МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Государственное учреждение «ТаджикНИИГиМ»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИННОВАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТАДЖИКИСТАНА

ДУШАНБЕ–2021

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Государственное учреждение «ТаджикНИИГиМ»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИННОВАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТАДЖИКИСТАНА

ДУШАНБЕ–2021

УДК 631.67+551.58 (575.3)
ББК 40.62+26.234.7 (2 тадж.)
П-88

Рекомендации по инновационным технологиям орошения сельскохозяйственных культур в условиях климатических изменений Таджикистана. Душанбе. Изд-во ООО «Ходжи Хасан», 2021, 40 с.

Рекомендации разработаны и подготовлены Заслуженным деятелем науки и техники Российской академии наук естествознания, профессором Академического союза Оксфорда, доктором сельскохозяйственных наук, профессором **Пулатовым Я.Э.**

При подготовке рекомендаций приняли участие: к.э.н., доцент Умаров Д.М., к.т.н. Джабборов П.Н., Разакова Г., к.т.н., Олимов Х., к.т.н., доцент Бахриев С.Х., к.с.-х.н. Ахмедов Г.С., к.с.-х.н. Юлдашев Х.У., Асланова Д., Расулов Ф.Н., Сангинова Б., Шодмонова С., к.т.н., доцент Пулатов Ш.Я., Сайдумаров С.С. и Худоназарова М.Д.

Рекомендации разработаны на основе результатов НИР отдела техники и технологии орошения ГУ «ТаджикНИИГиМ» по теме: «Разработка инновационных технологий орошения сельскохозяйственных культур и водонормирования в условиях климатических изменений Таджикистана» (ГР№0116 TJ00580, 2016-2020 гг.).

Рекомендации предназначены для фермеров, агрономов, мелиораторов, членов ассоциаций водопользователей (АВП), проектировщиков, аспирантов, докторантов и студентов высших учебных заведений, а также лиц/специалистов, принимающих решения в области водного и сельского хозяйства.

Рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании Ученого Совета ГУ «ТаджикНИИГиМ» от 20 июня 2021 г. (протокол № 3) и рекомендованы к изданию.

Редакционная коллегия: проф. Пулатов Я.Э.,
к.т.н. Джабборов П.Н.,
Разакова Г.Т.

© ГУ «ТаджикНИИГиМ», 2021 г.

ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие в мире повысилось внимание к рациональному использованию и охране водных ресурсов. Высокоэффективное использование водных ресурсов в орошаемом земледелии, повышение урожайности сельскохозяйственных культур и отдача поливного гектара определяется выбором, установлением техники и технологии их орошения. В условиях аридного климата Республики Таджикистан, водохозяйственная отрасль занимает основную роль в обеспечении сельского хозяйства оросительной водой. В результате проведения земельной реформы произошли существенные изменения в механизме экономических взаимоотношений между земле-водопользователями. Хотя земельная реформа была проведена без учета водохозяйственных проблем, в настоящее время проводится водохозяйственная реформа на основе перехода к принципам интегрированного управления водными ресурсами.

В республике равнинные земли занимают всего 7,0 % территории и по различным литературным источникам, на одного жителя приходится лишь 0,06-0,09 га орошаемой пашни. В связи с бурным демографическим ростом населения, отчуждением части земель под строительство этот показатель в перспективе сократится до 0,07 га. В связи с нарастанием нагрузки на водные ресурсы, особенно с развитием ирригации как основного водопотребителя, надвигается водный дефицит, а из-за технологических нарушений процесса полива сельскохозяйственных культур ухудшается эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель.

В орошаемом земледелии используется до 93% водных ресурсов и производится 90% продукции растениеводства. Искусственное орошение является основным фактором повышения продуктивности земельных угодий и снижения уровня зависимости сельского хозяйства от климатических условий. Однако, в производственных условиях эффективность использования водно-земельных ресурсов низка, без достаточной экономической обоснованности возделывания различных сельскохозяйственные культуры с применением в различных способов орошения. Применение различной техники и технологии орошения (бороздковое, капельное; дождевание и другие способы микроорошения) сельскохозяйственных культур, также недостаточно экономически обоснованы и из-за слабой изученности их эффективности, также отсутствуют специальные рекомендации. В производственных условиях при эксплуатации гидромелиоративных систем, составления внутрихозяйственных и хозяйственных планов водопользования и прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур производятся визуально, без учета потребности сельскохозяйственных культур в воде, нарушая режим орошения и технику полива.

Поливы проводятся большими нормами с растянутыми межполивными периодами, при этом наблюдаются огромные непроизводительные потери (поверхностный сброс, фильтрация и испарение), т.е. КПД при бороздковом поливе и продуктивность использования оросительной воды снижается иногда

до 0,3. Всё это сдерживает рост урожайности сельскохозяйственных культур и приводит к нерациональному использованию поливной воды. Существующие рекомендации по определению суммарного водопотребления (эвапотранспирации) и режима орошения сельскохозяйственных культур (Домуллоджанов Х.Д., Пулатов Я.Э. и другие, 1988) требуют уточнения и совершенствования, так как они в основном разработаны в условиях 70-80 годах прошлого столетия. В нынешних условиях (изменение состава культур, сортов и гибридов возделываемых культур и их агротехники, платное водопользование, переход на рыночные отношения, нарастающий дефицит водных ресурсов, изменение климата и т. д.) существующие рекомендации не в полной мере отвечают требованиям водопотребителей и водопоставщиков.

Следовательно, для интенсификации орошаемого земледелия разработка инновационных водо- и ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий и техники орошения сельскохозяйственных культур, а также установление водонормирования в условиях климатических изменений Республики Таджикистан является актуальной и решение этих проблем имеет большое научно-практическое значение.

Разработка и внедрение оптимальных режимов орошения и новых технологий и технических средств полива сельскохозяйственных культур поможет фермерским и дехканским хозяйствам экономить оросительную воду, исключить тяжёлый ручной труд и получить рентабельную продукцию.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1. После подписания Главами государств Центральной Азии (Алматы, 2009) совместного заявления об улучшении экологической и социально-экономической ситуации в бассейне Аральского моря, развития деятельности Международного Фонда Спасения Арала (МФСА), в применении новых технологий, особенно капельного орошения в странах Центральной Азии отмечен определенный прогресс. В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов в Центральной Азии, первостепенное значение приобретает рациональное использование водных ресурсов и внедрение в практику прогрессивных водосберегающих технологий орошения и систем земледелия в целом.

1.2. В условиях Таджикистана система капельного орошения и других водосберегающих технологий полива сельскохозяйственных культур изучены в 90-е годы прошлого столетия институтами НПО «ТаджикНИИГиМ» (ныне ГУ «ТаджикНИИГиМ») и НПО «Земледелие» (ныне Институт земледелия Таджикской Академии сельскохозяйственных наук), проведены ряд многолетних исследований, под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Пулатова Я.Э. Выполнялась научно-исследовательская работа на тему: «Разработка технологии возделывания основных сельскохозяйственных культур при энергесберегающих, нетрадиционных способах орошения в Таджикистане» (1996-2000 гг). Далее эксперименты и

производственные испытания капельного орошения и других способов полива проведены в 2001-2005, 2006-2010, 2011-2016 годы в Гиссарском научно-исследовательском центре ГУ «ТаджикНИИГиМ».

1.3. Разработка и применение новых водосберегающих технологий полива пропашных сельскохозяйственных культур, особое развитие получило после 2000-х годов. Впервые в республике исследование капельного орошения зерновых культур (различные сорта озимой пшеницы) проведены в условиях Гиссарской долины (Пулатов Я.Э., Тухтаев М.О., 2001). Установлено, что при бороздковом способе полива удельные затраты оросительной воды на единицу зерна пшеницы в среднем составляет 51 $м^3$/ц, а при капельном орошении 14 $м^3$/ц. Прибавка урожая зерна при капельном орошении составила 29,8 ц/га, а экономия оросительной воды достигла 49,5%.

1.4. Впервые в Таджикистане научные исследования по капельному орошению кукурузы (на зерно и силос) проведены в 1998-2001 годы (Пулатов Я.Э., Комилов Ф.К., 2001, 2006). Доказано, что капельное орошение обеспечивает получение 104,8 ц/га зерна кукурузы и прибавка урожая составила +36,6 ц/га или 52,1 % относительно бороздкового полива. При этом экономия оросительной воды относительно бороздкового полива составила 55,4%.

