количества осадков. Различная влагоемкость почв обуславливает и значительные колебания продуктивной влаги по агроклиматическим районам.

Из-за неравномерности выпадающих осадков по территории области расчет действительно возможных урожаев по влагообеспеченности следует проводить дифференцированно для каждого хозяйства, а в дальнейшем и для каждого поля с учетом почвенных особенностей и рельефа местности. Следует отметить, что на нижней трети склона содержание влаги в почве всегда будет на 30% выше, чем на возвышенных полях. Такими же условиями влагообеспеченности обладают и пойменные почвы.

Часто достоверные данные по урожайности получают, когда продуктивную влагу определяют как сумму: запасы доступной для растений влаги в метровом слое почвы в период сева или возобновления активной вегетации озимых культур и многолетних трав (W_0) плюс влага осадков (O_c), которые выпадают за вегетационный период культуры.

Количество продуктивной для растений влаги рассчитывают по формуле:

$$W = W_0 + O_c \quad (9)$$

Продуктивная влага для растений – один из важнейших показателей урожайности. Поэтому ее используют для определения ДВУ.

4.3 Расчет доз удобрений при интенсивной технологии

При разработке системы удобрения с учетом эффективного плодородия почв и потребности растений в питательных веществах на планируемый урожай необходимо иметь следующие данные:

- вынос элементов минерального питания общим урожаем биомассы;
- обеспеченность почв доступными для растений азотом, фосфором, калием и микроэлементами;
- коэффициенты использования азота, фосфора и калия из почвы, органических и минеральных удобрений.

Вынос питательных веществ растениями зависит от типа почв, доз и видов удобрений, предшественников, метеорологических

условий и величины урожая. В агрохимических картограммах почв, имеющих в каждом хозяйстве, показана обеспеченность почвы (в пахотном горизонте) подвижными формами фосфора, калия и азота. Если в картограмме не указано содержание азота, то перед расчетом доз удобрений необходимо провести агрохимический анализ. Примерные коэффициенты использования питательных веществ зерновыми культурами из почвы, органических и минеральных удобрений приведены в таблице 1.

Существует несколько способов расчета доз удобрений.

Проста и доступна формула расчета по нормативным затратам питательных веществ на 1 т планируемой урожайности:

$$D = Y_{\text{п}} N_{\text{р}} K_{\text{п}} \quad (10)$$

где D – доза удобрения, кг/га д.в.; $Y_{\text{п}}$ – планируемая урожайность, т/га; $N_{\text{р}}$ – нормативный расход удобрений на получение 1 т урожая, кг; $K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы.

Поправочные коэффициенты на агрономические свойства почвы составляют: при среднем содержании фосфора и калия 1,3; при повышенном – фосфора 1,0 и калия 0,7; при очень высоком – фосфора и калия 0,5. За оптимальное содержание подвижных форм питательных веществ (P_2O_5 и K_2O) на черноземных почвах принято по 150 мг/кг почвы. Поправочный коэффициент на содержание азота принимается за 1 при посеве по непаровым предшественникам 0,7-0,8 – по чистым парам.

При внесении органических удобрений дозы минеральных уменьшают с учетом количества внесенного навоза и содержащихся в нем питательных веществ. Расчет ведут по формуле:

$$D = Y_{\text{п}} N_{\text{р}} K_{\text{п}} - \frac{D_{\text{н}} C_{\text{н}} K_{\text{н}}}{100},$$

где $D_{\text{н}}$ – количество навоза, т/га; $C_{\text{н}}$ – содержание питательных веществ в 1 т навоза, кг (в среднем азота 4,5-5, фосфора 2,3-2,5, калия 5-6); $K_{\text{н}}$ – коэффициент использования питательных веществ из навоза в первый год, % (азота 20-30, фосфора 40, калия 60).

Потребность в удобрениях на запланированный урожай зерна можно определить расчетно-балансовым методом по формуле И.С. Шатилова и М.К. Каюмова:

$$D = \frac{100(B - PK_{\text{п}})}{K_{\text{у}}C} \cdot 100, \quad (12)$$

где D – доза удобрений, кг/га; B – вынос элемента минерального питания с планируемым урожаем, кг/га; P – наличие в почве доступного питательного вещества, кг/га; $K_{\text{п}}$ – коэффициент использования питательных веществ почвы, %; $K_{\text{у}}$ – коэффициент использования питательных веществ удобрения, %; C – содержание действующего вещества удобрения, %.

Таблица 1

Расчет доз удобрений под запрограммированный урожай

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 т зерна, кг			
Вынос с урожаем _____ т/га, га			
Содержание в пахотном слое: мг/100 г почвы, кг/га			
Коэффициент использования питательных веществ из почвы, %			
Будет использовано растениями из почвы, кг/га			
В т навоза содержится питательных веществ, %, кг			
Коэффициент усвоения питательных веществ из навоза в пер- вый год, %			
Будет усвоено растениями из навоза, кг/га			
Растения получают из почвы и навоза, кг/га			
Требуется внести минеральных удобрений, кг/га			
Коэффициент использования питательных веществ из мине- ральных удобрений, %			
Потребуется внести удобрений с учетом коэффициентов ис- пользования питательных веществ, кг/га			
Содержание действующего вещества в минеральных удобре- ниях, %			
Требуется внести минеральных удобрений, кг/га			

Отметим, что коэффициенты использования питательных ве-

ществ из почвы, органических и минеральных удобрений непостоянны, они зависят от почвенно-климатических условий (возрастают во влажные годы и уменьшаются в засушливые), биологии возделываемых культур. Следовательно, для расчета применяют коэффициенты, полученные для конкретных районов или близлежащих зон.

Удобной и понятной считается логическая схема расчета доз удобрений под запрограммированный урожай (табл. 1).

При детальном расчете необходимо учитывать поступление питательных веществ из атмосферы, с пожнивными и корневыми остатками, семенами, а также последствие вносимых органических и минеральных удобрений.

Микроэлементы (бор, медь, марганец, цинк) положительно влияют на уровень урожая и качество зерна полевых культур.

На кислых почвах под основную обработку вносят известковые материалы с таким расчетом, чтобы реакция почвенного раствора стала близкой к нейтральной – рН 6,5-7.

5 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Программирование урожайности предусматривает определение величины урожая с учетом природно-климатических и почвенных условий:

- 1) по приходу ФАР;
- 2) по влагообеспеченности посевов;
- 3) расчет норм удобрений под культуру с учетом её биологических особенностей.

Все эти операции можно проводить на ЭВМ за весьма короткое время. Однако для успешного использования климатических и почвенных факторов, а также материальных ресурсов хозяйства, студент должен овладеть методикой определения величины планируемой (программируемой) урожайности, конкретной для хозяйства, использованием данных ближайшей метеорологической станции и картограмм обеспеченности почв основными элементами питания конкретного поля.

5.1 Природно-климатические условия Амурской области

Амурская область располагается на юго-востоке азиатской части Советского Союза, занимая 11,7% территории Дальнего Востока. В области сосредоточено 38% сельхозугодий, 59% пашни Дальневосточного экономического района. Почти вся она лежит в бассейне Амура, поэтому ее относят также к Верхнему и Среднему(после впадения р. Зеи) Приамурью.

Амурская область расположена в основном между 48° и 56° с.ш. и между 120° и 135° в.д. Юго-западной границей области служит река Амур от слияния Шилки и Аргуни у села Покровского до водораздела Буреинского хребта, в этих местах называемого Малым Хинганом.

На основательном протяжении граница идет по водораздельным линиям хребтов Буреинского, Тукурингра и др.

Территория области составляет 363,7 тыс. км². Протяженностью севера на юг 753 км, с востока на запад – 695 км, а с северо-запада на юго-восток – 1140 км.

Обширная ее территория характеризуется сложным геологическим строением, неоднородностью физико-географических и природных условий. Рельеф Амурской области – горно-равнинный, го-

ры занимают 57,5%, равнины – 42,5% территории. По характеру поверхности горная территория разделяется на три геоморфологических района: северо-западный, центральный и восточный. Выделяются также три крупные равнины: Зейско-Буреинская, Амурско-Зейская, и Верхнезейская. Здесь расположены основные сельскохозяйственные зоны области: южная (I), центральная (II) и северная (III); IV и V относятся к северной таежной и горно-таежной зонам (табл. 2).

