

633.34

10 90

Н.А. Юст, Н.С. Шелковкина,  
И.С. Алексейко

# ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ПРИАМУРЬЯ



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Н.А. Юст, Н.С. Шелковкина, И.С. Алексейко**

**ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ  
НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ  
ПРИАМУРЬЯ**

*Монография*

**Благовещенск  
Издательство ДальГАУ  
2010**

УДК 635.656:631.67

Юст Н.А. Возделывание сои на орошаемых землях Приамурья: монография / Н.А. Юст, Н.С. Шелковкина, И.С. Алексейко. – Благовещенск: ДальГАУ, 2010. – 176 с.

В работе представлены результаты исследований по возделыванию сои в условиях орошения в южной зоне Приамурья. Определены коэффициенты водопотребления и установлена их зависимость от изучаемых факторов. Выявлены зависимости изменения суммарного и среднесуточного водопотребления сои при различных уровнях влажности почвы. Проведен анализ показателей изменения роста, развития, фотосинтетической деятельности растений сои, структуры урожая и качества семян в условиях орошения.

Предложены практические рекомендации по применению дождевания в сочетании с паровыми предшественниками, минеральными удобрениями и различными дозами сапропеля.

Монография может быть использована специалистами водохозяйственных и мелиоративных организаций, агропромышленного комплекса; преподавателями, аспирантами и студентами сельскохозяйственных учебных заведений.

*, Рецензенты:*

*М.С. Григоров,*

*академик РАСХН, заслуженный деятель науки и техники РФ,  
доктор т. наук, профессор;*

*В.Т. Синеговская,*

*член-корреспондент РАСХН, заслуженный деятель науки РФ,  
доктор с.-х. наук, профессор,*

*замдиректора по научной работе ГНУ ВНИИ сои;*

*Е.П. Боровой,*

*доктор с.-х. наук, профессор.*

Печатается по решению научно-технического совета  
ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»  
(Протокол №7 от 22 января 2010 года)

ISBN 978-5-9642-0135-9

Издательство ДальГАУ, 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Соя является основной культурой, возделываемой в Амурской области. Исключительно ценный химический состав обуславливает широкие возможности использования сои в народном хозяйстве. Поэтому особую роль в развитии растениеводства региона и аграрного сектора экономики в целом должна сыграть соя. При современном уровне питания, когда население испытывает дефицит важных питательных веществ, прежде всего, белка, ведущего к иммунодефициту, различным болезням, а в итоге к сокращению продолжительности жизни, сое практически нет альтернативы [103].

За последнее десятилетие почвенно-климатические условия Приамурья изменились в сторону повышения суммы активных температур, а годы с засушливыми условиями вегетационных периодов стали нередки, при этом наблюдается острый дефицит осадков весной и в первой половине лета. Сокращение площадей возделывания, низкая урожайность, снижение естественного плодородия почвы стали причиной снижения производства сои.

Проблема увеличения урожайности сои должна решаться главным образом за счет повышения продуктивности пашни. В связи с этим разработка приемов возделывания сельскохозяйственных культур (в том числе сои) с использованием оросительных систем весьма актуальна, особенно в сложных природно-климатических условиях Приамурья.

Соя весьма отзывчива на орошение. Основой получения высоких урожаев этой культуры является правильный режим орошения, включающий оросительные и поливные нормы, число, сроки и способы проведения поливов.

Оросительные нормы для сои значительно варьируют в зависимости от зоны возделывания и от конкретных погодных условий отдельных лет.

Получение гарантированных урожаев сои в условиях орошения возможно при внедрении технологий воспроизводства плодородия почв за счет систематического внесения минеральных удобрений. При ост-

ром дефиците удобрений возможно использование занятого и сидерального пара. Так, например, применение сидерального пара позволяет компенсировать нехватку навоза, компоста или других органических удобрений, что способствует увеличению запаса органического вещества и улучшению физических свойств почвы.

Так же важным фактором в решении проблемы повышения плодородия почв является применение в качестве удобрений местных природных ресурсов органического сырья - сапропелей. Общие запасы его в Амурской области оцениваются в 2200 млн. т. Внесение сапропеля в течение одного сезона позволяет создать мощный пахотный горизонт с повышенным содержанием питательных веществ по всему профилю. [6]

Таким образом, повышение урожайности сои реально за счет определения комплекса мероприятий, направленных на создание оптимальных условий для роста и развития растений. Этот комплекс состоит во внедрении современных научно обоснованных технологий возделывания сои на орошаемых землях.

Именно внедрение таких технологий должно обеспечить экономию водных и энергоресурсов, удобрений, средств защиты растений, что в конечном итоге обернется повышением плодородия почвы, улучшением качества продукции, оптимизацией экологической обстановки в регионе, решением вопросов переработки и использования сои.

Пути определения комплекса конкретных мероприятий раскрыты в данной монографии.

# Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1 Народнохозяйственное значение сои

Среди огромного разнообразия растительных ресурсов соя относится к числу тех немногих растений, которые как бы специально созданы природой на пользу человека. Она выделяется большой универсальностью - использования, уникальной способностью формировать как полноценный урожай белка (сочетание его в семенах 40 - 50%), так и масла (20 - 24%).

Такой химический состав определяет разнообразие использования сои, как продовольственной, технической и кормовой культуры. Вопросам использования сои для продовольственных, промышленных и кормовых целей посвящено много работ отечественной и зарубежной литературы [27, 35, 71, 76, 97, 119, 104 и др.]. Такое внимание к сое объясняется не только повышенным содержанием в ней белка и масла, но и их высокой биологической ценностью.

Из сои получают высококачественное масло, потребляемое как в чистом виде, так и в качестве ингредиента при изготовлении маргаринов, майонеза и различных приправ.

Использование сои в питании человека очень широко. В настоящее время известно более 1000 блюд приготавливаемых из сои. Её пищевые возможности позволяют решить одну из насущных проблем, как в нашей стране, так и за рубежом - проблему белка как продукта питания человека. По мере совершенствования технологии промышленной переработки сои и научно-технического прогресса в пищевой индустрии значение сои в решении продовольственной проблемы все больше будет возрастать. В этом убеждает опыт многих стран по освоению промышленных способов производства различных пищевых продуктов на основе соевых белков. Эти продукты приготавливаются из смеси мясных фаршей и очищенного соевого белка, их стоимость значительно ниже, но по содержанию белка и вкусовым качествам они мало отличаются от мясных [109].

Соя является универсальным, сравнительно дешевым, транспортабельным и легко воспроизводимым сырьем для различных отраслей промышленности. В мировом промышленном производстве она используется для выпуска более 400 видов различной продукции [109]. Широкое применение соя как сырье находит в авиационной, химической, автомобилестроительной, фармацевтической и других отраслях промышленности нашей страны.

Соя в качестве сырьевого материала имеет значение и для оборонной промышленности. Олифы из полимиризованного соевого масла могут с успехом конкурировать с тунговыми, предназначенными для таких покрытий, как окраска корпусов морских судов [105]. В Японии разработан способ изготовления из нее высококачественной смазки для авиационных двигателей и получения искусственного каучука [109].

Обобщив вышеизложенное, важно отметить, что возможности этой культуры, как технического сырья, большие.

В настоящее время решающим условием повышения эффективности животноводства является создание прочной кормовой базы. По данным зоотехнической науки, в кормовой единице должно содержаться 110 граммов перевариваемого протеина. Пока же в среднем этот показатель не превышает 80 граммов, что приводит к нерациональному использованию кормов [19].

Практика многих хозяйств Дальнего Востока указывает на разнообразные возможности применения сои на корм животным. Во всех случаях она улучшает питательную ценность корма, сбалансированность его по белку и, что особенно важно, по ряду дефицитных аминокислот [19]. Все это позволяет сократить расход корма на производство единицы продукции животноводства и тем самым снизить ее себестоимость.

Исключительно ценный химический состав и широкие возможности использования сои в народном хозяйстве определяют ее экономическую эффективность и перспективность для решения продовольственной проблемы в нашей стране [97].

## 1.2 Биологические особенности сои

Соя сформировалась в условиях жаркого климата и требует много тепла, влаги для роста и развития. Широкое распространение сои на Дальнем Востоке объясняется соответствием биологии этой культуры местным почвенно-климатическим условиям. Соя теплолюбива и влаголюбива. Нормальное развитие многих ее сортов происходит в условиях короткого светового дня. Увеличение продолжительности светового дня вызывает удлинение вегетационного периода и существенное изменение продуктивности растений. Для сортов сои, выращиваемых в Приамурье в настоящее время, местные условия в целом благоприятны. Однако отдельные природно-климатические факторы (короткий безморозный период, длинный световой день, низкие температуры в начале вегетационного периода и раннее осеннее похолодание) препятствуют

максимальному использованию биологических резервов этой ценной бобовой культуры [74, 79, 91].

Главный фактор, ограничивающий рост сои, - короткий безморозный период. На юге он равен 105 - 130 дням, тогда как у среднеспелых сортов сои длина вегетационного периода колеблется от 106 до 130 дней. Сумма активных температур для среднеспелых и позднеспелых сортов в течение вегетационного периода должна составлять 2000 - 2400°, для скороспелых - 1800 - 2000°. Биологические возможности сортов позволяют получать максимальный урожай при сумме активных температур равной 2500 - 2700°.

Прорастание семян сои начинается, когда температура почвы достигает 7 - 8°. Относительно быстрое прорастание семян и появление всходов наблюдаются при прогревании ее до 10 - 12°. Оптимальные условия для прорастания сои создаются при температуре 20 - 25°. Прорастающие семена усиливают потребление кислорода.

Чтобы растения и дальше развивались нормально, нужна среднесуточная температура, равная 19 - 25°. Взрослые растения до начала формирования репродуктивных органов относительно устойчивы к низким и к высоким температурам.

Реакция сои на высокие температуры тесно связана с условиями водного режима. В Амурской области нормальная влагообеспеченность растений создается при выпадении 370 - 450 мм осадков. На образование единицы сухого вещества соя расходует воды в 4 - 5 раз больше, чем пшеница. Поэтому обеспеченность влагой в наиболее важные фазы развития - цветения и бобообразования решающее условие формирования высокого урожая. Для оптимального роста сои влажность почвы должна составлять 60 - 70% полной влагоемкости [62].

Семена ее, прорастая, потребляют количество воды, равное до 250% собственной массы. От содержания влаги в почве зависит высота растений и интенсивность формирования репродуктивных органов. Крайне отрицательно на развитие корней, надземной части и бобов влияет переувлажнение. В первую очередь оно ухудшает аэрацию и снабжение корней кислородом.

Большое влияние на развитие сои оказывают условия освещенности. Максимальная освещенность для сои необходима 20 - 25 тыс. люкс. Однако в процессе роста растения затеняют друг друга. Степень затенения зависит от способов посева и нормы высева. Снижение интенсивности освещенности до 50% нормальной приводит к уменьшению на растениях числа узлов, ветвей и бобов, к снижению урожая на 60%. Чтобы в условиях Приамурья сформировался высокий урожай сои, освещенность не должна быть ниже 800 - 1200 люкс даже

внутри сомкнутого стеблестоя. Высокие требования предъявляет соя к минеральному питанию. При урожае 2,2 т/га растения выносят из почвы 173 кг азота, 41 кг фосфора и 72 кг калия, а также значительное количество кальция, серы, магния и микроэлементов.

Особенность сои, как бобовой культуры - симбиоз с клубеньковыми бактериями. В бактериоидной ткани клубеньков, образующихся на корнях растений происходит усвоение газообразного азота за счет энергетических материалов (углеводов), синтезируемых зелеными листьями. Благодаря клубеньковым бактериям растения сои, в особых условиях, могут полностью удовлетворять потребность в азотных соединениях [47].

Однако обычно уровень азотфиксации значительно ниже, он зависит от наличия других минеральных элементов, реакции среды. Оптимальные условия для развития сои создаются при слабокислой или нейтральной реакции почвенного раствора, при этом повышенную активность проявляют и клубеньковые бактерии. Также отзывчивость сои на минеральные удобрения изменяется в зависимости от типа почвы.

### 1.2.1 Потребность сои во влаге

Сою принято считать культурой относительно влаголюбивой. За период вегетации она потребляет воды в 3 - 4 раза больше, чем зерновые культуры. В процессе вегетации расход воды на единицу сухого вещества у нее выше, чем у бобов и гороха. Транспирационный коэффициент сои на Дальнем Востоке составляет от 350 до 700. От появления всходов до начала цветения величина этого коэффициента выше, чем от ветвления до начала цветения, и резко возрастает при формировании бобов [22, 27, 61].

По мнению Г.В. Голова особенности отношения сои к влагообеспеченности в течение вегетационного периода связаны с её эволюцией, которая проходила в условиях муссонного климата. У культуры сформировался обмен веществ, соответствующий низкой влагообеспеченности от всходов до цветения и высокой - в период формирования репродуктивных органов [51].

В зависимости от фаз развития уровень влагозапасов в почве должен меняться. Соя переносит временный недостаток влаги от всходов до начала цветения. В этот период интенсивно нарастает корневая система при замедленном развитии надземной массы. В последующие фазы соя проявляет повышенную потребность во влаге. Её недостаток в это время снижает урожай [100].

Обеспеченность влагой в период формирования репродуктивных органов является решающим условием для высокого урожая [61].

Оптимальный влагозапас в почве под посевом сои по различным источникам составляет 70 - 80% НВ. Вместе с тем есть мнение о дифференциации величин оптимальных влагозапасов в зависимости от фазы развития соевого растения. А.А. Жарких считает, что лучший вариант влагообеспеченности сои от всходов до фазы бобообразования создается при влагозапасе в почве 40% НВ, в фазах формирования репродуктивных органов 80% НВ. Автор объясняет это тем, что при 80% влагозапасов в почве в первой половине вегетации относительно быстро нарастает большая ассимиляционная поверхность. Это приводит к раннему взаимному затенению растений, частичному опадению цветов, что соответственно снижает урожай сои.

Распределение осадков в теплый период года и складывающийся влагозапас в почве по среднегодовым наблюдениям благоприятны для обеспеченности сои влагой. Однако в отдельные годы наблюдается недостаток влаги в почве в первой половине лета и её избыток - во второй. Уровень влагообеспеченности сои по периодам вегетации определяется главным образом количеством осадков. Оптимальные условия снабжения ее водой складываются, если в период «посев-всходы» выпадает 35 - 50 мм осадков, в период «всходы-цветение» - 120 - 160 мм, «цветение-созревание» - 230 - 250 мм. В последнем случае обеспечивается необходимый влагозапас в почве от цветения до созревания на уровне 70 - 80% НВ.

Соя сравнительно легко переносит переувлажнение почвы. К периоду муссонных осадков она развивает мощную листовую поверхность. Корневая система располагается в наиболее аэрируемом поверхностном слое. Затопление её в фазе бурых бобов не представляет большой опасности. Вместе с тем наблюдаются и негативные последствия переувлажнения. Так, затопление цветущих растений приводит к отмиранию части цветков, опадению около половины листьев. Затопление всходов задерживает рост и образование воздушных корней. При влагозапасах в почве в пределах 85 - 100% НВ снижается урожай зерна, но усиливается нарастание вегетативной массы. В полевых условиях соя выдерживает затопление в течение 2 недель, но созревание задерживается на 5 - 7 дней. После снятия переувлажнения восстанавливается корневая система, возобновляется нарастание вегетативной массы [61].

Внесение удобрений сглаживает негативные последствия переувлажнения сои за счет развития более мощной ассимиляционной поверхности, более быстрого восстановления деятельности корней и клубеньков [35].

Минеральные удобрения и известкование повышают устойчивость сои к переувлажнению [34].

Более благоприятные условия влагообеспеченности сои складываются при её размещении в севообороте после кукурузы, однолетних трав и зерновых культур [51].

### 1.2.2 Потребность сои в минеральном питании и удобрениях

Минеральное питание сои, потребность в биофильных элементах и удобрениях в значительной мере отличаются от потребностей других культур, это в большей степени связано с её биологическими особенностями и абиотическими факторами экологии.

Поглощение биофильных элементов соей в течение вегетации идет неравномерно. Наибольшую потребность в них она проявляет в период от цветения до массового налива семян, когда растения поглощают азота, фосфора и калия 60 - 70% от общего потребления, до 80% кальция и 70% магния [24, 26].

А.Т. Грицун указывает на прямую зависимость интенсивности поглощения соей биофильных элементов от интенсивности формирования надземной массы вегетирующих растений. От всходов до цветения, в пересчете на сухое вещество, накапливается лишь 12 - 15% органической массы, а от всходов до начала образования бобов синтезируется только 22 - 24% сухих веществ. При этом, начальный период развития, характеризуется повышенной потребностью в калийном и азотном питании и относительно меньшей - в фосфорном. После налива семян поглощение первых двух элементов снижается, но не прекращается до конца формирования бобов. Поступление же фосфора идет равномерно до полного созревания [46].

По данным Г.В. Голова, за 45 дней от всходов до цветения соя поглощает только 16,6% азота, 5,4 - 12,6% фосфора и 23,8 - 25,6% калия от общего потребления. От цветения до начала формирования семян она поглощает наибольшее количество питательных веществ [41].

Влияние удобрений на питание сои и формирование урожая зависят от почвенных и погодных условий вегетационного периода, доз и времени их внесения, глубины заделки в почву, сопутствующих удобрений и сортовых особенностей культуры. Соответственно, величина индекса эффективности отклоняется от вышеприведенных средних величин, но индивидуальные тенденции в действии отдельных удобрений сохраняются. Прежде всего, потребность в удобрениях и их дозы зависят от обеспеченности питания сои из почвенных запасов.

Существенную корректировку в действии удобрений оказывает степень увлажнения почвы. Пониженная влажность (30% НВ) снижает эффект от удобрений, оптимальная (80% НВ) умеренно повышает, переувлажнение (110% НВ) усиливает положительное влияние фосфорных удобрений [60, 83].

Фосфорное питание сои имеет свои особенности. При содержании в почве подвижного фосфора ниже 50 мг/кг почвы она испытывает недостаточность питания этим элементом. На поглощение соей фосфора из почвы и удобрений значительное влияние оказывает степень увлажнения почвы. Наши исследования показали, что на бурых лесных почвах до фазы третьего тройчатого листа в составе общего фосфора в растениях при пониженной влажности (30% НВ) на фосфор, поглощенный из почвенных фосфатов, приходилось 80 - 90%, а при оптимальной (70% НВ) – 53 - 65%.

Таким образом, недостаток влаги в почве в начале вегетации значительно сдерживает поглощение соей фосфора из удобрений. В последующие фазы развития сои доля почвенного фосфора в растениях уменьшается, а из удобрений возрастает.

Количество фосфора в этих двух источниках в фазе бобообразования примерно одинаковое при недостаточной влагообеспеченности, при оптимальной - фосфора из удобрений поглощалось больше [17].

Следует отметить, что эти закономерности не проявляются при выращивании сои на лугово-черноземовидной почве. Здесь доля почвенного фосфора, поглощенного соей, выше, это должно свидетельствовать о большей его доступности для растений на данных почвах, что является следствием более благоприятного фосфорного режима. Таким образом, условия питания сои фосфором, степень усвоения его из почвы и удобрений зависят от почвенных условий [82].

Увеличение влажности почвы до пределов полевой влагоемкости усиливает потребность сои в фосфоре и повышает усвоение фосфора суперфосфата [19].

Однако переувлажненность почвы на фоне недостатка тепла сглаживает интенсивность образования соей сухого вещества, усвоение азота и фосфора [20].

Особенности питания сои калием остаются пока малоизученными. Несмотря на высокую потребность сои в этом элементе, внесение калийных удобрений не оказывает заметного влияния на рост, развитие и урожай ее зерна. Калийное питание сои, как правило, обеспечивается запасами подвижных и обменных форм калия в почвах, действие этого удобрения на всех почвах Приамурья несущественно.

Н.А. Пенчукова и Г.К. Шелевой указывают, что недостаток калийного питания сои может проявляться при низком содержании обменного калия в почвах - ниже 70 мг  $K_2O$  на 1 кг почвы [82].

Потребность в азоте соя удовлетворяет из двух источников: минерального азота почвы и молекулярного азота воздуха, а при внесении минерального азота удобрений и из них.

Усвоение молекулярного азота осуществляется в результате симбиоза с азотфиксирующими клубеньковыми бактериями. В литературных источниках отмечается, что соя может за счет симбиотического азота удовлетворять от 50 до 75% общей потребности в этом элементе [20].

Наличие симбиоза соевого растения и азотфиксирующих бактерий предопределяет дифференцированное отношение сои к источникам азотного питания в зависимости от экологических условий. Складывающаяся обеспеченность сои азотом из почвы и воздуха определяет неоднозначность ее реакции на внесение азота минеральных удобрений. При недостатке почвенного азота и снижении активности клубеньковых бактерий она положительно отзывается на удобрение.

При оценке симбиотического эффекта по количеству и размеру клубеньков на корнях сои оказалось, что количество первых уменьшается с сокращением продолжительности вегетационного периода. В фазу налива бобов, в период максимальной потребности сои в азоте, количество клубеньков, по сравнению с фазой бобообразования, увеличивается в 2-3 раза независимо от продолжительности периода вегетации сои. У среднеспелых сортов сои клубеньков образуется больше. Как правило, на корнях сои преобладают клубеньки диаметром 3,5 мм и меньше, а диаметром 4,5 мм встречаются редко. На размер клубеньков оказывают влияние температурные условия и содержание влаги в почве. В благоприятных условиях они меньше диаметром, чем при неблагоприятных. Однако их крупность не является показателем содержания азота. В клубеньках меньшего диаметра может содержаться азота даже больше, чем в крупных [15, 20, 27, 29].

Непросто складываются условия жизнедеятельности клубеньковых бактерий при внесении под сою минеральных удобрений, прежде всего азотных. В отношении последних результаты исследований неоднозначны.

Исследования В.А. Тильбы и Г.П. Голодяева свидетельствуют, что азотные удобрения вызывают уменьшение численности клубеньковых бактерий, особенно в прикорневой зоне. Удобренные растения в большей мере, чем неудобренные, препятствуют распространению азотфиксирующих бактерий на поверхности корней и в прикорневой зоне [99].

По данным вышеуказанных авторов, дозы минерального азота в 5 и 30 кг/га в первоначальный период развития сои не оказывают стимулирующего влияния на образование клубеньков на корнях сои. Вместе с тем позже доза азота в 30 кг/га способствовала увеличению числа клубеньков.

Вопрос о целесообразности сочетания минерального и биологического азота в питании сои до сих пор не решен однозначно. Наиболее обоснован дифференцированный подход к применению азотных удобрений под сою с учетом потребности растений в этом элементе по фазам развития, активности азотфиксации, плодородия почвы.

Некоторые исследователи, отмечая угнетающее влияние минерального азота на образование клубеньков, считают нецелесообразно применять под сою азотные удобрения.

Так, Е. П. Трипачев свидетельствует о том, что применение азота под сою не оправдано как в теоретическом, так и в практическом отношении. "Больше того обычные дозы азота для зерновых, вносимые в бобовые, ингибируют фиксацию молекулярного азота, и даже снижают урожай" [99].

В.Т. Куркаев отмечает, что азотные удобрения резко повышают урожай вегетативной массы. Он обращает внимание, что при расчете норм весенних подкормок следует учитывать то, что чрезмерный рост вегетативной массы до начала цветения может привести к тому, что вследствие высокого затенения листьев нижнего яруса растениями верхнего может произойти снижение урожая семян сои [65].

Ю.Г. Карягин считает, что вся агротехника сои должна быть направлена на создание благоприятных условий не только для роста и развития растений, но, прежде всего, для развития клубеньковых бактерий [99].

Наблюдения Г.К. Балакая показали, что азот угнетающе воздействует на клубеньковые бактерии. Однако, на почвах менее обеспеченных азотом, эффективность удобрения повышается. В этом случае при внесении 60 кг/га азота прибавка составляет 30% по сравнению с контролем. Совместное же действие клубеньковых бактерий и минерального азота - 40% [19, 20].

В опытах Ю.Д. Губаюка также получен положительный эффект при внесении больших норм азота, что обусловлено низкой обеспеченностью светло-каштановых почв азотом. Следует отметить, что Ю.Д. Губаюк вносил не менее 45 кг/га под зяблевую вспашку, а остальные использовал в виде подкормок в фазы ветвления, цветения и налива бобов [47].

По-разному влияют азотные удобрения на клубеньковые бактерии, это зависит от глубины их заделки. При мелкой заделке удобрения (0 - 10 см) даже небольшая доза минерального азота вызывает депрессию клубеньков, которая усиливается при увеличении дозы. На лугово-черноземовидной почве наиболее благоприятное влияние на образование клубеньков оказывало азотное удобрение при заделке на глубину 10 - 20 см [47].

Многие ученые [47, 65, 82 и др.] рекомендуют применять азотные удобрения под сою только тогда, когда не обеспечиваются потребности растений в азоте за счет почвенных запасов и биологического симбиоза с клубеньковыми азотфиксирующими бактериями. По результатам их исследований, установлено, что отрицательное действие азотных удобрений на количество клубеньков у бобовых и их способность фиксировать азот воздуха снижается при достаточном обеспечении фосфором и калием.

Однако в целом отмечается высокая эффективность применения минеральных удобрений в направлении увеличения урожаев и повышения качества семян сои в условиях орошения.

### 1.3 Повышение урожайности сои на орошаемых землях в Приамурье

В связи с обострением экологических проблем в Амурской области деградирует почвенный покров - главное богатство региона, падает урожайность сои и других культур, снижаются посевные площади. Так, например, в 2000 году валовой сбор зерна в Амурской области - житнице региона, составил всего 253,9 тыс. тонн, что почти в 3,6 раза меньше, чем в 1990 году (905,3 тыс. т), в 2001 г. - всего 190,3 тыс. т. За период с 1990 по 2003 гг. значительно сократилось производство кормов - грубых в 5,5 раз, сочных - в 12,8, зернофуража - в 12 раз. Посевные площади за этот период в области сократились с 1623 до 636 тыс. га, или в 2,5 раза, в том числе посевы сои - в 1,5 (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Основные показатели производства сои в Амурской области

Показатели	Годы					2003 г. к 1990 г., %
	1990	2000	2001	2002	2003	
Посевные площади, га	424192	197525	205661	239880	280696	66,2
Валовой сбор, т	468579	168680	204181	265394	135230	28,8
Урожайность, т/га	1,10	0,85	0,99	1,11	0,48	43,6

Одной из причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур является резкое сокращение использования удобрений, отсутствие своевременно проведенных агрохимических и мелиоративных работ.

В Амурской области практически приостановлены работы по повышению плодородия земель, не проводится известкование кислых пахотных земель. Из-за отсутствия в достаточном количестве минеральных удобрений в расчете на 1 га посевов в области в последние годы вносится всего 5 - 8 кг удобрений, что в 13 раз меньше по сравнению с 1990 г. В связи со значительным снижением количества крупного рогатого скота резко сократилась и доля органических удобрений: на гектар посевов их вносится всего по 70 - 20 кг. Снизился также удельный вес посевов, обработанный гербицидами, лишь в небольших объемах производится обеззараживание семян, а также обработка посевов против болезней и вредителей [4].

Общими приемами повышения плодородия почвы для всех регионов являются севооборот, система удобрений, способы обработки почвы, мелиоративные мероприятия и защита урожая сельскохозяйственных культур.

Важнейшим составным элементом комплекса мероприятий по интенсификации производства является мелиорация земель. Техническое совершенствование оросительных систем в сочетании с мерами по повышению культуры земледелия на орошаемых землях, внесение минеральных и органических удобрений служит предпосылкой значительно-го увеличения урожайности сельскохозяйственных культур [44].

Мелиорация земель, представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение свойств почвы, повышение ее плодородия, увеличение устойчивости сельскохозяйственного производства [14, 51, 71].

Стратегия повышения плодородия мелиорированных почв базируется на сочетании гидромелиоративных и агротехнических приемов и реальных возможностях их эффективного использования [3].

Таким образом, сочетание оросительных мелиораций с паровыми предшественниками, минеральными удобрениями и различными дозами сапропеля позволят значительно повысить урожайность сои в Приамурье.

### 1.3.1 Краткая история развития, состояния и изученности проблемы чистых, занятых и сидеральных паров

Основным фактором получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур, является внедрение технологий воспроизводства плодородия за счет использования пара.

Необходимость чередования сельскохозяйственных культур была установлена давно. О пользе его писали еще римские агрономические деятели, но особенно активно исследовать севообороты агрономическая наука начала при паровой системе земледелия [38], при которой широкое распространение в России и западной Европе получили трехпольные, а в США и четырехпольные севообороты [50].

Переход к таким севооборотам позволил резко расширить площадь посевов под зерновыми и, естественно, увеличить производство зерна. Применение в них паровой обработки с чередованием после пара посевов озимых и яровых хлебов способствовало очищению почвы от сорняков и, в известной степени, восстановлению ее плодородия.

Известный русский ученый П. А. Костычев, спустя 10 лет после выхода первой отечественной работы А.Н. Шишкина по влагообеспеченности растений, в своих лекциях говорил: "... в настоящее время можно считать неопровержимым, что неурожай или плохие урожаи растений чаще обуславливаются недостатком воды в почве. Все другие причины неурожая имеют характер случайный или частичный, и только влажность почвы представляет причину значительных колебаний в урожаях целых стран" [106].

С развитием теории чередования сельскохозяйственных культур необходимость его обосновывается с позиций теории почвенного питания растений. Характерной чертой этих обоснований было деление растений на противоположные группы по их влиянию на плодородие почвы. До возникновения минеральной теории питания растений сельскохозяйственные культуры подразделялись на обогащавшие почву гумусом и истощавшие. К первой группе относили широколиственные пропашные, бобовые культуры и кормовые травы, а ко второй - зерновые. Ю. Либих, исходя из теории минерального питания, считал, что все полевые сельскохозяйственные культуры истощают почву, но делил их на три группы в зависимости от того, какой элемент питания относительно

больше потреблялся данной культурой - фосфор, калий или кальций. Согласно этой теории, необходимо чередовать культуры с различной потребностью в зольных элементах питания. Снижение урожаев при бессменном посеве одной и той же культуры объяснялось уменьшением в почве какого-либо элемента питания.

В этот же период начало развиваться другое направление в теории чередования культур, которое нашло свое полное выражение в трудах П. А. Костычева и В. Р. Вильямса. Сторонники этого направления объясняли падение плодородия почвы при возделывании однолетних зерновых культур не изменением химического состава почвы, а ухудшением ее физических свойств, в частности, утратой ею прочной структуры. В результате этого ухудшался водный и питательный режим почвы и снижалось ее плодородие. Из теории был сделан вывод о необходимости периодической смены культуры однолетних растений посевом смеси многолетних бобовых и злаковых трав. Главная роль в улучшении структуры отводилась злаковым травам. Эта теория легла в основу травопольных севооборотов. Недостатком всех указанных выше теорий чередования культур была их односторонность и ограниченность.

В современном обосновании севооборотов учитывается все многообразие причин, вызывающих необходимость чередования культур. Д.Н. Прянишников объединил эти причины в четыре группы: 1) химические, касающиеся питания растений зольными элементами и азотом; 2) физические, характеризующие состояние и свойства почвы; 3) биологические, то есть комплекс взаимоотношений между культурными растениями и другими организмами (вредители, болезнетворные организмы, сорняки); 4) экономические. Для каждой почвенно-климатической зоны страны были пригодны свои системы земледелия, которые претерпевали изменения по мере внедрения в практику научных достижений, с развитием земледелия ученые и практики все более убеждались в необходимости чередования культур. Чередования не бессистемного, а научно обоснованного. В.М. Мосолов поэтому по поводу писал: необходимо, что бы каждая предшествующая культура создавала для последующей за ней лучшие условия для существования, чтобы не снижалось, а повышалось плодородие почвы и увеличивались урожаи всех культур севооборота". Ганс Дубслаф указывал: "Успешное земле-

делие возможно лишь при условии, что намеченные культуры выращиваются не бессистемно одна за другой, а в севообороте, который насколько возможно, должен отвечать специфическим требованиям растений в отношении почвы и питательных веществ" [50].

Положительное действие научно-обоснованного чередования культур при интенсивных технологиях возделывания не снижается, но интенсификация земледелия вносит новые элементы в теорию и принципы построения севооборотов. Система севооборотов – организационно-техническая основа системы земледелия. Сочетание экологических, технологических, и экономических требований в современном земледелии определяет большое значение севооборота как научно обоснованного чередования сельскохозяйственных культур в агроценозах, не только обеспечивающего сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почвы и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, но и выполняющего важную агроэкологическую функцию. Севообороты являются ключевым звеном современных систем земледелия, так лишь при оптимальном соотношении и чередовании сельскохозяйственных культур можно решить весь комплекс задач по охране природы, защите почв от эрозии, рациональному использованию земли, воспроизводству плодородия, ее окультуриванию и повышению урожайности. Для внедрения и освоения севооборота не требуются большие затраты, высокая эффективность их бесспорна [106].

В системе севооборотов паровое поле является ремонтным. Здесь должны проводиться интенсивная борьба с сорняками, обогащение органическим веществом и элементами питания. В зависимости от плодородия почвы, степени засоренности полей, специализации хозяйства применяются чистые, занятые и сидеральные пары [42].