Результаты исследований по овощным культурам (Пулатов Я.Э., Силтонмамадов Д., 2008) также однозначно показали преимущества капельного способа орошения по сравнению с бороздковым поливом. Установлено, что оросительная норма овощных культур при капельном орошении составляет 3700-3900 $м^3$/га, а при бороздковом поливе 5100 $м^3$/га. Урожайность томатов (опытные данные) в среднем при капельном орошении достигает 623,7 ц/га, огурцов 510,7 ц/га, болгарского перца 483,3 ц/га. Применение капельного орошения позволяет повысить урожайность овощных культур на 46-92% по сравнению с бороздковым поливом.

Изучение системы капельного орошения средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника (Пулатов Я.Э., Солиев С., Юсупов М., 2000, 2010) показало преимущество капельного орошения относительно бороздкового полива.

1.5. Учитывая дороговизну системы капельного орошения для пропашных культур, а также сложившиеся производственные условия (нарушение режима и техники полива) возделывания сельскохозяйственных культур необходимо продолжить исследования в этом направлении. Применение капельного орошения для многих сельскохозяйственных культур (люцерна, сады и виноградники, повторные посевы и т.д.) требуют проведения новых исследований. В связи с нарастающим дефицитом оросительной воды и переходом на рыночные механизмы взаимоотношений, перед учёными-исследователями ставятся новые задачи – установление степени влияния водообеспеченности посевов на продуктивность использования водно-земельных ресурсов.

1.6. Таким образом, путем разработки и внедрения инновационных технологий, обеспечивающих повышение эффективности использования водно-земельных и других ресурсов можно повысить урожайность сельскохозяйственных культур в 2-3 раза. Одним из главных звеньев в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является оптимальная влагообеспеченность и способы орошения, определяющие условия и эффективность применения механизмов, удобрений и других агротехнических приёмов по уходу за растениями. В условиях Таджикистана полномасштабное внедрение систем капельного орошения и дождевания зависит от экономического состояния фермеров и эти системы рекомендованы как технологии, имеющие перспективу. Ученые и специалисты отдела техники и технологии полива сельскохозяйственных культур ГУ «ТаджикНИИГиМ» с 2000 по 2015 годы занимались совершенствованием бороздкового способа полива, разработали научные основы применения капельного орошения и дождевания, они рекомендованы для пользователей. Установлены основные преимущества и недостатки этих технологий, выявлены основные причины сложности их внедрения в условиях производства.

Следовательно, в условиях рыночной экономики и перехода на экономические механизмы водопользования, разработка доступных, дешевых и практичных технологий орошения имеет важное практическое значение.

Учитывая вышеизложенное, в условиях 2016-2020 гг. ученые и специалисты отдела техники и технологии орошения сельскохозяйственных культур занимались разработкой новых инновационных технологий орошения, имеющих доступность, отличающаяся дешевизной и практичностью для пользователей. На основе использование результатов научно-исследовательских работ по этому направлению подготовлена настоящая рекомендация.

2. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ, АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ПРОЦЕСС ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ

В обеспечении растений водой первостепенное значение имеет подвижность почвенной влаги, обуславливаемая водно-физическими особенностями почвогрунтов. В соответствии с поставленными задачами в настоящем разделе рекомендации особое внимание уделено характеристике водно-физических свойств почв, которые изучены в результате проведения полевых, лизиметрических и вегетационных опытов.

2.1. Типичные серозёмы Центрального Таджикистана

Староорошаемый типичный серозем, пахотный горизонт 0-30 см, имеет тёмно-серую окраску, глыбистой-пылеватой структуры, подпахотный слой расположен на глубине 30-45 см с темно-серым оттенком, крупно комковатый.

Удельная масса или плотность скелета почвы, отражающая ее минералогический состав и содержание органического вещества, по данным

лабораторных исследований варьирует в узких пределах и изменяется от 2,58 до 2,70 г/см^3.

Объёмная масса или плотность сложения, отражающая сложение и плотность профиля почвы по генетическим горизонтам колеблется в пределах от 1,28 до 1,51 г/см^3. Наименьшей плотностью сложения скелета характеризуется пахотный слой (0-30 см), где она в среднем составляет 1,33 г/см^3, в подпахотном горизонте (30-60 см) она увеличивается до 1,40 г/см^3. Объёмная масса почвы в среднем на глубине 0-70см и 0-100см составляет 1,37 г/см^3.

Наименьшая влагоемкость (НВ) почвы изменяется от 20,9 до 24,3% от массы абсолютно-сухой почвы. Установлено, что более высокие показатели характеризуют пахотный слой и по мере углубления этот показатель почвы снижается. Запас воды при НВ в слое 0-100см, составляет 3220 м^3/га.

По гранулометрическому составу, почвы относятся к средним суглинкам, облегчающимися к низу. Так, в первом метре содержится 41,4% физической глины, во втором – 39,2%.

Уровень расположения грунтовых вод в течении вегетации всегда был ниже 3 м. Минерализация грунтовых вод ниже 0,8 г/л., т. е. она пресная.

Установленные основные водно-физические константы показывают, что почва участка относится к III-ому гидромодульному району.

2.2. Темные сероземы Центрального Таджикистана

По гранулометрическому составу почвы относятся к тяжелым суглинкам, облегчающимися к низу. Так, в первом метре содержится 52,1% физической глины, во втором – 40,6%. Объемная масса, отражающая сложение и плотность профиля почвы в слое 0-200 см колеблется от 1,20 до 1,44 г/см^3. Наименьшей объемной массой (1,25 г/см^3) характеризуется пахотный слой (0-30 см). В подпахотном горизонте (30-50 см) она увеличивается до 1,34 г/см^3, во втором полуметре (50-100) – до 1,39 г/см^3. Объемная масса слоя 0-50 см составляет в среднем 1,29 г/см^3, 0-70 см – 1,31; 0-100 см – 1,34 г/см^3.

Удельная масса почвы в слое 0-200 см колеблется от 2,62 до 2,70 г/см^3. Для верхних слоев почвы более характерны низкие показатели, а в глубоких она увеличивается. Удельная масса слоя 0-70 см составляет в среднем 2,64 г/см^3, слоя 0-100 см – 2,65 г/см^3.

Скважность (порозность) почвы в пределах двухметрового слоя (0-200) колеблется от 47,0 до 54,2%.

Наименьшая влагоемкость почвы (НВ) в двухметровой толще изменяется от 23,0 до 28,6% от массы абсолютно сухой почвы. Более высокие показатели (24,6%) характеризуют пахотный слой, в подпахотном (30-50 см) она составляет 24,1%, в слое 0-70 см – 25,1 и в слое 0-100 см – 24,7% от массы абсолютно сухой почвы. Запасы воды в слое 0-70 см при НВ равны 2300, в слое 0-100 см – 3290 м^3/га, в слое 0-150 см - 4912, а в слое 0-200 см достигает – 6553 м^3/га.

Максимальная гигроскопичность в слое 0-200 см варьирует от 2,99 до 4,14%, снижаясь с глубиной.

Влажность завядания по слоям варьирует от 3,44 до 6,21%. При запасе воды, равном НВ, на продуктивную влагу для слоя 0-70 см приходится 1798 м^3/га, а для слоя 0-100 эта величина возрастает до 2638 м^3/га. При влажности, равной НВ аэрация изменяется от 12,5 до 19,8%. В слое 0-30 см она составляет 10%, в слое 0-100 см – 16,5 и в 0-200см – 15,5%.

Установлено, что при соблюдении предполивной влажности на уровне 70% от НВ в слое 0-70 см предполивная влажность составляет 17,5%, в слое 0-100 см – 17,2%, а при 80% от НВ – соответственно 18,08 и 19,76% от массы абсолютно сухой почвы. При этом поливная норма, установленная по дефициту влаги в расчетных слоях почвы РЕКОМЕНДУЕТСЯ: для предполивной влажности 70% от НВ – соответственно 680 и 987 м^3/га, а для 80% от НВ - соответственно 460 и 658 м^3/га.

2.3. Водопроницаемость почвы

Степень водопроницаемости почвы зависит от гранулометрического состава почвы. Установлено, что при содержании физической глины – 58,1 % (тяжелый суглинок) водопроницаемость за 6 часов составляет 890 м^3/га. По существующей классификации (С.В. Астапов, 1958) водопроницаемость почвы оценивается как – слабая.