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

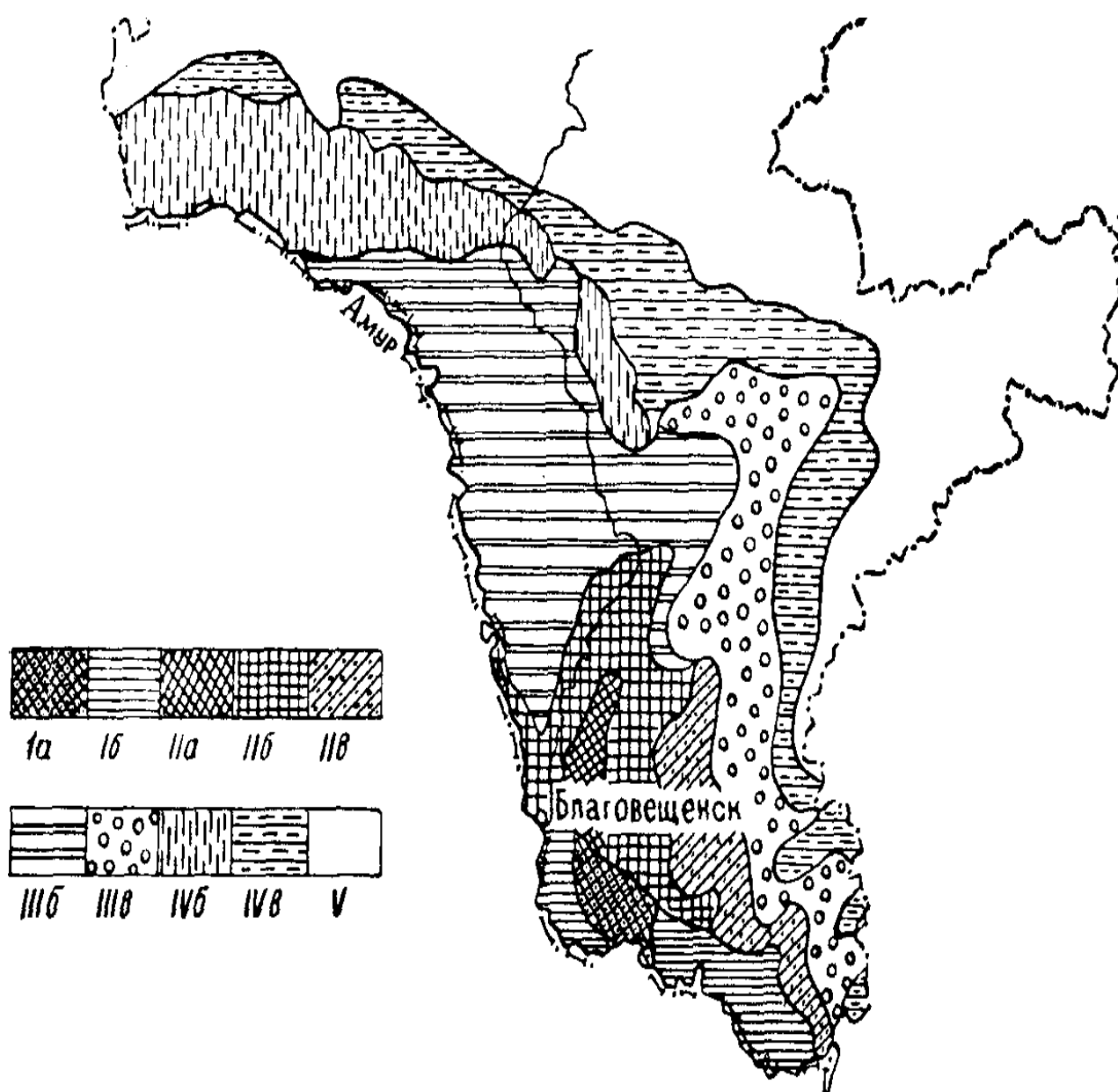


Таблица 2

Агроклиматические районы Амурской области

индекс	Характеристика	Сумма температур выше 10° ($\Sigma t > 10^\circ$)	Гидротермический коэффициент (ГТК)	Административные районы
Ia	Теплый, менее влажный	>2200	<1,6	Михайловский, Константиновский, Благовещенский, Тамбовский
Iб	Теплый, влажный	>2200	1,6-2,0	»»»
IIa	Умеренно теплый, менее влажный	2000-2200	<1,6	Ивановский, Белогорский
IIб	Умеренно теплый, влажный	2000-2200	1,6-2,0	Ивановский, Белогорский, Серышевский, Свободнеский, Бурейский
IIв	Умеренно теплый, избыточно влажный	2000-2200	>2	Завитинский, Архаринский, Свободнеский
IIIб	Умеренно прохладный, влажный	1800-2000	1,6-2,0	Мазановский, Шимановский, Благовещенский, Бурейский
IIIв	Умеренно прохладный, Избыточно влажный	1800-2000	>2,0	Ромненский, Завитинский, Мазановский, Архаринский, Зейский
IVб	Прохладный, влажный	1600-1800	1,6-2,0	Северная часть Амуро-Зейского плато
IVв	Прохладный, избыточно, влажный	1600-1800	>2,0	Зейский, Мазановский, Ромненский, Частично Архаринский,
Vв	Умеренно холодный, Избыточно влажный	<1600	>2,0	

Наиболее благоприятны для возделывания сельскохозяйственных культур почвенно-климатические условия южной зоны Амурской области. Здесь производится свыше 50% валовой продукции сельского хозяйства, в том числе 58% зерна и 76% сои. Посевные площади зерновых – 330 тыс. га, сои – 272,1.

Центральная зона включает Бурейский, Завитинский, Октябрьский, Ромненский, Серышевский, Свободненский районы. Здесь производится до 40% валовой сельхозпродукции, в том числе зерна 35%, сои – 22%. Зерновые возделываются на площади 311 тыс. га, соя занимает 165,8 тыс. га.

В северную зону входят Шимановский, Мазановский и Зейский районы. Здесь производится до 8% валовой продукции сельского хозяйства, в том числе зерна 7,4%, сои 2%.

Северная таежная и горно-таежная зоны включают Магдагачинский, Селемжинский, Тындинский районы. Характерная особенность их – очаговое сельское хозяйство. Посевные площади составляют всего 10,7 тыс. га, в том числе зерновых 6,5, кормовых – 39 тыс. га.

5.2 Климат

Климатические условия области благоприятны для возделывания местных районированных скороспелых сортов сельскохозяйственных культур. Амурская область характеризуется неустойчивым гидротермическим режимом муссонного климата, коротким безморозным периодом, поздним возвратом холодов весной и ранним понижением температур осенью, неравномерным распределением по периодам вегетации тепла и влаги, резкими колебаниями дневных и ночных температур.

Среднемесячная температура воздуха января в сельскохозяйственных районах колеблется от $-26,6^{\circ}\text{C}$ до $-28,8^{\circ}\text{C}$. Минимальная – от -42° до -50°C . Количество осадков в зимний период незначительно и составляет 3-4% годовой суммы. Высота снежного покрова в основных сельскохозяйственных районах колеблется от 12-14 см на юге до 22-24 см на севере. Низкие температуры при небольшом количестве снега обуславливают глубокое промерзание почвы: от 2,5 м в южной части области до 3,5 м в центральной. Северные районы сельскохозяйственного освоения области расположены в зоне очаговой многолетней мерзлоты. Снежный покров сходит рано по солярному типу и значения в водном балансе почвы не имеет.

Весна в Приамурье сухая, холодная, с сильными ветрами в апреле – мае. Среднемесячные положительные температуры воздуха в южной части области наступают в первой декаде, в центральной и

северной – во второй декаде апреля. Прогревание почвы на глубине 10 см до $+5^{\circ}\text{C}$ наступает в южных районах в начале второй декады, в центральных и северных – в середине – конце второй декады апреля. Количество осадков в марте – мае составляет 56-70 мм, или 11-18% среднегодового. Весной влажность почвы в Приамурье определяются в основном летне-осенними запасами, обычно они в слое 0-20 см составляют 60-70 мм продуктивной влаги. Отношение осадков к испарению в этот период 0,5-0,6. Испарение превышает количество атмосферных осадков в среднем на 30-50%. Эти особенности климата Приамурья необходимо учитывать при разработке агротехники возделывания сельскохозяйственных культур.

Лето в Приамурье повсеместно влажное и теплое. С июня по сентябрь выпадает 286-350 мм осадков (66-76% годового количества), что вызывает периодическое переувлажнение почвы, особенно в июле – августе.

Среднемесячная температура июля в основных сельскохозяйственных районах 20-21%. Высокая относительная влажность и температура воздуха способствуют развитию многочисленных грибных, бактериальных и вирусных заболеваний.

Осень сухая, теплая. Среднесуточная положительная температура воздуха в южных и центральных районах области удерживается до конца третьей декады октября, в северной – до конца второй декады. Осадков выпадает 75-90 мм, или 16-19% годовой нормы (таблицы 3. 4.). Безморозный период в южной зоне составляет около 130 дней, в центральной – 111-113, в северной – 92-100 дней (табл. 11).

Средняя температура вегетационного периода составляет на юге области $15,5^{\circ}\text{C}$ в центральной зоне – $14,4^{\circ}\text{C}$ в северной – $13,4^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ южной зоне области – 2100-2300 $^{\circ}\text{C}$, в центральной – 1900-2100 $^{\circ}\text{C}$, в северной – 1700-1900 $^{\circ}\text{C}$ (табл. 8-10).