Под паром понимают поле свободное от возделывания сельскохозяйственных культур в течение определенного периода времени и поддерживаемое в чистом от сорняков состоянии. Паровые мелиорации имеют большое значение для повышения плодородия почвы и урожая сельскохозяйственных культур. Основными задачами паровой обработки почвы являются очистка почвы от сорняков, главным образом от пырея ползучего, осотов и полыни, а так же вредителей и болезней; активизирование биологической деятельности почвы, создание благоприятных агрофизических свойств для улучшения разложения органических

остатков, а следовательно, увеличение запасов влаги и доступных элементов питания для культурных растений; улучшение воспроизводимости в более глубокие горизонты. В разработанной схеме агроклиматического районирования паров территория Амурской области относится к зоне занятых паров. Но в системе земледелия Приамурья одним из средств повышения плодородия почвы предусматривается применение как чистых, так занятых и сидеральных паров [42].

В Амурской области на небольшой площади, засоренной корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, применяют чистые пары. В чистом пару почва может быть очень хорошо очищена от сорняков, вредителей и зачатков болезней растений. При правильной обработке пара в почве накапливается больше легко доступных для растений питательных веществ. Самые же высокие прибавки урожая дают чистые пары в засушливой полосе [53].

В условиях юга Приамурья, наблюдается избыток влаги во вторую половину лета, что затрудняет обработку почвы и поэтому чистый пар является ненадежным средством борьбы с сорняками. Чистые пары могут обрабатываться по типу черных (с осени) или ранних (с весны) [42].

Большая часть районов Амурской области по своим почвенным и климатическим условиям вполне подходит для применения занятых паров. В основных земледельческих районах области - Ивановском, Тамбовском, Констатиновском, большей части Белогорского, Октябрьского, Михайловского, Завитинского, Бурейского, Серышевского и Белогорского - почвы отличаются высоким плодородием. Все они представлены мощными и среднемощными лугово-черноземовидными почвами с содержанием гумуса в пахотном слое 5 - 10% и луговодерновыми, насыщенными и оподзоленными почвами с содержанием гумуса 3 - 5%. Там распространены высокоплодородные почвы, которые мало отличаются от черноземов степной полосы.

Занятыми парами принято называть поле севооборота, занятое культурой в течение 2 - 2,5 месяцев, а остальное время теплого периода года поле обрабатывается с целью создания благоприятных агрофизических свойств и уничтожения сорняков [42, 87].

В зависимости от местных природно-климатических, хозяйственно-организационных условий и типа засоренности обработку почвы проводят по типу раннего или позднего занятого пара. Под ранний заня-

тый пар обычно отводят поле, засоренное однолетними сорняками. Борьба с яровыми сорными растениями весной мало эффективна. Более высокий результат дает осенняя полупаровая обработка.

Результаты исследований свидетельствуют о многообразных приемах мелиорации земель и реальных возможностях их эффективного использования. Однако при сложившихся условиях неизбежным является снижение естественного плодородия за счет удаления питательных веществ и органических соединений с урожаем. Учитывая дороговизну минеральных удобрений и отсутствие финансовой возможности на их приобретение и внесение для обеспечения мобилизации плодородия и окультуривания почв с успехом может быть использован агротехнический прием - насыщение зерновых севооборотов посевами сои и многолетних трав. Все это подталкивает хозяйства к переходу от традиционных к альтернативным (органическим) системам земледелия, в основе которых предусматривается замена азота минеральных удобрений на азот получаемый в процессе биологической фиксации его растениями. Прием запахивания свежей растительной массы в почву для обогащения ее органическим веществом, азотом и другими элементами питания называется сидерацией, а растения выращиваемые на удобрения – сидератами [30].

В зависимости от того возделывают сидераты в чистом виде или в смеси с другими культурами различают самостоятельные и уплотненные (или смешанные) посевы сидератов. При самостоятельном посеве сидераты занимают поле 1 - 2 сезона или даже несколько лет. Если сидераты возделывают в течение короткого периода от уборки одной культуры до посева другой, то их называют промежуточными или вставочными [30, 62].

В районах Приамурья, отличающихся достаточным количеством тепла и влаги, в качестве сидератов заслуживают внимание люпин однолетний, многолетний и соя. Проведенные исследования показывают, что введение в севооборот сидерального пара дает возможность повышения продуктивности севооборота без снижения плодородия почвы и нарушения экологического равновесия территории.

Интенсивно протекающий в парующейся почве процесс нитрификации ведет к накоплению больших количеств легко доступного растением нитратного азота. При этом накопление подвижных форм фосфора

не происходит, а иногда наблюдается их снижение. Одностороннее избыточное азотное питание ведет к полеганию, к затяжке созревания зерновых культур. Как правило, на посевах по парам зерновые культуры весьма отзывчивы на внесение фосфорных удобрений. Несомненно, что слабая обеспеченность растений фосфором является причиной, тормозящей усвоение растениями азота [42].

В.В. Бузмаков и А. С. Новолоцкий отмечают, что в несбалансированности важнейших элементов питания видят одну из причин низкого использования потенциальных возможностей чистого пара и, как следствие, - недобор урожая культур. При интенсификации земледелия требуется, чтобы в паровых полях происходило воспроизводство плодородия почвы. Этого можно добиться при использовании сидеральных паров. В условиях интенсификации земледелия значительно возрастает минерализация органического вещества почвы и составляет в зависимости от типа севооборота 0,5 - 2,0 т/га в год [106].

Использование сидеральных паров значительно улучшает баланс органического вещества, а за счет бобовых сидератов - и азота в почве; снижает отрицательное действие водной и ветровой эрозии; позволяет решать проблему повышения плодородия почв на полях, где ощущается острый недостаток в органических удобрениях.

### 1.3.2 Актуальность проблемы использования сапропелевых удобрений

Как известно, применение удобрений в сельскохозяйственном производстве сохраняет плодородие почв и восполняет вынос питательных веществ. Поэтому возделывание сельскохозяйственных культур с перспективой на возможность получения высоких и стабильных урожаев без использования удобрений и применения эффективных технологий практически невозможно. Решение этой проблемы связано с применением местных природных ресурсов органического сырья, которые станут источником бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах региона [45].

Среди природных ресурсов, идущих на удобрения в условиях Дальнего Востока, несомненно, может стать сапропель. Общие запасы

его по Дальнему Востоку оцениваются в 2200 млн.т, из которых разведано и предварительно оценено 2,835 млн.т.

В состав сапропеля входят органические вещества, практически все необходимые компоненты минерального питания растений (азот, фосфор, калий, кальций, магний), микроэлементы (медь, кобальт, бор, марганец, цинк, йод, бром), а также биологически активные вещества (витамины, стимуляторы роста, гормоны, антибиотики).

Органическая часть сапропеля состоит из аморфного детрита и остатков водорослей, животных и высших растений. Элементарный состав органической массы сапропеля состоит из углерода – 53 - 60%, кислорода - 30 - 36%, водорода - 6 - 8% и серы - 1,5 - 2,5%. Этот большой, но пока мало используемый ресурс органического сырья с более высоким, чем у торфа, агрохимическим потенциалом, перспективен, прежде всего, для производства различных видов органических удобрений [33, 43].

Из-за недостаточной изученности сапропелевых месторождений эти природные удобрения не нашли широкого применения в сельском хозяйстве и в большинстве областей Дальнего Востока местные ресурсы органического сырья сапропелей практически не используются.

Единственной страной Западной Европы, где сапропель широко используется как удобрение, является Голландия. Однако здесь сапропель используют только как химическое, а не органическое удобрение. Это объясняется тем, что сапропель в Голландии добывают из каналов, требующих регулярных расчисток дна. А так как эти каналы интенсивно используются для судоходства, то добываемый сапропель отличается высоким содержанием тяжелых металлов, что делает его непригодным для использования в качестве органического удобрения [7, 31].

Обоснование использования сапропелей как органно-минеральных удобрений длительного действия является актуальным научным направлением в мелиорации и имеет большое практическое значение для земледелия Приамурья. [8]

### 1.3.3 Потребности орошаемого земледелия в удобрениях

В связи с ирригации внимание в последние годы уделяют оценке потребности орошаемого земледелия в минеральных удобрениях.

Потребности орошаемого земледелия в азотных удобрениях будут непрерывно увеличиваться вследствие интенсификации растениеводства, улучшения технологии возделывания полевых культур, внедрения в производство более урожайных гибридов и сортов, а также вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых орошаемых земель.

По оценке В. ВауМезси, 1 м<sup>3</sup> оросительной воды вымывает из почвы 30-60 г азота. В зависимости от водопроницаемости почвы азотные удобрения могут проникать на глубину до 1 м при оросительной норме 3500 м<sup>3</sup>/га [99].

На всех орошаемых землях большинство культурных растений отзываются в первую очередь на азотные, а затем на фосфорные удобрения [82].

Необходимость внесения фосфорных удобрений определяется вскоре после введения орошаемого земледелия, хотя первоначально и наблюдается увеличение растворимого фосфора в связи с интенсивным процессом изменения состава органических веществ и более активным выделением его из минеральной части почвы. Увеличение потребности в фосфоре обуславливается и повышенным потреблением его растениями в связи с более высокой урожайностью и усилением питания, вызванным присутствием в почве наряду с фосфором и других питательных элементов (азота, калия и т. п.). Фосфорные удобрения не рекомендуют использовать отдельно, а только вместе с азотными, либо азотными и калийными, а также органическими удобрениями. Регулярное внесение в почву фосфорных удобрений дает длительный эффект, что позволяет в дальнейшем применять их через 2 года [61, 82].

Прогнозные исследования показали, что потребность орошаемого земледелия в фосфорных удобрениях будет увеличиваться довольно в значительных размерах, так как естественные запасы подвижного фосфора станут недостаточными. Многолетние экспериментальные данные свидетельствуют о том, что с годами эффективность фосфорных удобрений заметно повышается для всех полевых культур [21].

Интенсивное земледелие на орошаемых землях может истощать запасы калия в почве в аридных районах, хотя раньше считалось, что почвы этих районов богаты калием [19, 60].

Калийные удобрения редко применяют на неорошаемых почвах, богатых калием. Однако в условиях орошения и использования повы-

шенных доз азотных и фосфорных удобрений внесение калийных удобрений становится обязательным, особенно если учесть, что на поливных землях выращивают технические, овощные и другие культуры, потребляющие значительное количество калия [99].

Сохранение содержания подвижного калия в почве на уровне, обеспечивающем получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, должно оставаться предметом постоянной заботы. В этом направлении можно действовать не только путем внесения калийных удобрений. Важным резервом калия так же, как и фосфора, являются навоз и запахиваемые в почву растительные остатки (жнивье, стебли и т. д.).

На орошаемых участках, где легко вымываются сульфаты, может возникнуть дефицит серы; в этом случае необходимо применять удобрения, содержащие серу (суперфосфат, гипс, серу и т. д.) [15, 16].

Исследования по проблеме микроэлементов на орошаемых землях находятся пока лишь в начальной стадии, однако, опытами установлено сильное влияние их на урожай и качество растениеводческой продукции. В зонах, где наблюдается недостаток микроэлементов, целесообразно применение комплексных удобрений, обогащенных цинком и бором [16].

В результате орошения ускоряется разложение органических веществ в почве, в связи с чем, необходимо внесение довольно значительных количеств органических удобрений, причем с небольшими интервалами [60].

Многие исследователи подчеркивают, что одни лишь минеральные удобрения, особенно в условиях полива, недостаточны для получения хорошего урожая. Особенно благоприятно сказывается совместное применение органических и оптимальных доз минеральных удобрений. При умеренном внесении навоза или зеленых (сидеральных) удобрений их необходимо дополнять прежде всего азотными, а также фосфорными и калийными удобрениями, так как полностью потребности культур в фосфоре и калии навоз не может удовлетворить [60].

Все культуры хорошо окупают внесение навоза или измельченных растительных отходов (соломы, стержней початков, стеблей подсолнечника, бобовых) с добавлением умеренных доз азота и фосфора.

Минеральные удобрения для возделывания орошаемых культур рекомендуют применять ежегодно, а органические - один раз в 2 - 3 года.

Техника применения удобрений в принципе не отличается от приемов, используемых при внесении удобрений под неорошаемые культуры. Она зависит от физического состояния удобрений (твердые или жидкие) и степени их растворимости. Удобрения, которые слабо растворяются, вносят в почву при основной обработке, а хорошо растворимые, особенно азотные, - как правило, во время подкормок [21].

Эффективность удобрений под орошаемые культуры в большой степени зависит от срока и способа их внесения. При этом срок внесения может существенно влиять на изменение дозы удобрений, особенно азотных. Исследования показывают, что азот используется с одинаково хорошими результатами всеми орошаемыми культурами в том случае, когда его вносят в два срока: вместе с фосфорными удобрениями осенью при подготовке почвы и весной при посеве или в течение первых фаз вегетации.

Под пожнивные культуры, высеваемые летом, азотные удобрения лучше вносить перед подготовкой почвы к посеву.

При разных способах внесения удобрений (путем разбрасывания или в рядки) урожайность сельскохозяйственных культур была различной. Внесение удобрений в рядки, особенно при малых его дозах, было более эффективно под сахарную свеклу. Такой способ внесения может быть использован с хорошими результатами при применении фосфорных или комплексных удобрений под кукурузу, сою и подсолнечник на достаточно обеспеченных доступным фосфором почвах, требующих меньших доз фосфорного удобрения [27].

Основываясь на результатах многолетних исследований, можно считать, что улучшение техники внесения удобрений с экономической точки зрения более выгодно, чем увеличение их дозы. Некоторые исследователи рекомендуют большую часть удобрений под сою вносить под вспашку осенью [21, 61].

Эффективность азота под зябь объясняется меньшим токсическим действием на его клубеньковые бактерии, живущие в верхнем слое почвы. Мелкая заделка удобрений повышает зеленую массу сорняков на 85 - 105%, а глубокая - всего на 5% .

По мере внедрения в сельскохозяйственное производство новых сортов и создания условий для лучшего использования ими удобрений из почвы с урожаем выносятся все возрастающие количества питательных элементов и снижаются их запасы в почве.

На повышение эффективности удобрений в поливных условиях в значительной степени влияет вся совокупность агротехнических мероприятий, в первую очередь меры по созданию достаточного запаса доступных питательных веществ в течение всего периода роста и развития растений. Подчеркивая большое значение нормального питания растений, исследователи указывают, что, несмотря на высокое общее содержание питательных веществ даже в самой плодородной почве, достаточно нескольких лет, чтобы при выращивании культурных растений без удобрений или при внесении недостаточного их количества урожаи снизились. Причина этого явления заключается в быстром расходовании доступных питательных веществ и в медленном их высвобождении из недоступных форм [59].

Так как орошаемые культуры обычно дают высокие урожаи, рекомендуют значительно повышать для них дозы удобрений по сравнению с неорошаемыми культурами. При этом высказывается мнение, что системы удобрения (дозы, соотношение питательных элементов, формы удобрений и техника внесения) при орошении и на неорошаемых землях существенно различаются. Установлено, что в орошаемых условиях сильно возрастает роль азота (для пропашных культур эффективны дозы до 200 кг/га N, а для пастбищ - даже 500 кг/га N) [99].

В последнее время большое значение придают прогнозированию потребности орошаемого земледелия в удобрениях. На основании накопленных за десятилетний период опытных данных специалисты рассчитали потребность в удобрениях на современном этапе для полевых культур, возделываемых в условиях орошения.

Для получения максимального эффекта от совместного влияния факторов «вода» и «удобрение» на поливных землях следует вносить экономически оптимальные дозы удобрений [99].

## **Глава 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Местоположение и климат опытно-производственных участков**

Климат местности резко континентальный и носит муссонной характер распределения осадков в течение года. Зимой осадки составляют всего 5 - 7 % от годовых сумм. Также для этого типа климата характерна сезонная смена направления ветра, которая создается под влиянием азиатского континента и Тихого океана, имеющих различные температуры поверхностей в теплое и холодное время. Поэтому холодная и мало-снежная зима чередуется с дождливым летом [1].

Весна поздняя затяжная, часто засушливая. В марте - мае выпадает 7 - 14% годовых осадков. В мае и первой декаде июня наблюдаются большие колебания температуры воздуха в течение суток: днем она повышается до 20 - 25°C, а ночью может опускаться до 1°C. С третьей декады мая наблюдается сухая, жаркая погода, сопровождающаяся сильными ветрами, вследствие чего часто происходит потеря влаги в верхнем слое почвы и ее иссушение. Это необходимо учитывать, используя агротехнические приемы закрытия влаги. По многолетним данным, прогревание почвы до 5°C на глубину 10 см в южной зоне наступает в начале второй декады апреля, а в центральной и северной зонах - в середине и конце второй декады апреля. За 90 лет метеонаблюдений крайние сроки заморозков на почве были отмечены в южной зоне 3 июня, центральной - 5 июня, северной - 10 июня.

Лето обычно теплое. В первой половине лета наблюдается умеренная сухая погода, а во второй - влажная. С апреля по октябрь, в зависимости от зоны, выпадает от 320 до 500 мм осадков, это 66 - 70% годового количества, что вызывает периодическое переувлажнение почвы. Анализ распределения осадков на юге Амурской области показал, что в годы, когда наблюдается избыточное увлажнение, наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе (до 150 - 160 мм), а в годы с недостатком влаги дефицит ее наиболее ощущается в июне. Растения испытывают недостаток влаги в начале роста и развития, а во второй половине вегетации страдают от ее избытка. Первая половина осени бывает влажная и теплая, вторая - сухая.

Зима в этом районе суровая и продолжительная. Для нее характер-

но малое количество осадков, небольшой снежный покров, высокая инсоляция, низкие температуры. Температура самого холодного месяца января колеблется от минус 24°C до минус 46°C, с абсолютным минимумом минус 56°C. Продолжительность холодного периода составляет 130 - 160 дней. Глубина промерзания почвы на юге до 2,5 м, в центральных районах - до 3,5 м. Северные сельскохозяйственные районы области расположены в зоне островной или сплошной многолетней мерзлоты.

По температурному режиму колебания по годам менее значительны. Сумма активных температур воздуха выше 10°C в южной зоне области составляет 2160 - 2300°C, центральной - 2050 - 2160°C, северной - 1860 - 2060°C. Средняя температура наиболее теплого месяца июля колеблется от 16 - 18°C на севере до 20 - 21°C на юге. Продолжительность безморозного периода - от 57 дней на севере до 144 на юге. По длительности безморозный период и период активной вегетации близки друг к другу. Полевые работы начинаются в первых числах апреля, оканчиваются - в конце октября. Коэффициент использования времени по метеоусловиям 0,50 - 0,98.

Особенности агроклиматических условий и опыт возделывания сельскохозяйственных культур указывают, что в основных сельскохозяйственных районах Амурской области лучше возделывать культуры преимущественно с коротким периодом вегетации [98].

Для возделывания сои в Амурской области агрометеорологические условия в целом благоприятны. Однако отдельные природные факторы (короткий безморозный период, изменение температуры в начале вегетационного периода и раннее осеннее похолодание) препятствуют максимальному использованию биологических ресурсов культур. Избыток осадков летом, начиная со второй половины июля, и до конца вегетационного периода задерживает налив и созревание семян, затрудняет уборку.

Высокое напряжение тепла, обилие света и достаточное количество осадков в течение наиболее теплых месяцев благоприятствуют выращиванию сельскохозяйственных культур. В то же время недостаток влаги весной и в начале лета, медленное прогревание почвы и длительное оттаивание вечной мерзлоты, большое количество осадков в июле и августе, приводящее к частым переувлажнениям и уплотнению почвы,

относительно короткий период вегетации оказывают отрицательное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур.

Все вышесказанное убеждает, что на ранних стадиях своего развития сельскохозяйственные культуры могут страдать от засухи и колебаний температуры воздуха. В последующие фазы начинается период избыточного увлажнения, что нередко приводит к полеганию посевов. Уборка также часто совпадает с периодами обильных осадков, что создает трудности в ее проведении.

Как было сказано выше, характерной особенностью климата данного района являются ветры. Здесь зимой преобладают северные и северо-западные ветры, в теплое полугодие, начиная с мая, возрастает повторяемость западных ветров, однако, почти равную с ними вероятность имеют и восточные. В теплый период более прохладными и влажными являются южные и юго-восточные ветры, западные и юго-западные ветра приносят сухой и жаркий воздух.

Для характеристики климата приводятся данные наблюдений Благовещенской метеорологической станции (табл. 2.1, 2.2).

Период вегетации 2001 года был очень засушливый. В 2002 году в целом для вегетационного периода ГТК был равен 1,36, в 2003 году - 2,5 и в 2004 - 1,26.

По среднегодовым данным среднегодовая температура воздуха 2,0°C, наиболее теплым месяцем является июль со среднемесячной температурой 21,4°C, наиболее холодным - январь со средней температурой минус 24,3°C.

Таблица 2.1

Атмосферные осадки в годы исследований по опытному участку, мм

Годы	Показатели					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	июнь-август
2001	69	11	129	61	12	201
2002	60	53	172	50	31	275
2003	29	54	230	196	120	160
2004	134	14	90	130	60	294
Норма	56	76	102	118	93	296

Таблица 2.2

Температура воздуха в годы исследований по опытному участку, °С

Годы	Показатели					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	июнь-август
2001	13,4	18,9	22,7	21,8	13,8	21,1
2002	10,4	17,7	22,4	22,3	14,6	20,8
2003	12,0	19,5	20,6	17,9	11,9	19,3
2004	11,5	19,9	22,3	18,2	13,4	20,1
Норма	11,6	16,4	21,4	22,2	15,1	19,7

Зимой абсолютный минимум зарегистрирован минус 51°С, а максимальная температура летом 42°С.

Первые морозы наступают в начале октября, последние случаются в середине апреля. Продолжительность безморозного периода составляет 127 - 130 дней.

Среднегодовая относительная влажность воздуха составляют 63%, в летний период в отдельные периоды она опускается до 38%.

Запасы влаги в почве пополняются главным образом за счет осадков, выпадающих в весенне-летний период. Высота снежного покрова невелика, обычно она не превышает 0,12 - 0,14 м. Снежный покров сходит рано по солярному типу и значения в водном балансе почвы не имеет [1].

Малоснежные суровые зимы обуславливают глубокое промерзание почв Зейско-Буреинской равнины до 2,5 - 3 м. Весной оттаивание происходит медленно и сезонная мерзлота исчезает только к августу. Муссонный характер распределения осадков в теплое время года приводит к периодическому иссушению и переувлажнению почв, в отдельные годы образуется «верховодка» на глубине 0,8 - 1,5 м и в почве создаются восстановительные условия.

Метеорологические условия в годы исследований в целом благоприятствовали выявлению эффективности орошения сои - они отличались как по количеству атмосферных осадков за период вегетации и распределению их в отдельные месяцы, так и по термическому режиму.

Вегетационный период 2001 года отличался довольно засушливой и

теплой погодой. Выпавшие в начале мая ливневые дожди в сумме составили почти месячную норму. Конец весны – начало лета оказались очень теплыми и засушливыми, когда в течение 40 дней не выпадали эффективные осадки, и так же, как и в предыдущем году, возникла острая потребность в орошении.

Ливневые осадки июля, выпавшие в первой и второй декадах месяца, незначительно превысили месячную норму; в третьей декаде июля и начале августа возникла потребность в орошении. Сентябрь характеризовался очень засушливой и довольно прохладной погодой - осадков выпало всего 13% от месячной нормы, температура воздуха была на 1,3°C ниже нормы. В целом вегетационный период 2001 года по сумме осадков за летний период отличался довольно засушливой погодой (75% обеспеченность), теплообеспеченность периода была выше нормы.

В 2002 году первые две декады мая отличались довольно засушливой прохладной погодой, выпавшие в конце месяца осадки составили месячную норму. В июне преобладала теплая и засушливая погода с равномерным распределением дождей. Такая же погода наблюдалась и в первой декаде июля – температуры воздуха в отдельные дни превышали 30°C. Во второй декаде июля за два дня выпало 93 мм ливневых дождей, в целом за месяц осадки превысили норму в 1,69 раза. В августе преобладала засушливая и теплая погода – сумма осадков за месяц составила всего 42% нормы. В сентябре наблюдалась также засушливая, но прохладная погода. Вегетационный период 2002 года по сумме осадков за летний период был близкий к среднемуголетнему (45% обеспеченность), теплообеспеченность периода была выше нормы.

Начало лета 2003 года было теплым и сухим. В июне средняя температура воздуха превысила норму на 1°C. В июле и августе преобладала прохладная погода с сильными дождями. В отдельные периоды среднедекадные температуры воздуха были ниже нормы на 1 - 3°C. В целом средняя температура воздуха за летние месяцы (июнь-август) оказалось близко к норме, составив 19,3°C.

Вегетационный период 2004 года характеризовался неравномерным выпадением осадков в летние месяцы в первой половине лета за-

сушными условиями и во второй с достаточным количеством осадков. В первой декаде мая прошли обильные осадки. Обеспеченность атмосферных осадков за май составила 60%.

В первой декаде июня из-за сильных ветров почва стала быстрее

подсыхать и влажность почвы стала снижаться. Вторая и третья декады июня отмечались небольшими осадками. Осадков в июне выпало мало. Месячное количество осадков составило 14 мм - это 16% от нормы.

В первой декаде июля преобладала прохладная с дождями погода. Вторая декада характеризовалась теплой погодой, в отдельные дни шли дожди. В третьей декаде июля преобладала прохладная с дождями погода. Дожди прошли в каждой декаде. За месяц выпало 90 мм осадков, что составляет 71% от нормы.

В августе в каждой декаде прошли осадки. С дождем было 15 - 19 дней. Сумма осадков составила 130 мм - это 99 % нормы.

Больше обычного выпало осадков в августе, в июне и июле в большинстве районов сумма осадков меньше нормы.

Таким образом, годы исследований существенно различались по величине и распределению атмосферных осадков, что позволяет сделать оценку эффективности орошения сои и определить влияние минеральных удобрений на урожайность сои при различном уровне увлажнения.

Можно сделать вывод, что на территории расположения данного опытно-производственного участка орошения для получения устойчивых урожаев необходимо проводить комплекс агротехнических мероприятий, направленных на накопление и сохранение влаги в почве весной и в первой половине лета.

## **2.2 Почвенная характеристика опытно-производственных участков**

В процессе изысканий на участке были проведены работы по определению механического состава и основных водно-физических свойств почвы и описание разрезов.

Почва опытных участков в опытах первой группы (с паровыми предшественниками) лугово-черноземовидная, среднемошная, глубина пахотного слоя 20 - 22 см, по механическому составу легкосуглинистая. В опытах второй группы исследований (действие минеральных удобрений) - лугово-глеевые.

По визуальной морфологической оценке почвы обладают мелкозернистой структурой. Благодаря оструктуренности, лугово-черноземовидные почвы имеют весьма низкую плотность по всему профилю.

Плотность пахотного слоя составляет 1,04 - 1,08 г/см<sup>3</sup>, что является оптимальной для большинства сельскохозяйственных растений. Подпахотные горизонты отличаются пониженной плотностью (1,27 - 1,36 г/см<sup>3</sup>) и соответственно более высокой, чем луговые глеевые почвы, порозностью (52 - 49 %) и водоотдачей (до 7 - 9 %).

Коэффициент фильтрации в пахотном слое изменяется в пределах от 2 до 2,8 м/сут (табл. 2.3).

Лугово-черноземовидные почвы бедны бором и молибденом, содержание остальных элементов вполне удовлетворительное.

Водопроницаемость гумусового слоя лугово-черноземовидных почв составляет 6 - 7 мм/мин в сухой год и 0,3 - 0,8 мм/мин при переувлажнении.

Грунтовые воды залегают на глубине 5 м и более.

Таблица 2.3

## Основные водно-физические свойства лугово-черноземовидных почв

Горизонт	Глубина, м	Плотность твердой фазы, т/м <sup>3</sup>	Плотность почвы, т/м <sup>3</sup>	Порозность, %	в % от массы сухой почвы				Коэффициент фильтрации, м/сут.
					МГ	ВЗ	НВ	ВРК	
A <sub>1</sub>	0...0,10	2,52	1,04	58,7	13,9	15,3	33,4	24,4	2...2,8
A <sub>1</sub>	0,10...0,20	2,53	1,08	57,4	13,9	15,3	32,6	24,0	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0,20...0,33	2,67	1,27	52,2	13,9	15,3	30,7	23,0	
B <sub>2</sub>	0,33...0,40	2,68	1,36	49,1	15,0	16,5	30,8	23,7	0,32
B <sub>2</sub>	0,40...0,50	2,69	1,36	49,5	15,0	16,5	30,5	23,5	
B <sub>2</sub>	0,50...0,60	2,68	1,36	49,1	16,6	18,2	32,8	25,5	0,30
B <sub>2g</sub>	0,60...0,70	2,68	1,38	49,1	16,6	18,2	32,2	25,2	
B <sub>2g</sub>	0,70...0,80	2,69	1,38	48,6	16,6	18,2	31,8	25,0	
B <sub>2g</sub>	0,80...0,90	2,69	1,42	54,2	19,2	21,1	30,9	26,0	0,01...0,05
B <sub>2g</sub>	0,90...1,00	2,70	1,44	57,0	19,2	21,1	32,7	26,9	
C	1,20...1,50	2,69	1,49	54,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	

Примечание ВРК<sub>0,5</sub> = 75% от НВ; ВЗ<sub>0,5</sub> = 50% от НВ.

Поверхность лугово-глеевых почв имеет слабоволнистую форму. В процессе изысканий на участке были проведены работы по определению механического состава и основных водно-физических свойств почвы и описание разрезов. По механическому составу почвы на всю глубину профиля являются глинистыми (табл. 2.4).

Таблица 2.4

## Краткая характеристика морфологических свойств лугово-глеевой почвы

Горизонт, глубина	Характеристика
A <sub>1</sub> (0-18 см)	Темно-серый с буроватым оттенком, влажный тяжелосуглинистый, комковатый, в нижней части горизонт слегка уплотнен. Переход к следующему горизонту ясный.
A <sub>2g</sub> (18-42 см)	Коричневато-серый, влажный, глинистый, бесструктурный, в подсушенном состоянии слоегато-пороховидной структуры, уплотнен, переход постепенный.
B <sub>1g</sub> (42-72 см)	Буровато-темно-серый, влажный, глинистый, зернистой, дробовидно-окатанной структуры, рассыпается при легком надавливании пальцами на структурные отдельности размером 1,0 - 3,0 мм. При сыром состоянии слоя из него обильно сочится вода, переход постепенный.
B <sub>2g</sub> (72-100 см)	Сизовато-темно-серый, сырой, глинистый, острогранно-крупитчатой структуры, рассыпается при легком надавливании на структурные отдельности размером 2,0 - 3,0 мм. Структурные отдельности покрыты сизовато-темно-серой пленкой, при раздавливании обнаруживается ржавая окраска ожелезнения. Со стенок сочится вода. Переход постепенный.
B <sub>3g</sub> (100-120 см)	Серовато-сизый, влажный, глинистый, плитчато-ореховатой структуры, переход постепенный.
C (120-200 см)	Буровато-сизый, влажный, менее увлажнен, чем предыдущие слои, глинистый, плитчато-ореховатой призматической структуры.

По визуальной морфологической оценке почвы обладают зернистой дробовидно-окатанной структурой. Благодаря оструктуренности иллювиального горизонта, луговые глеевые почвы имеют весьма низкую плотность по всему профилю. Плотность пахотного слоя составляет 0,93 - 1,11 т/м<sup>3</sup>, которая является оптимальной для большинства сель-

скохозяйственных растений. Подпахотные горизонты отличаются повышенной плотностью (1,35 - 1,43 т/м<sup>3</sup>), более низкой порозностью (42 - 49%) и водоотдачей (до 4 - 10%). К положительным особенностям почв участка, с точки зрения формирования водного режима в период муссонных дождей, должна быть отнесена также большая мощность иллювиального горизонта (до 1,2 метра).

Высокое содержание коллоидов и ила в почвах обуславливает значительную максимальную гигроскопичность - от 8,3 - 12 до 17 - 19% и влажность завядания, равную 13 - 21% от массы почвы. Грунтовые воды на массиве приурочены к песчано-гравийно-галечниковым отложениям современного аллювия и залегают на глубине 8 м и более.

### 2.3 Схема и методика исследований

В соответствии с целями и задачами исследований были разработаны следующие схемы полевых опытов.

Первая группа исследований о влиянии паровых предшественников в сочетании с орошением на урожайность сои проводилась в период 2001 - 2003 гг. по схеме двухфакторного опыта:

Схема полевого опыта:

Фактор А – изучение режимов орошения:

А<sub>1</sub> - без орошения (контроль)

А<sub>2</sub> - поддержание предполивного порога влажности почвы на уровне 90% НВ;

А<sub>3</sub> - поддержание предполивного порога влажности почвы на уровне 80 % НВ;

А<sub>4</sub>- поддержание предполивного порога влажности почвы на уровне 70 % НВ.

Фактор В - исследование действия паровых предшественников:

В<sub>1</sub> – контроль (предшественник - пшеница)

В<sub>2</sub> – чистый пар;

В<sub>3</sub> – занятый пар;

В<sub>4</sub> – сидеральный (соевый) пар.

Опыты закладывались во времени и пространстве, изучались технологии подготовки паров в течение трех лет (2001 - 2003 гг.), проводи-

лись исследования в посевах сои высеиваемой первой по вариантам пара при рассматриваемых режимах орошения.

Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок рендоминизированное. При подготовке чистых, занятых и сидеральных паров после уборки предшествующей культуры почву обрабатывали плоскорезом на глубину 14 - 16 см, а в последующий весенне-летний период готовили по разным схемам. Подготовка пара проводилась по следующим технологиям:

1. Чистый пар. В апреле - мае проводилось лушение стерни, дискование в два следа. В первой декаде июня поле перепаживали на полную глубину пахотного слоя плугами с предплужниками и с одновременным боронованием. В течение лета проводились 3 раза поверхностно-послойные обработки с целью максимального уничтожения сорняков. В августе-сентябре проводилось безотвальное рыхление на глубину 20 - 30 см.

2. Во второй половине июня посев соево-овсяной смеси. В вариантах пара с летними посевами культур до посева обработку почвы начинали с ранне-весеннего предпахотного лушения стерни. Дисковали в двух направлениях. Для увеличения глубины обработки ящики на дисках загружали балластом. В середине мая проводили вспашку на полную глубину пахотного слоя с одновременным боронованием. В июне проводили две поверхностные обработки культиваторами для уничтожения всходов сорняков. Уборка на зеленый корм в сентябре. После производилась обычная вспашка на зябь.

3. Соя на сидерат высеивалась сплошным рядовым способом с нормой высева 150 кг на гектар, в третьей декаде мая. Зеленую массу запахивали в августе. Глубина заделки 14 - 16 см на тяжелых почвах.

Высеивалась соя сорта Луч Надежды. Сорт приспособлен к механизированному возделыванию, бобы не растрескиваются при перестое. Норма высева в опытах - 600 тыс. всхожих семян на гектар. Семена заделывались на глубину 5 - 6 см.

Вторая группа исследований. Для определения влияния минеральных удобрений в условиях орошения на планируемую урожайность сои был заложен полевой двухфакторный опыт в 2002 году в СХПК «Волковский» Благовещенского района на луговой глеевой почве (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Схема полевого опыта в 2002-2004 гг.

№ варианта	Предполивная влажность почвы, % НВ	Слой почвы	Планируемая урожайность, т/га	Дозы внесения минеральных удобрений
1	80 % НВ	0,3 м		Контроль (без внесения)
2		0,3 м	2	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>
3		0,3 м	2,5	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>
4		0,3 м	3	N <sub>105</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>
5	80 % НВ	0,3 м и 0,5 м		Контроль (без внесения)
6		0,3 м и 0,5 м	2	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>
7		0,3 м и 0,5 м	2,5	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>
8		0,3 м и 0,5 м	3	N <sub>105</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>
9	80 % НВ	0,5 м		Контроль (без внесения)
10		0,5 м	2	N <sub>15</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>
11		0,5 м	2,5	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>
12		0,5 м	3	N <sub>105</sub> P <sub>90</sub> K <sub>80</sub>

Первым изучаемым фактором являлся водный режим почвы в зависимости от назначаемой глубины расчетного слоя при поддержании постоянного предполивного порога влажности на уровне 80% НВ. На первом варианте глубина составила 0,3 м в течение всего вегетационного периода, на втором - мы исследовали дифференцированную глубину: 0,3 м от посева до фазы цветения и 0,5 м с фазы цветения и до конца вегетации и на третьем - 0,5 м в течение всего вегетационного периода. Вторым изучаемым фактором являлись нормы внесения минеральных удобрений под планируемую урожайность. Участки, где они не вносились, были контрольными для этого фактора.

Орошение опытного участка проводили дальнеструйным дождевателем ДД-30. Общее и суточное водопотребление сои определяли по фазам развития методом водного баланса

$$E_{\text{сум}} = (W_{\text{н}} - W_{\text{к}}) + M_{\text{исп}} + M_{\text{орос.}}, \quad (2.1)$$

где  $E_{\text{сум}}$  - расход воды за изучаемый период,

$W_{\text{н}}$  - запас влаги к началу периода,

$W_x$  - запас влаги в конце периода,

$M_{исп.}$  - использованные осадки,

$M_{орос.}$  - оросительная норма,

$$E_{сут.} = \frac{W_0 - W + P + O}{n}, \quad (2.2)$$

где  $W_0$  - запас влаги в активном слое на начало периода,

$W$  - то же на конец периода,

$P$  - поливы за период,

$O$  - осадки за период,

$n$  - количество дней в периоде.

Поливная норма учитывалась расходомерами и дождемерами и рассчитывалась по формуле

$$m = 100 H \alpha a (\beta_{ин} - \beta_т), \quad (2.3)$$

где  $m$  - поливная норма,  $m^3/га$ ,

$\beta_{ин}$  - НВ расчетного слоя почвы (весовая), %,

$\beta_т$  - влажность почвы на делянке перед поливом (весовая), %,

$\alpha$  - объемная масса почвы,

$H$  - мощность расчетного слоя почвы, м,

$a$  - коэффициент, учитывающий характер распределения воды в почве.

Изучение влажности почвы велось для метровой толщи почвогрунта. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, в трехкратной повторности, установление очередного вегетационного полива, определяли по формуле

$$W = \frac{m_1}{m_2}, \quad (2.4)$$

где  $W$  - влажность исследуемого слоя почвы, % от полевой влагоемкости,

$m_1$  - влажность почвы перед поливом, % от веса сухой почвы,

$m_2$  - полевая влагоемкость, % от веса сухой почвы.

Все необходимые наблюдения, учеты и измерения выполнялись с соблюдением требований методики Б.А. Доспехова.

Во время вегетации растений проводили фенологические наблюдения; подсчеты густоты стояния всходов и количества растений, со-

хранившихся к уборке; измерение высоты растений; определение динамики формирования листовой поверхности; накопление сухого вещества; наблюдения за температурным режимом почвы; определение влажности почвы и запасов продуктивной влаги в ней; обследование засоренности посевов; учет урожая.

Фенологическими называются наблюдения за процессом развития растений в определенных экологических условиях. На основании наблюдений устанавливается продолжительность различных, легко заметных невооруженным глазом, фаз развития растений. Фенологические наблюдения необходимы для установления продолжительности периода вегетации и его отдельных этапов в изучении сортовых особенностей, отношении к агроклиматическим условиям в разные периоды. Во время наблюдений отмечается дата посева, всходы - начало и массовые, цветение - начало и массовое и конец, созревание начало, полное.

Всходы отмечаются при появлении (но не разворачивании) на поверхности почвы семядолей. За начало всходов берется тот момент, когда у 10% растений на поверхности почвы появятся семядоли, за массовые - у 75%.

Начало цветения отмечается при раскрытии первых цветков в различных местах делянки не менее, чем у 10% растений, массовое у 75% растений, конец цветения - при отцветании верхушечной кисти. При определении процента цветущих растений необходимо очень тщательно просматривать растения, обращая внимание на те, которые могли отцвести до начала наблюдений.

Начало созревания отмечается при созревании нижних бобов у 10 - 15% растений, полное - при следующем состоянии: листья опали полностью, более 2/3 бобов на растении созрели и стали твердыми, в нижнем ярусе растения семена в бобах при встряхивании «трещат», семена приобрели свойственную сорту окраску и форму.

За начало периода принимается дата наступления соответствующей фазы. В первый период вегетации включается и день посева, в последующий - дата регистрации полного созревания. Из порядкового номера последнего дня данного периода вычитается последний день предыдущего периода. При этом определении периода «посев - всходы»

вычитается день, предшествующий дню посева, а при определении продолжительности «всходы - созревание» или «цветение - созревание» проводится из порядкового номера, соответствующего дате созревания.

Фенологические наблюдения начинали с фазы всходов и вели систематически в течение вегетации, отмечали начало и полное наступление фазы развития сои. Наблюдения проводились по вариантам опытов.

Густоту стояния растений учитывали на выделенных для этого площадках на каждом варианте и повторности площадью 0,5 м<sup>2</sup>. Полные всходы (густоту) подсчитывали на корню. Густоту стеблестоя перед уборкой устанавливали по сноповому материалу, собранному с учетных делянок. Высоту измеряли у 25 растений через каждые 15 дней, начиная с фазы третьего настоящего листа. Измерения проводили от корневой шейки до точки роста главного стебля.

Прирост сухой и сырой биомассы определяли путем систематического отбора взвешивания растительной массы с площади 0,25 м<sup>2</sup>. Фотосинтетический потенциал рассчитывали суммированием средней площади листьев за все фазы развития растений (тыс. м x дней/га). Площадь листьев, фотосинтетический потенциал (ФСП), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяли по методике А.А. Ничипоревича [78].

Площадь листовой поверхности устанавливали наиболее распространенным методом высечек. Для этого из средней пробы отбирается 25 листовых пластинок разного возраста и укладываются стопкой. Сверлом известного диаметра делается 2 высечки, таким образом в сверле было 50 дисков листа. Диски взвешиваются на торсионных весах.

Засоренность посевов определяли так же трижды за вегетацию - во время всходов, в начале цветения, в период образования бобов - методом количественно-весового учета, с группировкой сорняков на однолетние и многолетние.

Физические и водно-физические свойства почвы определялись по общепринятым методикам [36, 37].

Водопроницаемость почвы определялась по методике С. В. Астапова. Запасы почвенной влаги вычисляли, исходя из объемной мас-

сы и полевой влажности почвы. Динамика влажности почвы определялась на постоянных воднобалансовых площадках по вариантам режима влажности почвы послойно через 1 м на глубину активного слоя почвы с обязательным отбором почвенных образцов в начале и в конце вегетации на глубину 1,5 м термостатно-весовым методом. Повторность отбора проб трехкратная. Определение влажности почвы проводили перед посевом, до и после полива, после выпадения осадков, а также по фазам развития растений и перед уборкой.

Учет поливной воды проводился по показаниям счетчика-водомера и контролировался по слою выпадения дождя, который регистрировался дождемерами.

Расчет суммарного водопотребления посевов *E* проводили методом водного баланса по уравнению А.Н. Костякова [58].

Среднесуточное водопотребление сои, а также затраты воды на создание одной тонны урожая определялись расчетным методом [15, 18, 68].

Дозы минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом с учетом недостаточного содержания элементов минерального питания в почвах опытного участка [60].

Учитывали нормативные выносы элементов питания урожаем и коэффициенты возмещения их при различной обеспеченности почв подвижными формами азота, фосфора и калия.

Агрохимический анализ почв опытного участка проводился на глубину 2 м послойно через 0,2 м до глубины 1 м и далее через 50 см в десятикратной повторности. Анализ образцов проводился в лабораторных условиях по общепринятым методикам.

Учет урожая по вариантам опыта проводился отдельно прямым комбайнированием. Урожай с каждой делянки убирали отдельно без смешивания зерна. Одновременно брали пробы зерна сои на влажность с пересчетом на стандартную 14%-ю влажность [34].

Анализ структуры урожая проводился по пробным снопам, взятым по диагонали делянок на одной из повторностей варианта и состоящим из 50 растений сои полной спелости.

Качество урожая определяли по отобранному образцам семян сои.

Биохимические исследования качества урожая сои осуществлялись в экспериментальной лаборатории ВНИИсои. Математическую обработку экспериментальных исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с использованием ЭВМ [49].

Экономическая оценка вариантов опыта проводилась по общепринятой методике [56, 76, 77].

## **2.4 Особенности возделывания сои при орошении**

Соя является одной из главных полевых культур Дальнего Востока и Амурской области. Изучению агротехники возделывания сои повсеместно уделяется большое внимание. К настоящему времени ВНИИ сои, ДальГАУ, ДальНИПТИМЭСХ и другими учреждениями разработана достаточно полная базовая технология возделывания сои.

Базовая (типизированная) технология предназначена в основном для использования в условиях значительного ограничения гидротермических ресурсов. Следовательно, данная технология предполагает применение хорошо адаптированного к зональным условиям сортового набора сои.

Особенностью машинного обеспечения агротехники возделывания сои является использование технических средств, предназначенных преимущественно для выращивания зерновых культур [29].

В ДальНИПТИМЭСХ, ДальГАУ и ДальНИИСХ созданы машины и агрегаты для использования в соеводстве. При их постепенном внедрении эффективность отрасли значительно повысится.

На основе базовой технологии возделывания сои в настоящее время разработано и внедрено несколько модификаций соевого агротехнического комплекса. Указанные модификации различаются в первую очередь способами посева. Наиболее широко в настоящее время распространен рядовой (сплошной) способ посева, который позволяет существенно снизить затраты на механические уходы за посевами, но требует применения системы мер борьбы с сорняками с помощью гербицидов. Сохраняет свое значение и широкорядный способ посева сои (с шириной междурядий 45 см или двухстрочный 51 см

на 15 см). Данный способ можно применять при недостатке гербицидов и наличии агрегатов для междурядных обработок посевов. Во всех вариантах со способами посева следует учитывать сортовую специфику сои. В каждом конкретном случае при выборе способа посева предусматриваются соответствующие изменения нормы высева, набора сельскохозяйственных орудий, меры борьбы с болезнями и сорняками, системы удобрений и т. д.

Еще одним фактором, определяющим ряд модификаций базовой технологии возделывания сои, является способ основной обработки почвы. В зависимости от того, используется ли бесплужная обработка почвы, обработка с оборотом пласта (в том числе после многолетних трав) или обработка по типу полупара, существенно меняется набор и очередность проведения некоторых элементов в агротехнике, приемы и сроки внесения удобрений, гербицидов, методов предпосевной обработки почвы.

Следует отметить, что сравнительные научные данные, полученные в Приамурье, и мировой опыт соесаяния свидетельствуют о том, что различные модификации технологий возделывания сои при правильном использовании существенно не различаются по влиянию на интенсивность продукционных процессов в посевах, а, значит, мало различаются и по итоговой урожайности сои.

Различия между вариантами указанных технологий в первую очередь проявляются в затратности, уровне окупаемости и экономичности. Главным в данном случае является подбор и реализация агротехнических элементов, максимально соответствующих зональным и даже микрорональным особенностям на территории товаропроизводителей, их хозяйственным (техническим) возможностям и сортовой специфичности культуры. Поэтому в настоящее время разработана многовариантная технология возделывания сои, которая должна учитывать все виды прогнозов в каждый конкретный год. Из различных вариантов (моделей) каждый соевод может выбрать оптимальный набор агроприемов. Вместе с тем в каждую модель технологии включаются базовые агротехнические приемы, которые хорошо изучены и опробованы в производстве.

Лучшими предшественниками сои являются пласт многолетних трав, занятые удобренные пары, зерновые, идущие после многолетних трав. В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы применения прогрессивных приемов агротехники и разработки научно обоснованных, а самое главное, щадящих режимов орошения сельскохозяйственных культур.

Орошение позволяет выращивать высокие урожаи зерна сои по запрограммированной технологии, в которой имеется много общего с агротехникой на неорошаемых землях. Однако выращивание сои имеет и ряд особенностей в связи с тем, что поливы оказывают большое влияние на рост и развитие растений, потребление ими питательных элементов из почвы и удобрений, плодородие и водно-физические свойства почвы.

Технология орошения должна обеспечивать согласованное проведение полива с послеполивными механизированными обработками почвы в наилучшие агротехнические сроки.

Б.Г. Штепа и другие при согласовании техники полива с особенностями сельскохозяйственного производства считают необходимым учитывать агробиологические, агропочвенные, мелиоративные и организационно-хозяйственные требования. При этом агробиологические требования предусматривают возможность оптимального снабжения растений водой в соответствии с показателями режима орошения культуры [7].

При орошении несколько повышаются требования к качеству обработки почвы. Если в неполивном земледелии они направлены на накопление влаги и уничтожение сорняков, то в орошаемом - еще и на улучшение аэрации, повышение водопроницаемости почвы, улучшение ее мелиоративного состояния, выравнивание. Если почва иссушена и сорняки не прорастают, проводят провокационные поливы нормами 250 - 300 м<sup>3</sup>/га.

С целью выравнивания поля как минимум один раз в 2 - 3 года после зяблевой вспашки проводят эксплуатационную планировку длиннобазовыми планировщиками в два следа, после чего применяют обработку на глубину 14 - 16 см дизель-культиватором [86].

При орошении более сильно развиваются не только культурные растения, но и сорняки. Учитывая то, что соя слабо противостоит сорнякам, борьбе с ними уделяют особое внимание.

Для уничтожения сорняков и рыхления почвы в защитных зонах рядка культиваторы оборудуют дополнительными рабочими органами игольчатыми дисками КРН-2,8, пропалочными боронами с пружинными зубьями КЛТ-38 или КРН-38.

Глубина культивации должна быть такой, чтобы полностью подрезать растущие сорняки при минимальном повреждении корневой системы и при этом не вывернуть на поверхность нижний необработанный гербицидом слой почвы. Это достигается установкой рабочих органов на глубину 4 - 5 см. При междурядной обработке не должно быть поврежденных растений.

При возделывании сои по индустриальной технологии рекомендуемые удобрения вносят с осени. Однако при близком залегании грунтовых вод, особенно на почвах легкого механического состава, во избежание загрязнения водоемов нитратами азотные удобрения вносят под культивацию или в виде подкормки с поливной водой дождеванием.

Убирают сою прямым комбайнированием, переоборудованными на низкую высоту среза комбайнами, с установкой заданных оборотов первого и второго барабанов поперек рядков или по диагонали при полной спелости с влажностью семян 12 - 18%.

Таким образом, технология возделывания сои является достаточно трудоемкой и затратной. Главная задача при реализации агроприемов - добиться их максимально высокой экономичности. Поэтому в зависимости от условий хозяйствования, технологической оснащенности и экономического состояния предприятия рекомендуется использовать одну из трех технологий или комбинацию из трех приемов.

Технология А соответствует термину - интенсивная технология. Она предусматривает всестороннюю современную (научно обоснованную) систему основной, предпосевной и послепосевной обработки почвы, подготовки семенного материала, высококачественное выполнение агротехнических операций, систематизированный контроль за состоянием посевов в течение большей части вегетационного периода

и оперативное воздействие на состояние посевов с целью оптимизации условий для осуществления продукционных процессов до максимально возможного уровня. Одновременно решается задача систематического повышения эффективного плодородия почвы в соево-зерновом севообороте и улучшения экологической обстановки [87].

Технология Б рассчитана на осуществление основных операций по возделыванию сои (бесплужная или отвальная обработки, применение одного-двух гербицидов, ограниченный набор приемов по уходу за посевами, уборка урожая до наступления устойчивых заморозков). В отличие от технологии А, в данном комплексе не предусматривается получение максимально высокого урожая. Технология Б предполагает сохранение равновесного состояния плодородия, тогда как первая технология направлена на расширенное повышение уровня эффективного плодородия.

Технология В предусматривает необходимость всесторонней экономии ресурсов в условиях нехватки материально-технических ресурсов в зонах рискованного земледелия. Агротехнические приемы при данной технологии сводятся к упрощенной схеме «посев - уборка», и при получении заведомо невысокого урожая окупаемость его должна (за счет снижения затрат) быть существенной. При реализации технологии В необходимо стремиться замедлить снижение почвенного плодородия [87].

Во всех случаях предполагаемые технологии должны быть рассчитаны на получение экономической отдачи.

## Глава 3 РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ

### 3.1 Понятие об экологически обоснованных режимах орошения

Оросительные мелиорации представляют собой комплекс хозяйственных, инженерных и организационных мероприятий, направленных на доставку и равномерное распределение воды на сельскохозяйственных угодьях, которые в естественных условиях испытывают ее недостаток.

Орошение применяется во всех природных зонах, кроме тундры, однако в различных зонах оно выполняет разные задачи и имеет свои особенности. В климатические зоны естественной обеспеченности растений влагой входят: гумидная зона (влажная); субаридная зона (полувлажная, полузасушливая, засушливая, очень засушливая); и аридная зона (полусухая, очень сухая). Территория Амурской области относится к гумидной зоне. В гумидных районах с показателем увлажнения 0,77 - 1,33 и дефицитом испаряемости менее 2000 м<sup>3</sup>/га орошают влаголюбивые культуры. Экономическая целесообразность орошения в этих районах обусловлена неравномерностью распределения осадков в течение вегетации. Здесь нередки засушливые (бездождевые) периоды продолжительностью 10 - 15 и даже 20 дней и более, и сельскохозяйственные культуры начинают испытывать недостаток почвенной влаги, снижают урожайность. Орошение в эти засушливые периоды позволяет заметно повысить урожайность культур [72].

Режим орошения представляет собой совокупность норм, сроков, количества поливов сельскохозяйственных культур [71, 117, 118, 119].

Его устанавливают расчетным путем в соответствии с биологическими особенностями растений, климатическими, почвенными и гидрогеологическими условиями орошаемого участка, способом и техникой полива, технологией возделывания культур [44].

Режим орошения рассчитывают в такой последовательности: устанавливают сроки и продолжительность вегетации культур; определяют суммарное водопотребление растений за вегетацию и межфазные периоды; устанавливают естественную влагообеспеченность культуры (исходные запасы влаги в почве, атмосферные осадки, грунтовые воды); рассчитывают водопотребление, или размер оросительной нормы; определяют поливные нормы для различных фаз развития растений; устанавливают сроки проведения поливов и длительность межполивных периодов; определяют рас-

четные ординаты гидромодуля, или величины удельной потребности культуры в оросительной воде.

Режим орошения не должен оказывать негативного воздействия на экологию орошаемых массивов и должен соответствовать следующим требованиям:

- обеспечивать получение экономически обоснованной урожайности сельскохозяйственных культур, при которой почва не истощается;
- сохранять и увеличивать плодородие почвы, стимулировать процессы гумусообразования, способствовать повышению его народнохозяйственной значимости;
- не приводить к ухудшению мелиоративного состояния земель, связанного с засолением или заболачиванием.

Существуют такие способы орошения как:

внутрипочвенное, капельное, дождевание и самотечное поверхностное (по бороздам и полосам и поливы затоплением). При орошении дождеванием можно более точно регулировать водный режим, так как поливы могут производиться любыми нормами. Дождевание применяют в районах неустойчивого увлажнения, когда орошение необходимо проводить в засушливые периоды года или в отдельные годы (в критические периоды развития растений).

Преимущество дождевания заключается в следующем:

- понижает температуру воздуха, почвы и растений;
- повышает влажность воздуха и снижает транспирацию растений, что благоприятно влияет на физиологические процессы.

Орошение искусственным путем повышает значение индекса засушливости климата, делает его равным единице. Таким образом, создаются благоприятные условия для почвообразовательного процесса, повышения плодородия почвы. Влияние водообеспеченности на процессы почвообразования в естественных условиях достаточно изучено. Оптимальный режим почвы, как правило, связан с образованием наиболее плодородных черноземных почв. Избыточный водный режим связан с менее плодородными подзолистыми, дерново-глеевыми и лесными почвами. Водный режим, характеризующийся наличием дефицита влаги, связан с постепенным переходом от черноземов к каштановым почвам, а далее к сероземам [72].

Исследованиями А.И. Кузника установлено, что в зоне аэрации всегда имеет место нисходящий влагоперенос, который определяет нали-

чие инфильтрационных потерь из увлажняемого слоя почвы. Влага в почве никогда не находится в состоянии покоя. В ней всегда наблюдаются потоки, направленные из зон с большой влажностью в зоны с меньшей [106].

Движение влаги в почве определяется в первую очередь проводимым режимом орошения. Большие потери воды наблюдаются при подаче на поля излишних ее объемов, что имеет место при преждевременных поливах. Инфильтрационные воды поступают в грунтовые и вызывают подъем последних. Необходимо отметить, что грунтовые воды поднимаются в первую очередь за счет фильтрационных потерь из оросительной сети, но и доля инфильтрации также существенна. Подъем минерализованных грунтовых вод выше критических глубин обуславливает возникновение вторичного засоления. При подъеме пресных (менее 1 г/л) грунтовых вод наблюдается передвижение солей. Если в первом случае необходимо строительство дренажа, то во втором достаточно уменьшение оросительных и поливных норм на величину поступления грунтовых вод. В случае недополива сельскохозяйственных культур наблюдается снижение влажности почвы ниже критического уровня, что приводит к потере всей или большей части прибавки урожая. Это дает основание для того, чтобы отнести к потерям всю воду, поданную на поля предыдущим и последующим поливами. Особенно нежелателен недополив в наиболее ответственные фазы развития растений [18].

Установлено, что водный режим почвы достаточно хорошо регулируется в том случае, когда разность между влажностью почвы после полива и влажностью почвы перед поливом не превышает 15 - 25%. Средние поливные нормы в этом случае получаются равными 200 - 500 м<sup>3</sup>/га [59].

Посредством поливов вода подается в почву с ее водно-физическими свойствами, физиологическими особенностями культуры, фенофазой развития растений, то есть в соответствии с режимом орошения [54].

Поливной режим должен обеспечивать: получение высоких и устойчивых урожаев при минимальном потреблении воды на единицу урожая; условия для комплексной механизации технологии сельскохозяйственных процессов, правильной организации и высокой производительности состояния орошаемых земель [95].

Полив - это распределение воды по полю и превращение ее из состояния тока (в элементах проводящей, или распределительной, сети системы) в состояние почвенной влаги через элементы регулирующей сети посредством процесса впитывания [71].

Необходимое количество поливной воды определяют на основе водного баланса орошаемого поля, то есть соотношения прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени для рассматриваемого объекта. Оптимальное водопотребление культуры только при естественном приходе влаги (осадки и др.) часто не может обеспечиваться полностью, в результате чего возникнет недостаток, или дефицит водного баланса, который может быть восполнен (сбалансирован) путем искусственного введения дополнительного количества воды. Это количество воды, подаваемое на орошаемое поле за весь оросительный период, называют *оросительной нормой*  $M$  ( $\text{м}^3/\text{га}$  – на 1 га орошаемой площади, реже - мм). При регулярном порционном орошении оросительную норму обычно дают не в один прием, а разбивают на ряд более мелких поливных норм. *Поливная норма* – это количество оросительной воды, подаваемое на поле за один полив. В принципе поливная норма должна быть такой, что бы после впитывания она размещалась в порах почвы в пределах активного слоя почвы [72].

Различают следующие основные виды поливов:

*вегетационные*, восстанавливающие запасы влаги в почве по мере их расходования; *влагозарядковые* (или влагозарядочные), применяемые обычно в районах недостаточного увлажнения для создания запасов влаги к началу вегетационного периода, проводят в осенне-зимний или ранневесенний период увеличенными поливными нормами; *предпосевные*, обеспечивающие увлажнение почвы перед посевом.

Вегетационные поливы оказывают существенное влияние на мелиоративное состояние земель. Искусственное увеличение приходных статей водного баланса почвы значительно изменяет как ее водно-солевой режим, так и водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод.

В зависимости от назначения полива и фенологической фазы его проведения поливная норма при поливе дождеванием может изменяться от 100 до 500  $\text{м}^3/\text{га}$ . С увеличением числа поливов и уменьшением поливных норм возрастают затраты труда на поливы, а также потери воды на испарение, с уменьшением числа поливов и увеличением норм возрастают потери на глубинные утечки [44].

Поливные нормы в значительной степени зависят от способа и техники полива. При любом способе неизбежны потери воды. В случае дождевания, они складываются из потерь воды на испарение при полете струи в воздухе и с листовой поверхности растений, а также уноса дождевых капель ветром за пределы орошаемого поля.

Поэтому к полученной по расчету поливной норме необходимо вводить поправочный коэффициент. Фактическую норму, которую необходимо подать на поле с учетом способа и техники полива, определяют по зависимости:

$$m = m_{\text{пл}}k, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (3.2)$$

где  $m_{\text{пл}}$  - расчетное значение поливной нормы,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$k$  - поправочный коэффициент.

По мнению М.Н. Багрова и И.П. Кружилина [14, 15, 16, 59, 60, 61], при дождевании значение поправочного коэффициента в сухой год может быть равным 1,22 - 1,28. По другим рекомендациям в зависимости от условий проведения опыта следует учитывать коэффициент в пределах от 1,15 до 1,30. Обобщив эти данные, в своих расчетах мы приняли поправочный коэффициент равным 1,20.

Основными факторами, от которых зависит разнообразие приемов земледелия, как было сказано выше, являются водный и пищевой режимы. Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур в условиях дефицита влаги, которые характерны для нашей области, как правило, в первой половине лета, мы должны уделять большое внимание накоплению и сохранению влаги в почве.

Как считают многие ученые, установление и поддержание оптимальных режимов орошения сельскохозяйственных культур для получения запланированных урожаев и является целью поливов [14, 59].

Выбирая технику полива, необходимо учитывать агробиологические, агропочвенные и мелиоративные требования. При этом определение оптимальных пределов и непрерывное поддержание влаги в активном слое почвы является основной задачей технологии проведения поливов.

Технология полива должна обеспечивать поддержание влажности почвы в активном слое в пределах оптимальных ее значений в каждую фазу развития растений. Оптимальные пределы влажности зависят, прежде всего, от биологических особенностей культур, а также от водно-физических свойств почвы и способов полива [111, 112].

На рисунках 3.1-3.6 приводятся фактические данные влажности в активном слое почвы для вариантов с различной предполивной влажностью почвы и для режимов орошения с дифференцированной глубиной промачивания почвы по годам исследований, а также биологически эффективные осадки, то есть осадки, выпавшие в количестве не менее 5 мм за один раз.

Многие авторы [15, 61] считают, что при меньшем значении осадки непроизводительно расходуются на испарение и для роста и развития растений полезными не являются.

При построении хронограмм влажности приняты следующие допущения (одинаковые для всех вариантов увлажнения):

- влажность в исследуемом слое почвы не должна превышать наименьшую влагоёмкость почвы (быть больше 100% НВ) на срок до стекания гравитационной влаги вниз за пределы учетного слоя;
- продолжительность освобождения почвы от гравитационной влаги после полива принимается равной двум суткам или меньше и определяется графически или расчетом в предположении, что интенсивность стекания равна среднему расходу влаги полем в период от окончания рассматриваемого до следующего за ним полива;
- расход влаги в период между поливами условно принимается равномерным и изображается нисходящей прямой, соединяющей точку влажности на графике равную 100% НВ на дату освобождения пор почвы в расчетном слое от гравитационной воды или точку фактической влажности меньше НВ на дату окончания рассматриваемого полива с точкой влажности на начало следующего полива;
- выпадающие между поливами осадки учитываются в балансе влаги;
- линия влажности от предшествующего полива до даты выпадения осадков проводится от точки влажности после полива равной или меньше НВ до точки влажности перед началом следующего полива, смещенной на графике вправо на число суток выпадения осадков.

В период выпадения осадков расход влаги на испарение почвой и на транспирацию растениями не учитывается. Наклон хронограмм влажности на рисунках характеризует среднюю интенсивность расходования поливной воды и осадков в промежутке, между поливами.

В таблицах 3.1 - 3.4 приведены фактические режимы орошения сои.