По мере утяжеления почв водопроницаемость изменяется от «сильной» к «слабой». Закономерность изменения водопроницаемости за 6 часов наблюдений для всех изученных почв представлена на рисунке 1.

2.4. Типичные серозёмы под опытом с виноградниками в условиях Центрального Таджикистана

Наименьшая влагоемкость (НВ) почвы на опытном участке изменяется от 22,4 до 26,6% от массы абсолютно-сухой почвы. Установлено, что более высокие показатели характеризуют пахотный слой и по мере углубления этот показатель почвы снижается. Запас воды при НВ в слое 0-100 см, составляет 3260 м^3/га.

Скорость фильтрации (водопроницаемость) в первые 30 минут составляет 0,6-0,3 см/мин, на 60-90 минуте равен 0,15-0,10 см/мин и после стабилизации (2 часа) составляет-0,09-0,05 см/мин.

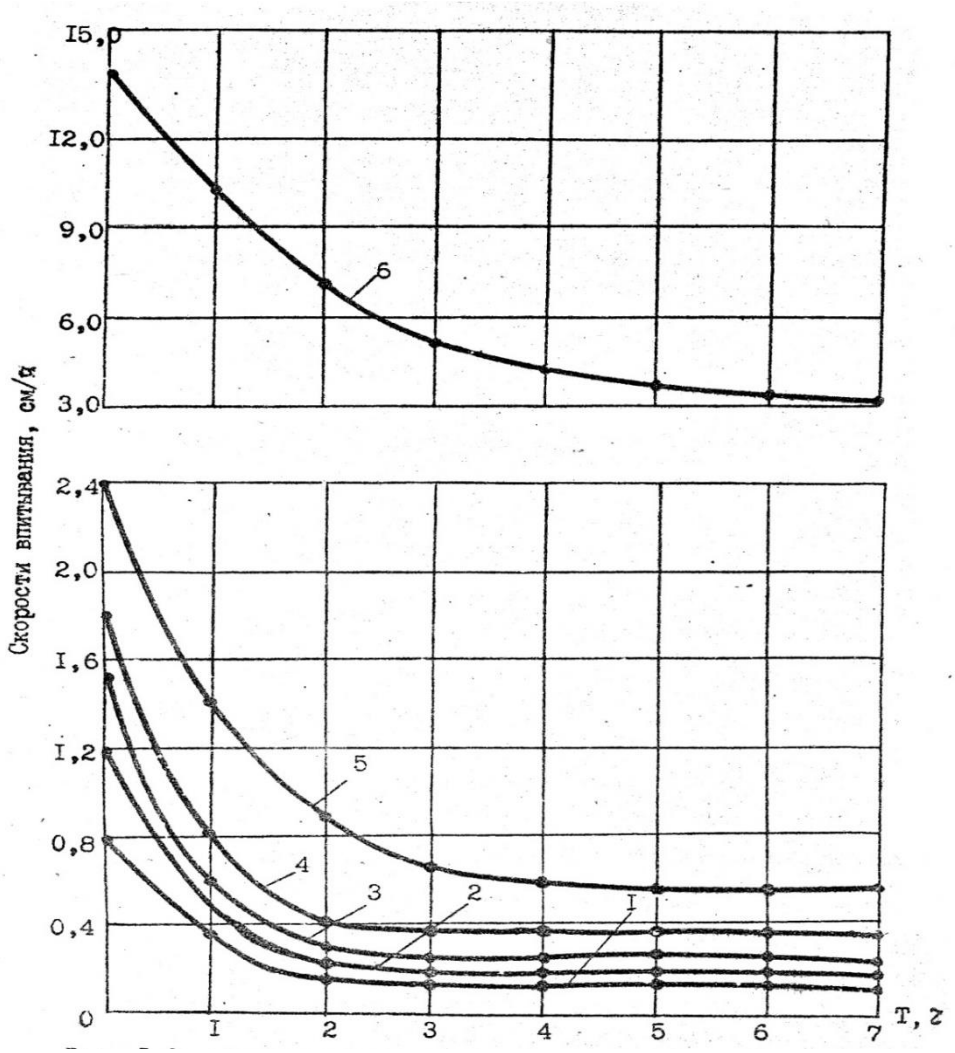

Рис.1. Скорость впитывания воды на различных типах почв Таджикистана. 1- коричневые карбонатные; 2 – обыкновенные сероземы; 3 – светлые сероземы; 4 – темные сероземы; 5 – типичные сероземы; 6 – серо-бурые каменистые

2.5. Светлые сероземы Вахшской долины

Анализ гранулометрического состава почвы показал, что по всем слоям почвы преобладает фракция крупной пыли (0,05-0,01). По мере углубления содержание физической глины (фракции частиц менее 0,01 мм) в почве увеличивается. В целом почва содержит от 31,3 до 44,2% физической глины и по классификации Н.А. Качинского относится к средним суглинкам.

В слое 0-200 см объемная масса колеблется от 1,30 до 1,48 г/см^3. Наименьшей объемной массой - 1,30-1,35 г/см^3, характеризуется пахотный слой (0-30 см), а ниже она постепенно увеличивается и в слое 180-200 см достигает 1,48 г/см^3. Объемная масса слоя 0-70 см составляет 1,35 г/см^3, 0-100 см – 1,36 и 0-200-1,40 г/см^3.

Удельная масса почвы в слое 0-200 см изменяется в узких пределах – от 2,60 до 2,65 г/см^3. Скважность находится в пределах от 43,3 до 50,0%. Наибольшие показатели характерны для верхнего слоя 0-30 см (49,4%), а для слоя 0-100 см в среднем составляет 48,1%.

В слое 0-200 см величина НВ изменяется от 19,29 до 23,55% от массы абсолютно сухой почвы. Запас воды при НВ в слое 0-70 см составляет 2112 $м^3$/га, в слое 0-100 см – 2995 $м^3$/га, в слое 0-200 см -5886 $м^3$/га.

Водопроницаемость почвы в первый час составляет 7,2 см или 432 $м^3$, затем постепенно снижается и за 6 часов составляет 1037 $м^3$.

2.6. Почвы Северного Таджикистана и их свойства (Согдийская область)

В орошаемой зоне Северного Таджикистана распространены серобурые каменистые, сероземно-светлые, сероземно-луговые и луговые почвы. В основном, подвержены засолению разной степени сероземно- луговые и луговые почвы. Гранулометрический состав почв легко, средне и тяжелосуглинистые, что предопределяет различные водно-физические и химические свойства почв. Так, диапазон объемной массы составляет от 1,19 до 1,70 г/$см^3$, удельная масса составляет 2,66-2,82 г/$см^3$, общая порозность от 39 до 55%. Предельно полевая влагоемкость метрового слоя от 2600 до 3450 $м^3$/га. Коэффициент фильтрации от 0,35-0,7 до 0,04-0,06 м/сутки.

По содержанию питательных элементов эти почвы относятся к малообеспеченным группам. В пахотном горизонте содержание гумуса варьирует от 0,5 до 1,5%, подвижного фосфора от 16,4 до 25мг/кг и активного калия от 19 до 37 мг/100 г почвы.

Почвенный покров описываемой территории своеобразен и сложен. Это является результатом неоднородности геоморфологического строения территории, разнообразия покровных отложений и гидрогеологических условий, различной интенсивности и длительности хозяйственного воздействия. В основном здесь распространены луговые, сероземно-луговые, лугово-болотные почвы и солончаки.

По профилю соли распределены равномерно с некоторым повышением во втором метре. Почво-грунты по типу засоления хлоридно-сульфатные, магниево-натриевые с переходом в кальциево-магниевые.

Солончаки приурочены к аккумулятивной равнине, к ее пониженным участкам. Они представляют собой резко выраженное накопление солей в поверхностных горизонтах почвы. Характеризуются максимальным содержанием легкорастворимых солей в верхних горизонтах и, особенно в виде пухляка на поверхности почвы. С глубиной количество солей постепенно убывает.

Водно-физические показатели почвенных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Водно-физические свойства почвы

Глубина, см	Объемная масса, г/$см^3$	Удельная масса, г/$см^3$	Скважность, %	Полевая влажность, %	Запас влаги, $м^3$/га
0-30	1,45	2,57	44,0	21,1	918
30-66	1,51	2,66	44,0	21,5	1169

66-82	1,60	2,71	40,9	20,2	517
82-105	1,64	2,69	39,5	23,3	879
105-150	1,68	2,70	37,8	25,0	1890

3. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Задача техники поверхностного полива - подавать на орошаемое поле воду в нужном количестве, распределять её по поверхности поля, обеспечивать поглощение почвой воды в и сохранять структуру и высокий коэффициент использования воды, создавать условия для механизации и высокой производительности труда поливальщиков.