Таблица 4

Средние многолетние суммы осадков по Амурской области, мм

Станции	Месяц, декада																	
	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бомнак	2	1	1	1	1	1	2	3	4	8	10	11	14	16	18	22	25	28
Тында	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	6	8	10	12	17	24	28	31
Ер. Павлович	2	2	1	1	1	1	2	3	3	5	6	8	9	11	14	20	23	28
Джалинда	2	3	1	1	1	1	1	2	3	4	6	7	10	12	15	1	27	28
Зея	1	1	0	0	1	1	1	2	3	5	6	9	10	13	17	22	27	31
Черняево	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	8	10	11	14	19	23	26
Аносово	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	15	22	26	30
Шимановск	2	2	1	1	2	2		3	5	6	7	9	11	12	16	24	29	31
Саскаль	1	1	1	1	1	1	1	2	3	5	7	8	10	12	17	24	28	32
Норский	2	2	1	1	1	1	1	2	4	6	7	10	11	14	19	25	31	35
Мазаново	2	2	1	1	1	2	3	3	5	6	7	8	10	13	17	26	31	35
Маргаритовка	2	2	2	1	1	3	3	3	5	6	7	9	12	14	19	28	34	38
Свободный	2	2	2	1	1	3	3	4	5	6	7	10	12	14	20	31	35	38
М. Сазанка	1	2	2	1	1	3	3	3	4	5	6	8	10	12	17	24	31	32
Серышево	2	2	2	1	1	3	4	3	5	7	7	10	15	17	16	30	38	40
Братолюбовка	2	2	2	2	2	2	3	4	4	6	7	9	11	14	19	28	34	37
Екатеринославка	2	2	2	1	1	2	2	2	4	4	6	8	10	13	18	26	31	35

Продолжение таблицы 4

Станции	Месяц, декада																	
	Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бомнак	34	39	41	43	45	39	29	24	19	13	9	8	8	7	6	4	2	2
Тында	32	33	34	35	38	38	33	16	9	7	6	5	5	5	4	2	2	2
Ер. Павлович	32	37	36	36	35	29	24	18	13	8	5	5	5	5	4	3	2	1
Джалинда	30	30	32	45	38	31	23	17	14	7	4	4	5	5	3	2	2	2
Зея.	36	41	40	40	40	35	27	22	17	10	6	4	4	4	3	2	2	1
Черняево	29	30	32	33	34	31	23	18	15	9	5	5	4	4	3	3	2	1
Аносово	32	34	34	38	39	33	25	19	16	10	7	6	6	4	4	3	2	1
Шимановск	35	36	36	34	35	32	29	25	20	12	8	6	5	3	3	4	4	3
Саскаль	33	37	38	40	40	38	27	21	16	11	7	7	6	5	4	3	2	1
Норский	38	43	41	42	41	37	31	27	21	13	8	8	7	6	5	4	3	2
Мазаново	37	40	40	39	39	32	28	23	20	10	6	5	5	3	3	2	2	2
Маргаритовка	40	44	44	43	43	37	31	27	20	11	6	5	5	3	3	3	2	2
Свободный	42	45	45	44	44	38	32	27	21	11	7	5	5	4	3	3	2	2
М. Сазанка	36	37	37	38	36	32	27	23	18	10	5	4	4	3	3	3	1	1
Серышево	44	46	47	46	46	40	34	28	22	12	7	5	5	4	3	3	2	2
Братолюбовка	39	44	43	42	41	38	31	26	20	11	6	5	5	3	3	2	3	2
Екатеринославка	38	40	40-	39	40	34	28	24	19	11	6	5	5	3	3	4	3	3

Продолжение таблицы 4

Станции	Месяц, декада																	
	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Белогорск	2	2	1	1	1	2	3	4	4	5	7	9	10	12	16	24	29	32
Сергеевна	3	1	1	1	1	2	3	3	4	5	7	9	11	13	17	26	32	35
Благовещенск	2	2	1	1	1	2	2	2	4	6	7	9	11	12	18	26	32	36
Ивановка	2	2	1	1	1	2	3	3	4	5	7	8	10	12	17	25	30	33
Тамбовка	2	2	2	1	1	2	3	4	4	6	6	8	9	11	16	23	28	31
Константиновка	2	2	1	1	1	2	2	3	6	6	7	9	11	13	19	27	33	37
Поярково	1	1	1	1	1	2	3	4	4	6	6	8	9	11	15	22	28	29
Завитая	2	2	2	2	2	2	3	4	6	8	10	13	14	17	21	27	31	34
Малиновка	2	2	2	2	1	2	3	3	5	8	10	10	14	16	20	26	31	33
Архара	2	2	2	1	1	3	3	4	3	8	10	12	15	17	22	28	34	36
Райчихинск	2	2	2	1	1	3	3	4	5	8	10	12	14	17	22	28	32	35
Экимчан	3	2	2	1	1	3	3	4	5	8	10	12	14	17	22	28	32	35

Продолжение таблицы 4

Станции	Месяц, декада																	
	Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Белогорск	35	37	37	36	36	32	26	23	17	9	5	6	5	3	3	2	2	2
Сергеевка	36	42	42	40	40	34	29	24	19	10	6	5	4	3	3	2	2	2
Благовещенск	39	43	41	41	39	34	29	25	19	11	7	5	5	4	3	2	2	2
Ивановка	35	38	38	38	38	32	27	23	18	10	6	4	4	3	3	2	2	2
Тамбовка	33	35	35	35	35	30	25	22	16	10	5	4	4	4	3	2	2	2
Константиновка	40	42	42	42	42	35	30	26	20	12	7	3	5	3	3	2	2	2
Поярково	32	34	35	34	32	30	24	21	16	9	5	4	4	3	3	2	2	1
Завитая	37	41	42	43	44	39	32	28	21	13	8	10	8	6	5	4	2	2
Малиновка	37	40	41	43	43	37	31	28	20	13	8	7	7	6	4	3	2	2
Архара	42	40	44	46	44	42	35	30	22	15	10	8	7	6	5	4	3	2
Райчихинск	38	42	44	44	46	40	33	28	22	14	9	7	8	6	4	3	2	2
Экимчан	45	51	50	50	50	44	35	30	26	19	15	13	10	8	6	5	4	4

Таблица 5

*Начальная температура прорастания семян и температура почвы
на глубине их заделки (град.)*

Культура	Начальная температура прорастания семян	Температура почвы на глубине заделки семян, при которой следует производить посев
Пшеница	1-2	-
Ячмень	1-2	-
Овес	1-2	-
Соя	8-10	10-12
Кукуруза	8-10	10-12
Картофель	7-8	8-10
Подсолнечник	5-7	6-8
Гречиха	7-8	10-12

Таблица 6

Даты наступления средних суточных температур воздуха выше и ниже определенных пределов и число дней с температурой, превышающей эти пределы

Станции	Дата перехода через 0°С	Продолжительность периода	Дата перехода через +5°С	Продолжительность периода	Дата перехода через +10°С	Продолжительность периода	Дата перехода через +15°С	Продолжительность периода
Зея	16.IV-10.X	176	2.V-29.IX	149	22.V-11.IX	111	12.VI - 21.VIII	69
Черняево	13.IV- 13.X	182	2.V-30.IX	150	20. V- 14.IX	116	8.VI - 25.VIII	77
Шимановск	12. IV-14.X	184	29.IV-2.X	155	19.V-15.IX	118	10.VI - 25.VIII	75
Мазаново	12.IV- 15.X	185	25.IV-5.X	162	17.V- 18.IX	123	9.VI -29.VIII	80
Свободный	11.IV- 16.X	187	26. IV-4.X	160	17.V-18.IX	123	7.VI -28.VIII	81
Братолюбовка	12.IV-17.X	187	27.IV-5.X	160	18.V-19.IX	123	8.VI - 28.VIII	80
Белогорск	9.IV-19.X	192	26. IV -7.X	163	14.V-22.IX	130	4.VI-2.IX	89
Благовещенск	7.IV -20.X	195	21. IV-9.X	170	11.V-23.IX	134	3.VI - 4.IX	92
Толстовка	10.IV-19.X	191	25. IV-6.X	163	13.V-20.IX	129	5.VI-2.IX	88
Константиновка	8.IV-21.X	195	20.IV-9.X	171	12.V-23.IX	133	5.VI-2.IX	88
Поярково	8.IV-20.X	194	23.IV-8.X	167	14.V-21.IX	129	3.VI-4.IX	92
Завитинск	11.IV-19.X	190	24.IV-5.X	163	16.V-20.IX	126	8. VI - 31.VIII	83
Малиновка	10.IV-20.X	192	25.IV-8.X	168	14.V-21.IX	129	7.VI - 31.VIII	84
Архара	8.IV-20.X	194	22.IV-10.X	170	13.V-23.IX	132	4.VI - 3.IX	90

Таблица 7

Даты первого и последнего заморозков и продолжительность безморозного периода

Станции	Дата заморозка в воздухе		Продолжит. безморозного периода	Дата заморозка на почве		Продолжит. безморозного периода
	последний	первый		последний	первый	
Зея	9.VI	2.IX	84	8.VI	8.IX	91
Черняево	25.V	7.IX	114	27.V	12.IX	107
Шимановск	29.V	10.IX	ЮЗ	1.VI	7.IX	97
Мазаново	20.V	19.IX	121	25.V	13.IX	110
Свободный	19.V	18.IX	Т21	28.V	16.IX	110
Братолюбовка	17.V	22.IX	127	25.V	20.IX	117
Белогорск	10.V	27.IX	139	25.V	17.IX	114
Благовещенск	8.V	30.IX	144	23.V	19.IX	118
Толстовка	18.V	23.IX	127	28.V	24.IX	119
Константиновка	13.V	27.IX	136	19.V	17.IX	120
Поярково	1.5.V	25.IX	132	25.V	21.IX	118
Завитинск	13.V	26.IX	135	25.V	20.IX	117
Малиновка	19.V	21.IX	124	23.V	18.IX	117
Архара	13.V	24.IX	133	19.V	20.IX	123