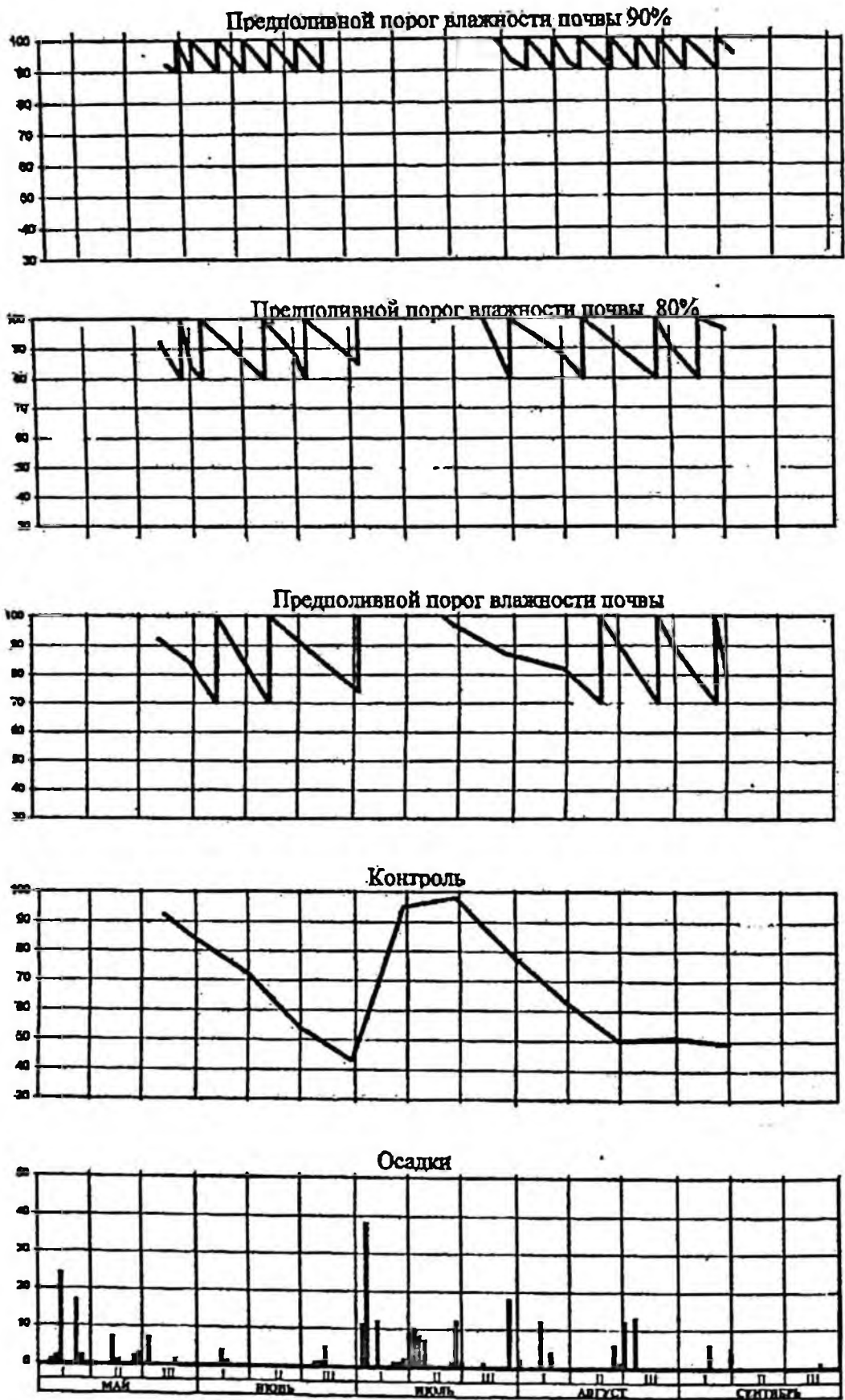


Рис. 3.1 Динамика влажности почвы при различной ППВ, 2001 г

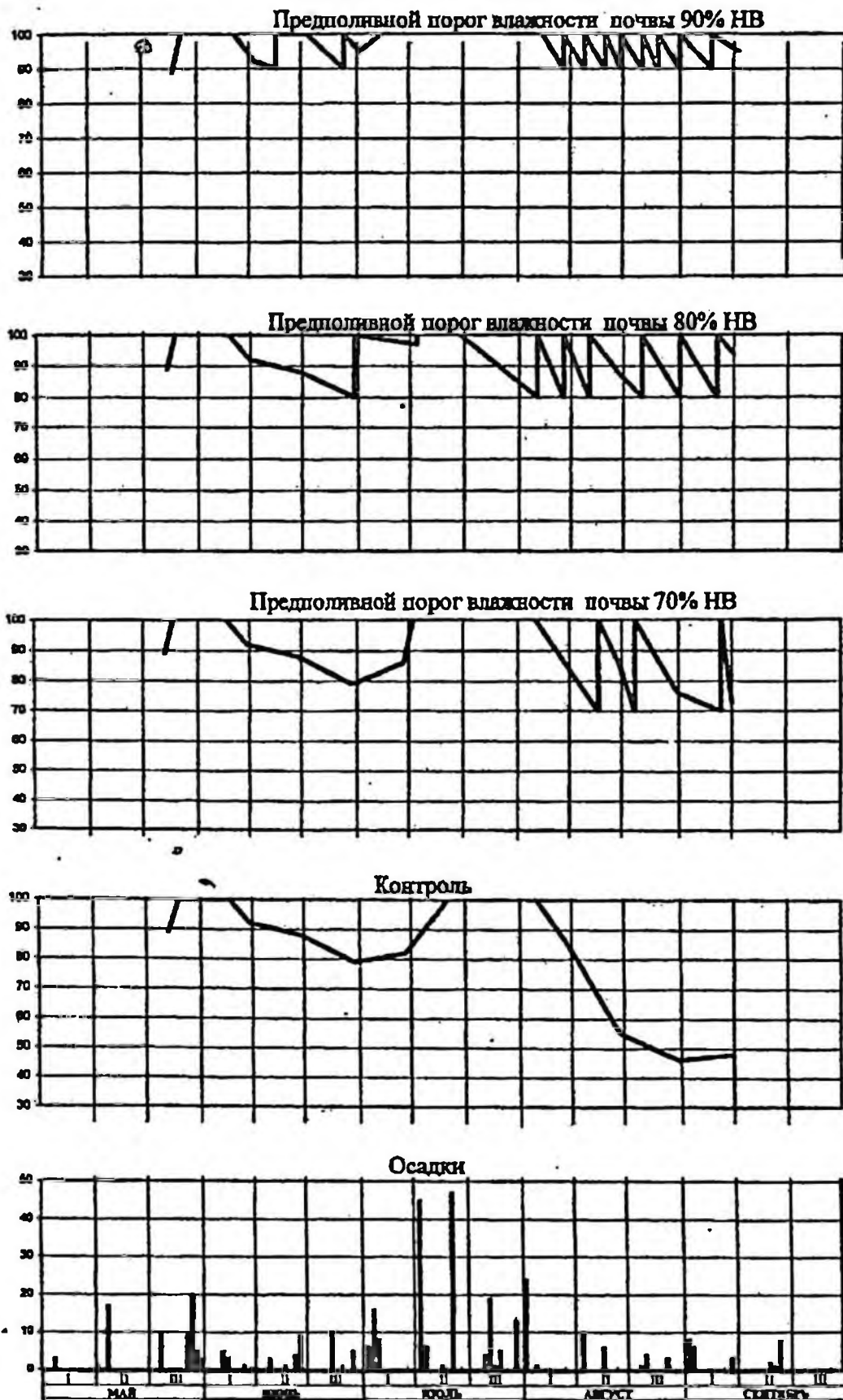


Рис. 3.2. Динамика влажности почвы при различной ППВ, 2002 г.

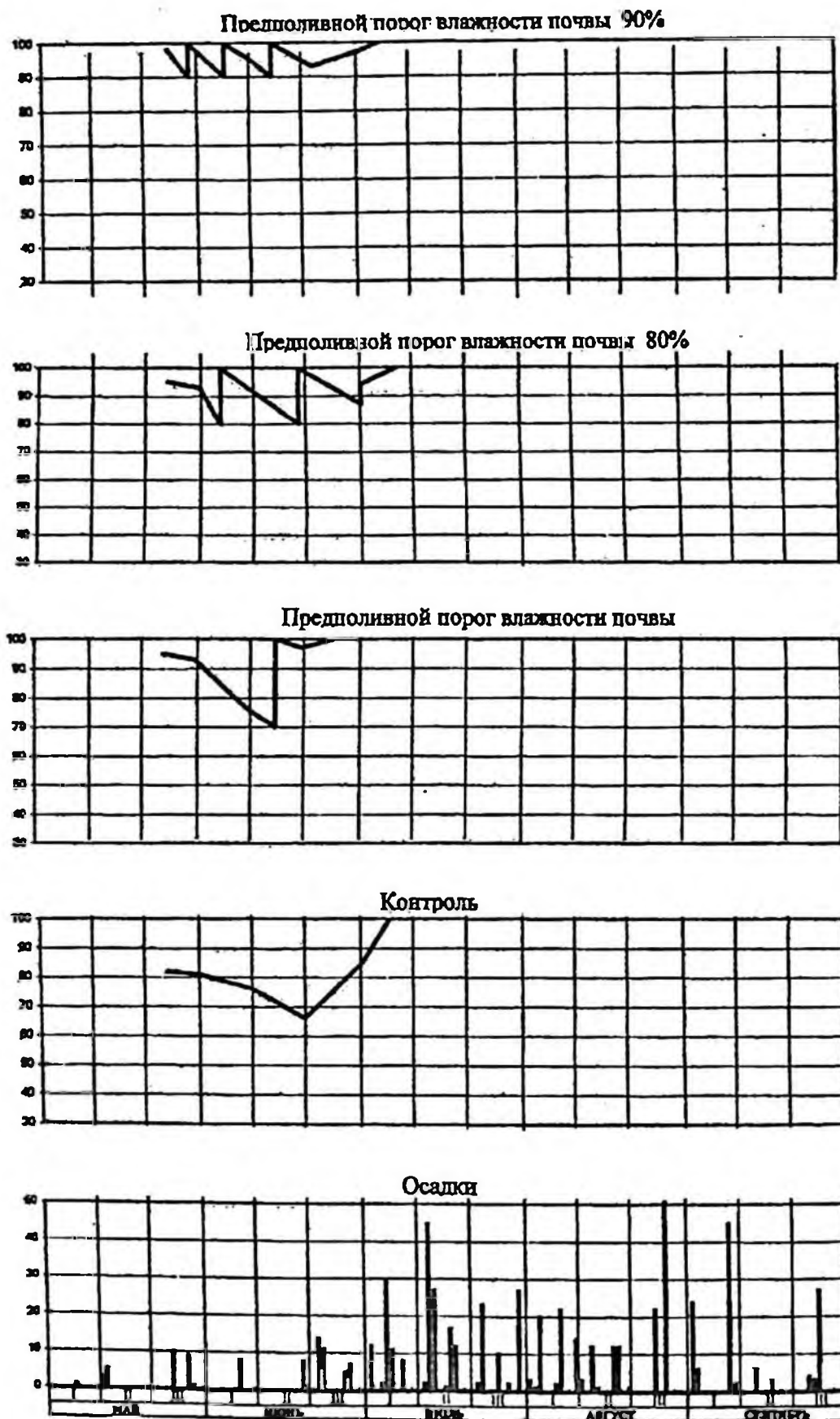


Рис. 3.3. Динамика влажности почвы при различной ПТВ, 2003 г.



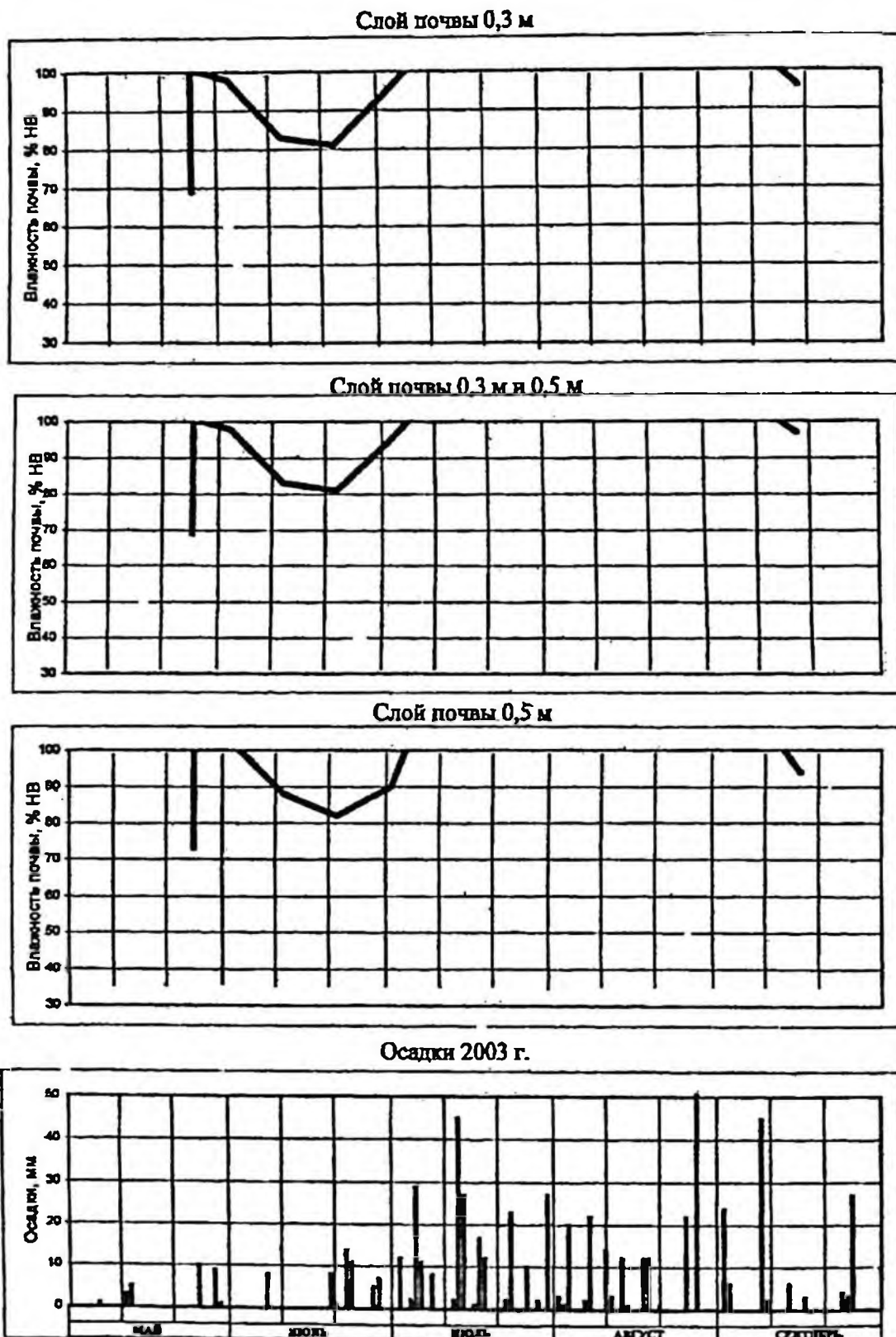


Рис. 3.5. Динамика влажности при различной глубине расчетного слоя при ПТВ 80% НВ, 2003 г.

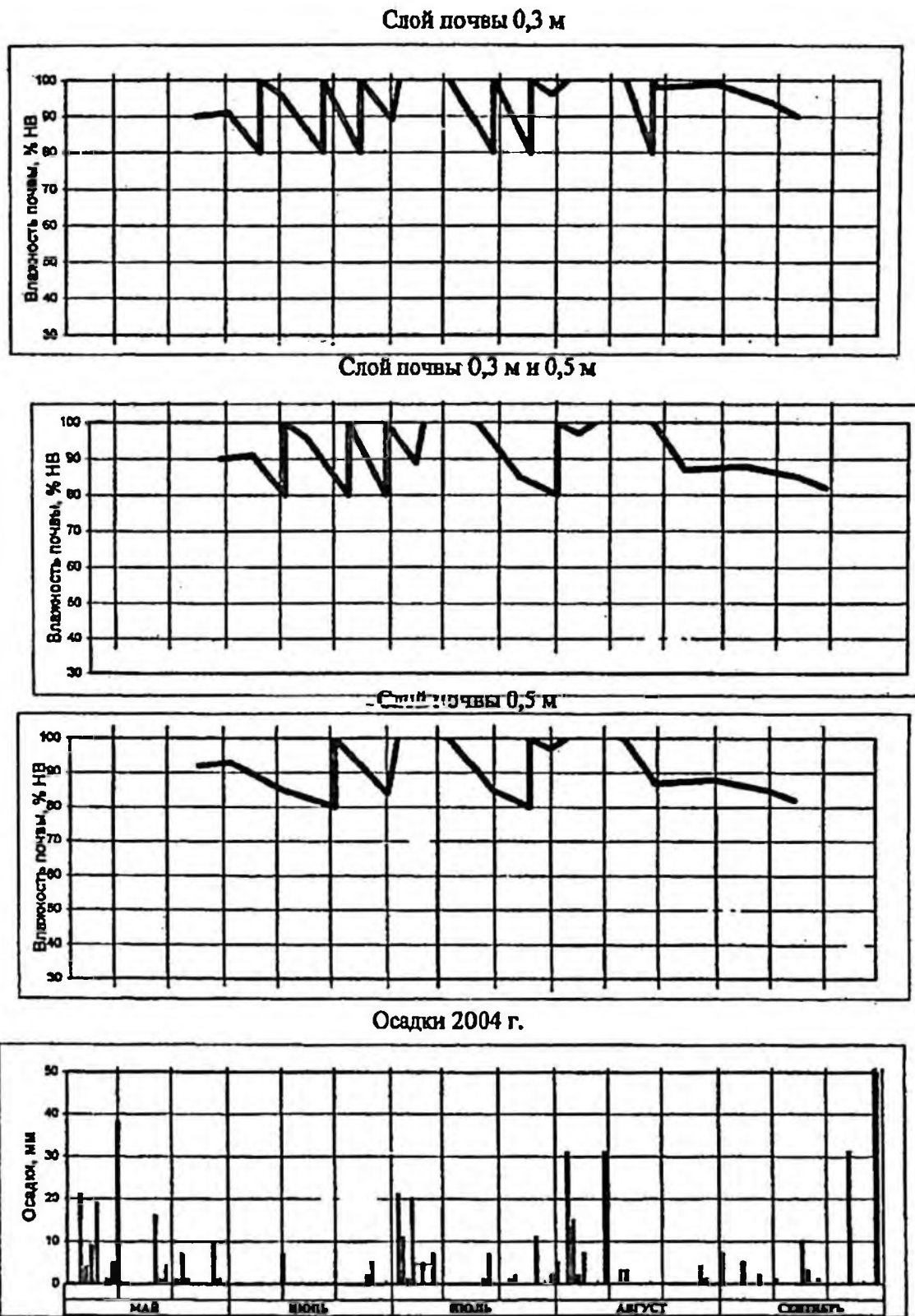


Рис. 3.6. Динамика влажности почвы при различной глубине расчетного слоя при ППВ 80% НВ, 2004 г.

Таблица 3.1

## Фактический режим орошения сои 2001 год

Варианты	Поливная норма в зависимости от фазы роста, м <sup>3</sup> /га						Общее число поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
	Посев – цветение		Цветение – начало бобообразования		Начало бобообразования - созревание						
	Количество	Норма	Количество	Норма	Количество	Норма					
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89	2487	1801
90% НВ	7	100	5	100	3	100	15	1600	1,42	3587	3269
80% НВ	4	200	3	200	2	200	9	1800	1,62	3787	3486
70% НВ	3	300	1	300	1	300	5	1500	1,45	3387	2982

Таблица 3.2

## Фактический режим орошения сои 2002 год

Варианты	Поливная норма в зависимости от фазы роста, м <sup>3</sup> /га						Общее число поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
	Посев – цветение		Цветение – начало бобообразования		Начало бобообразования – созревание						
	Количество	Норма	Количество	Норма	Количество	Норма					
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	3910	2896
90% НВ	2	100	5	100	3	100	10	1000	1,94	4450	2294
80% НВ	1	200	4	200	2	200	7	1400	2,0	4850	2425
70% НВ	-	300	2	300	1	300	3	900	1,8	4550	2528

Таблица 3.3

## Фактический режим орошения сои 2003 год

Варианты	Поливная норма в зависимости от фазы роста, м <sup>3</sup> /га						Общее число поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
	Посев – цветение		Цветение – начало бобообразования		Начало бобообразования – созревание						
	Количество	Норма	Количество	Норма	Количество	Норма					
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	5373	5267
90% НВ	3	100	-	100	-	100	3	300	1,09	5673	5205
80% НВ	2	200	-	200	-	200	2	200	1,15	5573	4846
70% НВ	1	300	-	300	-	300	1	300	1,09	5673	5205

Таблица 3.4

## Фактический режим орошения сои 2002 - 2004гг.

Варианты	Поливная норма в зависимости от фазы роста, м <sup>3</sup> /га								Общее число поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га.	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /г
	Посев – 3 лист		3-й лист – цветение		Цветение – начало бобообразования		Начало бобообразования - созревание						
	Кол-во	Норма	Кол-во	Норма	Кол-во	Норма	Кол-во	Норма					
2002 год													
80%НВ в слое 0,3 м	-	-	1	220	-	-	2	220	3	660	1,71	3825	2236,8
80%НВ в слое 0,3 – 0,5 м	-	-	1	220	1	380	2	380	4	1360	1,79	4527	2529,1
80%НВ в слое 0,5 м	-	-	1	380	-	-	1	380	2	760	1,68	3931	2339,8
2003 год													
80%НВ в слое 0,3 м	1	350	-	-	-	-	-	-	1	350	1,11	5513	4966,7
80%НВ в слое 0,3 – 0,5 м	1	350	-	-	-	-	-	-	1	350	1,11	5511	4964,9
80%НВ в слое 0,5 м	1	510	-	-	-	-	-	-	1	510	1,09	5899	5411,9
2004 год													
80%НВ в слое 0,3 м	1	220	2	220	2	220	1	220	6	1320	1,65	3900	2363,6
80%НВ в слое 0,3 – 0,5 м	1	220	2	220	1	380	-	-	4	1040	1,78	3670	2061,8
80%НВ в слое 0,5 м	-	-	1	380	1	380	-	-	2	760	1,53	3410	2228,8

Так, например, режим орошения сои при внесении минеральных удобрений в 2002 году, первые две декады мая отличались довольно засушливой прохладной погодой, выпавшие в конце месяца осадки составили месячную норму. В июне - августе преобладала теплая и засушливая погода с равномерным распределением дождей - в целом за вегетационный период выпало 282 мм осадков. Влажность почвы во время посева сои находилась в оптимальных пределах для всех вариантов опыта.

Первый режим орошения. Поддержание предполивного порога влажности на уровне 80% НВ в слое 0,3 м в течение всего вегетационного периода.

С момента посева сои (24 мая) и до уборки урожая (15 сентября) на участке было проведено 3 полива по 220 м<sup>3</sup>/га. Всего за вегетацию оросительная норма составила 660 м<sup>3</sup>/га. Первый полив производился 22 июня, второй полив - 8 августа, третий - 17 августа. В период с 12 июля по второе августа наблюдалось незначительное переувлажнение почвы.

Второй режим орошения. На втором варианте орошения, при поддержании влажности на уровне не менее 80% НВ на дифференцированной глубине (0,3 м с начала посева до фазы цветения и 0,5 м от фазы цветения до уборки урожая) за вегетационный период было проведено 4 полива.

Первый полив провели 22 июня при снижении влажности почвы до 80% НВ в слое 0,3 м поливной нормой 220 м<sup>3</sup>/га, три полива в августе при снижении уровня влажности до 80% НВ в слое 0,5 м поливной нормой 380 м<sup>3</sup>/га. Оросительная норма на этом варианте составила 1360 м<sup>3</sup>/га. Переувлажнения почвы на этом варианте не было.

Третий режим орошения. При третьем режиме орошения (глубина 0,5 м в течении всего вегетационного периода) влажность почвы на момент посева составляла 94% НВ. В период с 24 мая по 15 сентября было проведено 2 полива. Оросительная норма на этом участке равна 760 м<sup>3</sup>/га. Первый полив проводился 30 июня и в августе еще один полив. Влажность почвы на участке малых поливных норм весь период вегетации держалась в интервале 80 - 100% НВ. На этом режиме наблю-

далось незначительное переувлажнение почвы в период с 12 по 22 июля.

Первый режим орошения (80% НВ в слое 0,3 м). С момента посадки и до уборки урожая (15 сентября) на участке было проведено 6 поливов по 220 м<sup>3</sup>/га. Всего за вегетацию оросительная норма составила 1320 м<sup>3</sup>/га. Первый полив проводился 6 июня. Всего в июне было проведено 3 полива, два в июле и один полив в августе. Все поливы проводились при достижении влажности почвы 80% НВ в слое 0,3 м.

Второй режим орошения (80% в слое 0,3 м и 0,5 м). На втором варианте орошения за вегетационный период было проведено 3 полива по 220 м<sup>3</sup>/га и один полив нормой 380 м<sup>3</sup>/га. Три полива провели в июне при снижении влажности почвы до 80% НВ в слое 0,3 м и один в июле при снижении влажности до 80% НВ в слое 0,5 м. Оросительная норма на этом варианте составила 1040 м<sup>3</sup>/га.

Третий режим орошения (80% в слое 0,5 м). При третьем режиме орошения за период с 25 мая по 15 сентября было проведено 2 полива. Оросительная норма на этом участке равна 760 м<sup>3</sup>/га. Первый полив проводился в июне, второй - во второй декаде июля. Поливы проводились при снижении влажности почвы до 80% НВ в слое 0,5 м.

Практически на всех трех вариантах проводились поливы 27 июля, на которые наложился интенсивные осадки. Влажность почвы на всех вариантах несколько превысила наименьшую влагоемкость, наблюдалось незначительное переувлажнение слоя почвы.

По полученным в результате исследований данным, можно сделать вывод, что на урожайность сои существенное влияние оказывает уровень влажности почвы в интервале от ВРК до НВ. Поддержание предполивного режима влажности почвы не ниже 80% НВ на дифференцированной глубине (слой 0,3 м до фазы цветения и 0,5 м с фазы цветения и до конца) на орошаемых участках сопровождалось увеличением урожайности.

Но требовательность к повышенной влажности почвы обуславливает эффект от дополнительного увлажнения сои только в засушливые периоды. Урожайность сои увеличивается от поливов, проводимых в

любые фазы ее развития, когда наблюдается дефицит почвенной влаги. Полив, проводимый при влажности почвы выше 80% НВ на глубине 0,5 м, существенных прибавок урожайности не дает при наложении на полив муссонных дождей.

Поливы положительно влияют на влажность почвы и на растения [19, 20]. Это прослеживается на опытных площадках в 2002 - 2004 году, когда урожайность сои на орошаемых участках была довольно высокой. Как видно из таблицы 3.7 урожайность сои на орошаемом участке с режимом орошения 80% НВ в слое 0,3 м составила в среднем за три года 1,84 т/га, на варианте с орошением 80% НВ на дифференцированной глубине - 1,93 т/га, 80% НВ на глубине 0,5 м - 1,75 т/га.

### 3.2 Составляющие суммарного водопотребления

Основным элементом расчета режима орошения является определение суммарного водопотребления культуры на транспирацию и испарение почвой за вегетационный период. Эту величину определяют различными методами, сущность которых заключается в установлении зависимости водопотребления от различных климатических факторов: суммы температур, солнечной радиации, дефицита влажности воздуха, испаряемости, т.д. [75]. Суммарное водопотребление сои ( $E$ ) определялось по методу водного баланса расчетного слоя почвы, разработанному А.Н. Костяковым. Этот метод благодаря высокой достоверности и универсальности относится к числу эталонных для установления суммарной потребности растений в воде и в течение многих десятилетий является единственным массовым приемом, применяемым в агрономической и мелиоративной практике [14, 15, 58].

Он основан на использовании уравнения водного баланса орошаемого поля и решении этого уравнения относительно величины  $E$ . Общий вид уравнения водного баланса описывается довольно сложной зависимостью. В конкретных почвенно-гидрогеологических и хозяйственных условиях уравнение значительно упрощается.

Точность определения водопотребления этим методом в боль-

шой степени зависит от точности определения входящих в уравнение составляющих.

Метод водного баланса рекомендуется при глубоком залегании грунтовых вод.

Недостатком этого метода является то, что он дает лишь осредненные величины суммарного водопотребления ( $E$ ), не выявляя зависимость от биологических, погодных и других факторов жизни растений.

Приходная часть водного баланса состоит из:

- оросительной нормы ( $M_{op}$ );
- атмосферных осадков ( $P$ );

количества влаги, поступившей в активный слой почвы снизу от грунтовых вод при близком их расположении, или капиллярного подпитывания ( $K_0$ );

- использования запасов влаги в почве ( $W_1 - W_2$ );

Расходная часть баланса состоит из:

- объема воды, расходуемого на транспирацию ( $E_0$ )
- объема воды, расходуемого на испарение с поверхности почвы ( $E_1$ ). Частное от деления суммы двух этих величин ( $E_0 + E_1$ ), выраженной в  $m^3/га$ , на продуктивную часть урожая в тоннах, называют коэффициентом водопотребления ( $K$ ).

Его устанавливают по обобщенным многолетним опытными данным для конкретных природных и агротехнических условий.

Суммарное водопотребление - это произведение коэффициента водопотребления на заданный урожай культуры ( $У$ ). Если все компоненты водного баланса выразить в  $m^3/га$ , то суммарное водопотребление представится следующим равенством:

$$E = KY = M_{op} + 100 \mu P + (W_1 - W_2) + K, \quad (3.3)$$

где  $\mu$  - коэффициент использования осадков;

$W_1$  - запас воды в активном слое почвы в начале вегетационного периода,  $m^3/га$ ;

$W_2$  - запас воды в почве в конце вегетационного периода,  $m^3/га$ .

Запасы воды в почве ( $W$ ) рассчитывают по формуле

$$W=100Ha\beta, (3.4)$$

где  $H$  - расчетный слой почвы, м;

$a$  - средняя для слоя  $H$  плотность почвы, т/м<sup>3</sup>;

$P$  - влажность почвы, % от сухого веса;

Объем израсходованной воды за любой отрезок времени можно определить аналогично. Среднесуточный расход воды (м<sup>3</sup>/га) за этот период определяют по следующему соотношению:

$$e = \frac{E}{n}, (3.5)$$

где  $n$  - число дней в данном периоде, дн.

Выпадающие осадки не все полезно использовались. Часть их испарялась, не достигнув поверхности почвы, стекала в понижения и гидрографическую сеть. Коэффициент полезного использования осадков зависит от интенсивности и количества одновременного их выпадения, состояния почвы, растительного покрова. Опытными установлено, что для вегетационного периода он обычно не превышает 0,7 [15].

У большинства культур основными статьями прихода влаги в водном балансе являются осадки и вегетационные поливы. Между этими величинами существует обратная зависимость: чем больше осадков выпадает, тем меньше требуется вегетационных поливов, и наоборот.

Поэтому оросительная норма у одной и той же культуры и даже сорта сильно колеблется по годам.

В начале, когда вегетативная масса растений мала и влажная поверхность поля остается открытой для прямых солнечных лучей, в суммарном расходе воды преобладает испарение почвой. По мере увеличения высоты растений, площади листовой поверхности, накопления вегетативной массы, возрастает расход воды на транспирацию.

Затем снижается испарение влаги почвой из-за большего затенения поверхности, подсушивания верхних слоев, снижения интенсивности влагообмена между глубокими слоями почвы. В таких условиях преобладающей становится транспирация растениями.

В наших исследованиях основное внимание уделено закономерностям количественных изменений расхода почвенной влаги растениями сои с последующим использованием установленных показателей для

управления водным режимом почвы и обоснования потребления воды растениями на фоне паровых предшественников и минеральных удобрений [13, 115].

Расход влаги по периодам роста и развития происходит неодинаково. Самый низкий он наблюдается в начале вегетации до образования репродуктивных органов, затем в период образования бобов водопотребление увеличивается и к моменту созревания продуктивных органов снова уменьшается.

При изучении характера водопотребления и схем поливов в онтогенезе сои было выделено три наиболее важных периода:

- 1) всходы – начало цветения (3-я декада мая – 2-я декада июля);
- 2) начало цветения – налив бобов (3-я декада июля – 3-я декада августа);
- 3) налив бобов – созревание (3-я декада августа – 1-я декада сентября).

Наибольшее количество воды в вариантах с рассматриваемой ППВ растения сои потребляли во все годы исследований с предполивной влажностью 80% НВ и в среднем за три года суммарное водопотребление составило 4763 м<sup>3</sup>/га с колебаниями по годам от 3787 до 5573 м<sup>3</sup>/га.

Повышение предполивной влажности почвы до 90% НВ сопровождалось уменьшением суммарного водопотребления.

В среднем за годы исследований расход влаги полем сои на этом варианте составил 4603 м<sup>3</sup>/га с колебаниями по годам от 3587 до 5673 м<sup>3</sup>/га (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Элементы водного баланса по вариантам опыта с различным предполивным порогом влажности

Предполивной порог влажности	Год исследований	Суммарное водопотребление	Оросительная норма		Приход влаги от осадков		Использование запасов почвенной влаги	
			м <sup>3</sup> /га	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га
Контроль	2001	2487	-	-	2060	83,13	430	17,29
	2002	3910	-	-	3470	88,7	420	11,3
	2003	5373	-	-	5670	105,1	-167	-3,1
	среднее	3923	-	-	3733	95,2	228	5,8
90% НВ	2001	3587	1600	44,6	2060	57,4	-110	-3,1
	2002	4450	1000	22,5	3470	77,9	-30	-0,67
	2003	5673	300	5,3	5670	99,9	-167	-2,9
	среднее	4603	1000	21,7	3733	81,1	-102	-2,2
80% НВ	2001	3787	1800	47,5	2060	54,4	-90	-2,4
	2002	4850	1400	28,9	3470	71,5	-70	-1,8
	2003	5573	200	3,9	5670	101,7	-167	-3,0
	среднее	4763	1133	23,8	3733	78,4	-108	-2,3
70% НВ	2001	3387	1500	44,3	2060	60,8	-170	-5,0
	2002	4550	900	19,8	3470	76,3	200	4,4
	2003	5673	300	5,9	5670	99,9	-167	-2,9
	среднее	4536	900	19,8	3733	82,3	-46	-1,0

Изменения суммарного водопотребления по годам исследований происходили за счет перераспределения процентного содержания составляющих. Чем больше осадков выпадало, тем меньше мы поливали посеvy сои. Используемые из почвы влагозапасы так же оказывали существенное влияние на величину суммарного водопотребления.

В структуре суммарного водопотребления большое значение имели прежде всего метеорологические условия года исследований. Так, в острозасушливом 2001 году и незначительно засушливом 2002 году основной приходной статьей водного баланса орошаемого поля сои являлась оросительная норма.

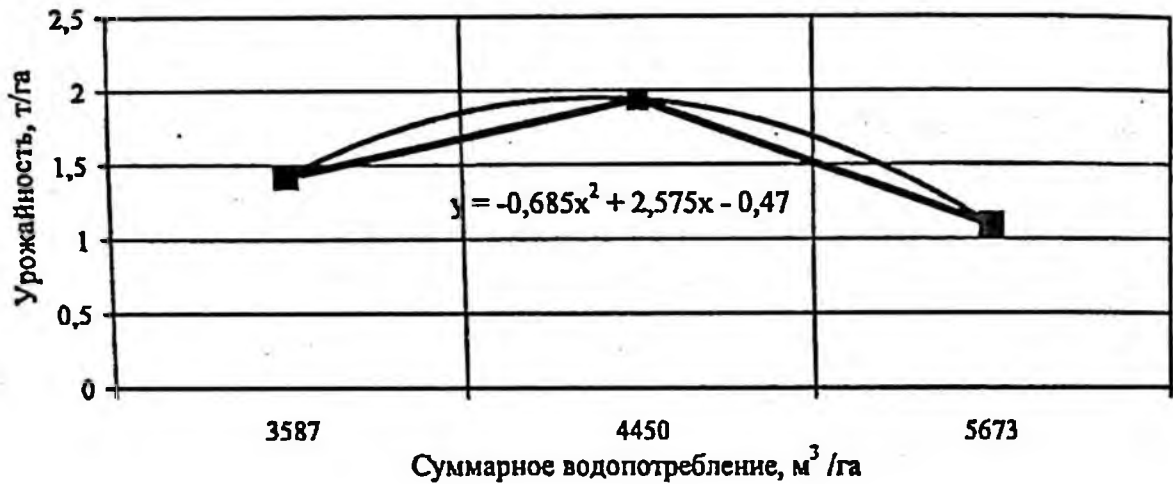
В 2001 году потребление оросительной воды по вариантам опытов изменялось в пределах от 44,3 до 47,5% от общего расхода воды растениями. В 2002 году доля оросительной воды в общем балансе снизилась и составила от 19,8 до 28,9%. Во влажном 2003 году доля оросительной воды составила от 3,9 до 5,3% от водопотребления в зависимости от варианта режима орошения.