Процесс бороздкового полива характеризуется главным образом двумя периодами: 1 – период продвижения воды по сухой борозде – период добегания; 2 – период продвижения воды по уже смоченной борозде и углубление её до расчетного слоя – период до увлажнения.

К основным элементам техники полива относятся: длина борозды, расход поливной струи, уклон борозды и продолжительность полива. Они должны быть взаимосвязаны с конкретными условиями каждого поля, требованиями и особенностями возделывания сельскохозяйственных культур. Все эти параметры поливной борозды должны обеспечивать: подачу заданной поливной нормы, заданную равномерность увлажнения почвы по длине борозды, высокий коэффициент использования воды, высокую производительность труда поливальщиков, а также свести к допустимому минимуму эрозию почвы.

Расчет элементов техники полива основан на использовании трех главных закономерностей: во-первых, на использовании закономерности изменения скорости впитывания воды в почву по времени; во-вторых, на использовании связи между временем и длиной добегания поливной струи по сухой борозде; в-третьих, на использовании закономерности движения воды и впитывания струи по смоченной борозде в период до увлажнения.

Поверхностный полив по бороздам в настоящее время является основным способом полива сельскохозяйственных культур в Таджикистане, который имеет ряд недостатков, главными из которых являются: потери воды на сброс и глубинную фильтрацию, низкий коэффициент равномерности увлажнения почвы по длине поливного участка, низкая производительность труда поливальщиков, возникновение ирригационной эрозии почвы и др. способствующие поднятию грунтовых вод и вторичному засолению почв.

Учитывая перечисленные недостатки для рационального и эффективного использования оросительной воды многими учеными были проведены большие работы по усовершенствованию техники и технологии полива по бороздам.

Академик А.Н. Костяков (1960) процесс впитывания разделил на поглощение, при котором почва постепенно насыщается водой и фильтрацию - конечную стадию поглощения, подчиняющую закону Дарси.

Для определения скорости впитывания существуют множество формул ряда авторов, но чаще всего широко используют формулу А.Н. Костякова:

$$K_t = \frac{К_1}{t^a} \quad (1)$$

где K_t - скорость поглощения воды почвой в данный момент, м / ч;

K_1 -- скорость поглощения воды почвой в конце первой единицы времени, м/ч;

t - время от начала впитывания, ч, с;

a - показатель степени, характеризующий динамику поглощения воды почвой.

Для расчетов элементов техники полива по бороздам пользуются не скоростью в конце первой единицы времени (K_1) , а средней скоростью за первую единицу времени K_0, которая определяется:

$$К_0 = \frac{К_1}{1-a} \quad (2)$$

Зная $К_0$, можно найти скорость впитывания в любой момент.

Динамика поглощения воды почвой, не насыщенной водой в момент времени t, выражается одночленной степенной зависимостью:

$$K_{ср} = \frac{К_0}{t^a} \quad (3)$$

где $K_{ср}$ - средняя скорость поглощения воды за период времени, м / ч;

$К_0$ - средняя скорость впитывания за единицу времени, м/ч;

a - показатель степени, характеризующий затухание скорости впитывания во времени, зависящий от начальной влажности почвы, изменяется от 0,3 до 0,8

Почва поглощает воду как во время передвижения её по поверхности, но и после прекращения подачи воды на поле.

При поверхностном поливе впитывание воды в почву - это один из основных факторов, определяющих основные элементы полива.

М. М. Кабаков (1972) считает, что более точно динамичность скорости впитывания воды в почву по времени следует описывать двухчленной формулой, в которой значение параметров $C, a, V_{уст}$, зависят от физических свойств почвы и исходной влажности:

$$V_t = \frac{C_1}{t^a} + V_{уст} \quad (4)$$

$\frac{C_1}{t^a}$ - скорость впитывания в единицу времени, м / ч;

$V_{уст}$ - средняя скорость впитывания, м / ч.

Определение поливной нормы. Для определения поливной нормы А.Н. Костяков (1960) предлагает пользоваться следующей формулой:

$$m = A \cdot H \cdot (\beta_{max} - \beta_0) \quad (5)$$

где: m – поливная норма, $м^3$/га; А – полная влагоемкость данной почвы %; Н - глубина активного слоя, м; β_{max} - влажность почвы при полной влагоемкости, %; β_0 - доступная влажность почвы перед поливом, %.

Для установления поливной нормы необходимо знать глубину увлажнения почвы в процессе полива. Ряд авторов называют увлажняемый слой также расчетным, деятельным орошаемым, слоем активного влагооборота и т.д. Многолетними исследованиями на опытных станциях Таджикского НИИ земледелия Х.Д. Домуллоджановым (1992), доказано, что глубина расчетного

слоя почвы для установления сроков полива и поливных норм определяется глубиной распространения корневой системы и послойным расходом воды по периодам вегетации хлопчатника. При глубоком залегании грунтовых вод рекомендовано определять сроки полива по заданной влажности почвы на глубине 0-50 см до бутонизации, 0-70 см в периоды бутонизация-цветение и созревание, и 0-100 см – при фазе цветение-плодообразование.

Я.Э. Пулатов (1986), изучая влияние глубины расчетного слоя почвы при поливах на водопотребление и урожайность кукурузы в Гиссарской долине, установил, что основной расход воды происходит в 0-70 см слое почвы и при глубоком залегании грунтовых вод на него приходится 80-90% общего расхода воды в слое 0-100 см.

Величина оросительной нормы наиболее точно устанавливается в результате полевых опытов, проведенных в конкретных климатических, почвенно-гидрогеологических и мелиоративных условиях. Поскольку такой подход трудоемкий и требует много времени, то предложено ряд эмпирических формул.

Так, А. Н. Костяков (1960) предлагает определять оросительную норму по формуле:

$$M_H = У \cdot K - 10\mu P - \Delta W - W_{гр} \qquad (6)$$

где: M_H- оросительная норма нетто, м^3/га; У –плановая урожайность культуры, т/га; К – коэффициент водопотребления культуры, м^3/га; Р –осадки, м^3/га; μ - коэффициент использования осадков; ΔW – разность запасов воды в расчетном слое почвы в начале и в конце вегетационного периода, м^3/га; $W_{гр}$ – количество воды, используемое растениями из запасов пресных грунтовых вод, м^3/га.

Расчет оросительной нормы по рекомендациям института «Средазгипроводхлопок» (В. Р. Шредер и др., (1979) предлагает производить по уравнению:

$$M = 10 \cdot (E - 0) \cdot K_1 \cdot K_2 \qquad (7)$$

где: М – оросительная норма вегетационного периода, м^3/га; Е – сумма ежемесячной испаряемости, рассчитанная по уравнению Н. Н. Иванова с поправочным коэффициентом 0,8 (по Л.А. Молчанову) за период апрель-сентябрь, мм; 0 – сумма осадков за этот же период, мм; K_1 – коэффициент, зависящий от вида возделываемой культуры в III-ем (базисном) гидромодульном районе; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние почвенно–гидрогеологических условий на норму орошения.

По методике СоюзНИХИ и институтов земледелия республик Средней Азии и Казахстана оросительная норма рассчитывается по формуле:

$$M_{БР.ПОЛЯ} = 10 \cdot (E - 0) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \qquad (8)$$

где: K_3 – коэффициент, учитывающий КПД техники полива. Остальные обозначения такие же как в формуле 7.

Значение К по формулам 7 и 8 устанавливается только в результате проведенных полевых и лизиметрических опытов в конкретных условиях.

Таким образом, при использовании уравнений для расчета оросительной нормы все же необходимо проводить опыты в конкретных условиях.

Таким образом, техника и технология орошения сельскохозяйственных культур формируется под влиянием почвенно-климатических и гидрогеологических условий, а также биологических особенностей культуры, способа и техники полива, а также водообеспеченности посевов.

Учитывая вышеизложенное необходимо совершенствовать и повысить эффективность бороздкового полива – как пока незаменимого способа полива (используются на 98,5% орошаемых землях) сельскохозяйственных культур.