Таблица 8

*Сумма средних суточных температур воздуха выше 0°C, +5°C, +10°C, +15°C
и эффективных температур воздуха выше +5°C*

Станции	Выше				Сумма эффективных температур
	0	+5	+10	+15	выше +5
Зея	2109	2042	1748	1225	1391
Черняево	2244	2167	1905	1448	1458
Шимановск	2287	2216	1932	1395	1506
Мазаново	2408	2339	2043	1504	1578
Свободный	2411	2333	2053	1533	1601
Братолюбовка	2394	2319	2031	1502	1578
Белогорск	2577	2493	2242	1729	1712
Благовещенск	2682	2610	2332	1811	1786
Толстовка	2522	2451	2190	1637	1788
Константиновка	2640	2571	2273	1715	1720
Поярково	2591	2514	2227	1763	1715
Завитинск	2469	2395	2116	1579	1617
Малиновка	2530	2457	2152	1601	1631
Архара	2606	2535	2245	1718	1724

Таблица 9

Температура воздуха, при которой может происходить повреждение или гибель сельскохозяйственных культур в зависимости от фаз их развития

























	ПШЕНИЦА	ЯЧМЕНЬ	ГРЕЧИХА	СОЯ	КАРТОФЕЛЬ	КУКУРУЗА	ПУРПЫШ	ТОМАТЫ
ВХОДЫ	 -9°-10°	 -7°-8°	 -1°-2°	 -4°-5°	 -2°-3°	 -2°-3°	 0°-1°	 0°-1°
ЦВЕТЕНИЕ	 -1°-2°	 -1°-2°	 -1°	 -1°-2°	 -1°-2°	 -1°-2°	 0°-1°	 0°-1°
СОЗРЕВАНИЕ	 -2°-4° -2°-4°	 -2°-4°	 -2°	 -3°	 -1°-2°	 -2°-3°	 0°-1°	 0°-1°

Таблица 10

Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур

Культура	Скороспелость сорта	Период	Биологический минимум, °С		Температура роста и развития, °С		Потребность культуры в тепле за период вегетации, °С
			Начало роста	Созревание	Оптимальная	Вредная	
Яровая пшеница	Раннеспелые	Посев-восковая спелость	5	10	20	>35	1325
	Среднеспелые		5	10	20	>35	1425
Ячмень	Раннеспелые	Посев-восковая спелость	5	10	20	>35	1180
	Среднеспелые		5	10	20	>35	1255
Овес	Среднеспелые	Посев-восковая спелость	5	10	20	>35	1375
	Позднеспелые		5	10	20	>35	1465
Соя	Раннеспелые	Посев-созревание	10	10	20-25	-	1915
	Позднеспелые		10	10	20-25	-	2015
Кукуруза	Раннеспелые	Посев-выметывание	10	10	20-24	-	380
		Посев-молочная спелость					620
	Среднеспелые	Посев-созревание					690
		Посев-молочная спелость	10	10	20-24	-	500
		Посев-созревание					760
		Посев выметывание					860
Гречиха	Раннеспелые	Посев-созревание	7	10	20	>25	1105
	Среднеспелые		7	10	20	>25	1205
	Позднеспелые		7	10	20	>25	1305
Картофель	Раннеспелые	Посадка-завядание ботвы	10	10	17-18	29	1200
	Среднеспелые		10	10	17-18	29	1500
	Позднеспелые		10	10	17-18	29	1800



Рис. 2. Факторы формирующие урожайность сельскохозяйственных культур

Таблица 11

Агроклиматические условия основных сельскохозяйственных зон

Количество осадков, мм		Сумма температур, а воздуха выше 10°C	Безморозный период, дней	Коэффициент увлажнения	Биоклиматические потенциальные баллы
Годовое	Май-октябрь				
<i>Южная зона</i>					
458-547	380-420	2100-2300	127-130	0,55-0,72	1,6-1,9
<i>Центральная зона</i>					
411-529	350-470	1900-2100	111-113	0,48-0,68	1,4-1,8
<i>Северная зона</i>					
419-586	340-420	1700-1900	92-101	0,59-0,79	1,4-1,6

Таким образом, оценивая климат Амурской области с точки зрения возможностей возделывания основных сельскохозяйственных культур, необходимо отметить как положительные, так и отрицательные его стороны. Положительные – высокие напряжения тепла, обилие осадков и света в течении теплых месяцев; отрицательные – относительно короткий период вегетации, недостаток влаги в апреле-мае, медленное прогревание почвы весной, избыток осадков в июле-августе. Следовательно, в основных сельскохозяйственных районах области климатические условия относительно благоприятны лишь для возделывания скороспелых сортов сои, устойчивых к болезням и вредителям, а также сортов зерновых, кормовых культур, картофеля, овощей, корнеплодов преимущественно с коротким периодом вегетации.

5.3 Определение максимальной урожайности культуры исходя из поступления ФАР (ПУ)

Ресурсы ФАР и потенциальный урожай (ПУ)

Потенциальный урожай (ПУ) – это урожай, который может быть получен в идеальных метеорологических условиях (при достаточном количестве влаги и тепла). Он зависит от прихода ФАР, агротехнического фона, биологических свойств культуры и сорта.

На территории России величина ФАР сильно изменяется: за время соответствующее вегетационному периоду растений, гектар земли в приполярной зоне получает 1-1,5 млрд. ккал., в южных

районах – 6-8 (Табл. 12). Но растения способны утилизировать для своей фотосинтетической деятельности лишь очень незначительную часть этой энергии. При обычной агротехнике посевы, как правило, используют приходящую энергию ФАР и КПД 0,5-1%; в условиях хорошего водоснабжения и обеспеченности удобрениями коэффициент использования возрастает до 2-3% (табл. 13). В наиболее благоприятных условиях посевы усваивают 4-5 и даже до 10% и более ФАР. Но эти столь большие величины не являются предельными, так как теоретически возможен коэффициент использования ФАР 20-25% и выше.

Расчет программирования урожайности полевых культур проводим двумя способами: по формулам М.К. Каюмова и логически-балансовым методом, с использованием справочного материала таблиц 12-17. В качестве примера используем культуру соя, Благовещенский района Амурской области.

Таблица 12

Сумма ФАР на разных географических широтах

Географическая широта, °	Приход ФАР, млрд. ккал/га	5% возмещение прихода, млн. ккал/га	Возможная биологическая урожайность, т/га
0-10	6-9	450-300	113-75
10-20	8-5	400-250	100-62
20-30	7-4,8	350-240	88-60
30-40	4,8-3,2	240-160	60-40
40-50	3,2-2,0	160-100	40-25
50-60	2,2-1,8	110-90	27-23
60-70	2,0-1,2	100-60	25-15

Ближайшая метеостанция этого района, данные которой будем использовать, находится в г. Благовещенске, на 50° с.ш., сумма фотосинтетической активной радиации составляет 2 млрд. ккал./га (табл. 12), КПД использования ФАР сои – 2-3,5% (табл. 13).

Будет использовано ФАР в процессе фотосинтеза на образования органического вещества 60.000.000 ккал/га. Для создания одной тонны сухой органической массы требуется 4800 ккал/га (табл. 14).

Дальше, рассчитывается потенциальный урожай в перерасчете на стандартную влажность с учетом коэффициентов хозяйственной эффективности (табл. 13, 15) и записывается в таблицу 16.

Таблица 13

КПД использования ФАР, стандартная влажность полевых культур

№№ п/п	Культура	Коэффициент использования ФАР, %	Ориентировочная станд. влажн. %
1	Пшеница	1,4-2,5	14
2	Ячмень	1,5-3,5	14
3	Овес	1,5-3,0	14
4	Рожь озимая	1,5-2,0	14
5	Гречиха	2,3-3,5	14
6	Кукуруза на зеленую массу	2,0-3,5	70
7	Соя	2,0-3,5	14
8	Картофель	1,6-2,5	75-80
9	Многолетние травы (сено)	1,5-3,0	16
10	Многолетние травы (пастбища)	1,5-3,0	75-80
11	Корнеплоды (кормовая свекла)	2,0-3,5	80-85

Таблица 14

Q – Калорийность сельскохозяйственных культур, ккал/кг

Культура	Органы растений				
	Целое рас- тение	Основная продукция	Побочная продукция	Корневая система	
1	Пшеница	4500	4600	4330	4100
2	Ячмень	4420	4530	4320	4010
3	Овес	4400	4480	4330	4110
4	Рожь озимая	4400	4500	4310	4080
5	Гречиха	4540	4620	4400	4180
6	Кукуруза на зеленую массу	3900	3900	3900	3900
7	Соя	4800	4900	4600	4430
8	Картофель	4300	4300	4240	3800
9	Многолетние травы (сено)	4500	4500	4500	4370
10	Многолетние травы (пастбища)	3850	3850	3850	3500
11	Кормовые корнеплоды	3850	3900	3700	3600
12	Однолетние травы, (сено)	3900	3900	3900	3700

Аналогичный расчет можно провести по формуле (13):

$$y = \frac{P \cdot K}{100 \cdot Q};$$

где Y – биологическая урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га;

P – количество приходящей ФАР, млрд. ккал/га;

K – коэффициент использования ФАР посевами, %;

Q – калорийность 1 т сухого вещества биомассы, ккал-т;

K_m – коэффициент хозяйственной эффективности.