Также на величину оросительной нормы существенное влияние оказывал вариант режима орошения. На 3 варианте режима орошения доля оросительной воды на 28% выше по сравнению с 1 вариантом и на 6% выше по сравнению со 2 режимом орошения.

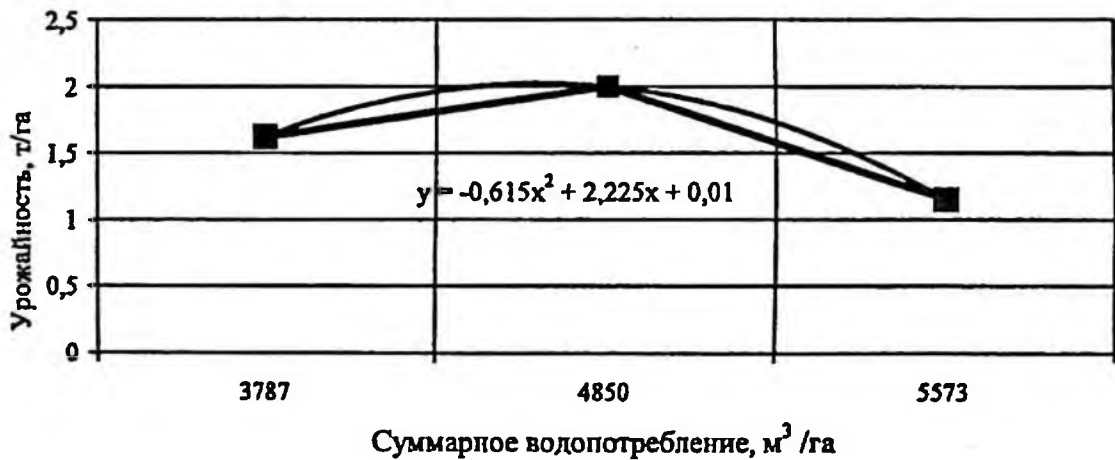
Доля участия запасов почвенной влаги в суммарном водопотреблении сои зависит в основном от принятого режима орошения и имеет обратные по сравнению с оросительной нормой показатели численных значений.

Зависимость урожайности сои от суммарного водопотребления при различной ППВ показана на рисунке 3.6.

ПРЕДПОЛИВНАЯ ВЛАЖНОСТЬ 90% НВ



ПРЕДПОЛИВНАЯ ВЛАЖНОСТЬ 80% НВ



ПРЕДПОЛИВНАЯ ВЛАЖНОСТЬ 70% НВ



Рис. 3.6. Зависимость урожайности сои от суммарного водопотребления при различной ППВ

Чем интенсивнее режим орошения, тем выше суммарное водопотребление сои. Существенное влияние на величину общего расхода влаги растениями оказывают метеорологические условия вегетационного периода. В засушливом 2001 году ( $ГТК=1,01$ ) потребление оросительной воды по вариантам опытов изменялось в пределах от 49,1 до 52,9 % от общего расхода воды растениями. В 2002 году доля оросительной воды в общем балансе снизилась и составила от 27,9 до 36,4%. В избыточно влажном 2003 году ( $ГТК=2,5$ ) доля оросительной воды составила 7,5% при 1 режиме орошения, а на других вариантах орошения поливы вообще не производились.

Вторым важным составляющим суммарного водопотребления является разность влагозапасов на начало и конец вегетации. Доля участия запасов почвенной влаги в суммарном водопотреблении сои изменяется в разные по метеорологическим условиям годы и в зависимости от режимов орошения, коэффициента участия естественных запасов почвенной влаги, в удовлетворении потребности растений в воде и колеблется от -3,7 до 8,6%.

Причем, с увеличением напряженности метеорологических условий величина влагозапасов в почве возрастает. Знак « - » означает накопление влаги почвой, которое имеет место в переувлажненный 2003 год и объясняется выпадением значительного количества осадков.

Последним составляющим элементом суммарного водопотребления являются осадки.

Общая доля осадков в суммарном водопотреблении сильно варьирует по годам исследований, уменьшаясь до 48% в засушливый 2001 год и увеличиваясь до 118% в переувлажненный 2003 год. Чем меньше в структуре суммарного водопотребления доля участия суммы осадков, выпадающих за вегетационный период, тем интенсивнее режим орошения.

И, соответственно, чем больше осадков выпадало, тем проводилось меньшее количество поливов сои.

При дифференцировании глубины расчетного слоя, суммарное водопотребление изменялось от 3410 м<sup>3</sup>/га в 2004 году в слое 0,5 м до 5710 м<sup>3</sup>/га в 2003 году на варианте с режимом орошения 80% НВ в слое 0,5 м (табл. 3.6). Урожайность изменялась от 1,24 т/га на варианте

80% НВ в слое 0,5 м в 2002 году до 2,31 т/га в 2002 году на варианте с режимом орошения 80% НВ на дифференцированной глубине расчетного слоя 0,3 - 0,5 м (рис. 3.7).

Важным при дефиците водных ресурсов является достижение не только получение максимального урожая с единицы орошаемой площади, а так же увеличение производства сельскохозяйственной продукции на каждый кубический метр израсходованной оросительной воды. Орошение должно позволить полить большую площадь и увеличить выход валовой продукции. Увеличение выхода валовой продукции наблюдалось на участках с дождеванием, однако расход воды на единицу продукции не был оптимальным.

Анализ составляющих водопотребления сои показал, что расход воды из почвы на водопотребление сои не превышает 2,4%, доля используемых осадков составляет 65,9 - 97,5% и доля используемых поливных вод составляет 6,2 - 33,8%.

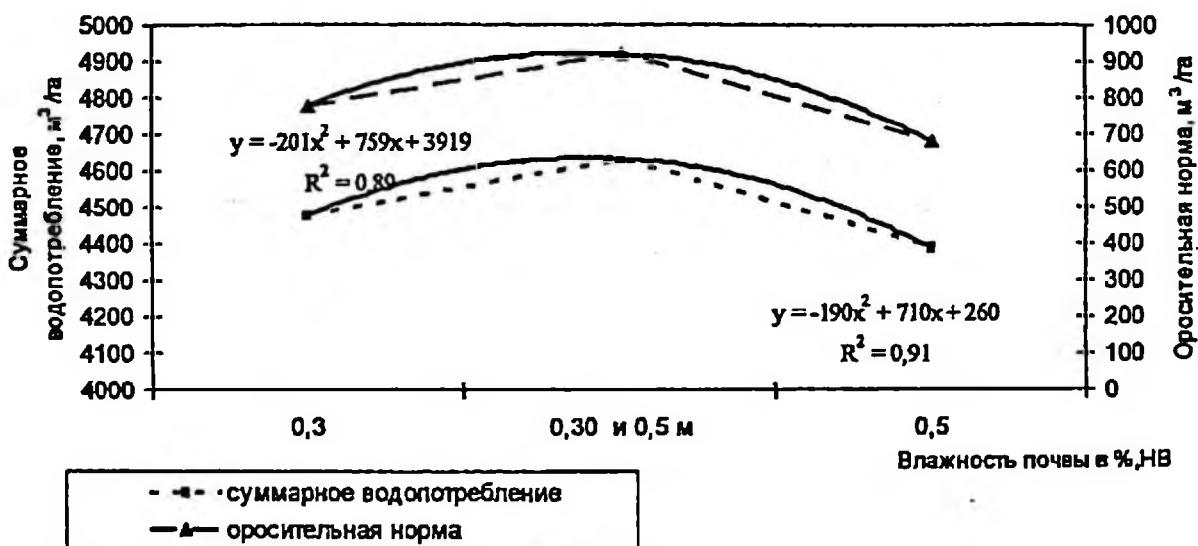


Рис. 3.7. Зависимость расхода оросительной нормы и суммарного водопотребления от предполивной влажности

Таким образом, наибольшее количество воды в целом за вегетацию соя расходовала на вариантах с предполивной влажностью почвы 80% НВ в слое 0,3 - 0,5 м, среднее - на варианте 80% НВ в слое 0,3 м и наименьшее - на варианте - 80% НВ в слое 0,5 м (табл. 3.7).

Таблица 3.6

## Элементы водного баланса по вариантам опыта

Варианты	Год исследования	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма,		Приход влаги от осадков		Использование запасов почвенной влаги	
			м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
80% НВ в слое 0,3 м	2002	3880	660	17,0	3160	81,4	60	1,6
	2003	5650	350	6,2	5490	97,2	-190	-3,4
	2004	3900	1320	33,8	2570	65,9	10	0,3
	среднее	4477	777	17,4	3740	83,5	-40	-0,9
80% НВ в слое 0,3 – 0,5 м	2002	4600	1360	29,6	3160	68,7	80	1,7
	2003	5630	350	6,2	5490	97,5	-210	-3,7
	2004	3670	1040	28,4	2570	70,0	60	1,6
	среднее	4633	917	19,8	3740	80,7	-70	-1,5
80% НВ в слое 0,5 м	2002	4040	760	18,8	3160	78,2	120	3
	2003	5710	510	8,9	5490	96,1	-290	-5,1
	2004	3410	760	22,3	2570	75,4	80	2,4
	среднее	4387	677	15,4	3740	85,3	-30	-0,7

Таблица 3.7

## Динамика суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления

Вариант режима влажности почвы	2002 год			2003 год			2004 год			Среднее		
	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
80% НВ в слое 0,3 м	2825	1,71	2236,8	5513	1,11	4966,7	3900	1,65	2363,6	4477	1,49	3004,7
80% НВ в слое 0,3 – 0,5 м	4527	1,79	2529,1	5511	1,11	4964,9	3670	1,78	2061,8	4633	1,56	2969,9
80% НВ в слое 0,5 м	3931	1,68	2339,8	5899	1,09	5411,9	3410	1,53	2228,8	4387	1,43	3067,8

### 3.3 Значения среднесуточного водопотребления сои при различных режимах орошения

В процессе изучения закономерностей водопотребления сои особый интерес представляет определение численных значений среднесуточного расхода воды. Динамика среднесуточного водопотребления более полно характеризует закономерности изменения потребности растений в воде и позволяет обосновать методику управления водным режимом почвы для получения высоких урожаев сои. То есть анализ динамики среднесуточного водопотребления сои по периодам вегетации позволяет обосновать оптимальный режим влажности почвы. В период наибольшей водопотребности необходимо поддерживать такой уровень увлажнения почвы, который наиболее полно будет удовлетворять потребности растений в воде [61].

Определяя по фазам развития сои составляющие суммарного водопотребления, мы определяли значения среднесуточного водопотребления сои за эти же фазы. По этим результатам можно сделать следующий вывод: максимальное среднесуточное водопотребление отмечено с конца июня по конец августа, что соответствует фазам интенсивного нарастания максимальной площади листьев и образования бобов, кроме того, этот период сопровождается высокими температурами и повышенным испарением.

Анализ таблицы 3.13 показывает, что среднесуточное водопотребление сои при различной ППВ изменяется в течение вегетации по межфазным периодам в период посев - 3-й лист от 26,3 до 47,3 м<sup>3</sup>/га в сутки, цветение - начало бобообразования от 35,7 до 57,3 м<sup>3</sup>/га в сутки. В фазу созревания среднесуточный расход воды соей относительно снижается до значения 24,3 – 48,2 м<sup>3</sup>/га в сутки. Оценка по этому показателю вариантов опыта с различным предполивным порогом влажности свидетельствует о том, что с улучшением водного режима его значения возрастают и достигают максимума в варианте с назначением полива при влажности почвы 80% НВ. Снижение среднесуточного водопотребления растений в вариантах с более низким предполивным порогом влажности почвы объясняется тем, что по мере иссушения почвы ниже 80% НВ снижается подвижность и степень доступности почвенной влаги растениям и, как следствие этого, ограничивается водопотребление посевов сои (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Среднесуточное водопотребление в посевах сои по межфазным периодам, при различной ППВ, м<sup>3</sup>/га

Вариант режима влажности почвы	Год исследований	Посев – цветение	Цветение - начало бобообразования	Начало бобообразования – созревание	Посев-полное созревание
Контроль	2001	16,5	30,6	10,8	19,3
	2002	23,9	41,2	10,2	25,1
	2003	23,9	48,2	25,1	32,4
	В среднем за 3 года	21,4	40,0	15,4	25,6
90% НВ	2001	28,7	35,7	35,6	33,3
	2002	30,5	50,8	29,6	37,0
	2003	32,7	53,0	26,6	37,4
	В среднем за 3 года	30,6	46,5	30,6	35,9
80% НВ	2001	30,2	36,8	48,2	34,0
	2002	29,8	57,3	36,3	41,1
	2003	26,3	50,7	24,3	33,7
	В среднем за 3 года	28,7	48,2	36,2	36,2
70% НВ	2001	47,3	35,7	35,6	36,3
	2002	26,3	50,7	24,4	33,8
	2003	30,6	43,6	25,3	33,2
	В среднем за 3 года	34,7	43,3	28,4	34,4

Начиная с первой декады сентября, на всех вариантах и во все годы исследований среднесуточное водопотребление сои уменьшается.

Наибольшее значение среднесуточного водопотребления в вариантах опыта было получено в 2003 году, как самом влажном: 37,4, 33,7 и 33,2 м<sup>3</sup>/га на вариантах с 1, 2 и 3 режимами орошения соответственно.

При сравнении средних значений расхода воды сои в сутки, можно заметить, что они увеличиваются с возрастанием предполивного порога влажности. Так, на вариантах с 1 режимом орошения, получено среднесуточное водопотребление 35,9; на вариантах со 2 и 3 - 36,2 и 34,4 м<sup>3</sup>/га соответственно. Следовательно, среднесуточные расходы влаги различные по фазам развития сои и нарастают с повышением предполивной влажности почвы до 80% НВ.

Рассматривая таблицу 3.9 следует отметить, что наименьшее среднесуточное водопотребление при исследуемых слоях увлажнения почвы в посевах сои достигалось в первый период, когда растения развивались медленно.

Таблица 3.15

Среднесуточное водопотребление сои по межфазным периодам при различных слоях увлажнения (2002 - 2004 гг.), м<sup>3</sup>/га

Вариант режима влажности почвы	Год исследований	Посев – цветение	Цветение - начало бобообразования	Начало бобообразования – созревание	Посев-полное созревание
80%НВ в слое 0,3 м	2002	30,9	59,1	26,7	38,9
	2003	27,3	64,3	42,1	44,6
	2004	30,4	46,6	31,5	36,2
	В среднем за 3 года	29,5	56,7	33,4	39,9
80%НВ в слое 0,3 - 0,5 м	2002	30,8	62,4	32,3	42,2
	2003	27,3	62,9	41,6	44,2
	2004	30,4	47,3	28,3	35,3
	В среднем за 3 года	29,5	57,5	34,1	40,6
80%НВ в слое 0,5 м	2002	30,6	56,9	24,8	37,4
	2003	27,8	63,1	43,5	44,8
	2004	26,7	48,6	28,1	34,5
	В среднем за 3 года	28,4	56,2	32,1	38,9

В среднем за три года исследований, при поддержании влажности на уровнях 80% НВ в слоях 0,3 м, 0,3 м и 0,5 м, 0,5 м они соответственно равнялись 29,5, 29,5 и 28,4 м<sup>3</sup>/га. А самые наибольшие значения среднесуточного водопотребления отмечены во второй период. При поддержании влажности в слоях 0,3 м, 0,3 м и 0,5 м, 0,5 м на уровне 80% НВ, в среднем за 2002 - 2004 года они соответственно равнялись 56,7; 57,5 и 56,2 м<sup>3</sup>/га в сутки. Объяснить это можно тем, что в этот период интенсивность нарастания максимальной площади листьев и бобообразования достигают максимальных значений. Кроме того, этот период сопровождается высокими температурами и повышенным испарением [101].

### **3.4 Влияние паровых предшественников на режим орошения и водопотребление сои**

Потерю влаги в год парования почвы в чистом пару отмечали многие исследователи. Например, А.А. Измаильский еще в 1894 году считал, что как бы ни был тщателен уход за чистым паром, к осени верхний слой почвы высыхал, в то время как в нижележащих слоях влаги содержалось много. М.М. Пьяных (1966) по этому вопросу писал следующее: "... исследования, проводившиеся в течение почти целого века русскими и советскими учеными показали, что на открытых паровых пространствах запасы влаги в почве за летние месяцы не увеличивались...". Происходит это потому, что почва, оставленная под паром, проходит два периода влагонакопления с сентября по март и влагорасходования все остальное время. Влагонакопительные действия чистого пара ограничиваются лишь частичным сохранением зимних осадков, летние же осадки, выпадавшие в обычных количествах, как: правило, целиком испаряются во время парования и в редкие годы, когда они обильны, частично сохраняются в почве [106].

В научной литературе по поводу потребления почвенной влаги существует две точки зрения. Одни авторы утверждают, что с увеличением биологического урожая расход воды возрастает, в то же время ряд исследователей отрицают существование такой зависимости. По их мнению все определяется тем, как складываются влагозапасы, питательный режим почвы и внешние условия. Они отмечали наличие случаев в естественных условиях, когда с повышением урожая расход влаги слабо уменьшался или оставался неизменным. Классики русской и советской агрономии пришли к выводу о том, что причины периодических неурожаев кроются, в основном, в больших непродуктивных потерях воды, а не в недостатке осадков [21], говоря об эффективности использования влаги на формирование урожая, приводят пример большого варьирования коэффициента водопотребления.

Наши наблюдения показали, что влагозапасы в почве при подготовке чистых, занятых и сидеральных паров определяются не только количеством выпадающих осадков, но и уровнем исходной влажности почвы. Особое место по накоплению почвенной влаги среди, изучаемых видов пара, отводится чистым парам и достигает 61 - 66% от об-

щего накопления.

В исследуемые годы содержание продуктивной влаги в почве после парования по вариантам чистого пара было выше, чем по занятому и сидеральному. В фазу посевов сои оно составляло 171,5 - 185,9 мм (в слое почвы 0,30 м), по вариантам сидерального пара - 152,3 - 166,7, а по вариантам занятого - 136,4 - 158,8 мм.

Выращивание парозанимающих и сидеральных культур в паровом поле, в той или иной мере, приводило к иссушению почвы. Степень иссушения зависела: от биологических особенностей парозанимающих и сидеральных культур, сроков их посева и уборки, применяемой обработки. Значительное количество почвенной влаги потреблялось в занятых и сидеральных парах.

В связи с иссушением почвы, интенсивность прироста влаги повышалась, но, тем не менее, влагозапасы ее в почве к посеву сои находились в прямой зависимости от ее исходной влажности.

В посевах сои большое влияние на количественное содержание почвенной влаги оказывают виды паров и технологии их подготовки. В разных погодных условиях они устойчиво определяют влагообеспеченность первой после пара культуры в нашем случае - соя (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Влияние паровых предшественников на оросительную норму и суммарное водопотребление, (среднее за 2001-2003 гг.)

Варианты		Число поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Кэффициент водопотребления
90% НВ	Контроль	9	900	1,31	4603	3513
	Чистый пар	8	800	1,44	4842	3363
	Занятый пар	9	900	1,41	4856	3444
	Сидеральный пар	9	900	1,63	4699	2883
80% НВ	Контроль	6	600	1,42	4763	3354
	Чистый пар	6	600	1,53	4698	3820
	Занятый пар	6	600	1,50	4798	3197
	Сидеральный пар	6	600	1,73	4826	2790
70% НВ	Контроль	3	300	1,28	4536	3544
	Чистый пар	2	300	1,35	4625	3426
	Занятый пар	3	300	1,32	4550	3447
	Сидеральный пар	3	300	1,49	4670	3134

Можно предположить, что во второй и в третьей культурах севооборота зависимость содержания почвенной влаги от видов пара значительно утратится. В посевах сои по чистым парам влага расходовалась более продуктивно, чем по занятому и сидеральному после летне-осеннего выращивания парозанимающих культур. В 2001 году действие чистого пара позволило сократить число поливов при 1 режиме орошения до 13, с оросительной нормой 1400 м<sup>3</sup>/га на каждом варианте, что на 12,5% меньше по отношению к контролю. Последствием занятого пара позволило сократить оросительную норму на 100 м<sup>3</sup>/га. При 2 режиме орошения сокращение числа поливов было отмечено после чистого, что на 11,1% меньше по сравнению с контролем. В 2002 году тенденция накопления влаги в почве сохранилась.

Как и в 2001 году влагозапасы на начало периода вегетации были выше после чистого пара, что позволило сократить число поливов до 8 за весь период, а по занятому пару до 9 поливов. Количество поливов после сидерального пара было равно поливам на контроле оросительной нормой 1000 м<sup>3</sup>/га при 1 режиме орошения.

Оросительная норма при 2 режиме орошения изменялась от 1200 до 1400 м<sup>3</sup>/га, при 3 режиме орошения от 600 до 900 м<sup>3</sup>/га. Во влажном 2003 году было проведено наименьшее количество поливов за весь период наблюдений, так при 1 режиме орошения после чистого пара количество поливов составило 2, нормой 100 м<sup>3</sup>/га за один полив - по каждому варианту, после сидерального и занятого пара проводили по три полива. При 2 и 3 режиме орошения число поливов по вариантам было одинаково два и один соответственно.

### **3.5 Урожайность сои при различных режимах орошения**

Как было сказано выше, важнейшими факторами, влияющими на урожайность сельскохозяйственных культур, являются: метеорологические условия, биологические особенности культуры, водный режимы почвы, плодородие почвы, и, наконец, выбранный способ полива [106].

Если условия выращивания будут соответствовать биологическим особенностям сорта, то он в этом случае может дать наивысшую продуктивность.

Несоответствие условий среды потребностям данного генотипа вызывает нарушение нормальных процессов роста и развития и снижение урожая, а удовлетворение потребностей растений всеми факторами их жизни позволяет полнее использовать биологические возможности для получения максимального урожая.

Эти требования определяются наследственностью растений и различны не только для каждого вида, но и для каждого сорта.

Одним из основных факторов воздействия на урожайность является водный режим. Но не только орошение повышает урожайность, в свою очередь, и последствие агроприемов создает благоприятные условия для более полного использования растениями оросительной воды и тем самым повышает эффективность орошения, так, например, применение различных паровых предшественников позволило увеличить урожайность исследуемой культуры в 1,5 - 2,5 раза.

Таким образом, оптимально сочетая паровые мелиорации и режимы орошения, можно добиться высоких урожаев. В наших опытах значения урожайности колебались, как по паровым предшественникам, так и по вариантам, с различными режимами орошения [106, 108, 109, 110].

Влияние различных режимов орошения на урожай сои можно определить лишь сравнивая их между собой.

В исследованиях средняя по годам исследований урожайность изменялась следующим образом:

- минимальное значение получено при 3 режиме орошения - 1,45 т/га, что превышает урожайность сои по сравнению с контролем без орошения на 33%;

- при 2 режиме орошения была получена максимальная величина урожайности - 1,59 т/га, что выше на 45% от варианта без орошения и 1,48 т/га сои было убрано с поля при 1 режиме орошения (табл. 3.11).

Таблица 3.11

## Урожайность сои при различных режимах орошения, т/га

Варианты	2001 год		2002 год		2003 год		Среднее	
	Урожайность	Прибавка, %	Урожайность	Прибавка, %	Урожайность	Прибавка, %	Урожайность	Прибавка, %
Контроль без орошения								
Контроль	0,89	-	1,35	-	1,02	-	1,09	-
Чистый пар	0,95	6,74	1,41	4,5	1,21	1,19	1,19	9,17
Занятый пар	0,92	3,0	1,36	0,74	1,18	1,15	1,15	5,53
Сидеральный пар	1,13	15,7	1,61	19,3	1,29	1,34	1,34	22,9
90 % НВ								
Контроль	1,42	-	1,94	-	1,09	-	1,48	-
Чистый пар	1,75	23,2	2,07	6,7	1,12	2,8	1,65	11,5
Занятый пар	1,48	4,2	2,14	10,3	1,12	2,8	1,58	6,8
Сидеральный пар	1,86	31,0	2,21	13,9	1,23	12,8	1,77	19,6
80 % НВ								
Контроль	1,62	-	2,00	-	1,15	-	1,59	-
Чистый пар	1,67	3,1	2,12	6,0	1,29	12,2	1,69	6,3
Занятый пар	1,66	2,5	2,13	6,5	1,21	5,2	1,67	5,1
Сидеральный пар	1,89	16,7	2,3	15,0	1,51	31,3	1,90	19,5
70 % НВ								
Контроль	1,45	-	1,80	-	1,09	-	1,45	-
Чистый пар	1,58	8,9	1,85	2,8	1,12	2,8	1,52	4,8
Занятый пар	1,49	2,8	1,87	3,9	1,12	2,8	1,49	2,8
Сидеральный пар	1,72	18,6	2,03	12,8	1,23	12,8	1,66	14,5
	НСР <sub>05</sub> =0,08, НСР <sub>α</sub> =0,04, НСР <sub>β</sub> =0,04		НСР <sub>05</sub> =0,14, НСР <sub>α</sub> =0,06, НСР <sub>β</sub> =0,06		НСР <sub>05</sub> =0,08, НСР <sub>α</sub> =0,04, НСР <sub>β</sub> =0,04			

Анализируя влияние паровых предшественников на урожай сои следует отметить, что наибольшие значения урожайности получены после сидерального пара, при всех рассматриваемых режимах орошения они изменялись в пределах от 1,66 до 1,9 т/га. На вариантах с 1 и 2 режимами орошения прибавка урожая после чистого пара в среднем за три года составила 1,65 и 1,69 т/га соответственно. Следует отметить также, что значительно колебалась урожайность сои по годам исследований. Основной причиной этого считаем климатические условия. Наименее урожайным выдался 2003 год, средним - 2001 год, и самым урожайным - 2002 год. Так максимальная урожайность в 2001 году была отмечена при 3 режиме орошения, после сидерального пара – 1,89 т/га, в 2002 году при этом же режиме орошения – 2,3 т/га и в 2003 году так же при 3 режиме орошения и равна 1,51 т/га.

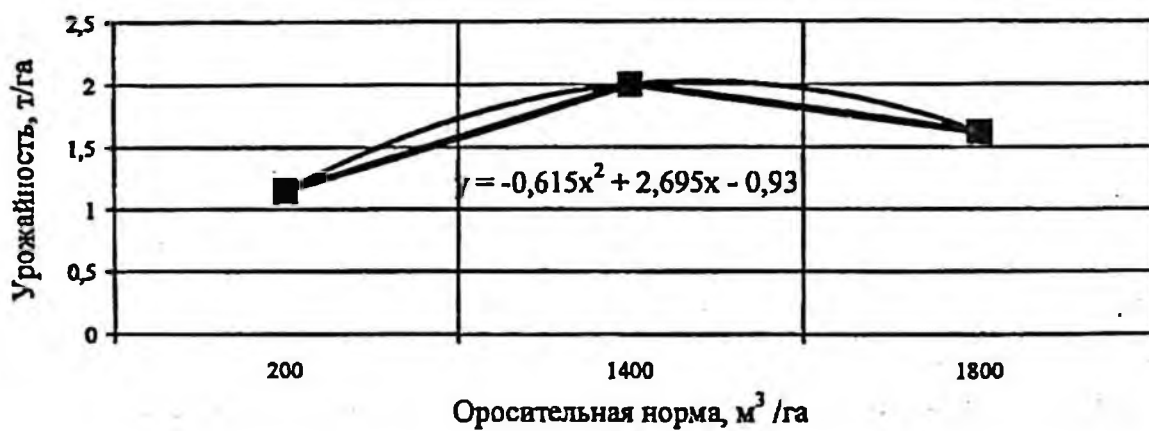
Таким образом, на вариантах опыта, где режим влажности опускался до 70% НВ, урожайность сои ниже, чем на вариантах с 80% НВ и 90% НВ. Здесь растения и почва испытывали дефицит влаги, что привело к снижению урожайности. Следовательно, этот режим является недостаточным для орошения сои. При поддержании влажности 90% НВ происходит, напротив, переувлажнение почвы, что приводит как в первом случае к снижению урожайности. Самым оптимальным является режим, допускающий понижение влажности почвы до 80% НВ, при котором мы получили самые высокие урожай сои. Анализируя все выше сказанное, можно сделать вывод, что в условиях южной зоны Амурской области оптимальным режимом орошения сои дождеванием лугово-черноземовидной почвы является поддержание предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ.

Математическая обработка данных зависимостей урожайности сои от суммарного водопотребления и оросительной нормы позволила их описать уравнением полиномиального вида (рис. 3.8).

Предполивная влажность почвы 90% НВ



Предполивная влажность почвы 80% НВ



Предполивная влажность почвы 70% НВ



Рис. 3.8. Зависимость урожайности сои от затрат оросительной воды

На основании данных таблицы 3.12 установлено, что погодные условия оказывают существенное влияние на урожайность сои при дождевании. Урожайность сои во влажном 2003 году была на 0,59 - 0,68 т/га ниже, чем в нормальном 2002 году и на 0,44 - 0,67 т/га, чем в засушливом 2004 году. Следовательно, в условиях орошения на вариантах с одним режимом орошения урожайность сои в более засушливые и мало влагообеспеченные годы повышается. При поддержании влажности почвы 80% НВ в переменном слое урожайность сои была выше, чем на орошаемых участках с увлажнением почвы на постоянную глубину. В среднем за 3 года она была выше на 0,13 т/га на участках с увлажнением полуметрового слоя почвы и на 0,07 т/га - при увлажнении почвы на глубину 0,3 м.

Таблица 3.12

Урожайность сои при различных режимах орошения

Варианты	Урожайность, т/га			В среднем за 3 года урожайность, т/га
	2002 год	2003 год	2004 год	
1	1,71	1,11	1,65	1,49
2	1,79	1,10	1,78	1,55
3	1,68	1,09	1,53	1,43
НСР <sub>а</sub>	0,06	0,01	0,05	

Режим влажности поддерживался на уровне не ниже 80% НВ на глубине расчетного слоя 0,5 м в течение всего вегетационного периода, урожайность ниже, чем на втором (0,3 м и 0,5 м) и на первом (0,3 м) участках. Здесь растения и почва испытывали переизбыток влаги после поливов, что и привело к снижению урожайности. Следовательно, этот режим не является оптимальным для орошения сои. При поддержании влажности 80% НВ в слое 0,3 происходит недостаток влаги в наиболее ответственные фазы развития сои, что приводит, как и в первом случае, к снижению урожайности. Самым оптимальным является режим, допускающий понижение влажности почвы до 80% НВ в слое 0,3 м до фазы цветения и 0,5 м от фазы цветения и до конца вегетации, при котором получены самые высокие урожаи сои. Это происходит за счет того, что в начальный этап вегетационного периода отмечена меньшая потребность в воде по сравнению с фазами цветения и бобообразования. Анализируя все вышесказанное, можно утверждать, что в условиях южной зоны Амурской области оптимальным режимом орошения сои дож-

деванием луговой глеевой почвы является поддержание предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ в слое 0,3 м и 0,5 м.

В опытах с различными дозами минеральных удобрений средняя по годам исследований урожайность изменялась следующим образом: минимальное значение получено при третьем режиме орошения - 1,43 - 2,05 т/га, максимальная величина урожайности была получена при 2 режиме орошения - 1,56 - 2,34 т/га, при 1 режиме орошения было собрано 1,49 - 2,18 т/га сои (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Урожайность сои, т/га

Варианты	Планируемая урожайность	2002 год		2003 год		2004 год		Среднее	
		Урожайность	Прибавка, %	Урожайность	Прибавка, %	Урожайность	Прибавка, %	Урожайность	Прибавка, %
Слой 0-0,30 м									
Контроль		1,71		1,11		1,65		1,49	
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	2	1,98	15,8	1,29	16,2	1,90	15,4	1,7	14,1
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	2,5	2,36	38,0	1,32	18,9	2,25	36,4	1,98	32,9
N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	3	2,65	54,9	1,38	24,3	2,51	52,1	2,18	46,3
Слой 0-0,3 м и 0-0,5 м									
Контроль		1,79		1,10		1,78		1,55	
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	2	2,05	14,5	1,31	19,1	2,07	16,3	1,81	16,7
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	2,5	2,58	44,1	1,34	21,8	2,61	46,7	2,18	40,6
N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	3	2,81	56,9	1,39	26,4	2,81	58,1	2,34	51,0
Слой 0-0,5 м									
Контроль		1,68		1,09		1,53		1,43	
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	2	1,89	12,5	1,26	15,6	1,74	13,7	1,63	13,9
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	2,5	2,30	36,9	1,29	18,3	2,05	34,3	1,88	31,5
N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	3	2,54	51,2	1,32	21,1	2,29	49,5	2,05	43,4
		HCP <sub>05</sub> = 0,12 HCP <sub>a</sub> = 0,06 HCP <sub>b</sub> = 0,07		HCP <sub>05</sub> = 0,02 HCP <sub>a</sub> = 0,01 HCP <sub>b</sub> = 0,01		HCP <sub>05</sub> = 0,11 HCP <sub>a</sub> = 0,05 HCP <sub>b</sub> = 0,06			

Улучшение минерального питания почв создает благоприятные условия для более полного использования растениями оросительной воды, тем самым повышается эффективность орошения. Исследования показали, что в условиях естественного плодородия почвы урожайность

зерна сои была наименьшей.