Для этого **рекомендуется** следующее:

- автоматизация процесса водораспределения при бороздковом поливе (различные авторегуляторы для управления поливом);
- применение различной поливной техники (переносные жесткие и гибкие поливные трубопроводы, стационарные закрытые трубопроводы, шланговые поливные устройства и т.д);
- полив с переменным расходом поливных струй. Эта технология позволила бы уменьшить потери воды на сброс более чем в два раза, повысить коэффициент равномерности увлажнения по длине поливного участка до 0,65-0,70 и урожайность сельскохозяйственных культур на 20%;
- распределение расхода воды в четные борозды, затем – в течение такого же отрезка времени в нечетные борозды. После добегания поливных струй до конца нечетных борозд расход поливных струй в голове борозд уменьшается вдвое за счет одновременного полива четных и нечетных борозд;
- способ с многократными нормами добегания. При этом осуществлялся поочередный полив двух участков. Пауза между импульсами могла достигать 24 часов;
- дискретная подача воды в борозды. Первоначально вода в борозды подавалась утром, а во второй половине дня ее подавали в борозды еще четыре раза. В результате проведения эксперимента удалось уменьшить коэффициент неравномерности увлажнения почвы по длине участка до 6 %.
- полив по бороздам малыми нормами (50-140м/га) с межполивными периодами 3 – 4 суток;
- импульсной подачей воды в борозды. Осуществлять поливы по бороздам короткими импульсами с интервалами 2, 5, 10 и 20 минут. После добегания поливных струй до конца борозд поливы прекращаются;
- дискретная технология полива через борозду по тупым уплотненным поливным бороздам с мульчированием неполивных борозд с переменным расходом струй (0,450 →0,225 л/с) с использованием импульсного полива;
- применение глубокого рыхления с дифференцированной глубиной вдоль и поперек орошаемого участка;
- к технологиям земледелия, улучшающими аэрацию почвы и повышающими урожайность культур, относятся также, выращивание сельскохозяйственных культур на гребнях;

- различные системы и технологии орошаемого земледелия и биомелиорации;
- организации сосредоточенных поливов, которые позволяют повысить производительность труда до 30% и сократить оросительную норму брутто на 15-20%.
- дифференцированная технология полива по длинным сквозным бороздам. при этом урожайность повышается на 15%, равномерность увлажнения по длине борозд достигает 0,85-0,9);

4. ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ВИНОГРАДНИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

4.1. В настоящее время площадь под садами и виноградниками в республике составляет более 150 тыс. га. В соответствии с Постановлением Правительства Республики Таджикистан, №683 от 27 августа 2009 года «О закладке садов и виноградников, восстановление старых насаждений и выращивание посадочных материалов плодовых культур и виноградника на 2010-2014 годы» их площадь увеличился на 45 тыс. га. Дальнейшее развитие отрасли было закреплено «Программой развития садоводства и виноградарства в Республике Таджикистан на 2016-2020 годы», которая утверждена Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 декабря 2015 года, № 793. В соответствии с этим Постановлением также заметно увеличиваются площади под садами и виноградниками.

В системе мероприятий по рационализации и совершенствованию использования потенциала сельскохозяйственных культур существенное значение приобретают совершенствование элементов технологии бороздкового орошения (подбор сельскохозяйственных культур, режимы орошения в связи с водообеспеченностью года, соблюдения элементов техники полива и др.)

4.2. Водный баланс и определение водопотребления виноградником

В практике орошаемого земледелия суммарное испарение (суммарное водопотребление, эвапотранспирация, валовый расход воды за вегетацию) устанавливается непосредственным изучением его в условиях опыта, а также расчётным путём. Наиболее точным и надёжным является первый из них, при котором суммарное испарение в условиях автоморфных почв определяется методом (уравнением) водного баланса:

$$E = (W_н – W_к) + 10К_оР + М$$

где, Е – суммарное водопотребление (суммарное испарение), $м^3$/га;

$W_{н-}$ - запас влаги в начале вегетации, $м^3$/га;

$W_к$ – запас влаги в конце вегетации, $м^3$/га;

$К_о$– коэффициент использования атмосферных осадков (0,5);

Р – атмосферные осадки, мм;

М – оросительная норма брутто поля, $м^3$/га;

Составленный водный баланс показал, что за вегетационный период в потреблении воды имеется общая закономерность: по мере повышения нормы

орошения увеличиваются суммарное водопотребление, а расход почвенной влаги находится в обратной зависимости, т.е. чем ниже норма полива, тем больше виноградник использует влагу из запасов почвы. Основной статьёй водного баланса является оросительная вода, которая в зависимости от нормы орошения варьирует от 19% до 51,2% $м^3$/га от общего расхода воды. Установлено, что с ростом урожая винограда, снижается коэффициент водопотребления. Максимальный урожай винограда при минимальных затратах (168,8 ц/га) формируется при снижении оросительной нормы до 20%.

4.3. Влияние нормы орошения на урожайность виноградника

Результаты учета урожая, проведенные по вариантам опыта показали, что различные режимы орошения (поливные и оросительные нормы) оказали существенное влияние не только на рост и развитие растений, но и на урожайность винограда.

Установлено, что снижение оросительной нормы виноградника до 20% существенно не влияет на её уровень урожайности. Так, при соблюдении нормы полива по существующим рекомендациям получен максимальный урожай – 170,1 ц/га, а при варианте 0,8М, формировался 160, 0 ц/га, т.е разница в урожае согласно дисперсионному анализу, математически не доказывается. Следовательно, в условиях производства рекомендуется, как рациональный режим – 0,8 М (табл. 2.).

Таблица 2

Урожай винограда (ц/га) в зависимости от различных норм орошения

Годы	Урожайность по вариантам опыта, ц/га						
	Хозяйственный контроль	m	1,3 m	0,8 m	0,6 m	0,4 m	Богара
2016	112,5	173,7	128,8	168,8	115,0	78,0	57,0
2017	110,8	161,5	127,5	148,8	107,5	76,3	59,3
2018	129,1	175,0	122,5	162,5	116,3	82,5	60,4
Средняя	**117,5**	**170,1**	**126,3**	**160,0**	**112,9**	**78,9**	**58,9**

Экономическая эффективность выращивания винограда в зависимости от различной влагообеспеченности, которая характеризуются изменением оросительной и поливной нормы варьирует в больших пределах. При оптимальных условиях водообеспечения (вариант М), чистый доход составил 37,84 тыс. сомони/га, при повышении оросительной нормы до 30% не обеспечивает повышение урожайности и чистого дохода, который составил 25,66 тыс. сомони/га. Уменьшение нормы орошения на 20% не существенно влияет на показатели экономической эффективности виноградника. Здесь чистый доход получен на уровне 36,83 тыс. сомони/га, т.е. одинаково с вариантом оптимальной водообеспеченности, разница между этими режимами орошения статистически не доказывается. Уменьшение оросительной нормы на

40 и 60 % приводит к резкому снижению урожайности (112,9 и 78,9 ц/га) и чистого дохода (20,72 и 10,53 тыс. сомони/га) виноградника.

Таким образом, снижение оросительной нормы виноградника до 20% не существенно влияет на показатели экономической эффективности. Следовательно, для условий Гиссарской долины оросительная норма для виноградников рекомендуется на уровне 3400 $м^3$/га.

5. ТЕХНОЛОГИЯ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА И ДОЖДЕВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОСЕВОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

К прогрессивным способам полива, особенно для люцерны относится дождевание. Этот способ орошения, включая в себя положительные стороны, исключает ряд существенных недостатков, присущих традиционным (бороздковый) способам орошения. Особенно перспективным является использование дождевания для кормовых и других культур в районах, отличающихся дефицитом водных и земельных ресурсов, к которым относится Республика Таджикистан.

Применение дождевания позволит значительно увеличить урожайность сена люцерны, и тем самым, обеспечивая надежную кормовую базу животноводства, способствует решению продовольственной безопасности республики. Для обеспечения населения республики продуктами питания и дальнейшего развития сельскохозяйственного производства в республике, необходимо до 2025 года дополнительно ввести в эксплуатацию 150 тыс./га новых земель. Ввод новых площадей может быть осуществлен за счет экономии и высвобождения 1,6-1,7 $км^3$/год воды от общего лимита республики - 11,1 $км^3$/год путем ее рационального использования. Экономия такого количества поливной воды может быть достигнута только за счет применения водосберегающих технологий, реконструкции оросительных систем, внедрения экономических методов ведения водного хозяйства и мелиорации земель, нетрадиционные орошения, включая платное водопользование.