Для расчета абсолютно сухой массы зерна или масса зерна 14%-ной влажности, биологическую урожайность абсолютно сухой биомассы (Y) умножают на коэффициент хозяйственной эффективности (K_m), (табл. 15).

5.4 Влагообеспеченность и действительно возможный урожай (ДВУ)

Действительно возможный урожай всегда ниже потенциального урожая, рассчитанного по приходу ФАР. Лимитирующим фактором выступает влага.

Агроклиматическая характеристика районов Амурской области очень разнообразна. Благовещенский район характеризуется как теплый, менее влажный район, гидротермический коэффициент (ГТК) составляет 1,6 (табл. 2). Декадное распределение осадков по месяцам в течении года очень неравномерное. Для расчета ДВУ используем данные средние многолетние суммы осадков близлежащей от хозяйства метеостанций (г. Благовещенск) (табл. 4) с учетом биологических особенностей культуры, ее периода вегетации, сроков посева и уборки (табл.8, 9, 10).

$$y = \frac{2000000000 \cdot 3}{100 \cdot 4800000} \cdot 0,476 = 6,9 \text{ (т/га)}$$

Таблица 15

К_м – Коэффициент хозяйственной эффективности урожая полевых культур

Культура	Соотношение зерна к соломе	Сумма частей	К _м	
			на абсолютно сухую массу	на массу зерна 14% влажности
1 Пшеница	1:1,7	2,7	0,370	0,430
2 Ячмень	1:1,5	2,5	0,400	0,465
3 Овес	1:1,3	2,3	0,435	0,506
4 Рожь озимая	1:1,6	2,6	0,385	0,447
5 Гречиха	1:2,0	3,0	0,333	0,387
6 Кукуруза	–	–	1,000	1,190
7 Соя	1:1,1	2,1	0,476	0,553
8 Картофель	1:1	2,0	0,500	2,500

Таблица 16

Определение ПУ и ДВУ

Показатели		ФАР	Влага
1	Культура	Соя	Соя
2	Приход на поверхность почвы.	2 млрд ккал/га	422 мм
3	Используется полевыми культурами, %	3	80
4	Будет использовано культурами.	60 млн. ккал/га	337,6 мм 3376 т/га
5	Будет использовано растениями дополнительно (за счет запасов ПГВ, весной).	–	300 т/га
6	Требуется на создание 1т надземной сухой органической массы.	4.900.000 ккал/га	K _w 500-700
7	Будет создано сухой массы зерна и соломы.	12,5 т/га	6,1 т/га
8	Будет создано сухой массы зерна (при соотношении зерна и соломы 1:1,5).	5,7 т/га	2,9 т/га
9	Будет создано зерна в перечете на st влажность (14%).	6,9 т/га	3,4 т/га

В условиях Амурской области запасы влаги в почве весной

(ПГВ) составляют 150-400 т/га. Запас влаги зависит от предшественника: максимальное количество будет при предшественнике – пар, а минимальное – при возделывании культур с большим периодом вегетации (120 и более дней), поздноубранных культур.

В нашем примере, соя размещается в севообороте (южная зона) после ранних зерновых культур, при этом запас влаги в почве составляет около 300 т/га, приход и в виде осадков за период вегетации 422 мм (табл. 4). Коэффициент водопотребления у сои от 500 до 750, и зависит от конкретного сорта.

Таблица 17

K_w – Коэффициент водопотребления полевых культур (мм га/ц)

№№ п/п	Культура	Характер увлажнения вегетационного периода		
		Влажный	Средний	Засушливый
1	Пшеница	400-435	435-525	525-575
2	Ячмень	475-425	435-500	470-530
3	Овес	435-480	500-550	530-590
4	Рожь озимая	400-425	425-450	450-550
5	Гречиха	450-480	500-550	550-600
6	Кукуруза (на силос)	80-90	90-95	95-105
7	Соя	480-700	500-750	525-750
8	Картофель	150-175	175-200	200-225
9	Многол. травы	500-550	550-600	600-700
10	Корнеплоды (к. свекла)	75-85	85-100	100-110

$$Y_{\text{дву}} = \frac{W}{K_w} \cdot K_m$$

$$Y_{\text{дву}} = \frac{3670}{600} \cdot 0,553 = 3,4(\text{т/га}),$$

где W – продуктивная влага, мм;

K_w – коэффициент водопотребления, мм га/ц, (табл. 17);

K_m - коэффициент хозяйственной эффективности.

Запасы продуктивной влаги определяют:

$$W = W_0 + 0,8P \quad (15)$$

$$W_0 = 300 + 0,8 \times 4220 = 3676 \text{ (т/га)}$$

W_0 – запасы влаги весной составляют:

В условиях Амурской области запасы весной составляют:

W_0 – 150-400 т/га;

P – осадки в виде дождей (табл. 4) 422 мм;

0,8 – коэффициент использования осадков (Из 100% количества осадков используется растениями 70-80% $\frac{80}{100} = 0,8$ 30-20% составляют непроизводительные расходы влаги – испарение, сток воды с полей имеющих значительный уклон).

Таким образом, мы рассчитали ПУ и ДВУ, которая составила 6,9 и 3,4 т/га (табл. 16). ДВУ меньше ПУ более чем в два раза, это объясняется тем, что влага выступает лимитирующим фактором. Фактический урожай сои по Благовещенскому району составил в среднем 5-10 ц/га. Это в три и более раз ниже от допустимо возможного. Хотя передовые соеводы района получают около 3 т/га. Следовательно, при полной реализации потенциальной продуктивности сорта, при оптимизации основных факторов жизнедеятельности растений, рациональном использовании ресурсов климата и почв, при внедрении активной технологии возделывания производственная урожайность должна соответствовать допустимо возможной урожайности.

5.5 Агрохимические основы программирования урожаяев

Третий этап программирования урожайности предусматривает расчет оптимальных норм удобрений под культуру с учетом ее биологических особенностей, участие которых в получении заданной продуктивности иногда достигает 60-70%, удовлетворение потребностей растений в питательных веществах при сохранении и дальнейшем повышении эффективного плодородия почвы и обеспечении охраны окружающей среды.

При обосновании доз внесения питательных веществ на всех типах почв, необходимо учитывать следующие агрохимические по-

казатели: химический состав (содержание NPK) основной и побочной продукции (вынос элементов минерального питания единицей урожая); обеспеченность почв доступным для растений азотом, фосфором, калием и микроэлементами; использования NPK почвы и удобрений полевыми культурами в зависимости от типа почвы, погодных условий и уровня заданных урожаев; окупаемость 1 кг действующего вещества (д.в.) NPK урожаем.

5.5.1 Почвы Амурской области

Неоднородность и специфичность физико-географических и природных условий области привели к формированию сложного в генетическом плане почвенного покрова, в пространственном распределении которого имеется определенная географическая закономерность. По почвенно-географическому районированию Амурская область отнесена к бореальному (умеренно холодному) и суббореальному (умеренному) почвенно-климатическим поясам Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной и Восточной буроземнолесной почвенно-биоклиматическим областям. В Восточно-сибирской мерзлотно-таежной области выделена южно-таежная подзона дерново-мерзлотно-таежных оподзоленных почв с равнинной Верхнезейской почвенной провинцией и лиственно-лесная зона лесных мерзлотно-таежных почв с горной Верхнеамурско-Буреинской провинцией. Во второй почвенно-биоклиматической области выделена хвойно-широколиственная лесная зона бурых лесных почв с равнинной Зейско-Буреинской почвенной провинцией.

Основными типами почв в Амурской области являются: бурые лесные, бурые лесные глеевые, лугово-бурые, лугово-черноземовидные, луговые, лугово-болотные, болотные, пойменные.

Лугово-черноземовидные почвы распространены в южной части Зейско-Буреинской низменности и составляют основной пахотный фонд Тамбовского (88,5%), Константиновского (69,9%), Ивановского (69,3%) районов. Значительные массивы таких почв в Михайловском, Белогорском, на юге Октябрьского и Благовещенского районов. Всего их под пашней находится около 460 тыс. га. Лугово-черноземовидные почвы – наиболее плодородные не только в Амурской области, но и на Дальнем Востоке. По содержанию гумуса, поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями они приближаются к черноземам.

По мощности гумусового горизонта лугово-черноземовидные почвы подразделяются на мощные (горизонты А и АВ – более 30 см) среднемошнные (А и АВ – 20-30 см) и маломощные (А – менее 20 см), а по содержанию гумуса – на высокогумусные (более 6% гумуса), среднегумусные (4-6%) и малогумусные (менее 4%). Реакция почвы слабокислая или близкая к нейтральной (рН солевой вытяжки – 4,5-5,2). Гидролитическая кислотность низкая. Они отличаются высокой степенью насыщенности основаниями.