Средняя по годам исследований урожайность на этом варианте составляла 1,43 - 1,55 т/га при всех рассматриваемых режимах орошения. Повышение плодородия почвы за счет внесения расчетных норм удобрений способствовало увеличению урожайности сои.

Внесение минимальной дозы удобрений ( $N_{15}P_{60}K_{20}$ ) привело к повышению урожая сои во все годы исследований на 0,20 - 0,26 т/га относительно контроля. Средняя урожайность сои на этом варианте составляла 1,63 - 1,81 т/га. Увеличение дозы минерального удобрения сопровождалось повышением урожайности сои. Так, при внесении дозы  $N_{60}P_{90}K_{50}$  происходило увеличение урожайности на 0,45 - 0,63 т/га по отношению к контролю. Дальнейшее повышение дозы удобрения способствовало увеличению урожайности на 0,62 - 0,79 т/га и составило в среднем по годам исследований 2,05 - 2,34 т/га.

Показатели прибавки урожайности от внесения различных доз удобрений в разные годы исследований имеют некоторые расхождения. Это объясняется большой зависимостью урожайности от метеорологических условий года.

Анализируя влияние различных уровней влагообеспеченности и минерального питания на урожай сои, следует отметить, что самая высокая урожайность сои была получена при поддержании предполивного порога влажности на уровне 80% в дифференцированном слое, а на вариантах с внесением удобрений - при максимальной его дозе.

## **Глава 4 ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ПАРОВЫМИ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМИ И ДОЗАМИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ**

### **4.1 Динамика роста и развития сои**

Основной экологический принцип повышения продуктивности - согласование потребности растения с условиями внешней среды. Однако ее влияние на рост и развитие растений обусловлено действием различных факторов [90].

Одним из основных критериев оценки условий формирования урожая может служить продолжительность периода вегетации. За период вегетации, от посева до созревания, соя проходит качественно различные фазы развития. На сроки их прохождения и продолжительность межфазных периодов естественное влияние оказывают метеорологические условия в период вегетации сои, биологические особенности сорта, технологии возделывания. Рост и развитие отражают всю совокупность процессов взаимодействия организма с факторами внешней среды [62].

Рост - необратимое увеличение размеров и массы тела, связанное с новообразованием элементов структуры организма. Развитие - это качественные изменения структуры и функций растения и его отдельных - частей - органов, тканей, клеток, возникающие в процессе онтогенеза. В процессе роста накапливается органическое вещество, формируется урожай [105].

Соя отличается в начальную фазу развития сильным ростом корневой системы, что обуславливает значительную потребность ее в воде и элементах питания, особенно при формировании репродуктивных органов.

Создавая оптимальный водный режим почвы, и регулируя минеральное питание, можно поддерживать максимальный рост всех органов растения, то есть управлять их продуктивностью. Перерывы в снабжении растений водой тормозят рост надземных и подземных органов, ограничивают продуктивность растений. Упущенные возможности в про-

явлении роста нельзя наверстать в последующем (даже при самых благоприятных условиях) из-за ограниченности вегетационного периода [19].

При недостатке влаги в почве процесс роста и развития замедляется, вегетативная часть становится грубее, наблюдается отставание в наступлении каждой из последующих фаз развития, существенно снижаются темпы роста растений и, как следствие падает выход товарной продукции.

Полноценное развитие каждого отдельного биологического процесса при формировании продуктивной части урожая возможно только при оптимизации водного и питательного режимов почвы. Улучшение водного и пищевого режима в значительной степени стимулирует линейный рост сои, накопление сухого вещества в посевах.

Как показали наблюдения (рис. 4.1) значительное влияние на динамику линейного роста растений сои оказывала влагообеспеченность почвы. Так, к началу фазы цветения, на варианте со 2 режимом орошения, где поливы давались при снижении влажности активного слоя почвы 80% НВ высота растений сои была выше других вариантов и равна 0,37 м (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Линейный рост сои при различных режимах орошения в сочетании с паровыми предшественниками (среднее за 2001 - 2003), м

Вариант режима влажности почвы	Фазы роста и развития растений					
	ветвление	начало цветения	начало бобообразования	начало массового налива бобов	созревание	
					начало	полное
Контроль	0,05	0,2	0,33	0,52	0,50	0,45
90% НВ	0,06	0,27	0,4	0,56	0,53	0,49
80% НВ	0,08	0,37	0,5	0,65	0,6	0,58
70% НВ	0,07	0,32	0,44	0,59	0,56	0,53

Наиболее низкие темпы приростов были отмечены на вариантах с предполивным уровнем влажности почвы 70%. Так к началу созревания бобов растения сои имели максимальную высоту за весь период вегетации, при 1 режиме орошения их высота составила - 0,56 м, при 2 режиме орошения - 0,65 м.

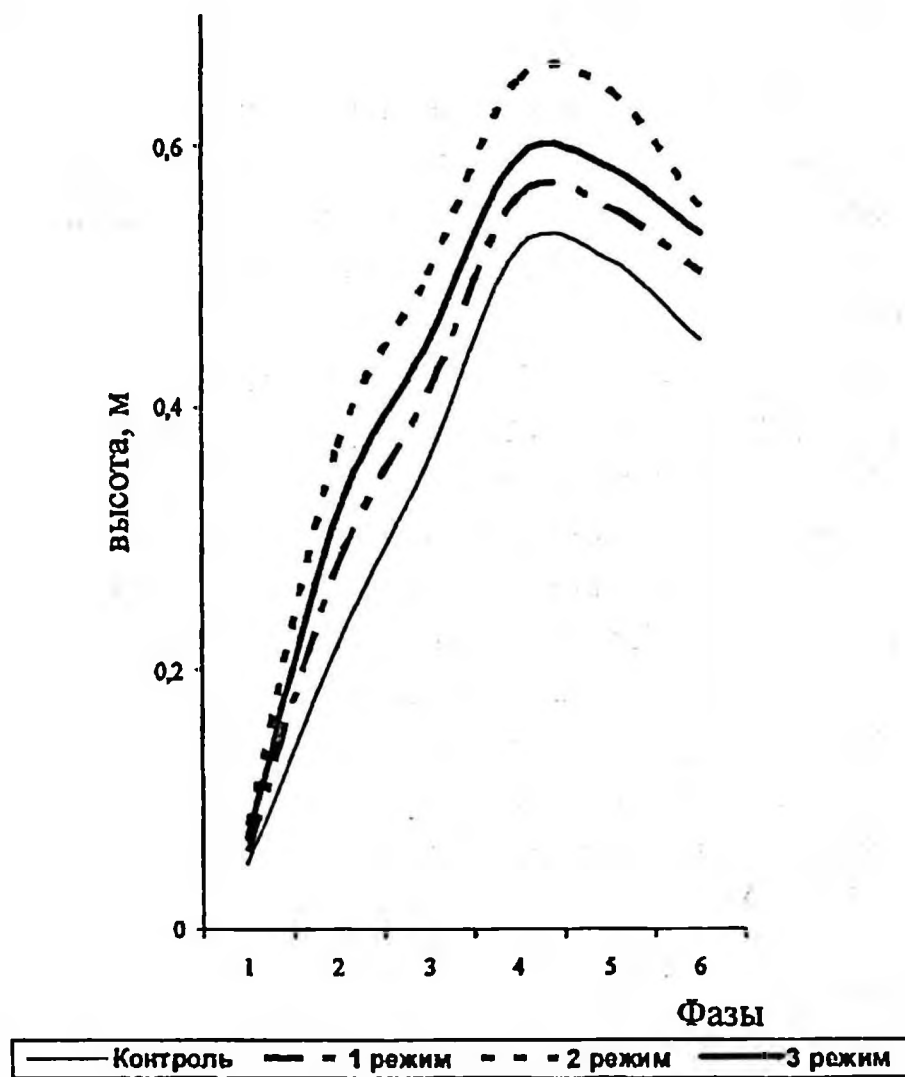


Рис. 4.1. Динамика линейного роста сои по вариантам режимов орошения с различной ППВ почвы

1 – ветвление; 2 – начало цветения; 3 – начало плодообразования; 4 – начало массового налива бобов; 5 – начало созревания; 6 – полное созревание.

К концу вегетации растения уменьшают свою высоту от 0,02 до 0,05 м. Это объясняется тем, что верхний ярус листьев у сои выше стебля, и поэтому опадение листьев в период созревания сои ведет к уменьшению высоты растений.

На показатели линейного роста сои существенное влияние оказывает дифференцирование глубины промачивания почвы (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Линейный рост сои при различных режимах орошения  
(среднее 2002-2004), м

Вариант режима влажности почвы	Фазы роста и развития растений				
	ветвление	начало цветения	начало бобообразования	начало массового налива бобов	созревание
80%НВ в слое 0,3 м	0,08	0,57	0,77	0,99	0,94
80%НВ в слое 0,3 – 0,5 м	0,08	0,57	0,92	1,10	1,01
80%НВ в слое 0,5 м	0,08	0,54	0,80	1,03	0,97

Наиболее благоприятно сложились условия для роста растений на варианте с предполивным уровнем влажности 80% НВ в дифференцированном слое. Наименьшей высотой растений отличались варианты с поддержанием поливного уровня влажности почвы 80% в слое 0,3 м в течение всего периода вегетации. Замеры высоты растений показали, что в фазе созревания бобов растения сои имели максимальную высоту за весь период вегетации. Так, при первом режиме орошения (слой 0,3 м) их высота составила – 0,99 м, при 2-м режиме орошения (слой 0,3 - 0,5 м) – 1,09 м и при 3-м режиме орошения (слой 0,5 м) - 1,01 м. На протяжении всего периода вегетации, нами велись фенологические наблюдения. По изучаемым вариантам опыта фиксировались даты наступления основных фаз развития. Продолжительность периода вегетации, в течение которого сельскохозяйственные культуры проходят разнокачественные фазы развития, является одним из важных критериев оценки условий формирования их урожая. За период наблюдений увеличение продолжительности вегетации наблюдалось на вариантах опыта с улучшенным водным режимом почвы, благодаря чему создавались более благоприятные условия для повышения продуктивности сои. Влияние водного режима почвы на продолжительность вегетации сои начинает проявляться уже в период посев - всходы, так в зависимости от вариантов режима орошения сои всходы появляются на 7-й - 11-й день. Результаты исследований представлены в таблицах 4.3, 4.4, 4.5.

Таблица 4.3

Продолжительность межфазных периодов роста и развития сои в зависимости от варианта режима влажности почв (норма удобрений на планируемую урожайность 2,5 т/га)

Год исследований	Вариант режима влажности почвы	Продолжительность, дней							
		посев - всходы	всходы - цветение	цветение - начало бобообразования	бобообразование - начало массового налива бобов	налив - начало созревания	начало созревания - полное созревание	посев - полное созревание	всходы - полное созревание
2002	80%НВ в слое 0,3 м	8	39	21	10	17	12	106	98
	80%НВ в слое 0,3 - 0,5 м	8	39	21	10	18	13	108	100
	80%НВ в слое 0,5 м	8	39	22	10	18	12	108	100
2003	80%НВ в слое 0,3 м	9	38	23	16	14	11	111	102
	80%НВ в слое 0,3 - 0,5 м	9	38	23	16	14	11	111	102
	80%НВ в слое 0,5 м	10	38	23	16	14	11	112	102
2004	80%НВ в слое 0,3 м	8	37	21	12	17	13	107	99
	80%НВ в слое 0,3 - 0,5 м	8	37	22	13	17	12	109	101
	80%НВ в слое 0,5 м	7	38	21	13	17	12	108	101

Таблица 4.4

Продолжительность межфазных периодов роста и развития сои в зависимости от уровня минерального питания  
(режим поддержания влажности - 80%НВ в слое 0,3 м от начала вегетации до фазы цветения и  
0,5 м с фазы цветения и до конца вегетации)

Год исследования	Вариант удобрений	Продолжительность, дней							
		посев - всходы	всходы - цветение	цветение - начало бобообразования	бобообразование - начало массового налива бобов	налив - начало созревания	начало созревания - полное созревание	посев - полное созревание	всходы - полное созревание
2002	Контроль	8	38	19	9	15	12	101	93
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	8	38	20	10	16	12	104	96
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	8	39	21	10	17	13	108	100
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	8	40	22	11	17	13	110	102
2003	Контроль	9	37	21	15	13	11	106	97
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	9	38	22	16	13	11	109	100
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	9	38	23	16	14	11	111	102
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	9	39	24	17	14	12	115	106
2004	Контроль	8	36	20	11	16	12	103	95
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	8	36	21	12	16	12	105	97
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	8	37	22	13	17	12	109	101
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	8	38	23	14	17	13	113	105

Таблица 4.5

Продолжительность межфазных периодов роста и развития сои в зависимости от варианта режима влажности почв

Год исследования	Вариант режима влажности почвы	Продолжительность, дней							
		посев - всходы	всходы - цветение	цветение - начало бобообразования	бобообразование - начало массового налива бобов	налив - начало созревания	начало созревания - полное созревание	посев - полное созревание	всходы - полное созревание
2001	Контроль	10	40	19	14	18	13	114	104
	1	9	38	20	16	20	13	116	107
	2	7	36	21	14	22	17	117	110
	3	8	39	19	15	21	13	115	107
2002	Контроль	11	41	23	10	11	15	110	99
	1	8	40	25	12	11	16	112	104
	2	8	38	26	9	18	15	114	106
	3	9	39	24	12	11	16	111	102
2003	Контроль	10	43	22	13	19	10	117	107
	1	9	42	22	17	13	10	113	104
	2	7	41	23	16	14	10	111	104
	3	8	42	22	14	19	11	116	108

## 4.2 Структура урожая и оценка качества семян сои

Соя обладает большой пластичностью и комбинационной способностью формирования урожая. Влагообеспеченность, пищевой режим, способы и нормы высева в значительной степени влияют на величину биологической массы в посевах.

Однако, например, при улучшении обеспеченности почвы под соей в различные периоды роста и развития растений темпы наращивания сухого вещества не всегда изменяются пропорционально. Еще сложнее зависимость между регулируемыми факторами растений и семенной продуктивностью сои. Выяснению характера этих зависимостей во многом помогает изучение структуры урожая зерна сои [62].

Как показали наблюдения, количество бобов, семян в них, масса семян и продуктивность растений сои существенно изменяются в зависимости от влагообеспеченности растений.

Так, в условиях поддержания влажности почвы не ниже 70% НВ после различных паровых предшественников зерновая продуктивность не превышала 2,6 г, причем снижение урожайности происходило, в основном, за счет уменьшения числа семян в бобе и их массы (табл. 4.6).

Повышение предполивного порога влажности до 80% НВ способствовало увеличению массы зерен собранных с одного растения. Так наибольшая масса была отмечена в варианте после соевосидерального пара и составляла 2,8 г.

Структурный анализ урожая на этом варианте выявил, что увеличение продуктивности произошло вследствие увеличения количества завязавшихся бобов.

Таблица 4.6

Структура урожая сои при различных паровых предшественниках (среднее за 2001-2003 гг.)

Предполивной порог влажности почвы	Предшественник	Средняя масса одного растения, г	Количество бобов на 1 растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса семян с одного растения, г	Масса соломы с одного растения, г	Высота прикрепления нижнего боба, м	Урожай семян, т/га
Контроль без орошения	Контроль	4,6	9,5	1,7	120,4	2,3	2,3	0,089	1,09
	Чистый пар	4,8	9,6	1,8	125,6	2,4	2,4	0,089	1,19
	Занятый пар	4,7	9,6	1,7	121,7	2,4	2,3	0,087	1,15
	Сидеральный пар	5,0	9,8	1,9	131,4	2,5	2,5	0,098	1,34
90% НВ	Контроль	5,0	9,9	1,7	130,8	2,4	2,6	0,095	1,48
	Чистый пар	4,8	10,1	1,8	132,4	2,4	2,6	0,097	1,65
	Занятый пар	4,9	10,0	1,7	129,9	2,4	2,5	0,122	1,58
	Сидеральный пар	5,3	10,8	1,8	135,9	2,6	2,7	0,127	1,77
80% НВ	Контроль	5,6	10,5	1,9	154,1	2,6	3,0	0,128	1,59
	Чистый пар	5,8	10,6	1,8	157,9	2,7	3,1	0,133	1,69
	Занятый пар	5,6	10,6	1,7	155,0	2,6	3,0	0,142	1,67
	Сидеральный пар	6,1	10,8	1,9	159,0	2,8	3,3	0,151	1,9
70% НВ	Контроль	5,2	9,8	1,7	141,0	2,5	2,7	0,100	1,45
	Чистый пар	5,4	9,9	1,8	144,3	2,6	2,8	0,105	1,52
	Занятый пар	5,4	9,9	1,9	146,7	2,6	2,8	0,109	1,47
	Сидеральный пар	5,5	10,1	1,8	149,9	2,6	2,9	0,120	1,66

С целью увеличения семенной продуктивности сои был заложен вариант с поддержанием высокого уровня предполивной влажности почвы до 90% НВ в течение всего периода вегетации. Однако повышение уровня влажности почвы в первоначальные периоды роста и развития сои привело к уменьшению количества завязавшихся на растениях бобов и повысило долю соломистого урожая. Это в значительной степени снизило семенную продуктивность посевов на этом варианте: масса семян, собранных с одного растения не превышала 2,7 г, средняя фактическая урожайность составила 1,77 т/га семян сои.

Повышение плодородия почвы за счет паровых предшественников увеличивало общую массу растений, количество завязавшихся бобов, число семян в них, в том числе крупных и, в конечном счете, повышало семенную продуктивность.

Самая низкая урожайность сои была отмечена на делянках контрольного варианта. Под влиянием паровых предшественников значительно активизировались биологические процессы, протекающие в посевах, увеличилось количество бобов на растении, число и масса семян, находящихся в них. В результате суммарная масса семян с одного растения увеличилась до 3,3 г. Увеличение урожая сои происходило в большей мере за счет укрупнения семян и повышения их массы, в меньшей степени за счет роста количества завязавшихся бобов и зерен в них. Увеличение густоты стояния приводило к снижению общей массы одного растения, количества бобов в них, уменьшалось число семян в бобах и их масса, как следствие, сбор с одного растения. В какой-то степени это компенсировало увеличение числа растений на площади посевов.

Важную роль для увеличения фактического урожая сои играет приспособленность сорта к механизированной уборке. В этом смысле необходимо учитывать высоту прикрепления нижнего боба, которая оказывает естественное влияние на величину потерь урожая при уборке. Вместе с тем высота прикрепления нижнего боба в значительной степени изменяется в зависимости от многих внешних факторов. В наших исследованиях улучшение водного режима почвы повлекло за собой уве-

личение высоты прикрепления нижнего боба. Максимальной высотой прикрепления отличались варианты при поддержании влажности почвы 80% НВ. Значения высоты прикрепления нижнего боба на этом варианте достигали до 15 см, что говорит об их высокой приспособленности к механизированной уборке.

Повышение плодородия почвы за счет паровых предшественников способствовало увеличению высоты прикрепления боба в еще большей степени. Числовое значение этих показателей на контрольных вариантах составляло 8,9 - 12,8 см, после чистого пара 9,9 - 13,3 см, наибольшее значение отмечено после соево-сидерального пара - 15,1 см.

При изучении эффективности норм внесения удобрений под ту или иную культуру, очень важно установить, на какие элементы структуры урожая положительно или отрицательно действуют условия среды: природно-климатические и созданные посредством внесения в почву удобрений; как это отражается на конечном продукте - урожайности. При различных дозах внесенного сапропеля увеличение урожая сои складывалось за счет формирования большего числа и массы семян на одном растении. На варианте без внесения сапропеля количество семян с одного растения изменялось от 9,5 до 10,3 штук, в зависимости от условий вегетационного периода.

Как показали наблюдения, количество бобов, семян в них, масса семян и продуктивность растений сои существенно изменяются как в зависимости от влагообеспеченности растений, так и от внесения расчетных норм минеральных удобрений (табл. 4.7). Так, в условиях поддержания влажности почвы на уровне 80% НВ в слое 0,3 м (в течение всей вегетации) на контроле зерновая продуктивность не превышала 4,8 г. Повышение предполивного порога влажности до 80% НВ в дифференцированном слое способствовало увеличению массы семян собранных с одного растения.

Таблица 4.7

Структура урожая сои (среднее за 2002-2004 гг.) при внесении минеральных удобрений

Режим орошения	Доза внесения удобрения	Средняя масса одного растения, г	Количество бобов на 1 растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Масса семян с одного растения, г	Масса соломы с одного растения, г	Высота прикрепления нижнего боба, м	Урожай семян, т/га
80%НВ в слое 0,3 м	Контроль	9,2	16,6	1,7	123,7	3,5	5,7	0,128	1,49
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	10,1	17,5	1,8	130,1	4,2	5,9	0,142	1,70
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	10,7	18,0	1,8	135,4	4,6	6,1	0,151	1,98
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	11,2	18,5	1,9	139,1	4,8	6,4	0,158	2,18
80%НВ в слое 0,3 -- 0,5 м	Контроль	9,5	16,9	1,7	124,8	3,6	5,9	0,132	1,55
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	10,4	17,5	1,8	132,4	4,3	6,1	0,150	1,81
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	11,1	18,1	1,9	137,3	4,7	6,4	0,159	2,18
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	11,6	18,6	1,9	140,2	5,0	6,6	0,165	2,34
80%НВ в слое 0,5 м	Контроль	8,9	16,2	1,7	123,5	3,5	5,5	0,129	1,43
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	9,8	17,2	1,8	129,4	3,9	5,9	0,144	1,63
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	10,3	18,0	1,9	133,0	4,3	6,0	0,151	1,88
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	11,0	18,4	1,9	137,4	4,7	6,3	0,159	2,05

Так наибольшая масса была отмечена в варианте с внесением максимальной дозы удобрения и составила 5,0 г на одно растение. Анализ структуры урожая на этом варианте показал, что увеличение продуктивности произошло вследствие увеличения количества завязавшихся бобов.

На варианте с поддержанием уровня предполивной влажности почвы 80% НВ в слое 0,5 м (в течение всего периода вегетации) произошло снижение зерновой продуктивности посевов. Это обусловлено тем, что повышение уровня влажности почвы в первоначальные периоды роста и развития сои привело к уменьшению количества завязавшихся на растениях бобов и повысило долю соломистого урожая. Это в значительной степени снизило семенную продуктивность посевов на этом варианте: масса семян, собранных с одного растения не превышала 4,7 г, урожайность составила 2,05 т/га сои.

При различных дозах внесения минерального удобрения происходило увеличение урожая сои, которое складывалось за счет формирования большего числа и массы семян на одном растении. На варианте без внесения удобрений количество зерен с одного растения изменялось от 27,5 до 28,7 штук. Внесение максимальной дозы удобрения повысило этот показатель на 1,7 - 2,2 штук относительно контрольного варианта. Масса семян на одно растение при внесении максимальной дозы удобрения возросла на 1,4 - 1,5 г относительно варианта без удобрения.

Таким образом, повышение плодородия почвы за счет внесения расчетных норм удобрения увеличивало общую массу растений, количество завязавшихся бобов, число семян в них, в том числе крупных и, в конечном счете, повышало семенную продуктивность. Самая низкая урожайность сои была отмечена на делянках с естественным плодородием почв 1,43 т/га. Общая масса одного растения в среднем равнялась 8,9 г, а ее семенная составляющая не превышала 3,5 г. Внесение даже минимальной дозы минерального удобрения способствовало усилению репродукционных процессов у сои. В результате суммарная масса семян с одного растения увеличилась до 3,9 г, а урожайность семян на этом варианте на 0,2 т/га превзошла показатели контрольного

варианта. Масса 1000 семян в варианте с естественным плодородием почвы в среднем по всем вариантам режима орошения составляла 124 г и повышалась при внесении минеральных удобрений до 136,4 г.

Данные таблицы 4.7 показывают, что с увеличением уровня минерального питания активизировались ростовые процессы. Накопление надземной массы сои возросло с увеличением доз минеральных удобрений. В зависимости от метеорологических условий года, величина массы изменялась, но тенденция к возрастанию при увеличении доз минеральных удобрений сохранялась. Так, сухая надземная масса одного растения в варианте без внесения удобрений в среднем за 3 года составила 5,7 г.

Максимальной высотой прикрепления нижнего боба отличались растения на варианте с поддержанием предполивного порога влажности до 80% НВ в дифференцированном слое, что говорит о высокой приспособленности растений сои к механизированной уборке. Так, на варианте без внесения удобрений высота прикрепления нижнего боба была минимальной и составила 12,9 см. Внесение минимальной дозы удобрения увеличивало высоту в среднем до 14,5 см, а внесение максимальной дозы удобрений - до 15,9 см.

При возделывании сои в условиях орошения задачей, наряду с обеспечением продуктивности, являлось получение высокого качества семян сои. Качество сои в большей степени изменялось в зависимости от сортовых особенностей. Однако заметное влияние оказывали так же и условия возделывания. Соя относится к числу немногих растений, богатых белком и жиром, общее содержание белка и масла в зрелых ее семенах колеблется в зависимости от сортовых особенностей, условий выращивания, воздействия различных факторов. Примерно половина всей потребности организма человека и животных в белках покрывается за счет продуктов переработки зернобобовых культур, поэтому повышение содержания белка в этих продуктах, улучшение его фракционного и аминокислотного состава – весьма важная задача. Чтобы разрешить ее, нужно изучить влияние различных факторов на улучшение этих показателей. Белки соевой муки универсальны, они находятся во всех частях семени сои, но преимущественно в семядолях и представлены за-

пасными белками, в основном глобулинами (59 - 81%). Кроме глобулинов, в семенах сои содержится наибольшее количество альбуминов (8 - 12%). Белок сои отличается высокой растворимостью в воде. Водорастворимая фракция составляет 61 - 92% от общего количества белка сои, а щелочерастворимая - 3 - 22% [20, 62].

Биохимические исследования качества урожая сои показали, что изменение предполивной влажности почвы оказывает влияние на изменение содержания белка. В вариантах с паровыми предшественниками наименьшее содержание белка отмечено в вариантах с первым режимом орошения от 36,05 до 38,05%. Максимальный процент белка был отмечен в варианте со вторым режимом орошения и составил 41,50%. Влияние паровых предшественников, направленное на увеличение урожайности, при тех же режимах орошения, способствовало увеличению качества семян сои, повышению их белковости. В вариантах с чистым паром содержание белка увеличилось до 37,65%, с занятым паром - изменений не произошло содержание белка осталось равным содержанию его на контроле 36,05%, в вариантах с сидеральным паром процент белка увеличился до 38,50% по первому режиму орошения (табл. 4.10).

Таблица 4.8

Содержание протеина в семенах сои в зависимости от режима орошения и паровых предшественников, % (среднее за 2001 - 2003 гг.)

Предполивной порог влажности почвы	Паровой предшественник			
	контроль	чистый пар	занятый пар	сидеральный пар
Контроль (без орошения)	35,98	36,90	38,14	39,00
90% НВ	36,05	37,65	36,05	38,50
80% НВ	37,41	37,15	39,02	41,50
70% НВ	36,57	38,88	38,50	38,89

По второму режиму орошения наименьший процент белка был отмечен на контроле 37,41%, наибольший - 41,50% после сидерального пара.

В среднем за три года исследований наименьшее содержание протеина в семенах сои оставалось в вариантах на контроле без орошения,

что указывает на увеличение процента белка под влиянием режимов орошения и паровых предшественников.

Однако качество урожая сои определяется не только процентом белка ее семян. Соя масленичная культура, поэтому большое значение, влияющее на качество семян, имеет величина содержания жира в них.

Между содержанием белка и масла в семенах существует обратная взаимосвязь (коэффициент корреляции около 0,78): чем больше белка в семенах, тем меньше в них масла, и наоборот.

Полевые опыты, проведенные в 2001 - 2003 годах, выявили изменение содержание жира в семенах сои в зависимости от режима увлажнения почвы (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Количество жира в семенах сои в зависимости от режима орошения и паровых предшественников, % (среднее за 2001 - 2003 гг.)

Предполивной порог влажности почвы	Паровой предшественник			
	контроль	чистый пар	сидеральный пар	занятый пар
Контроль (без орошения)	17,78	18,26	21,11	17,28
90% НВ	17,99	19,58	21,07	18,06
80% НВ	18,01	20,90	21,31	17,97
70% НВ	17,56	18,78	20,71	18,17

Причем, если доля протеина в сое при повышении водообеспеченности уменьшается, то содержание жира растет пропорционально увеличению предполивного уровня влажности почвы. Содержание жира в одном килограмме сои было минимальным на варианте, где поливы давались при снижении влажности почвы до 70% НВ. Количество жира в семенах сои на этих вариантах изменялось от 17,56 до 20,71% в зависимости от парового предшественника.

При улучшении влагообеспеченности почвы (поливы давались при снижении ее до 80% НВ) содержание жира увеличивалось от 18,01 до 21,31%, наибольшее содержание при этом режиме орошения было после сидерального пара.

Таким образом, биохимические исследования качества урожая сои показали, что режимы орошения и паровые предшественники оказывают влияние на химический состав семян. На всех рассматриваемых ва-

риантах содержание протеина в семенах повышалось до 4% по сравнению с данными контрольного варианта. Содержание жира в семенах сои составляет в среднем 18,76 - 21,31%. Наблюдается тесная связь между качеством масла, его количеством и условиями выращивания сои.

Биохимические исследования качества урожая сои показали, что изменение предполивной влажности почвы оказывает влияние на изменение содержания белка. При поддержании влажности на уровне 80% НВ в слое 0,5 м наблюдалась тенденция к снижению белковой составляющей. Наименьшее содержание белка от 34,9 до 38,2% отмечено именно на этом варианте. Максимальный процент белка был отмечен в варианте с первым режимом орошения и составил 39,1%. Повышение плодородия почвы за счет внесения удобрения при тех же режимах орошения, способствовало улучшению качества семян сои, повышению содержания в них белка. Данные таблицы 4.14 показывают, что даже минимальная доза удобрения повышает содержание белка в семенах сои в среднем на 1,2%. Дальнейшее повышение дозы удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>50</sub>) увеличивает содержание сырого белка на 2,3% относительно данных контрольного варианта.

Таблица 4.10

Количество белка в семенах сои в зависимости от режима орошения и минеральных удобрений, % (среднее за 2002 - 2004 гг.)

Режим орошения	Дозы внесения удобрения			
	контроль	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>
1-й режим орошения	35,4	37,2	38,3	39,1
2-й режим орошения	34,9	35,9	37,1	38,2
3-й режим орошения	35,7	36,4	37,6	38,5

При внесении максимальной дозы удобрения наблюдалось максимальное содержание сырого белка в семенах сои, которое составило 38,6% относительно варианта без внесения удобрения.

В среднем за три года исследований наименьшее содержание белка в семенах сои оставалось в вариантах без внесения удобрения и вариантах с поддержанием уровня влажности 80% в слое 0,5 м.

Данные таблицы 4.15 указывают на тесную зависимость содержания жиров в семенах от условий выращивания сои.

Опыты показали, что содержание жира в одном килограмме семян сои было минимальным на вариантах, где поливы давались из расчета поддержания влажности почвы на уровне 80% НВ в слое 0,3 м.

Количество жира в семенах сои на этом варианте режима орошения изменялось в пределах 18,3 - 18,7% (табл. 4.11).

Таблица 4.11

Содержание жира в семенах сои в зависимости от режима орошения и доз минеральных удобрений, % (среднее за 2002 - 2004 гг.)

Режим орошения	Дозы внесения удобрения			
	контроль	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>
1-й режим орошения	18,3	18,5	18,5	18,7
2-й режим орошения	18,5	19,0	18,9	19,5
3-й режим орошения	18,4	18,6	18,6	18,8

Наибольший выход жира с единицы площади посевов был на варианте с поддержанием уровня влажности 80% в дифференцированном слое. Содержание жира здесь достигло 19,5%.

На всех рассматриваемых вариантах содержание жира в семенах повышалось при внесении минеральных удобрений. Так, на варианте с внесением средней дозы удобрения наблюдается повышение содержание жира в семенах сои 18,5 - 18,9%, тогда как на контроле - 18,3 - 18,5%.

Таким образом, повышение уровня влагообеспеченности почвы, несмотря на некоторое снижение процента содержания белка в семенах сои, увеличивало сбор белка с гектара за счет повышения урожайности сои при внесении расчетных доз минеральных удобрений.

### 4.3 Засорённость посевов сои

Сорные растения наносят большой ущерб орошаемому земледелию. Они обедняют почву питательными веществами и влагой, затеняют и заглушают посевы, снижают интенсивность ассимиляции сельскохозяйственных культур, распространяют вредителей и болезни, затрудняют обработку почвы и уборку урожая.

По данным ВНИИ СОИ от сорняков теряется 20 - 29 % урожая.

Сорняки способствуют снижению ветвистости в среднем на 20 - 25%, уменьшению количества бобов на 29 - 50%.

Сорняки снижают вынос питательных веществ культурой в 1,5 - 2 раза по сравнению с чистыми посевами. Поэтому борьба с сорной растительностью на посевах сои является обязательным элементом ее технологии возделывания [42].