При достаточной влажности почвы на глубине залегания семян всходы у люцерны появляются при сумме температур воздуха (выше плюс 5°) не ниже 90°С, а отрастание люцерны прошлых лет наблюдается при устойчивой среднесуточной температуры воздуха выше плюс 5°С. Потребность люцерны в тепле в межукосные периоды в разные годы произрастания различна (табл.3).

Таблица 3

Показатели потребности люцерны в тепле за вегетационный период

Межукосный период	Потребность температуры воздуха, °С	
	выше	сумма
Год посева люцерны		
Всходы – 1-й укос	10	400
Отрастание – 2-й укос	12	350
Отрастание – 3-й укос	12	350
Отрастание – 4-й укос	12	350
Отрастание – 5-й укос и последующие укосы	5	350
Люцерна прошлых лет		
Отрастание – 1-й укос	5	440
Отрастание – 2-й укос	12	220
Отрастание – 3-й укос	12	250
Отрастание – 4-й укос	12	300
Отрастание – 5-й и последующие укосы	5	450

Люцерна - влаголюбивая культура (фреатофит). При прорастании семена поглощают 120-150% воды от своей массы. Поэтому необходимо поддерживать влажность почвы в поверхностном слое на высоком уровне для того, чтобы обеспечить появление дружных всходов, а затем укоренения молодых растений. В условиях Таджикистана по потребности в воде люцерна занимает первое место после риса и цитрусовых. Большой расход воды люцерновым полем обусловлен длинным периодом вегетации этой культуры (210-260 дней), формированием большой массы надземных и подземных органов, а также значительной площадью листового аппарата, повышающего транспирацию растений, Она имеет хорошую приспособительную реакцию: при сильных и продолжительных засухах часть листьев опадает, чтобы свести к минимуму расход воды. Благодаря глубокой корневой системе люцерна может обеспечить себя водой из глубоких слоев почвы, в результате чего не погибает и в самые засушливые годы, но при этом урожай её сильно снижается.

5.1. Полив люцерны

Люцерна предъявляет повышенные требования к воде. Чтобы получить высокий урожай зеленой массы, необходимо поддерживать влажность в пределах 75–80 % от полной полевой влагоемкости (ППВ) почвы; для семенной люцерны в засушливых районах оптимальный режим влажности до фазы цветения – 70–75 (в метровом слое почвы), после цветения – 60–65% ППВ.

Люцерна как многоукосное растение обладает высокими потенциальными возможностями повышения урожая. Однако высокую урожайность зеленой массы и сена получают только при правильном режиме орошения. Люцерна на формирование мощной корневой системы и надземной массы расходует большое количество воды (транспирационный коэффициент в среднем составляет 700-800 единиц). При урожае сена 150-200 ц/га за четыре – пять

укосов суммарный расход воды достигает 7000 – 8000 м^3/га. По фазам развития потребление воды неодинаково.

Наибольшее количество воды люцерна потребляет в фазу цветения, когда отмечается максимальный прирост надземной массы. Суммарный расход влаги за сутки в этот период в среднем достигает 50 – 60, а во время засухи – 100 м^3/га. Меньше всего люцерна расходует воды на формирование первого укоса, что объясняется относительно высокой среднемесячной температурой и более высокой влажностью воздуха. Наиболее интенсивное водопотребление – в июле – августе.

Обеспечение оптимального режима влажности способствует лучшему развитию после скашивания, образованию мощного травостоя с высокой фотосинтетической продуктивностью. Различный режим орошения оказывает большое влияние на размер ассимиляционного аппарата.

5.2. Технология орошения многолетней люцерны при бороздковом поливе и дождевании

Полученные данные показывают, что при бороздковом поливе в соответствии с существующими рекомендациями за вегетацию проводилось 4 полива с большими межполивными периодами и фактическая оросительная норма составила 7026 м^3/га. Из-за растянутости межполивных периодов влажность почвы снижается до 50-60% от НВ, поданные поливные нормы не покрывают создавшегося дефицита влаги на глубине расчётного слоя почвы. При таком режиме орошения в почве не создаются оптимальные водно-воздушные условия для роста и развития растений. Всё это приводит к получению невысоких урожаев (192,0 ц/га) сена люцерны.

При дождевании люцерны поливы проводились в среднем 16 раз с нормами от 140 до 420 м^3/га. При этом фактическая оросительная норма изменялась от 2245 до 6615 м^3/га. Такой режим нормы поливов способствовал формированию урожая сена люцерны от 154,7 до 301,1 ц/га.

5.3. Водопотребление люцерны

За вегетационный период в потреблении воды имеется общая закономерность: по мере повышения предполивной влажности почвы увеличиваются поливные нормы и суммарное водопотребление, а расход почвенной влаги находится в обратной зависимости, т.е. чем ниже предполивная влажность почвы. тем больше люцерна использует влагу из запасов почвы. Основной статьёй водного баланса является оросительная вода, которая варьирует от 40% до 79% м^3/га (при дождевании), а при бороздковом поливе 72,5 % от общего расхода воды. При дождевании люцерны выявлено, что с увеличением нормы полива возрастает суммарное водопотребление от 5615 до 8370 м^3/га, а при бороздковом поливе оно составило 9686 м^3/га. Установлено, что с ростом урожая сена люцерны, снижается коэффициент водопотребления от 50,4 до 26,5 м^3/ц. По результатам исследований видно, что максимальный урожай сена люцерны при минимальных затратах (287,0 ц/га) формируется при оросительной норме на уровне 5545 м^3/га, суммарного водопотребления 7715 м^3/га и коэффициента водопотребления 26,9 м^3/ц.

По результатам многолетних исследований выявлено, что на контроле (вариант 1 – полив напуском) суммарное испарение за вегетацию было наибольшим –в среднем 9755 м3/га, а доля оросительной воды составила в среднем 72,9 %. При дождевании люцерны по мере повышения режима водоподачи от 0,4М до 1,3 М суммарное испарение (водопотребление) люцерны увеличивается.

Коэффициент водопотребления в зависимости от способа полива (полив напуском и дождеванием) варьируется от 12,1 (вариант полива – напуском) до 7,2 $м^3$/ц (вариант полив дождеванием). Установлено, что по мере повышения режима водоподачи дождеванием от 0,4М до 1,3М, коэффициент водопотребления снижается от 37,4 до 30,4 $м^3$/ц. Установлено, что наименьший коэффициент водопотребления (26,6 $м^3$/ц) достигается при режиме водоподачи 0,8М, то есть при снижении оросительной нормы в пределах 20-30% от нормы.

Удельные затраты оросительной воды на 1 ц сена люцерны изменяется от 14,5 до 39,1 $м^3$/ц.

Между урожаем сена люцерны и суммарным водопотреблением (п=20) найдена тесная (**R^2=0,92**) криволинейная связь, которая описана уравнением параболы, имеющим вид:

$$\mathbf{У = -19,4X^2 + 314,2X - 984,7} \qquad (9)$$

где: У – урожай сена люцерны, ц/га;

Х – суммарное водопотребление, тыс. $м^3$/га.

С ростом урожая от 140 до 285 ц/га сена люцерны суммарное водопотребление увеличивается от 5,2 до 8,0 тыс. $м^3$/га, т.е. урожай повышается на 50,9 %, а суммарное водопотребление только на 35,0 %. В условиях Центрального Таджикистана рациональное суммарное водопотребление составляет 7,2 тыс. $м^3$/га при урожае 260 ц/га сена люцерны.

С ростом урожая сена люцерны уменьшается расход воды на единицу продукции (коэффициент водопотребления). Связь урожая с коэффициентом водопотребления (**R^2=0,76)** выражено уравнением, степенной функции, имеющим вид:

$$\mathbf{У = 0,0007X^2 - 0,35X + 74,2} \qquad (10)$$

где: У – урожай сена люцерны, ц/га;

Х - коэффициент водопотребления, $м^3$/ц.

В процессе исследования изучены основные характеристики и показатели дождевальной насадки. При этом определены для каждого полива интенсивность дождя, расход воды и равномерность увлажнения почвы при дождевании люцерны. Результаты экспериментальных исследований по различным способам (бороздковый и дождевание) орошения люцерны многолетнего стоянии влияние их на нормы орошения на рост, развитие и продуктивность показали преимущество дождевания относительно бороздкового полива.