Сумма поглощенных оснований в верхних горизонтах большая –28,1-34,3 мг-экв, на 100г почвы. Обеспеченность почв подвижными формами фосфора низкая и средняя. Обеспеченность калием высокая.

Результаты бонитировки почв показали, что средневзвешенный балл оценки 1 га по эффективности возделывания с.-х. культур пашни колеблется от 19 в Михайловском районе до 22,6 в Тамбовском. Лугово-черноземовидные почвы отличаются тяжелым механическим гранулометрическим составом.

Структурность, порозность, водопроницаемость и влагоемкость в поверхностных горизонтах лугово-черноземовидных почв благоприятны для роста и развития растений, но они значительно ухудшаются в подпахотных горизонтах. Плохая водопроницаемость, оструктуренность, низкая влагоемкость, а также значительная глубина промерзания вызывают образование верховодки, переувлажнение, в результате ухудшается режим питания сельскохозяйственных культур.

Бурые лесные почвы наиболее распространены и используются под пашню в Завитинском, Бурейском, Октябрьском, Свободненском и Благовещенском районах. Большие массивы этих почв имеются в Ромненском, Архаринском, Серышевском районах. Всего под пашню в Амурской области используется около 300 тыс. га таких почв. Почвообразующая порода у них – третичные пески, супеси. Механический состав пахотного горизонта, как правило – супесь, суглинки.

В естественном состоянии гумусовый горизонт этих почв составляет 6-8 см, реже – 10-12 см. При распашке содержание гумуса в пахотном слое невысокое и составляет 2,4-3,6%. Реакция среды среднекислая. Гидролитическая кислотность – 2,4-5,9 мг-экв/100 г почвы, насыщенность основаниями – 70-89%, сумма поглощенных

оснований в пахотном слое невелика и составляет в среднем от 15 до 20 мг-экв/100 г почвы. Обеспеченность подвижными формами фосфора невысокая, калием средняя и высокая.

Бурые лесные почвы имеют сравнительно благоприятные водно-физические свойства, не переувлажняются, но сильно подвержены водной эрозии.

Бурые лесные глеевые почвы формируются в зоне бурых лесных почв, но приурочены к пониженным элементам рельефа, почво-образующая порода – суглинки и глины. Эти почвы имеют кислую реакцию среды, но высокую степень насыщенности основаниями, переувлажняются. Распространены небольшими массивами повсеместно, наибольшие площади – в Октябрьском, Серышевском, Белогорском районах.

Луговые глееватые и глеевые почвы распространены и используются под пашню главным образом в Мазановском, Ромненском, Октябрьском, Белогорском, Серышевском районах. Формируются на древних озерных глинах и тяжелых суглинках. Механический состав пахотного слоя – глины, реже – суглинки. Для этого типа почв характерно проявление переменного элювиального процесса почвообразования, обусловленного длительными периодическими переувлажнениями.

Всего под пашней такими почвами занято около 400 тыс. га. Пахотный слой их достигает 20 см. Содержание гумуса значительное, в пахотном слое – 3,5-5,2%. Реакция среды кислая и среднекислая (рН солевой вытяжки – от 4,2 до 5,0). Гидролитическая кислотность высокая – 5,9-9,5 мг-экв/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями низкая, обеспеченность подвижными формами фосфора невысокая, калием обеспечены хорошо.

Физические свойства неблагоприятные. Тяжелый механический состав вызывает длительное переувлажнение, что приводит к ухудшению режима питания сельскохозяйственных культур.

Лугово-бурые почвы распространены главным образом в Михайловском, Белогорском и Серышевском районах.

Содержание гумуса в них относительно высокое – 2,7-6%. Реакция почвенной среды варьирует от слабо- до сильнокислой (рН – 4,3-5,1 солевой вытяжки). Гидролитическая кислотность большая – 6 мг-экв/100 г почвы и выше. Обеспеченность подвижными формами фосфора варьирует от низкой до средней, обеспеченность кали-

ем высокая.

Механический состав почв тяжелосуглинистый, реже суглинистый, почвы имеют плохие водно-физические свойства и подвергаются сильному переувлажнению.

Пойменно-аллювиальные почвы залегают в поймах Амура, Зеи, Буреи, Архары и других рек. Под пашню в области используется около 200 тыс. га таких почв.

Механический состав, как правило, – супесь со значительной фракцией илистых частиц (см. табл. 5).

В зависимости от факторов почвообразования пойменные почвы значительно различаются по содержанию гумуса – от 2 до 5%. Реакция почвенной среды – от сильнокислой, приуроченной к пониженным элементам рельефа, до нейтральной. Сумма поглощенных оснований – 13,6-25,3 мг-экв/100 г почвы. Подвижными формами фосфора эти почвы обеспечены, как правило, слабо. Содержание калия среднее и высокое.

Почвы хорошо дренированы, быстро прогреваются, переувлажняются слабо, но подвержены ветровой эрозии.

Описанные типы почв составляют примерно 98% площадей, занятых под пашней в Амурской области. Несмотря на значительные различия водно-физических и агрохимических свойств, повышение плодородия этих почв связано с проведением ряда общих мероприятий. Так, более 80% пахотного фонда имеет средне- и сильнокислую реакцию среды. Для получения высоких урожаев почвы необходимо известковать. На всех кислых почвах эффективна фосфоритная мука, поскольку около 90% почв Приамурья слабообеспечены подвижными формами фосфора. Они нуждаются в фосфорных удобрениях.

Глубокое зимнее промерзание и медленное оттаивание снижают биологическую активность почв, особенно в первый период вегетации растений. В связи с этим содержание подвижных форм азота в почве незначительное и, чтобы получить высокие урожаи зерновых и кормовых культур, требуется внесение азотных удобрений.

Для повышения плодородия почв необходимо освоение научно-обоснованных севооборотов с включением в них многолетних и однолетних трав, сидеральных паров, рациональная система обработки.

Таблица 18

**Содержание доступных питательных веществ в пахотном (0-20) слое
различных почв в мг. экв. на 100 г почвы**

Разновидности почвы	N	P ₂ O ₅ по Кирсанову	K ₂ O по Кирсанову	Объемная масса
Лугово-черноземовидная	25-50	2,0-10,0	10-35	1,15-1,3
Лугово-глеевые	5-20	1,0-5,0	10-25	1,2-1,2
Бурые лесные	15-18	0,5-5,0	4-15	1,1-1,2
Пойменные	17-20	0,5-15,0	4-25	1,0-1,3

5.5.3 Расчет норм удобрений под запрограммированный уровень урожайности сельскохозяйственных культур

Расчет нормы ведется на допустимо возможную урожайность (в нашем примере соя – 3,4 т/га).

Подбор необходимых данных для расчета норм удобрений. Прежде всего из картограмм агрохимических показателей конкретного поля выписывают показатели содержания питательных веществ в почве. Если таковых нет, содержание форм питательных веществ в пахотном слое основных почв Амурской области представлены в таблице 18 /2, 15, 16, 21/. Затем, с учетом культуры под которую рассчитывают нормы удобрений из справочной литературы /4, 6, 8, 14, 18/ выбирают следующие сведения представленных в таблице 19-24:

B_1 – вынос азота, фосфора и калия с урожаем в кг на 1 тонну основной и соответствующее количество побочной продукции (табл. 19);

K_p – коэффициент использования питательных веществ из почвы (табл. 20);

C – содержание питательных веществ в почве, мг/100 г.

K_m – коэффициент переводы из мг/100 г питательного вещества почвы в кг/га, для Амурской области составляет в среднем 24, который рассчитывается по формуле:

$$K_m = p \cdot h \cdot 100$$

где p – плотность почвы;

h – мощность пахотного горизонта (A_p), м

Π – содержание питательных веществ в пахотном слое (кг на 1 га)

рассчитывается по формуле:

$$П = С \cdot K_m$$

С_н – содержание веществ в навозе, кг/т (табл. 22);

К_н – коэффициент использования питательных веществ из минеральных

удобрений (табл. 21);

Д.В. – содержание действующего вещества в различных минеральных

удобрениях (табл. 24)

Таблица 19

Вынос NPK полевыми культурами основной продукции с учетом побочной (В1) (обобщенные данные) кг/ц

Культура		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Пшеница	3,35	1,02	2,95
2	Ячмень	2,94	1,25	2,92
3	Овес	2,54	1,11	3,52
4	Рожь озимая	3,26	0,93	2,30
5	Гречиха	2,67	1,47	3,61
6	Кукуруза (на силос)	2,89	1,07	3,39
7	Соя	6,11	1,43	3,40
8	Картофель	0,63	0,18	1,45
9	Тимофеевка	1,55	0,70	2,04
10	Костер безостый	2,20	0,64	1,76
11	Корнеплоды	0,44	0,13	0,58

Таблица 20

Коэффициент использования NPK из почвы (Кп)