Для борьбы с сорной растительностью в посевах сои необходимо применять комплекс агротехнических мероприятий, включающих основную и предпосевную обработку почвы, боронование посевов, междурядную обработку, применение гербицидов.

Очень эффективна в условиях орошения глубокая вспашка плугами с предплужниками при ее сочетании с предварительным лущением. Неглубокое лущение вслед за уборкой предшественника при наличии влаги в верхнем слое почвы вызывает массовое прорастание сорняков.

После прорастания сорняков проводят вспашку плугами с предплужниками. Непроросшие или только что наклонувшиеся семена, заделанные на дно борозды, прорастают и гибнут, не достигая поверхности почвы.

Чистые пары в севооборотах при правильной агротехнике наиболее эффективны в борьбе с сорняками. При паровой обработке уничтожаются всходы однолетних и многолетних сорняков, создаются условия для очищения почвы от их семян по всей глубине пахотного слоя. В связи с этим снижается засоренность последующих культур в севообороте.

При размещении культур по занятым и сидеральным парам условия для борьбы менее благоприятны, но при высокой агротехнике и здесь можно эффективно бороться с сорняками [30, 48, 63, 69, 114].

Известно, что при длительном возделывании культур на одном участке их урожайность резко снижается. Это происходит, прежде всего, за счет высокой засоренности посевов. Быстрое размножение сорняков среди культурных растений обуславливается их биологической приспособленностью к местным условиям существования.

Сорняки усиливают отрицательное действие засухи, перехватывая у культурных растений влагу и питательные вещества, способствуют распространению многих вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, затрудняют проведение полевых работ и резко ухудшают качество продукции.

Применяемые в настоящее время механические приемы борьбы с сорняками усиливают эрозионные процессы на склоновых землях, а интенсивное использование химических средств ведет к загрязнению окружающей среды. Помимо этого, вместо чувствительных к гербицидам сорняков возрастает засоренность устойчивыми видами, подчас не менее вредоносными.

Возделывание одной и той же культуры приводит к резкому увеличению засоренности посевов, особенно теми видами, которые лучше приспособились к совместному произрастанию. Распространение сорняков - есть нарушение агротехнических приемов возделывания отдельных культур в севообороте, а засоренность - есть показатель бессистемного ведения хозяйства [42].

В исследуемые годы засоренность посевов сои в меньшей степени зависела от режимов орошения, чем от парового предшественника. Тем не менее, наиболее высокую эффективность борьбы отмечали при 1-м режиме орошения.

Как и следовало ожидать наименьшее количество сорняков было отмечено после чистого пара - 23 шт/м<sup>2</sup>. После занятого пара сократилось число многолетних сорняков до 29 шт/м<sup>2</sup>. При 1-м режиме орошения наблюдалась наименьшая засоренность посевов сои по всем вариантам опыта, это происходило за счет частых культиваций поля. Если при 2-м режиме орошения количество сорняков на варианте без паровых предшественников составило 54 шт/м<sup>2</sup>, при 3-м режиме орошения - 74 шт/м<sup>2</sup>, то при 1-м режиме орошения только 43 шт/м<sup>2</sup>.

С наступлением фазы 2 - 3 тройчатых листьев, когда четко намечались рядки, для улучшения воздушного режима и создания благоприятных условий биологической фиксации азота, проводилась междурядная обработка на глубину 6-8 см. После вегетационных поливов, до смыкания растений в междурядьях, необходимо повторять междурядные обработки.

Наибольшая засоренность посевов была отмечена после 3-го режима орошения, на контроле, где было максимальное количество как однолетних, так и многолетних сорняков - 58 и 16 шт/м<sup>2</sup> соответственно, при этом же режиме орошения, после чистого пара их общее число сократилось до 65 шт/м<sup>2</sup> (табл. 4.12).

Таблица 4.12

## Засоренность посевов сои (среднее за 2001-2003 гг.)

Вариант	Предшественник	Количество сорняков, шт/м <sup>2</sup>				Масса сорняков, г/м <sup>2</sup>			
		одно-летние	много-летние	всего	% к контролю	одно-летние	много-летние	всего	% к контролю
Контроль	Контроль	60	6	66	100	114,2	23,2	137,4	100
	Чистый пар	48	14	62	93,9	95,3	17,3	112,6	82,2
	Занятый пар	48	14	60	90,9	99,7	14,7	114,4	83,5
	Сидеральный пар	50	15	65	98,5	109,6	18,4	128,0	93,4
90 % НВ	Контроль	34	9	43	100	115,9	22,1	138,0	100
	Чистый пар	18	5	23	53,5	90,5	16,5	107,0	77,5
	Занятый пар	21	8	29	67,5	53,4	19,2	72,6	52,6
	Сидеральный пар	24	10	34	79,0	56,8	33,3	90,1	65,3
80 % НВ	Контроль	38	16	54	100	11,5	58,1	196,1	100
	Чистый пар	30	7	37	68,5	88,1	27,4	115,5	58,9
	Занятый пар	39	11	50	92,6	110,8	30,4	141,2	72,0
	Сидеральный пар	42	11	53	98,1	133,4	31,2	164,6	83,9
70 % НВ	Контроль	58	16	74	100	155,1	49,0	204,0	100
	Чистый пар	53	12	65	87,8	127,1	30,7	157,8	77,4
	Занятый пар	57	10	67	90,5	131,4	41,8	173,2	84,9
	Сидеральный пар	55	16	71	95,9	154,8	45,1	200,9	97,9

Учет засоренности посевов сои показал, что количественный состав сорняков в исследуемые годы зависел как от режимов орошения, так и от условий минерального питания (таблица 4.13).

Таблица 4.13  
Засоренность посевов сои, шт/м<sup>2</sup> (среднее за 2002 - 2004 гг.)

Режим орошения	Доза внесения удобрения	Однолетние	Многолетние	Всего	% к контролю
80%НВ в слое 0,3 м	контроль	51	10	61	100
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	53	14	65	106
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	61	16	77	126
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	70	19	88	145
80%НВ в слое 0,3 – 0,5 м	контроль	59	10	69	100
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	70	14	84	121
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	81	12	93	134
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	82	18	101	146
80%НВ в слое 0,5 м	контроль	65	14	79	100
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	73	19	92	113
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	79	19	98	120
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	83	24	109	132

Если при 2-м режиме орошения количество сорняков на варианте без удобрений - 69 шт/м<sup>2</sup>, при 3-м режиме орошения - 79 шт/м<sup>2</sup>, то при 1-м режиме орошения только 61 шт/м<sup>2</sup>. Наибольшая засоренность посевов была отмечена на 3-м режиме орошения при внесении максимальной дозы минерального удобрения, где было наибольшее количество как однолетних, так и многолетних сорняков - 83 и 24 шт/м<sup>2</sup> соответственно, при этом же режиме орошения, на варианте без удобрения их общее число сократилось до 65 и 14 шт/м<sup>2</sup> соответственно.

#### 4.4 Влияние режимов орошения в сочетании с агроприемами на плодородие почвы

Народнохозяйственное значение почвы определяется ее плодородием. Плодородие является важнейшим свойством почвы, результатом развития природного почвообразовательного процесса, а при сельскохо-

зьяйственном использовании и процесса окультуривания. В современном земледелии под плодородием понимают способность почв удовлетворять способность растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития. Оно зависит также от свойств почвы и ее удобрения, возделываемых культур, агротехники. Плодородие почв может быть природным и искусственным, создаваемым человеком в результате разных антропогенных воздействий на почву: орошение, агротехническая обработка, удобрения. Одним из важнейших факторов, определяющих плодородие почвы, является режим влажности [25].

Являясь фактором, влияющим на формирование урожайности сельскохозяйственных культур, плодородие почвы, определяется мощностью гумусового горизонта, содержанием легко доступных элементов питания, реакцией почвенной среды, плотностью сложения, содержанием водопрочной структуры и т.д. Следует отметить, что плодородие пахотных почв области ухудшается, отсутствие средств интенсификации (минеральных удобрений, пестицидов, извести и др.) еще больше обостряют эту проблему.

Поэтому особо важное значение приобретают вопросы повышения плодородия почв в полевых севооборотах за счет других источников: многолетних трав, измельченной соломы, сидерального удобрения [30, 48, 63].

Соя предъявляет высокие требования к плодородию почвы. От всходов до цветения она потребляет мало питательных веществ, но резко снижает урожай, если их в почве недостаточно, так как в этот период закладываются репродуктивные органы [62, 105, 113].

Влияние различных режимов орошения определило следующие изменения показателей агрохимической характеристики почвы: в среднем за период исследований наиболее оптимальные условия увлажнения складывались при втором режиме орошения, что позволило повысить содержание таких элементов в почве как подвижного фосфора и обменного калия на 1,6 и 2,1% по сравнению с контролем без орошения.

Результаты анализов почвы в среднем за три года перед обработкой паров и по окончании представлены в таблице 4.14. Из таблицы

следует, что содержание гумуса после занятого пара увеличилось на 0,16%, а после чистого пара снизилось на 0,02%. Максимальное повышение содержания гумуса на 0,22 % отмечено после соево-сидерального пара.

Таким образом, использование чистого пара позволило повысить содержание подвижного фосфора и обменного калия, а соево-сидерального пара не только эти показатели, а так же и процентное содержание гумуса в почве.

Изучение содержания нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве производилось с целью контроля условий питания и оценки эффективности действия и последствий паровых предшественников при орошении. При этом особый интерес вызывало изучение содержания азота в почве, поскольку именно этот элемент чаще всего в условиях орошения оказывается в первом минимуме, наличие которого определяет величину и качество урожая.

Известно, что наиболее доступными для растений, прежде всего, являются минеральные формы азота: аммонийный и нитратный. Эти формы, как установлено проводимыми исследованиями являются равноценными источниками азотного питания. Нитратный азот образуется в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов в аэробных условиях.

Повышение урожайности бобовых культур связано с улучшением азотного питания, которое они получают не только из почвы, но и из воздуха, усваивая его в симбиозе с клубеньковыми бактериями, при этом потребность в азоте удовлетворяется до 70% [99].

Таблица 4.14

Влияние режимов орошения и паровых предшественников на изменение показателей агрохимической характеристики лугово-черноземовидной почвы (среднее за 2001 - 2003 гг.)

Паровые предшественники	Показатели						
	Гумус,%	Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы	рН		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	Сумма оснований, мг-экв на 100 г почвы
			солевое	водное			
Исходные данные							
	3,13	3,95	5,13	6,20	21,0	131	23,3
(после паровых предшественников)							
Контроль (пшеница)	3,12	4,01	5,01	6,15	21,3	139	22,1
Чистый пар	3,11	5,20	4,93	6,16	21,4	184	20,7
Занятый пар	3,20	4,80	5,0	6,24	19,8	151	21,3
Сидеральный пар	3,35	5,10	4,96	6,14	22,7	176	21,1
90% НВ							
Контроль (пшеница)	3,10	4,05	4,99	6,12	21,9	163	23,2
Чистый пар	3,12	5,20	4,91	6,15	21,4	184	21,7
Занятый пар	3,29	4,80	4,8	6,12	19,8	151	21,4
Сидеральный пар	3,35	5,10	4,76	6,12	22,7	176	21,9
80% НВ							
Контроль (пшеница)	3,18	4,26	5,05	6,15	22,3	180	22,2
Чистый пар	3,16	5,63	4,83	6,26	23,8	196	21,3
Занятый пар	3,19	4,94	4,91	6,21	21,1	163	22,3
Сидеральный пар	3,39	5,39	4,88	6,16	24,3	197	21,7
70% НВ							
Контроль (пшеница)	3,19	4,19	5,11	6,23	22,1	176	21,2
Чистый пар	3,16	5,27	4,93	6,16	21,4	184	20,7
Занятый пар	3,28	4,86	4,96	6,20	19,8	151	21,3
Сидеральный пар	3,37	5,19	4,96	6,13	22,7	176	21,1

Использование атмосферного азота способствует рациональному расходованию почвенного азота, который пополняется за счет органического вещества, гумуса – основного показателя почвенного плодородия. Наибольшее количество азота соя поглощает в фазу бобообразования. В последующие фазы развития потребность в азоте снижается, но сохраняется до конца вегетации. Избыток минерального азота в почве стимулирует рост вегетативных органов растения и задерживает развитие генеративных.

Однако бессистемное использование пашни в Приамурье ведет к снижению плодородия почв. По данным Амурского филиала «Дальгипрозем» за последние 10 лет запасы гумуса в среднем уменьшились на 4,5 т/га.

Наибольшие потери до 7 - 9 т/га отмечались на плодородной лугово-черноземовидной почве, где наиболее интенсивно ведется земледелие.

#### 4.7 Фотосинтетическая деятельность растений сои

Фотосинтез - основополагающий фактор в формировании урожая, ибо биомасса растений на 90 - 95% состоит из органических веществ, образующихся в результате поглощения лучистой энергии Солнца листьями растений. Для процесса фотосинтеза наиболее существенное значение имеет солнечная радиация участка Спектра, ограниченного длинами волн 380-710 нм, которая получила название фотосинтетически активной радиации (ФАР). Годовой ход ФАР подобен годовому ходу суммарной радиации, а сумма радиации определяется географической широтой территории (Каюмов М.К., 1977). Для условий юга Амурской области этот показатель составляет 2,2-1,8 млрд. ккал/га, а 5% возможного прихода равен 110-90 млн. ккал/га. Это дает возможность растениям формировать биологический урожай на уровне 27-23 т/га. Однако в процессе фотосинтеза коэффициент использования ФАР обычно составляет 0,5 - 1,5%, достигая рекордной величины 3,5-5% и теоретически возможной – 6 - 8% (Баранов В.Д., Тараканов И.Г., 1990). Коэффициент использования солнечной энергии в процессе фотосинтеза по подсчетам Е. Фог (Fog E., 1958) составляет 0,2% от общей радиации, достигающей земли, в то время как в лабораторных опытах он может достигать 25%. Использование энергии на фотосинтез на земном шаре для суши, по данным Е.Ц. Васинк, (цит. по Баранову В.Д., Тараканову

И.Г., 1990) составляет 0,27%. А.А. Ничипорович (1977) считает, что реальные возможности использования ФАР зерновыми культурами в условиях орошения могут достигать 4,5% [88, 89, 90].

Многочисленные исследования, как свидетельствуют литературные источники, подтверждают наличие корреляционной связи между урожаем и площадью листьев. При оптимальной влагообеспеченности для получения высоких урожаев площадь листьев в агрофитоценозах должна по возможности достигать 40 - 50 тыс. м<sup>2</sup>/га и как можно дольше удерживаться на этом уровне. Недостаточно быстрое нарастание фотосинтетического аппарата значительно снижает продуктивность посевов. Однако, рост урожайности не всегда коррелирует с нарастанием площади листьев, а только при достижении ею определенных оптимальных размеров [78, 88, 92, 93].

Процесс фотосинтеза протекает в основном в листьях, следовательно, в формировании урожая большую роль играет площадь листовой поверхности. Изучению основных закономерностей фотосинтетической деятельности растений посвящены многие работы: А.С. Оканенко (1954), А.А. Ничипоровича, Л.Е. Строгановой и др. (1961), Ф.Н. Купермана (1966), Н.Ф. Коняева (1970).

А.А. Ничипорович (1965) отмечает, что правильная организация фотосинтетической деятельности особенно важна в посевах с применением поливов. Отсутствие, уделяя к этому вопросу, приносит большой ущерб хозяйству, приводит к чрезмерному росту листьев, снижению выхода ценной части продукции, развитию заболеваний, снижению качества урожая (белка, жирности) [78].

При разработке теории и практики оптимизации формирования урожаев А.А. Ничипорович предлагает учитывать следующие основные показатели фотосинтетической деятельности растений:

Ход роста деятельности листьев.

1. Темпы накопления сухой биомассы урожая с расчленением его на отдельные органы.
2. Показатели чистой продуктивности фотосинтеза и фотосинтетического потенциала.

Максимальный суточный прирост растений достигается при создании наибольшей поверхности листьев, для этого при орошении необходимо создавать благоприятные условия сначала для образования и роста листового аппарата – основы высокого урожая, а затем для работы

листьев, чтобы получить продукцию высокого качества [19, 20].

В исследованиях 2001 - 2004 гг. ставилась задача установить динамику показателей фотосинтетической деятельности сои при различном сочетании основных факторов жизни растений. В опытах наблюдалось значительное варьирование в формировании площади листьев на единице поверхности, накоплении сухого вещества и интенсивности работы фотосинтетического аппарата растений сои по периодам развития в зависимости от режимов орошения в сочетании с паровыми предшественниками, сапропелем, минеральными удобрениями.

На формирование работы фотосинтетического аппарата растений оказывают большое влияние условия произрастания, а именно: температура воздуха, влагообеспеченность, солнечная радиация, минеральное питание и др.

Регулируя обеспеченность растений водой и элементами питания, можно создать условия более благоприятные для продуктивного использования энергии солнечной радиации и значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Высокопродуктивные посевы по данным академика И.С. Шатилова характеризуются фотосинтетическим потенциалом (ФСП) не менее  $2 \text{ млн. м}^2 \cdot \text{дн/га}$  в расчете на каждые 100 дней вегетации. Анализ влияния водообеспеченности на этот показатель активности фотосинтеза в наших исследованиях с соей показал, что к уборке с поддержанием режима орошения 80% НВ в сравнении с уровнем увлажнения почвы 70% НВ на каждом варианте он увеличивался на 11 - 13%.

Из вышеизложенного следует, что прирост сухого вещества у сои интенсивнее протекает после сидерального пара 1956 - 2458 кг/га. Результаты проведенных полевых опытов показали, что водный режим почвы оказывает свое позитивное воздействие на формирование урожая в онтогенезе.

Повышение предполивного порога влажности до 80% НВ стимулировало увеличение урожая сухой биомассы сои от 2105 до 2458 кг/га.

Следовательно, наибольшая эффективность воздействия водного режима почв на формирование сухой массы сои достигается при создании оптимальных условий увлажнения - 80% НВ (табл. 4.15).

Таблица 4.15

Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов сои в зависимости от режимов орошения и паровых предшественников (среднее за 2001 - 2003 гг.)

Предполивной порог влажности почвы	Предшественник	Максимальная площадь листьев, м <sup>2</sup> /га	ФСП за вегетацию, тыс. единиц	Урожай сухой биомассы, кг/га
Контроль	Контроль	16240	1201	1559
	Чистый пар	18023	1291	1970
	Занятый пар	16987	1310	1698
	Сидеральный пар	23785	1448	1956
70% НВ	Контроль	18963	1270	1761
	Чистый пар	22456	1272	1894
	Занятый пар	19658	1354	1754
	Сидеральный пар	24997	1470	2187
80% НВ	Контроль	20541	1351	2105
	Чистый пар	23198	1401	2314
	Занятый пар	22986	1407	2350
	Сидеральный пар	27310	1553	2458
70% НВ	Контроль	17897	1388	1697
	Чистый пар	19150	1384	1789
	Занятый пар	22659	1231	1882
	Сидеральный пар	24125	1477	1984

Анализ влияния влагообеспеченности на активность фотосинтеза в посевах сои при различном уровне минерального питания, показал, что в варианте с поддержанием влажности почвы 80% НВ в слое 0,3 - 0,5 м ФСП увеличивается на 11 - 13% на каждом варианте минерального питания в сравнении с вариантом, где увлажнение почвы проводилось на глубину 0,5 м. Продуктивность фотосинтеза зависит от мощности развития листовой поверхности, от степени освещенности, обеспеченности влагой. В итоге она определяет урожайность. Анализируя результаты полевых опытов, можно сделать вывод, что водный режим почвы и повышение минерального питания положительно влияют на формирование урожая в онтогенезе.

Повышение влагообеспеченности почвы в варианте с поддержанием 80% НВ в дифференцированном слое стимулировало получение прибавки урожая сои. Однако дальнейшее повышение увлажненности почв привело к уменьшению урожайности сухой биомассы растений в среднем на 0,3 - 0,6 т/га (табл. 4.16).

Таблица 4.16

Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов сои  
в зависимости от режимов орошения и уровня минерального питания  
(среднее за 2002 - 2004 гг.)

Вариант режима влажности почвы	Доза внесения удобрения	Максимальная площадь листьев, м <sup>2</sup> /га	ФСР за вегетацию, тыс. единиц	Урожай сухой биомассы, кг/га
80% НВ в слое 0,3 м	Контроль	24623	1270	3427
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	30658	1436	3910
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	34516	1782	4554
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	40785	1964	5014
80% НВ в слое 0,3 – 0,5 м	Контроль	29341	1508	3565
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	35986	1680	4199
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	38125	2064	5027
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	45454	2210	5382
80% НВ в слое 0,5 м	Контроль	26103	1386	3289
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	32350	1670	3753
	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	35569	1932	4380
	N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	43310	2084	4756

Следовательно, при создании оптимальных условий увлажнения можно достичь наибольшей эффективности воздействия водного режима почв на формирование сухой биомассы сои.

## **Глава 5 Экономическая и биоэнергетическая эффективность результатов исследования**

### **5.1 Экономическая эффективность**

Конечной целью введения любого агроприема в сельском хозяйстве при возделывании культур является повышение урожайности и плодородия почвы. Экономическая эффективность в данном случае определяется системой показателей, которая позволяет провести комплексный анализ и сделать достоверные выводы. Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур ведет к интенсификации производства, а вместе с тем к увеличению продукции, росту производительности труда, снижению себестоимости и повышению уровня рентабельности.

Проблема эффективности связана с потребностью товаропроизводителя в максимальной экономии производственных ресурсов, без снижения намеченных темпов расширенного воспроизводства сельскохозяйственного производства.

При рассмотрении эффективности в сельскохозяйственной сфере различают производственно - технологическую, производственно - экономическую, социально экономическую и эколого-экономическую эффективность, каждая из которых имеет свое определенное значение и в совокупности дает полную динамику проводимых исследований [76, 77].

Но следует отметить, что наибольшее распространение в сфере науки и производства получила производственно - экономическая эффективность, которая отражает совокупное влияние производственно - технологической эффективности и экономического механизма. Она измеряется показателями себестоимости валового и чистого дохода, прибыли и т. д.

Экономическая эффективность определяется путем сопоставления полученного эффекта с использованными ресурсами и затратами, то есть «эффект» - это результат тех или иных мероприятий, например эффект от применения удобрений, сапропелей, поливов и т.п.

В сельском хозяйстве наибольшее отражение нашла эффективность внутрихозяйственных подразделений и отдельных хозяйственных мероприятий.

Сущность экономической эффективности сельскохозяйственного производства выражается через критерий (максимум эффекта с каждой единицы затрат труда) и показатели.

Для сельхозтоваропроизводителей критерием экономической эффективности является максимум прибыли, так как это отражает основную цель производства сельскохозяйственной продукции в условиях рыночной экономики, а конкретные показатели нужны для количественного измерения экономической эффективности.

Следует отметить, что уровень эффективности отрасли во многом зависит от погодных условий за анализируемый период (3 - 5 лет), поэтому разработана и применяется целая система обобщающих и частных показателей, характеризующих экономическую эффективность в сельскохозяйственном производстве, так например, ресурсоемкость, ресурсоотдача, землеотдача, валовой доход, чистый доход, прибыль, рентабельность и окупаемость затрат.

В современных условиях основным резервом увеличения производства сельскохозяйственной продукции, в том числе сои, является рост урожайности. Амурская область является основным производителем высококачественной сои в РФ, поэтому повышением урожайности этой культуры первостепенная задача ученых и практиков, очень важно правильно определить экономическую эффективность в растениеводстве, где можно оценить влияние структуры посевных площадей, новых сортов сои, внедрение прогрессивных технологий, а также отдельных агротехнических мероприятий (способов посева, уборки, внесения минеральных и органических удобрений, предшественников, поливов и т.п.).

Экономическая эффективность вышеперечисленных мероприятий находит отражение в росте урожайности, увеличении валового сбора, повышении производительности труда, снижением себестоимости единицы продукции, увеличении рентабельности и т.д.

Экономическая оценка результатов исследований, посвященных всестороннему изучению выращивания сои по различным предшественникам, с внесением минеральных и органических удобрений и с использованием разных оросительных норм - проведена по общепринятой методике определения эффективности агротехнических и зооветеринарных мероприятий [76].

Экономическая эффективность выращивания сои по различным предшественникам с применением различных оросительных норм приведена в таблице 5.1 (за 2001-2003 гг.).

Данные таблицы 5.1 показывают, что лучшие показатели урожайности получены в вариантах с оросительной нормой сои 80% НВ.

Максимальная урожайность 1,9 т/га отмечена по сидеральному пару, это привело к увеличению чистого дохода в 1,4 раза в сравнении с контролем, снижению себестоимости 1 т сои на 529 р. и повышению уровня рентабельности на 35%.

Расчеты доказывают, что в южных районах Амурской области наиболее эффективно выращивать сою по сидеральному пару с режимом орошения 80% НВ (табл. 5.2).

Таблица 5.1

Экономическая эффективность выращивания сои при внесении различных норм минеральных удобрений на орошении (среднее за 2002 - 2004 г) 1га.

Показатели	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Стоимость, рубли		Производственные затраты		Чистый доход, рубли		Себестоимость, рубли	Окупаемость дополнительных затрат, рубли	Уровень рентабельности, %
			валовой продукции	прибавки	всего, рубли	в т. ч. дополнительные, рубли	всего	в т. ч. дополнительный			
Контроль без орошения											
Контроль (без удобрений)	1,49	-	10430	-	6132	-	4298	-	4115	-	70,1
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	1,7	0,21	11900	1470	69.15	783	4985	687	4067	0,88	72,1
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,98	0,49	13860	3430	8.248	2116	5612	1314	4165	0,62	68,0
N <sub>105</sub> P <sub>20</sub> K <sub>80</sub>	2,18	0,69	15260	4830	8931	2799	6329	2031	4097	0,72	70,8
80% НВ слой 0-0,3 и 0-0,5 м											
контроль	1,55	-	10850	-	6272	-	4578	-	4046	-	73,0
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	1,81	0,26	12670	1820	7148	876	5522	944	3949	1,07	77,3
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,18	0,63	154260	4410	8423	2151	6837	2259	3863	1,05	81,2
N <sub>105</sub> P <sub>20</sub> K <sub>80</sub>	2,34	0,79	16380	5530	9096	2824	7284	2706	3887	0,96	80,1
80% НВ слой 0-0,5 м											
контроль	1,43	-	10010	-	6431	-	3579	-	4497	-	55,6
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	1,63	0,2	11410	1400	7162	731	4248	669	4394	0,92	59,3
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,88	0,45	13160	3150	8537	2106	4623	1044	4540	0,49	54,1
N <sub>105</sub> P <sub>20</sub> K <sub>80</sub>	2,05	0,62	14350	4340	9213	2782	5137	1558	4494	0,56	55,7

Цена реализации сои 7000 р./т

Таблица 5.2

Экономическая эффективность возделывания сои по различным предшественникам при разных режимах орошения  
(среднее за 2001 -2003гг. на 1га)

Показатели	Урожай- ность, т/га	Прибавка урожаю, т/га	Стоимость, рубли		Производственные		Чистый доход,		Себестои- мость т, рубли	Окупаемость дополнитель- ных затрат,	Уровень рен- табельности, %
			валовой продукции	прибавки	всего, рубли	в т. ч. дополни- тельные, рубли	всего	в т. ч. дополи- тельный			
Контроль без орошения											
Контроль	1,09	-	7630	-	5130	-	2500	-	4706	-	48,7
Чистый пар	1,19	0,1	8330	700	4965	-165	3365	865	4172	8,6	67,7
Занятый пар	1,15	0,06	80,50	420	4913	-217	3137	837	4272	6,3	63,8
Сидеральный пар	1,34	0,25	9380	1750	5229	99	4151	1651	3902	16,6	79,4
90% НВ											
Контроль	1,48	-	10360	-	5944	-	4416	-	4016	-	74,3
Чистый пар	1,65	0,17	11550	1190	5789	-155	5761	1335	3508	13,3	99,5
Занятый пар	1,58	0,1	11060	700	5730	-214	5330	914	3626	9,1	93,0
Сидеральный пар	1,77	0,29	12390	2030	6046	102	6344	1928	3415	18,9	105
80% НВ											
Контроль	1,59	-	11130	-	5691	-	5439	-	3579	-	95,5
Чистый пар	1,69	0,17	11830	700	5518	-173	6312	873	3265	8,7	114,3
Занятый пар	1,67	0,08	11690	560	5470	-221	6220	781	3275	7,8	113,7
Сидеральный пар	1,9	0,31	13300	2170	5796	105	7504	2065	3050	19,6	129,4
70% НВ											
Контроль	1,45	-	10150	-	5469	-	4681	-	3772	-	85,6
Чистый пар	1,52	0,07	10640	490	5210	-259	5430	749	3427	7,5	104,2
Занятый пар	1,49	0,04	10430	280	5238	-231	5192	511	3515	5,1	99,1
Сидеральный пар	1,66	0,21	11620	1470	5549	80	6071	1390	3342	17,4	109,4

## 5.2 Энергетическая оценка

Наряду с общепринятыми методами оценки эффективности производства посредством стоимостных и трудовых показателей в последнее время в мировой практике все большее распространение получает универсальный энергетический показатель соотношения аккумулированной в продукции и затраченной на её создание энергии.

Универсальность заключается в том, что масса вовлекаемых в производство ресурсов приводится к одному совокупному измерителю энергетическому, таким образом, используется фундаментальный закон сохранения и превращения энергии. Кроме того, совокупная энергия рассматривается в пересечении двух энергетических потоков - от солнца "по вертикали", и от промышленных отраслей "по горизонтали". То есть комплекс аграрного производства рассматривается в целостной системе, находясь на стыке множества наук, где на входе, одновременно функционируют в сочетании природная и антропогенная энергия, а на выходе образуется биоэнергия, воспроизводимая живыми организмами (растениями, микроорганизмами и т.д.).

Поэтому, наиболее приемлемым методом оценки эффективности возделывания сои в современных экономических условиях является биоэнергетический анализ производства, позволяющий учесть и единообразно выразить не только прямые затраты энергии на технологию, но и энергию, воплощенную в средства производства и в произведенную продукцию.

Энергетическая оценка при необходимости может быть переведена в любые денежные единицы, то есть дана их экономическая оценка, известна стоимость одного гигаджоуля.

Совокупные затраты на орошаемых землях существенно отличаются от затрат в богарном земледелии. Особенность производства продукции при орошении связана со значительными расходами водных ресурсов, на мелиоративные мероприятия, применение значительного количества минеральных удобрений и другие.

Орошение является одним из самых энергоемких в сельскохозяйственном производстве.

Расчитано, что фактическая норма расхода электроэнергии на перекачку 1000 м<sup>3</sup> воды колеблется от 150,0 до 177,4 кВт. ч.

Учеными установлено, что только для подачи воды требуется дождевальными установками 876900 ккал/га, бороздам - 3789500, капельным системам - 3037300 ккал/га.

Для определения эффективности следует рассчитывать затраты совокупной энергии следующими статьями:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7, \quad (5.1)$$

где  $Q_3$  - затраты совокупной энергии;

$Q_1$  - затраты совокупной энергии, вложенной трудовыми ресурсами;

$Q_2$  - затраты энергии на все виды ГСМ;

$Q_3$  - затраты энергии на производство минеральных удобрений;

$Q_4$  - затраты на производство пестицидов;

$Q_5$  - затраты электроэнергии;

$Q_6$  - затраты на производство тракторов, с.-х. машин, автотранспорта;

$Q_7$  - затраты энергии на различные виды связи.

Для расчета затрат всех вышеперечисленных величин используют данные технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур, энергетические эквиваленты. Водные ресурсы учитывают по фактическому потреблению. При оценке энергетической эффективности технологии возделывания сои использовались методики В.В. Коринец, А.А. Жученко, В.Н. Афанасьева, а также «Методика биоэнергетической оценки эффективности технологий в орошаемом земледелии».

Расчет совокупной энергии проведен на основании технологических карт и справочно-нормативной литературы.

Коэффициент энергетической эффективности, который представляет собой отношение энергии, накопленной в хозяйственно - ценной части урожая ( $Q_p$ ) к совокупной энергии, израсходованной на технологические операции ( $Q_t$ ), определяется по формуле

$$E = Q_p / Q_t, \quad (5.2)$$

С энергетической точки зрения технология считается эффективной, если получение урожайности сельскохозяйственных культур оценивается биоэнергетическим коэффициентом выше 1.

В результате расчетов по вариантам опытов было выявлено, что в структуре затрат совокупной энергии наибольшие расходы идут на оборотные средства (топливо, удобрения, семена, электроэнергию и т.д.).

Наименее энергоемкими оказались затраты совокупной энергии трудовых ресурсов и основных средств. В нашем случае энергетическая ценность сои (в пересчете на 100 г съедобной части продукта) составляет 400 ккал или 1680 кДж.

Таким образом, энергетическая оценка технологических приемов окультуривания сои позволяет выявить пути экономии прямых и косвенных затрат энергии на возделывание данной культуры и дает возможность хозяйствам с различным ресурсным обеспечением выбрать приемлемый для себя вариант.

Анализ биоэнергоотдачи в посевах сои показал, что она зависит от видов пара. Максимальные значения биоэнергетического коэффициента обеспечивают сидеральные пары, в которых выращивается соя как парозанимающая культура и занятый пар, где коэффициенты соответственно равны 1,76 и 1,83. После чистого пара этот показатель снижается от 1,11 до 1,26 в зависимости от режима орошения, что в свою очередь больше на 18 – 25 % по отношению к контролю (предшественник - пшеница).