Основные рекомендации:

1. При дождевании люцерны нормой 5545 $м^3$/га, урожай сена люцерны достигает максимального значения – 287 ц/га, а при бороздковом

поливе нормой 7026 м^3/га соответственно – 192 ц/га. При дождевании люцерны относительно бороздкового способа полива, урожай сена увеличивается на 95,0 ц/га или 33,1%, экономия оросительной воды достигает 1481 м^3/га или 26,8%. Удельные затраты оросительной воды на единицу урожая сена люцерны при дождевании и бороздковом поливе составляет 19,3 и 36,6 м^3/ц соответственно.

2. Результаты исследований по влиянию степени водообеспеченности посевов при дождевании люцерны на её продуктивность показали, что уменьшение оросительной нормы на 20, 40, 60%, снижает урожай сена люцерны на 8,9, 31,6 и 46,1% соответственно. А увеличение нормы орошения на 30%, приводит к повышению урожая сена всего лишь на 5%. При дождевании люцерны предполивная влажность почвы не должна опускаться ниже 75-80% НВ.

3. Выявлено, что основной статьёй водного баланса является оросительная вода, которая варьирует от 40% до 79% м^3/га (при дождевании), а при бороздковом поливе 72,5 % от общего расхода воды. При дождевании люцерны выявлено, что с увеличением нормы поливов возрастает суммарное водопотребление от 5615 до 8370 м^3/га, а при бороздковом поливе она составила 9686 м^3/га.

4. С ростом урожая сена люцерны, снижается коэффициент водопотребления от 50,4 до 26,5 м^3/ц. По результатам исследований видно, что максимальный урожай сена люцерны при минимальных затратах (287,0 ц/га) формируется при оросительной норме на уровне 5545 м^3/га, суммарного водопотребления 7715 м^3/га и коэффициента водопотребления 26,9 м^3/ц.

5. Практическая значимость выполненной работы заключается в разработке элементов техники и технологии орошения люцерны при бороздковом поливе и дождевании. Это позволит обеспечить стабильную водоподачу, равномерность полива, значительно повысить урожайность люцерны, сэкономить оросительную воду, снизить непроизводительные потери воды, исключить ирригационную эрозию и повысить производительность труда поливальщика.

6. ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ, КУКУРУЗЫ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ ТАДЖИКИСТАНА

Агрохимический состав почвы характеризуется невысоким содержанием питательных элементов. Содержание индикаторов плодородия почв в слое 0-25 см составляют: гумус 0,72-0,95 %, азот нитрогенный от 5 до 15,9 мг/кг и активный фосфор от 7 до 12,7 мг/кг. По содержанию питательных элементов почво-грунты опытного участка относятся к низкоплодородным почвам.

Одновременно в годы исследований были определены фактический выход зерна после высушки. Для чего в лабароторных условиях из числа больших и средних початков по 20 штук высушены и определены агробиологические и хозяйственные показатели. Избранные початки имели

длину 18-24,2 см, по 14-18 рядов, количества зерен в початке от 664 до 1020, и выход сухого зерна составил в среднем 84,0 %.

Оросительная норма в оптимальном варианте М в среднем составила 5246 м^3/га, а на контрольном - 6556 или превысила на 1310 м^3/га. Во втором дехканском хозяйстве, где испытывались технологии полива 0,4М и 0,6М оросительная норма соответственно составила 2133 и 3146 м^3/га. Следовательно, в двух последних вариантах поливы осуществлены с опережающей нормой.

Необходимо отметить, что на вариантах технологий полива 0,4 М и 0,6 М рост и развитие кукурузы сильно отстает, наблюдается выражением подсушки растений, местами высыханием листьев. На варианте 0,8 М в начале вегетации отмечено нормальный рост и развитие, с повышением температуры в июне и июле зафиксирована подсушка растений. Кукуруза с мощной зеленой массой растет на вариантах 1,3М и хозяйственном фоне, где оросительные нормы почти одинаковые и составляют соответственно 6783 и 6556 м^3/га.

В результате острого дефицита воды и необеспечения необходимого поливного режима и влажности в корнеобитаемом слое на вариантах технологии полива 0,4, 0,6 и 0,8 урожайность кукурузы снизилась по сравнению с оптимальным вариантом на 50,4, 25,5 и 3,0 ц/га соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность кукурузы на зерно (14% влажности зерна), ц/га

Вариант	2017	2018	2019	В среднем за 2017-2019
1.Хозяйственный контроль	65,9	71,0	74,3	70,4
2.Оптимальная технология-**М**	90,7	92,2	99,5	94,0
3.Технология полива **-0,4.М**	36,1	44,6	50,1	43,6
4.Технология полива **-0,6.М**	59,8	72,6	73,1	68,5
5.Технология полива **-0,8.М**	82,3	92,2	98,5	91,0
6.Технология полива **-1,3.М**	78,0	86,0	90,1	84,7

Высокая урожайность люцерны достигается на 1-ом укосе, от укоса к укосу урожай падает, продуктивность люцерны после 5-го года стояния 1,5-2,0 раза снижается, что требует внедрения севооборота культур.

Таблица 5

Динамика урожайности люцерны, ц/га

Годы	Число укосов					Всего
	1	2	3	4	5	
2016	55,7	54,1	53,5	44,1	22	207,4
2017	48	35	26	37	18	164
2018	51	42	34	30	14	171
2019	29,9	27,2	23,7	18,9	9,9	109,6
2020	28,8	24,4	21,5	17,1	9,4	101,2

В условиях рыночной экономики выращивание люцерны, тем более на малоплодородных подверженных засолению орошаемых землях оказалось выгодной.

Надо подчеркнуть, что на хозяйственном (контроль) фоне орсительная норма превышает даже вариант технологии полива 1,3 М в 1,83 раза. Это свидетельствует о том, что в хозяйствах отсутствует контроль за водопользованием, который приводит к нарушению гидрогеологического режима территории, подъему УГВ и усилению процесса вторичного засоления орошаемых земель.

Известно, что люцерна теплолюбивая, влаголюбивая и солеустойчивая культура, и имеет мощную корневую систему позволяющую выдерживать дефицит поливной воды в условиях ее нехватки, за счет грунтовых вод.

Следует отметить, что на варианте при поливах с уменьшенной нормой на 20, 40 и 60 %, урожайность сена люцерны составила 195,0, 124,5 и 100,9 ц/га соответственно

В условиях рыночной экономики выращивание люцерны, тем более на малоплородных подверженных засолению орошаемых землях оказалось выгодной. Следует подчеркнуть, что при падение урожайности люцерны чистый доход растет за счет повышения цены на сено. Чистый доход составил 9209,1 сомони/га и рентабельность выращивания люцерны повысилась до 386,2 %.

7. ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ВИНОГРАДНИКОВ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ БОХТАРСКОЙ ЗОНЫ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ ТАДЖИКИСТАНА

Согласно существующим рекомендациям (1988) в условиях Бохтарского района Хатлонской области необходимо проводить весной (19 февраря – 21 марта) влагозарядковый полив нормой 1700 м^3/га.

Результаты фактических замеров учета воды показали, что в среднем из 4-х лет исследований, поливная норма нетто изменилась от 2027 (вариант 0,6М) до 7015 м^3/га (вариант-хозяйственный полив). В условиях производства (хояйство) поливы проводятся с относительно большими нормамы без учета дифференциации их по фазам развития виноградника.

При соблюдении режима нормы 0,6М, 0,8М и М фактические нормы орошения составили 2027, 2801 и 3168 м^3/га соответственно. При увеличении нормы полива на 30%, оросительная норма за вегетацию составила 4094 м^3/га (табл. 6).

Результаты учета урожая, проведенные по вариантам опыта показали, что различные нормы орошения оказали существенное влияние не только на рост и развитие растений, но и на урожайность винограда.

Таблица 6

Фактическая оросительная норма, нетто

Вариант	Годы исследований, м³/га					В среднем
	2016	2017	2018	2019	2020	
1. Хозяйственный контроль	6210	-	3104	4300	4936	7015
2. Поливы - 0,6 М	2408	-	2045	1730	1925	2027
3. Поливы - 0,8 М	3010	-	2880	2510	2805	2801
4. Поливы - М	3476	-	3080	2980	3135	3168
5. Поливы -1,3 М	4320		4015	4136	3905	4094

Таблица 7

Фактическая урожайность виноградника (опыты 2016-2020 гг.)