Культура		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Пшеница	0,25	0,10	0,10
2	Ячмень	0,20	0,12	0,33
3	Овес	0,28	0,22	0,10
4	Рожь озимая	0,27	0,09	0,19
5	Гречиха	0,20	0,11	0,24
6	Кукуруза	0,30	0,21	0,22
7	Соя	0,38	0,16	0,14
8	Картофель	0,28	0,16	0,35
9	Тимофеевка	0,20	0,13	0,19
10	Костер безостый	0,35	0,14	0,19
11	Корнеплоды корнепл. (к. свекла)	0,30	0,09	0,21

Таблица 21

**Коэффициент использования NPK из минеральных удобрений
полевыми культурами (Ку)**

Культура		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Пшеница	0,56	0,13	0,83
2	Ячмень	0,40	0,16	0,32
3	Овес	0,33	0,17	0,65
4	Рожь озимая	0,27	0,10	0,26
5	Гречиха	0,20	0,17	0,25
6	Кукуруза	0,40	0,19	0,71
7	Соя	0,68	0,25	0,54
8	Картофель	0,50	0,14	0,77
9	Тимофеевка	0,85	0,26	0,83
10	Костер безостый	0,88	0,26	0,83
11	Корнеплоды корнепл. (к. свекла)	0,27	0,10	0,41

Таблица 22

**Примерный химический состав навоза (Сн), %
(при расчете необходимо перевести в кг/т)**

Вид навоза	Содержание %						рН	Отно- шение С:	
	Азота		P ₂ O ₅	K ₂ O	органи- в-ва	зола			воды
	общего	аммиачного							
К.Р.С	0,54	0,07	0,28	0,60	21,0	14,0	65,0	8,1	19
Свиной	0,84	0,15	0,58	0,62	22,6	17,6	60,7	7,9	20
Овечий	0,86	0,14	0,47	0,88	28,0	23,0	49,0	7,9	19
Конский	0,59	0,09	0,28	0,59	22,6	8,4	69,0	7,9	21
В среднем	0,62	0,09	0,34	0,64	22,3	15,3	62,4	8,0	19

Таблица 23

Коэффициент использования NPK органических удобрений (Ки)

Культура		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Пшеница	0,20-0,35	0,30-0,50	0,50-0,70
2	Ячмень	0,20-0,25	0,25-0,40	0,50-0,55
3	Овес	0,20-0,25	0,25-0,40	0,50-0,60
4	Рожь озимая	0,20-0,35	0,30-0,50	0,50-0,70
5	Гречиха	0,20-0,35	0,30-0,50	0,66-0,70
6	Кукуруза	0,30-0,35	0,40-0,45	0,60-0,70
7	Соя	0,35-0,40	0,45-0,50	0,65-0,75
8	Картофель	0,20-0,30	0,30-0,40	0,50-0,70
9	Многол.тр.	0,30-0,35	0,40-0,45	0,60-0,65
10	Корнеплоды	0,30-0,40	0,45-0,50	0,60-0,70

Минеральные удобрения Д. В., %

Название удобрений	Формула	Ср. содержание Д.В., в %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Азотные удобрения				
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	34-35	–	–
Сернокислый аммоний (сульфат аммония)	(NH ₄) ₂ SO ₄	20-21	–	–
Селитра натриевая	Na ₂ NO ₃	16	–	–
Мочевина (карбамид)	CO(NH ₄) ₂	46	–	–
Цианамид кальция	CaCN ₂	19-21	–	–
Хлористый аммоний	(NH ₄) ₂ CO ₄	24-25	–	–
Аммиак водный		16,5-20,5	–	–
Фосфорные удобрения				
Суперфосфат	Ca(H ₂ PO ₄)	–	14-20	–
Суперфосфат двойной	Ca(H ₂ PO ₄)	–	45-50	–
Преципитат	CaHPO ₄	–	27-35	–
Термофосфат	Na ₂ O·3CaO·P ₂ O ₅	–	20-25	–
Обесфторенные фосфаты	Ca ₃ (PO ₄) ₂	–	24-28	–
Фосфоритная мука	Ca ₃ (PO ₄)	–	14-23	–
Калийные удобрения				
Хлористый калий	KCl	–	–	50-60
Калийная соль	KCl+NaCl	–	–	30-40
Сернокислый калий (сульфат калия)	K ₂ SO ₄ +MgSO ₄	–	–	45-52
Сульфат калия-магния (калимагнезия)	K ₂ O+MgSO ₄	–	–	24
Сильвинит	KCl+NaCl	–	–	12-18
Каинит	KCl+MgSO ₄	–	–	10-12
Сложные удобрения				
Аммофос	NH ₄ H ₂ PO ₄	12	40-50	–
Калийная селитра	KNO ₃	13,5	46,5	–
Нитрофоска	Ca- HPO ₄ (KH ₂ PO ₄)	12-17	8,5-17	11-17
Аммонизированный суперфосфат		2-3	14	–

Продолжим наш пример. Рассчитаем дозы удобрений на программируемый урожай сои 2,8 ц/га на луговочерноземовидной почве Благовещенского района (табл. 25).

Таблица 25

**Расчет норм удобрений под запрограммированный уровень
урожайности сои (3.4 т/га)**

Условные обозначения		Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	B ₁	Вынос питательных веществ с урожаем на 1 т продукции (кг)	61,1	14,3	34,8
2		Вынос питательных веществ с урожаем (кг/га)	207,7	48,6	115,6
3	C	Содержание в пахотном слое почвы (мг на 100 г почвы)	30	5	35
4	П	Содержание питательных веществ в пахотном слое почвы (кг на 1 га)	720	120	840
5	Кп	Коэффициент использования доступных форм питательных веществ из почвы (%)	38	16	14
6		Будет использовано из почвы (кг с 1 га)	273,6	19,2	117,6
7	Сн	Вносится навоз из расчета т/га			
8	Кн	Использование питательных веществ из навоза (%)			
9		Будет использовано из навоза (кг на 1 га)			
10		Требуется внести с удобрениями (кг/га) (из необходимого для получения урожая количества питательных веществ вычитают количество, которое будет использовано из почвы и навоза)	+65,9	-29,4	+2,0
11	Ку	Коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений (%)	63	25	54,5
12	Д	Необходимо внести питательных веществ с учетом коэффициента использования удобрений (%)		117,6	
13	ДВ	Содержание действующего вещества в минеральных удобрениях (%)		50	
14		Требуется внести минеральных удобрений	–	235	–
15		Требуется внести минеральных удобрений с учетом симбиоза кг/га	–	235	–

В производственных условиях зерновые культуры размещаются на значительных площадях (600-1300 тыс. га) органические удобрения традиционно не вносятся, поэтому пункт 7, 8, 9 не рассчитывают. Необходимо вносить органические удобрения под картофель, корнеплоды, кукурузу.

В нашем примере, при урожайности 3,4 т/га на луговочерноземовидных почвах соя для формирования урожайности испытывает дефицит лишь в фосфоре. Потребность которого мы компенсируем внесением 234 кг/га двойного суперфосфата (табл. 25).

У сои симбиотический тип питания. За счет симбиоза потребность в азоте обеспечивается на 70-75%. Это необходимо учитывать при расчетах потребности азотного удобрения (табл. 25, п. 15).

Второй метод обоснования доз удобрений на заданный урожай – схема расчета по М.К. Каюмову:

1) Расчет дозы удобрений при внесении минеральных удобрений:

$$D = - \frac{УВ_1 - ПК_m K_{п}}{K_y}$$

где D – доза питательных веществ (кг/га) на заданный урожай (Упрог., ц с 1 га).

2) Расчет доз РК на заданную прибавку урожая

При внедрении в хозяйстве интенсивной технологии наиболее надежный метод определения доз удобрений - расчет их на получение заданной прибавки урожая, особенно если известны урожаи, полученные на участках без удобрений. При этом рассчитывают вынос питательного вещества на заданную прибавку (Упр.) и делят на коэффициент использования элемента питания из удобрений (K_y). Дозу питательного вещества ($D_{пр.}$) на прибавку урожая рассчитывают по формуле:

$$D_{пр.} = \frac{Упр. \cdot В_1}{K_y}$$

Формулой можно пользоваться, когда известна доля урожайности, формируемой за счет усвоения доступных для растений элементов питания из почвы.

4) Расчет доз удобрений при совместном внесении органических и минеральных удобрений

Наиболее эффективно совместное внесение удобрений минеральных и органических.

При внесении органических удобрений отпадает необходимость использования высоких доз минеральных и относительное соотношение удобрений рассчитывают по формуле:

$$D = \frac{УВ_1 - ПК_m Kп - Дн \cdot Сн \cdot Кн}{Ку}$$

где Дн – доза навоза, т/га;

Сн – содержание питательного вещества в навозе, кг/т;

Кн – коэффициент использования питательного вещества из навоза.

Навоз ценен не только как источник питания растений азотом, фосфором, калием. В нем содержится значительное количество необходимых для полевых культур микроэлементов, аминокислот, витаминов. При внесении 20-30 т навоза на 1 га практически полностью компенсируется вынос микроэлементов урожаями зерновых культур до 60 ц, картофеля – до 350, корнеплодов – до 500, силосных – до 350 ц/га. Если программируют урожаи выше указанных величин, то необходимо вносить специфически для каждой культуры микроэлементы. Навоз также хороший источник углекислоты в почве и приземном слое почвы.