Несмотря на сравнительно большие затраты совокупной энергии (до 79800 МДж/га) коэффициент энергетической эффективности макси-

мальное значение 1,83 имел при возделывании сои при режиме орошения 80% НВ и применении в качестве предшественника занятый пар.

Минимальное значение коэффициента энергетической эффективности – 0,88 имеем при возделывании сои на контроле, при режиме орошения 70% НВ, затраты совокупной энергии на этом варианте 281900 МДж/га.

Энергетическая ценность пищевых продуктов (в пересчете на 100 г съедобной части продукта) составляет для сои – 215 ккал или 900 кДж. Биоэнергетическая оценка возделывания сои по различным вариантам ППВ и паровых предшественников представлена в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Биоэнергетическая эффективность возделывания сои  
на опытных участках площадью 10 га

№ п/п	Культура, урожайность, т/га; паровой предшественник	Затраты со- вокупной энергии, МДж/га	Содержание энергии в урожае, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Предполивной порог влажности почвы 90% НВ				
1	Соя – 13,1; контроль	245800	254000	1,03
2	Соя – 14,4; чистый пар	221429	279000	1,26
3	Соя – 14,1; занятый пар	217614	383000	1,76
4	Соя – 16,3; сидеральный пар	240000	324000	1,35
Предполивной порог влажности почвы 80% НВ				
1	Соя – 13,1; контроль	281300	275000	0,98
2	Соя – 14,4; чистый пар	237600	297000	1,25
3	Соя – 14,1; занятый пар	213661	391000	1,83
4	Соя – 16,3; сидеральный пар	250746	336000	1,34
Предполивной порог влажности почвы 70% НВ				
1	Соя – 13,1; контроль	281900	248000	0,88
2	Соя – 14,4; чистый пар	229825	262000	1,14
3	Соя – 14,1; занятый пар	242177	356000	1,47
4	Соя – 16,3; сидеральный пар	214074	289000	1,35

Эффективность возделывания сои в опытах с изучением доз минеральных удобрений на опытных участках 10 га по энергетической оценке приведена в таблице 5.4.

Таблица 5.4

## Эффективность возделывания сои

№ опыта, культура, внесение минеральных удобрений, т/га	Урожайность т/га,	Энергия урожая, МДж/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Приращение валовой энергии, МДж/га	Коэффициент эффективности
Слой 0,3 м					
Контроль	1,41	23448	11328	12120	2,07
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	1,70	28101	15813	12288	1,78
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	1,98	32729	21622	11107	1,51
N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	2,18	36035	25567	10468	1,41
Слой 0,3-0,5 м					
Контроль	1,55.	25777	11042	14735	2,33
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	1,81	30100	16613	13487	1,81
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	2,18	36253	21439	14814	1,69
N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	2,34	38914	25406	13508	1,53
Слой 0,5 м					
Контроль	1,43	23781	11068	12713	2,15
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub>	1,63	27107	15279	11828	1,77
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>50</sub>	1,88	31264	20932	10332	1,49
N <sub>105</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	2,05	34092	24899	9193	1,37

Несмотря на сравнительно большие затраты совокупной энергии (до 17087 МДж/га), коэффициент энергетической эффективности максимальное значение 2,33 имел при возделывании сои на контроле и увлажнении на дифференцируемую глубину. Энергия, накопленная в урожае составила 25 777 МДж/га, приращение валовой энергии составило 14 735 МДж/га, урожайность – 1,55 т/га. Минимальное значение коэффициента энергетической эффективности 1,37 получили при возделывании сои с применением 950 кг минеральных удобрений на га и орошении на глубину 0,5 м, затраты совокупной энергии при этом составили 24 899 МДж/га, энергия накопленная в урожае составила – 34 092 МДж/га. Приращение валовой энергии при этом составило 9 193 МДж/га, урожайность – 2,05 т/га.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В зональных системах земледелия для получения стабильных урожаев сои рекомендуется использовать общепринятую для данной зоны технологию включающую орошение по предполивному порогу влажности 80% НВ и сидеральному пару. При этом в засушливый год требуется проведение 8, в нормальный год и в переувлажненный - 2 поливов, нормой 200 м<sup>3</sup>/га каждый.

2. В качестве эффективного и ресурсосберегающего приема при орошении сои на зерно можно использовать такой режим орошения, при котором влажность почвы в слое 0 - 30 см на уровне 90% от НВ поддерживается в период посев - начало цветения, 80% от НВ в период начало цветения - бобообразования и в период бобообразования созревания 60% НВ.

3. При использовании разработанной технологии возделывания сои для получения планируемой урожайности сои 2 т/га следует поддерживать предполивной порог влажности почвы на уровне 80% НВ в слое 0,3 м до фазы цветения и 0,5 м от цветения до конца вегетации на фоне внесения минеральных удобрений дозой N<sub>15</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>. Для обеспечения оптимального режима влажности почвы требуется проведение четырех поливов поливными нормами 220 м<sup>3</sup>/га и 380 м<sup>3</sup>/га в засушливый и нормальный по влажности годы.

4. Получение урожая сои 2,5 т/га обеспечивается поддержанием предполивного порога влажности почвы на уровне 80% НВ в дифференцированном слое и внесении N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>50</sub> или в слое 0,3 м и внесении N<sub>105</sub>P<sub>120</sub>K<sub>80</sub>.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наиболее продуктивным следует считать второй режим орошения при назначении поливов с предполивной влажностью почвы 80% НВ, так как на этом варианте был получен наименьший коэффициент водопотребления. При этом в засушливый год требовалось 8 поливов по 200 м<sup>3</sup>/га, в нормальный год 7 поливов по 200 м<sup>3</sup>/га и в переувлажненный год – 2 по 200 м<sup>3</sup>/га каждый.

2. Орошение в сочетании с внесением минеральных удобрений позволило устойчиво получать урожайность зерна сои в пределах 1,63 - 2,34 т/га. Получение максимального урожая обеспечивается поддержанием предполивного порога влажности на уровне 80% НВ в дифференцированном слое.

3. Энергетическая оценка различных вариантов позволила установить, что коэффициент энергетической эффективности максимальное значение 2,33 имел на варианте с увлажнением слоя 0,3 - 0,5 м на контроле при затратах совокупной энергии 11042 МДж/га. Минимальное значение коэффициента энергетической эффективности - 1,37 было получено на варианте при поддержании влажности 80% НВ в слое 0,5 м с внесением максимальной дозы минеральных удобрений N<sub>105</sub> P<sub>90</sub> K<sub>80</sub>, затраты совокупной энергии при этом составили 24899 МДж/га.

4. Орошение при назначении поливов с предполивым порогом влажности 80% НВ позволило получить максимальную урожайность сои – 1,59 т/га, что выше варианта без орошения на 45%, а сочетание оптимального режима орошения с соево-сидеральным паром - 2,3 т/га.

5. В южной зоне Приамурья для повышения плодородия почвы и увеличения урожайности сои на мелиорированных землях целесообразно применять паровые мелиорации, которые обеспечивают воспроизводство плодородия почвы, оказывают положительное влияние на рост и развитие сои и агрохимическое состояние почвы, а так же дают возможность повышения урожайности в 1,5 - 2,5 раза. Содержание гумуса после занятого пара увеличилось на 0,16%, максимальное повышение на 0,22% отмечено после соево-сидерального пара.

6. Наименьшее количество сорняков было отмечено после чистого пара, 62 шт/м<sup>2</sup>. После позднего занятого пара сократилось число многолетних сорняков до 9 шт/м<sup>2</sup>. При первом режиме орошения 90% НВ наблюдалась наименьшая засоренность посевов сои по всем вариантам опыта, это происходило за счет частых культиваций поля.

7. Биохимические исследования качества урожая сои показали, что содержание протеина в семенах, полученных в варианте оптимального водного режима почвы повышалось, на 4% по сравнению с контролем. Содержание жира в семенах сои по вариантам опытов изменялось в среднем в пределах 18,76 - 21,31%.

8. Оценка экономической эффективности возделывания сои при орошении и внесении различных доз удобрений показала, что наибольшая рентабельность 56% была получена при поддержании влажности почвы на уровне 80% НВ в слое почвы 0,3 - 0,5 м и применении минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>50</sub>.

9. Динамика среднесуточного водопотребления позволила обосновать оптимальный режим увлажнения для наибольшего уровня урожайности сои. Целесообразно в целях экономии поливной воды дифференцировать глубину увлажнения. Переменная глубина увлажнения почвы обеспечила повышение урожайности до 2,34 т/га.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Амурской области. - Л.: Гидрометеониздат, 1973. - 148 с.
2. Адомяко, Ю. Перспективы сокращения числа обработок / Ю. Адомяко // Земледелие. - 1976. - № 1. - С. 16.
3. Алексейко, И.С. Мелиорация земель / И.С. Алексейко, В.А. Тильба // Система земледелия Амурской области. - Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. - С. 39 - 49.
4. Алексейко, И.С. Орошение земель в условиях муссонного климата Дальнего Востока / И.С. Алексейко // Вопросы повышения качества образования в области природообустройства и водопользования: Материалы 4 межвуз. науч.-метод. и науч.-техн. конф. МГУП – М., 2002. - С. 47-50.
5. Алексейко, И.С. Методика расчета водопотребления и режима увлажнения осушаемых земель Дальнего Востока / И.С. Алексейко М.С. Григоров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2002. - № 6. - С. 65 - 67.
6. Алексейко, И.С. Применение сапропелей на мелиорированных землях Дальнего Востока / И.С. Алексейко // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве и растениеводстве. – Барнаул, 2003.– Ч. 2. - С. 4 - 7.
7. Алексейко, И.С. Обоснование мелиорации земель Дальнего Востока с использованием сапропеля: дис.докт.т. наук: 06.01.02: защищена 16.02.04: утв. 24.05.04 / Алексейко Иван Сергеевич. - Волгоград, 2004. - 287 с.
8. Алексейко, И.С. Использование сапропеля на мелиорированных землях Приамурья / И.С. Алексейко В.А. Широков // Проблемы агропромышленного комплекса. – Волгоград, 2003. - С. 18-20.
9. Алексейко, И.С. Сапропели Приамурья: свойства, добыча и использование / И.С. Алексейко, В.А. Широков, А.А. Яременко. – Благовещенск: Дальнаука, 2003. – 210 с.
10. Алексейко, И.С. Свойства сапропеля как источника органического сырья при производстве удобрений / И.С. Алексейко, А.А. Яременко // Строительство и природообустройство на рубеже тысячелетия: сб. науч. тр. ДальГАУ. - Благовещенск, 2000. - С. 260-265.
11. Алексейко, И.С. Орошение сои в условиях Амурской области / И.С. Алексейко, Н.С. Шелковкина, Н.А. Юст // сб. науч. тр. конф. ВГСХА. – Волгоград, 2008. – С. 39 - 40.
12. Алексейко, И.С. Водопотребление и режим орошения сои в условиях Амурской области / Алексейко И.С., Шелковкина Н.С.// Непрерывное

экологическое образование и экологические проблемы: сб. статей по матер. Всерос. науч.- практ. конф. - Красноярск, 2004. - С. 67 - 69.

13. Алексейко, И.С. Режим орошения сои в условиях юга Приамурья / И.С. Алексейко, Н.С. Шелковкина // Современные оросительные мелиорации - состояние и перспективы: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию эколого-мелиоративного факультета ВГСХА. - Волгоград, 2004. - С. 46 - 47.

14. Багров, М.Н. Сельскохозяйственная мелиорация / М.Н. Багров, И.П. Кружилин. - М.: Агропромиздат, 1985. - 271 с., ил.

15. Багров, М.Н. Прогрессивная технология орошения сельскохозяйственных культур / М.Н. Багров, И.П. Кружилин. - М.: Колос, 1980. - 208 с., ил.

16. Багров, М.Н. Орошение полей / М.Н. Багров. - Волгоград. - 1965. - 253 с.

17. Багаев, В.Б. Влияние условий фосфорного питания на рост растений и качество урожая сои / В.Б. Багаев // Известия ГСХА. - 1958. - Вып. 3.- С. 39

18. Бакаев, Н.М. Почвенная влага и урожай / Н.М. Бакаев. - Алма-Ата: Кайнар, 1975. - 120 с.

19. Балакай, Г.Т. Соя на орошаемых землях / Г.Т. Балакай. - М.: ГУ ЦНТИ Мелиоводинформ, 1999. - 138 с.

20. Балакай, Г.Т. Соя: экология, агротехника, переработка / Г.Т. Балакай, О.С. Безуглова. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. - 156 с.

21. Бараев, А.И. О повышении эффективности чистого пара / А.И. Бараев. - Алма-Ата: Кайнар, 1969. - 16 с.

22. Баранов, В.Ф. Поливной режим сои в зависимости от глубины увлажнения/ В.Ф. Баранов, - Краснодар: ВНИИМК, 1980. - С. 29 - 31.

23. Баранов, В.Р. Соя на Кубани / Баранов В.Р., Кочегурова А.В., Лукомец В.М. - Краснодар: НИИ ООО Бизнес-групп, 2009. - 321 с.

24. Барбер, С.А. Достижения в познании связей калия в почве и растений / С.А. Барбер Р.П. Хамберт // Удобрения. - М., , 1965. - С. 249 - 281.

25. Басистый, В.П. Основы почвоведения. Почвы российского Дальнего Востока / Басистый В.П. - Хабаровск: ТГУ, 2008. - 172 с.

26. Бзыков, М.А. Влияние гербицидов на динамику питательных веществ в почвах, урожай и качество зерна сои / М.А. Бзыков К.Х. Бясов // Химия в сельском хозяйстве. - 1971. - №1. - С.101-103.

27. Бойко, А.Г. Основные приемы агротехники сои на орошаемых землях предгорий Алатау / А.Г. Бойко. - Алма-Ата. - 1973. - 39 с.

28. Бородычев, В.В. Возделывание сои на зерно на орошаемых землях Нижнего Поволжья / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Вопросы мелиорации. – 2000. - №78. – С. 58 - 64.
29. Бородычев, В.В. Рекомендации по технологии возделывания сои на орошаемых землях Нижнего Поволжья / В.В. Бородычев, Ю.А. Губаюк, М.Н. Лытов: деп.рукопись. ГУ ЦНТИ Мелиоводинформ. – М., 2000. – 50 с.
30. Благовещенская, З.К. Сидераты в современной земледелии / З.К. Благовещенская Т.А. Тришина // Земледелие. - 1987. - №5. - С. 36 - 37.
31. Браکش, Н.А Сапропелевые отложения и пути их использования / Н.А. Браکش. – Рига: Зинатне, 1971. – 282 с.
32. Беликов, И.Ф. Вопросы биологии и возделывания сои / И.Ф. Беликов // Биология и возделывание сои. – Владивосток, 1971. – С 39 -52.
33. Бузмаков, В.В. Сапропелевые удобрения / В.В. Бузмаков // Химизация сельского хозяйства. - 1989. - № 5. - С. 34 - 37.
34. Бумбар, И.В. Уборка сои: монография / И.В. Бумбар. - Благовещенск: ДальГАУ, 2006.-258 с., ил.
35. Бурлака, В.В. Растениеводство Дальнего Востока / В.В. Бурлака. - Хабаровск: Кн. изд., 1970. – 150 с.
36. Вадонина, А.Ф. Методы исследований физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадонина, З.А.Корчагина. - М.: Высшая школа, 1973. - 399 с.
37. Вериго, С.А. Почвенная влага / С.А. Вериго, Л.А. Разумова. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 328 с.
38. Волохов, М.И. Пар – лучший предшественник / М.И. Волохов // Зерновое хозяйство. - 1978. - № 2. - С . 27 - 28.
39. Гайдученко, А.Н. Основные технологические приемы возделывания сои в центральной зоне Приамурья: дис. ...канд. с.-х. наук / А.Н. Гайдученко. - Благовещенск, 1992. - 199 с.
40. Голов, В.И. Содержание микроэлементов в пахотных почвах Приамурья и Приморья и применение микроудобрений на них / В.И. Голов // Тез. докл. на первом совещании агрохимиков и почвоведов Дальнего Востока. – Хабаровск, 1967. – С. 57.
41. Голов, Г.В. Эффективность удобрений и приемы их использования / Г.В. Голов // Агрохимическая характеристика почв Зейско-Буреинской равнины и эффективность удобрений на них. – Благовещенск: Хабаров. кн. изд-во, 1967. – С.70.
42. Голубев, В.В. Пути воспроизводства плодородия почв в Амурской области / В.В. Голубев: учеб. пособие. - Благовещенск: БСХИ, 1990. - 69 с.

43. Горбюк, А.В. Влияние высоких доз сапропелевых удобрений на почвы легкого механического состава / А.В. Горбюк, А.Ф. Вашкевич, Л.Я. Сварновский // Торфяная промышленность. - 1988. - № 7. - С. 26 - 29.

44. Григоров, М.С. Способы, техника полива и режимы орошения сельскохозяйственных культур в различных регионах России: монография / М.С. Григоров, С.М. Григоров. - М., 2007. - 286 с.

45. Григоров, М.С. Рациональные пути использования в сельскохозяйственном производстве нетрадиционных органических удобрений / М.С. Григоров А.С. Овчинников // Строительство и природообустройство на рубеже тысячелетия: сб. науч. тр. ДальГАУ. - Благовещенск, 2000. - С. 288 - 396.

46. Грицун, А.Т. Применение удобрений под сою / А.Т. Грицун // Соя в Приморском крае. - Владивосток, 1965. - С. 34 - 39.

47. Губаюк, Ю.Д. Режим орошения сои в Волгоградской области / Ю.Д. Губаюк // Возделывание люцерны и сои в Нижнем Поволжье. - Волгоград, 1983. - С. 115 - 120.

48. Довбан, К.И. Зеленые удобрения - опыт и перспективы / К.И. Довбан В.В. Бузмаков // Земледелие. - 1981.- №1. - С. 60 - 62.

49. Доспехов, Б.Н. Методика полевого опыта / Б.Н. Доспехов. - М: Агропромиздат, 1985. - 385 с.

50. Дубслаф, Г. Введение севооборотов с учетом местных условий / Г. Дубслаф. - М.: Колос, 1966. - 264 с.

51. Ерхов, Н.С. Мелиорация земель / Н.С. Ерхов, Н.И. Ильин, В.С. Мисенов. - М.: Агропромиздат, 1991. - 319 с.

52. Енкен, В.Б. Соя / В.Б. Енкен. - М.: Сельхозгиз, 1959. - 622 с.

53. Зональная система земледелия Амурской области / Кузин В.Ф. - Благовещенск, 1985. - 354 с.

54. Качинский, Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. - М.: Высшая школа, - 1965. - Ч. 1. - 215 с.

55. Ковшик, И.Г. Влияние способа посева и удобрений на урожайность сои / И.Г. Ковшик, Л.П. Зубова, Н.М. Голиков // Состояние и перспективы научного обеспечения АПК Дальнего Востока. - Благовещенск, 2009. - С. 98-103.

56. Коринец, В.В. Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Коринец. - Волгоград, 1985. - 12 с.

57. Костычев, П.А. Физические свойства почв / П.А. Костычев. - М. - Л.: Сельхозгиз, 1940. - ч. 1. - 108 с.

58. Костяков, А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. - М.: Сельхозгиз, 1960. - 624 с.

59. Кружилин, А.С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур / А.С. Кружилин. - М.: Колос, 1977. - 304 с.

60. Кружилин, И.П. Ресурсосберегающие и экологические аспекты применения органических и минеральных удобрений на орошаемых землях / И.П. Кружилин, А.М. Белоусов, А.Н. Баженов // Агрэкологические аспекты орошаемого земледелия в аридной зоне Поволжья. - Волгоград, 1999. - С. 37.

61. Кружилин, И.П. Режим орошения сои / И.П. Кружилин В.А. Малич // Зерновое хозяйство. - 1976. - №10. - С. 43 - 44.

62. Кузин, В.Ф. Возделывание сои на Дальнем Востоке / В.Ф. Кузин. - Амур. отд. Хабар. кн. изд-ва. - 1976. - 245 с.

63. Кузин, В.Ф. Соя в севооборотах / В.Ф. Кузин В.Д. Блохин, Н.М. Степкин // Земледелие. - 1972. - №8. - С. 22.

64. Кузин, Ф.А. Диссертация. Методика написания. Правила оформления. Порядок защиты / Ф.А. Кузин. - М.: ОСЬ-89, 2001. - 320 с.

65. Куркаев, В.Т. Удобрение сои / В.Т. Куркаев, Д.А. Курдин. - Благовещенск: Амурское книжное издательство. - 1963. - 214 с.

66. Лопатко, М.З. Исследование сапропелей на удобрение / М.З. Лопатко Е.А. Евдокимова, П.Л. Кузьмицкий // Химизация сельского хозяйства. - 1988. - № 11. - С. 7 - 9.

67. Лопатко, М.З. Использование сапропелей в народном хозяйстве СССР и за рубежом: обзорн. инф. / М.З. Лопатко, Н.В. Кислов - М.: Колос 1990. - 85 с.

68. Лебедев, Б.М. Дождевальные машины / Б.М. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1977. - 248 с.

69. Лошаков, В.Г. Севообороты в хозяйствах ГДР, ФРГ / В.Г. Лошаков. - М.: Колос, 1967. - 84 с.

70. Малышев, И.Г. Добыча и применение сапропелевых удобрений / И.Г. Малышев // Химизация сельского хозяйства. - 1992. - № 3. - С. 52 - 56.

71. Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации / Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 384 с.

72. Маслов, Б.С. Справочник мелиоратора / Б.С. Маслов. - М.: Россельхозиздат, 1980. - 256 с., ил.

73. Малыш, Л.К. Соя в Амурской области / Л.К. Малыш. - Благовещенск: Амуриздат, 1951. - 52 с.

74. Машенко, Н.В. Фитосанитарный мониторинг сои / Н.В. Машенко. - Благовещенск: ПКИ «Зоя». - 2008. - 190 с.

75. Мезенцев, В.С. Расчеты водного баланса / В.С. Мезенцев. - Омск: Омский СХИ. - 1976. - 76 с.

76. Минаков, И.А. Экономика сельскохозяйственного предприятия / И.А. Минаков. М.: Колос, - 2000. - 327 с.

77. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: аграрная наука. - М.: ВНИИЭСХ, 1998. - 220 с.

78. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А.А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. - М., 1972. - С. 511 - 527.

79. Новак, А.Г. Соя на дальнем востоке / А.Г. Новак. - Владивосток, 1960. - 85 с.

80. Овчинников, А.С. Применение сапропелей для удобрения сельскохозяйственных культур // Проблемы и опыт мелиоративного и водохозяйственного освоения Сибири. - Омск, 1991. - С. 77 - 80.

81. Посыпанов, Г.С. Соя в подмосковье / Г.С. Посыпанов. - М.: Можайский полиграфический комбинат. - 2007. - 200 с.

82. Пенчукова, Н.А. Особенности применения удобрений в Приамурье / Н.А. Пенчукова, Г.К. Шелевой. - Благовещенск: Хабар. кн. изд-во, 1964. - 35 с.

83. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сои. Методические рекомендации. - М.: ФГНУ Росинформагротех. - 2008. - 56 с.

84. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. - Л.: Гидрометеониздат, 1969. - 287 с.

85. Сапропель - ресурсы, области применения, технология добычи и переработки: науч.-техн. обзор. - М.: Гипроречтранс, 1991. - 59 с.

86. Сапунков, А.П. Механизация поливов дождеванием / А.П. Сапунков. - М.: Колос, 1984. - 271 с.

87. Система земледелия Амурской области / отв.ред. В.А. Тильба. - Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. - 304 с.

88. Синеговская, В.Т. Формирование фотосинтетического и симбиотического аппаратов сои в зависимости от технологии ее возделывания / В.Т. Синеговская, С.С. Неробелова // Селекция и технология производства сои. - Благовещенск, 1997. - С. 77 - 83.

89. Синеговская, В.Т. Влияние комплекса агротехнических факторов на фотосинтетическую деятельность посевов сои в условиях Приамурья / В.Т.

Синеговская // Пути воспроизводства плодородия почв и повышение урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб. науч. тр. ДальГАУ. - Благовещенск, 2001. - С. 120 - 128.

90. Синеговская, В.Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы: монография / В.Т. Синеговская. - Благовещенск, ПКИ Зей. - 2005. - 120 с.

91. Соя в Алтайском крае. Рекомендации по возделыванию / под ред. В.В. Яковлева. - Барнаул: Алтайский НИИ сельского хозяйства. - 2006. - 35 с.

92. Толмачев, М.В. Влияние способов посева на фотосинтетическую деятельность и урожайность сои / М.В. Толмачев // Научное обеспечение соеводства Дальнего Востока и Сибири. - Благовещенск, 2006. - С. 123 - 127.

93. Толмачев, М.В. Влияние способов посева на фотосинтетическую деятельность и продуктивность сортов сои / М.В. Толмачев, В.Т. Синеговская // Биологические и агротехнические исследования – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока. - Благовещенск, 2009. - С. 11 - 15.

94. Тужилин, В.М. Подбор сидеральных культур и особенности их возделывания / В.М. Тужилин // Земледелие. – 1991. - № 1. - С. 65 - 67.

95. Федоров, Б.В. Принципы построения дифференциального режима орошения сельскохозяйственных культур / Б.В. Федоров // Биологические основы орошаемого земледелия. – М., 1957. - С. 157 - 165.

96. Хохлов, В.И. Применение сапропелей на удобрения / В.И. Хохлов, А.И. Фомин, Н.А. Шалимова. - М.: Россельхозиздат, 1986. - 39 с.

97. Черноухов, А.М. Мелиорация земель в Приамурье / А.М. Черноухов. - Хабаровск: Хабар. кн. изд.- во, 1978. - 192 с.

98. Шатохин, А.Ф. Увлажнение, теплообеспеченность и условия гидро-мелиорации Зейско-Бурейской равнины: монография / А.Ф. Шатохин. - Благовещенск: ДальГАУ, 2007. - 213 с.

99. Шелковкина, Н.С. Водопотребление и режим орошения сои при внесении минеральных удобрений в Приамурье: дис.канд.с-х.наук: 06.01.02: защищена 25.01.05: утв. 25.05.05 / Шелковкина Наталья Сергеевна. - Волгоград, 2005. - 171 с.

100. Шелковкина, Н.С. Влияние минеральных удобрений на урожайность сои в Приамурье / Н.С. Шелковкина // Сб. науч. тр. 5 регион. науч.-практ. конф. - Благовещенск, 2004 - С. 124 - 125.

101. Шелковкина, Н.С. Рациональное использование оросительной воды при возделывании сои на лугово-глеевых почвах Приамурья / Н.С. Шелковкина // Проблемы безопасности жизнедеятельности в техносфере:

матер. межрегион. науч.-практ. конф. молодых ученых Амурской госуниверситет. - Благовещенск, 2004. - С. 86 - 88.

102. Шелковкина, Н.С. Особенности и динамика водопотребления сои при различных режимах орошения. / Н.С. Шелковкина // Проблемы экологии и рационального использования природных ресурсов в Дальневосточном регионе. матер. регион. науч.-практ. конф. - Благовещенск, 2004 - С. 91 - 93.

103. Шиндин, И.М. Научные и практические основы повышения устойчивости растениеводства российского Дальнего Востока / И.М. Шиндин.- Хабаровск. ИВЭП ДВО РАН. - 2009. - 160 с.

104. Шишова И.Н., Резервы повышения плодородия мелиорированных земель Приамурья / И.Н. Шишова, И.С. Алексейко // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства, матер. междунар. науч. - практ. конф. - Волгоград, 2004. - С. 43 - 45.

105. Щегорец, О.В. Соеводство / О.В. Щегорец.- Благовещенск: ДальГАУ, 2002. - 432 с.

106. Юст, Н.А. Приемы паровых мелиораций обеспечивающие плодородие мелиорируемых земель южной зоны Приамурья: дис.канд.с-х.наук: 06.01.02: защищена 25.05.04: утв. 25.10.05 / Юст Наталья Александровна. Волгоград, 2004. - 164 с.

107. Юст, Н.А. Приемы паровых мелиораций для повышения плодородия мелиорируемых земель южной зоны Приамурья / Н.А. Юст // Сб. науч.тр. молодых ученых ДальГАУ. - Благовещенск, 2001. - Вып. 2, ч. 2. - С. - 16 - 19.

108. Юст, Н.А. Роль чистых и занятых паров в повышении урожайности культур на мелиорированных землях Амурской области / Н.А.Юст // Молодежь XXI века: шаг в будущее. сб. тр. 3 рег. науч.- практ. конф. - Благовещенск, 2002. - С. 231.

109. Юст, Н.А. Паровые мелиорации Приамурья / Н.А. Юст // Молодежь XXI века: шаг в будущее. науч. - практ. конф. ДальГАУ Благовещенск, 2003. - С. - 487 - 488.

110. Юст, Н.А. Паровые мелиорации в Приамурье / Н.А. Юст // Сб. науч.тр. молодых ученых ДальГАУ. - Благовещенск, 2003. - Вып. 3. - С. 74 - 76.

111. Юст, Н.А. Водопотребление сои при различных режимах орошения в условиях южной зоны Приамурья / Н.А. Юст // Строительство и природообустройство // сб. науч.тр. ДальГАУ. - Благовещенск, 2004. - Вып. 7. - С. 70 - 75.

112. Юст, Н.А. Влияние различных режимов орошения на рост, развитие и фотосинтетическую деятельность растений сои в условиях южной

зоны Приамурья / Н.А. Юст // Строительство и природообустройство // Сб. науч. тр. ДальГАУ. - Благовещенск, 2004. - Вып. 7. - С. 75 - 78.

113. Юст, Н.А. Влияние технологий паровых мелиорации на плодородие мелиорированных земель южной зоны Приамурья / Н.А. Юст, И.С. Алексейко // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства, матер. междунар. науч. - практ. конф. - Волгоград, 2004. - С. 40 - 43.

114. Юст, Н.А. Воспроизводство плодородия мелиорированных земель Приамурья с использованием чистых, занятых и сидеральных паров / Н.А. Юст, И.С. Алексейко // Алтай: экология и природопользование: матер. 3 российско-монгольской науч. конф. молодых ученых и студентов. - БПГУ им. В.М. Шукшина. - Бийск, 2004. - С. 46 - 48.

115. Юст, Н.А. Оросительные мелиорации при возделывании сои в Приамурье / Н.А. Юст, Н.С. Шелковкина // матер. науч.-практ. конф. - Великие Луки, 2007. - С.128 - 129.

116. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др. - М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.

117. Addarwal, R.K., Nitrogen Mineralization as Affected by the Addition of Sandy Soil under Different Moisture Regimes / R.K. Addarwal, J.P. Gupta, P. J. Kaul / Indian Soil Sci. Soc. - 1980. Vol. 28. - P. 444 - 449.

118. Becker, H. Technology stretches irrigation water / H. Becker // Agr. Res., 1985. - Т.33. - №2. - P. 14 - 15.

119. Bowen, G.D., Zapata F. Efficiency in uptake and use of nitrogen by plants / G.D. Bowen, F. Zapata // Stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies Vienna. - IAEA, 1991. - P. 349 - 362.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	5
1.1 Народнохозяйственное значение сои .....	5
1.2 Биологические особенности сои .....	6
1.2.2 Потребность сои в минеральном питании и удобрениях .....	10
1.3 Повышение урожайности сои на орошаемых землях в Приамурье .....	14
1.3.1 Краткая история развития, состояния и изученности проблемы чистых, занятых и сидеральных паров .....	16
1.3.2 Актуальность проблемы использования сапропелевых удобрений .....	21
1.3.3 Потребности орошаемого земледелия в удобрениях .....	22
<b>Глава 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	27
2.1 Местоположение и климат опытно-производственных участков .....	27
2.2 Почвенная характеристика опытно-производственных участков .....	33
2.3 Схема и методика исследований .....	36
2.4 Особенности возделывания сои при орошении .....	43
<b>Глава 3 РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ</b> .....	48
3.1 Понятие об экологически обоснованных режимах орошения .....	48
3.2 Составляющие суммарного водопотребления .....	66
3.3 Значения среднесуточного водопотребления сои при различных режимах орошения .....	77
3.4 Влияние паровых предшественников на режим орошения и водопотребление сои .....	80
3.5 Урожайность сои при различных режимах орошения .....	82
<b>Глава 4 ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ПАРОВЫМИ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМИ И ДОЗАМИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ</b> .....	90
4.1 Динамика роста и развития сои .....	90
4.2 Структура урожая и оценка качества семян сои .....	97
4.3 Засорённость посевов сои .....	107
4.4 Влияние режимов орошения в сочетании с агроприемами на плодородие почвы .....	111
4.7 Фотосинтетическая деятельность растений сои .....	115
<b>Глава 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	120
5.1 Экономическая эффективность .....	120
5.2 Энергетическая оценка .....	125
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ</b> .....	130
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	131
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	133

*Юст Наталья Александровна,  
Шелковкина Наталья Сергеевна,  
Алексейко Иван Сергеевич*

**ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ  
НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ПРИАМУРЬЯ**

*Монография*

*Редакторы А.И. Казимова, Н.П. Власевская  
Фото на обложке Н.А. Юст*

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.  
Подписано к печати 30.11.2010 г. Формат 60×90/16.  
Уч.-издл. – 8,0. Усл.-п.л. – 11,0.  
Тираж 100 экз. Заказ 224.

---

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

1897 822