5.5.3 Распределение и потребность удобрений

Интенсивная технология предлагает удовлетворение полной потребности растения элементами питания на основе расчетных доз удобрений под запрограммируемый урожай. Это достигается внесением в нужных количествах макро- и микроудобрений. Фосфорные и калийные удобрения вносятся под основную обработку почвы, микроудобрения – при подготовке семян, а азотные удобрения – дробно в определенные этапы органогенеза по результатам почвенной и растительной диагностики (подкормки). Для этого составляется план распределения и общей потребности удобрений для хозяйства.

Данные таблиц 26, 27 вносятся в технологическую карту (табл.30) при составлении интенсивной технологии возделывания полевых культур.

Таблица 26

План распределения удобрений

Культура	Вносятся на 1 га кг д.в.			До посева (основное)			При посеве (припосевное)			После посева (подкормки)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O

Таблица 27

Потребность в удобрениях (Д.В.)

Культура	Площадь	Планируемая урожайность основной продукции	Органические удобрения, т	Минеральные удобрения кг на га			Всего требуется				
				N	P	K	Органические удобрения, тонн	Минеральные удобрения кг/д.в. на всю площадь			
								N	P	K	

Таблица 28

Потребность в удобрениях (тонн физической массы)

Азотных		Фосфорных		Калийных	
Удобрение	физическая масса	удобрение	физическая	удобрение	физическая масса
Амиачная селитра					
Мочевина					
Сульфат аммония					
Суперфосфат: простой двойной					
Калийная соль					
Хлористый калий					
Комплексные удобрения:					
Прочие удобрения:					
Всего					

6 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Заключительным этапом теоретического расчета ресурсной урожайности полевых культур является составление технологических карт для каждой культуры и отдельно взятого поля – программа агротехнических операций используемой технологии для достижения запрограммированной урожайности в условиях производства. Агротехнические приемы имеют зональный характер, их корректируют с учетом складывающихся погодных условий, особенностей каждого участка. Технология отражается в технологической карте, которая представляет собой технический проект с детальным указанием перечня мероприятий. Технологические карты являются первичными документами при составлении бизнес-планов предприятия.

Технологическая карта – планово-нормативный документ, отражающий комплекс технологических работ, связанных с производством отдельного вида сельскохозяйственной продукции, потребность в производственных ресурсах и их использование, организационно-экономические мероприятия по выполнению установленной производственной программы. Технологическая карта имеет форму таблицы, в которой последовательно (как правило, в хронологическом порядке) указываются все виды работ (в соответствии с принятой технологией), основные агротехнические требования, нормативы и сроки проведения работ, машины, состав и количество агрегатов, нормы выработки, расход топлива, необходимый для выполнения определенного объема работы, расценки и т. д., а также отражаются виды статьи затрат в соответствии с принятой в хозяйстве методикой исчисления себестоимости продукции (рис. 3). С помощью технологической карты формируются производственные задания подразделениям, осуществляется контроль за проведением запланированных работ.

Технологическую карту можно условно разделить на 5 частей:

1. Вводная – в ней указаны: предшественник, возделываемая культура, сорт, площадь посева, урожайность, валовой сбор основной и побочной продукции, производственное подразделение, разработчики (главные специалисты – агроном, инженер-механик, экономист) и их подписи. Технологическая карта завершается подписью руководителя и печатью сельхозпредприятия.

2. Технологическая – включает в себя перечень и объемы агротехнических работ по возделыванию культуры, качественные характеристики и сроки выполнения работ.

3. Техническая – определяет состав машинно-тракторных агрегатов, количество рабочих для их обслуживания.

4. Расчетная – дает представление о затратах труда и материальных средств по видам работ и по культуре в целом, а также о потребности в рабочей силе и технике.

5. Заключительная – рассчитывает себестоимость по культуре (по прямым затратам).

Типовую технологическую карту составляют с учетом применения передовых достижений научно-технического прогресса. Ее могут использовать несколько лет с корректировкой на соответствующие изменения в уровне освоения техники, технологии и др. В современных условиях особое значение имеет разработка технологической карты для культуры с учетом применения прогрессивных ресурсосберегающих технологий.

В конкретном хозяйстве для одной культуры могут составляться несколько технологических карт: для рядовых и семенных посевов, с учетом сортовой агротехники возделываемого сорта, предшественника, типа почв, засоренности, наличия машин и сельскохозяйственной техники.

наименование работ		объем работ				сроки проведения работ		состав агрегата		кол-во чел. для выполн. нормы		норма выработки	колич. нормосмен в объеме работ	затраты труда на весь объем работ чел.-ч.		тарифная ставка за норму, руб.		тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ		доплата за качество и срок	повышенная доплата на уборке	горючее			автотранспорт		прочие прямые затраты, руб	
		единица измерения	в физическом выражении	эталонная сменная выработка	в условных эталонных га	календар срок начала работ	кол-во рабочих дней	марка трактора, атомашины, комбайна	с/х. машины	трактористов машинистов	прицепщиков и рабочих на ручных работах			трактористов машинистов	прицепщиков и рабочих на ручных работах	трактористов машинистов	прицепщиков и рабочих на ручных работах	трактористов машинистов	прицепщиков и рабочих на ручных работах			на единицу, л	всего, т	стоимость всего, руб	кол-во, т/км	стоимость, руб		
A	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
					незавершенное производство																							
					весенне-полевые работы																							
					уход за посевами																							
					Уборка																							
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x		x			
27. Электроэнергия, всего				кВт	руб.				33. Ядохимикаты		ц	л	руб.		37. Итого доплат (стр.35+36)		руб.											
28. Живая тяговая сила, всего				кол-во дней	руб.				34. Тарифный фонд оплаты труда на весь объем работ				руб.		38. Отпуска		руб.											
29. Семена всего		0		ц	0 руб.				35. Доплаты:				руб.		39. Доплаты за стаж		руб.											
30. всего удобрений				кол-во	руб.				за продукцию				руб.															
азотные				ц	31. Амортизация всего				за качество и срок				руб.															
фосфорные				ц	тракторы и с/х машин				за классность				руб.															
калийные				ц	прочие				по районному коэффициенту				руб.															
органические				т	32. текущий ремонт				36. Повышенная оплата на уборке				руб.															
всего				0	прочие																							

Разработка технологической части и системы машин

Прогрессивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур базируются на применении комплекса машин, все агротехнические операции проводят в точно установленные, оптимальные сроки.

В настоящее время существуют множество технологий (базовые, интенсивные, ноу-тил, нулевые и т.д.). Но любая технология должна быть направлена на создания наибольшего благоприятствования для произрастания культуры, более того сорта.

Сортовая технология основана на использовании в производстве ценных биологических особенностей конкретного сорта с учетом биологических требований к условиям произрастания. Для высокопродуктивных интенсивных сортов требуется и более высокий агрофон. Таким образом, сортовая технология – это максимальное удовлетворение требований сорта, только в условиях высокой агротехники может быть реализована генетическая продуктивность сорта.

За условный эталонный гектар принимается объем работы, соответствующий вспашке 1 га при определенных эталонных условиях (удельное сопротивление 0,5 кг на 1 см², скорость 5 км/ч, глубина обработки 20-22 см и т.д.).

Объем работ в гектарах эталонной пахоты (табл. 30).

Таблица 30

Эталонная выработка основных марок сельскохозяйственных тракторов за 7-часовую смену

Марка трактора	Эталонная выработка, усл. га	Марка трактора	Эталонная выработка, усл. га
К-701	18,9	ЮМЗ-6КЛ	4,2
К-700А	15,4	МТЗ-80; МТЗ-82	4,5/5,1
Т-150К	11,5	Т-40М	3,5
Т-4А	10,2	Т-28Х4М	3,4
ДТ-75М	7,7	Т-25А	2,1
ДТ-75	7,0	Т-16М	1,5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. Справочник. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
2. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
3. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев – М.: Рос-сельхозиздат, 1977. – 192 с.
4. Нормативы выноса и коэффициентов использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы. – М.: 1989. – 110 с.
5. Чернавский Н.П., Каюмов М.К. Растениеводство. Тетрадь для лабораторных и практических занятий по агротехническим основам программирования урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: 1986. – 28 с.
6. Шатилов И.С. Принципы программирования урожайности полевых культур. Сб: Биологические основы орошаемого земледелия, М., 1974.
7. Щегорец О.В. Программирование урожая в прогрессивных технологиях Благовещенск, 2003. – 92 с.
8. Щегорец О.В. Соеводство. Благовещенск, «Издательская компания «РИО». 2002. – 432

Щегорец Ольга Викторовна

РЕСУРСНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ПРИАМУРЬЯ
В УСЛОВИЯХ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
И ДИВЕРСИФИКАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Учебное пособие

*Редакторы А.И. Казимова, В.И. Свешникова
Компьютерная верстка Н.Н. Федотовой*

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 06.04.2015 г. Формат 60×90/16.
Уч.-изд.л. – 4,0. Усл.-п.л. – 5,5.
Тираж 100 экз. Заказ 74.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