Вариант	Годы исследований, ц/га					В среднем
	2016	2017	2018	2019	2020	
1. Хозяйственный контроль	142	-	161	157	160	155
2. Поливы по 0,6 М	157	-	172	164	171	166
3. Поливы по 0,8 М	181	-	191	184	195	188
4. Поливы по М	180	-	196	187	197	190
5. Поливы по 1,3 М	148	-	170	161	173	163

Самый высокий урожай винограда отмечен на кустах с сильным ростом. Урожайность лучшего варианта в среднем получено (190 и 188 ц/га) при нормы полива – 3168 и 2802 м³/га соответственно на вариантах М и 0,8 М. На контроле при поливах нормой 7015 м³/га получен самый минимальный урожай – 155 ц/га. Выявлено, что при уменьшении нормы орошения на 20% формируются 188 ц/га, что на 2 ц/га меньше, чем при поливах рекомендованным для этих условий.

Установлено, что с повышением нормы орошения на 30 % и её уменьшение на 40% приводят снижению урожайности винограда соответственно на 24 и 27 ц/га или на 12 и 14%.

Таким образом. можно заключить, что в условиях Бахтарского района Хатлонской области для 5-го гидромодульного района, уменшение нормы полива виноградника на 20% существенно на влияет на её урожайность. Оросительная норма рекомендуется на уровне 2800 м^3/га, которая способствует получению 190 ц/га урожая виноградника.

8. ИННОВАЦИОННЫЕ ВОДО-И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ ПОКРЫТИЯ ПОЧВЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОГЕЛЯ

Поиск и испытание новых дешёвых, экономически обоснованных приёмов и разработка нетрадиционных методов водосбережения: путем искусственного экранирования почвы, покрытие почвы (мульчирующим слоем), использование гидрогелей и различных полимеров, применение других технических и агротехнических способов, требует проведения специальных исследований.

8.1. Влагоудерживающая способность гидрогеля и возможность применения гидрогеля в орошаемом земледелии Таджикистана

Гидрогель - это органический полимер, обладающий уникальной способностью поглощать и удерживать при набухании большой объем воды. При внесении в почву он помогает увлажнять корневую систему растений или наоборот забирать излишки влаги. При этом вместе с гидрогелем можно вносить минеральные удобрения, микроэлементы, химикаты, в частности, пестициды, гербициды, стимуляторы роста и другие, которые вместе с влагой попадают непосредственно к корневой системе, что повышает их эффективность, снижает расход при подкормке или обработке растений и сокращает загрязнение почвы и сточных вод. Гидрогель – это экологически чистый материал, который не только стимулирует рост растений, но и оказывает положительное влияние на качество почвы.

8.2. Результаты исследований с гидрогелем

Анализ показал, что, в настоявшее время, гидрогель используется в основном для выращивания декоративных, цветочных, плодоовощных культур в условиях закрытого грунта. Гидрогель также применяется при посадке саженцев в открытый грунт или в теплицу. Нами впервые сделана попытка использования гидрогеля для пропашных сельскохозяйственных культур в условиях орошаемого и богарного земледелия Таджикистана.

Для решения проблем регулирования водно–физических свойств почвы рекомендуется использование влагонабухающего полимера – гидрогеля.

Как показали результаты исследований они способны многократно увеличивать свой объём в результате набухания, обладают высокой водосорбирующей способностью, обеспечивая более рациональное использование минеральных удобрений и средств защиты растений, а также способны значительно повысить экологическую чистоту сельскохозяйственного производства. Применение гидрогеля способствует удержанию влаги в почве, что приводит к лучшему развитию корневой системы и росту растений и, соответственно, приводит к получению более высоких урожаев и улучшению качества сельскохозяйственной продукции.

Использование гидрогеля в богарных условиях имеет относительно высокий эффект, так как он способствует повышению коэффициента

использования атмосферных осадков за период осень-весна, тем самым обеспечивает устойчивую влагообеспеченность посевов. Рекомендуется внести гидрогель (желательно с фосфорными удобрениями) в почву перед вспашкой на глубину 25-30 см.

На основе проведенных исследований, обобщения полученных материалов и результатов современной практики применения, выявлены следующие технико-экономические и экологические параметры гидрогеля:

- 1 г сухого гидрогеля поглощает до 500 мл воды;
- около 95 % воды находится в форме, доступной для растений;
- 60-80% водонасыщения сухого препарата составляет 45-60 мин;
- гидратация- регидратация полностью обратимы (циклы набухания – сжатия);
- сохраняет свойства в промерзающих почвах после их оттаивания;
- срок действия до 5 лет после внесения;
- экономия воды достигает до 50 %;
- значительно увеличиваются интервалы между поливами;
- при правильном внесении удерживает удобрения и, сохраняя в доступной зоне для корней растений, не позволяет вымываться в глубокие слои почвы и грунтовые воды;
- способность гранул к разбуханию, сжатию улучшает структуру почв, способствует улучшению условий аэрации и фильтрации воды;
- предотвращает эрозию, растрескивание и коркообразование почв;
- применение гидрогеля повышает урожайность и товарное качество продукции;
- не токсичен для растений и почвенных организмов;
- безопасен для человека и не требует никаких средств индивидуальной защиты;
- через 4-7 лет полностью распадается с выделением азотного удобрения, кислорода и воды, солей - натрия, калия, гуминовых кислот без выделения каких-либо токсичных продуктов;
- не влияет на состав почвенных растворов и на химический состав растений;
- значительно снижает риск на загрязнение грунтовых вод.

Результаты показали их высокую эффективность, связанную с сокращением объемов испарения почвенной влаги, уменьшением числа поливов в вегетационный период, гибкого регулирования влагонакопления в корнеобитаемом слое почв в соответствии с биологическими особенностями роста и развития сельскохозяйственных культур и изменчивостью природно-климатических условий. Проведенные полевые испытания в условиях Гиссарской длины Таджикистана показали, что вполне достаточно внесение в почву сухих гидрогелей в количестве 60-70 килограммов на 1 гектар, чтобы в процессе набухания они резервировали в почве до 15-20 тонн воды столь необходимой растениям в засушливый период времени года. Это достигается за

счет того, что при добавлении воды к сухим гидрогелям происходит их набухание и увеличение размеров примерно в 300-350 раз. Таким образом, гидрогель становится своеобразным резервуаром с водой, который при недостатке влаги в почве, будет отдавать свои запасы воды корням растений, а при избытке влаги — впитывать ее. Тем самым, гидрогель спасает растения не только при пересушивании почвы, но и при ее переувлажнении. При этом, находясь в почве, гидрогели отдают растениям до 95 процентов влаги, которую они ранее впитали.

Таким образом, применение гидрогеля в орошаемом и богарном земледелии Таджикистана как новый нетрадиционный метод влагосбережения дает возможность повысить влагообеспеченность посевов, улучшить водно–физические свойства и структуру почвы, обеспечить устойчивость к дефициту влаги, действию засухи и получать более высокие урожаи сельскохозяйственных культур с меньшими затратами технологических средств. Конкретные эффекты зависят от вида выращиваемой сельскохозяйственной культуры, почвенно-климатических условий, поливной воды, состава почвенных растворов, дозы внесения и типа гидрогеля.

Результаты наших исследований подтверждают эффективность применение гидрогелей в условиях орошаемого земледелия и более ощутимые положительные получены в условиях богарного земледелия, где лимитирующим фактором урожайности сельскохозяйственных культур являются атмосферные осадки. При применении гидрогелей коэффициент использования атмосферных осадков увеличивается от 0,3-0,4 до 0,6-0,7.

На наш взгляд основными факторами, ограничивающими широкое применение гидрогелей являются следующие причины:

- недостаточная изученность применения гидрогелей в различных почвенно-климатических условиях Таджикистана;
- высокая стоимость классических гидрогелей, которая влияет на рентабельность хозяйств;
- предположение о том, что при распаде гидрогелей после 5 лет использования в почве могут остаться соли калия и натрия;
- отсутствие использования спецоборудования и отдельных рабочих агрегатов для внесения гидрогелей в почву.

Эти вопросы требуют дополнительного изучения, кроме этих вопросов необходимо продолжить исследования по применению гидрогелей для различных сельскохозяйственных культур и почвенных условий, необходимо изучить их использование с минеральными удобрениями и микроэлементами, изучить их свойства после действия (после 5 лет), и другие агротехнологические вопросы.

Рис. 2 и 3. Подготовка гидрогеля для использования

8.3. Основные элементы технологии полива пропашных культур по экранированным (мульчирование) бороздам

Результаты исследований показали, что в среднем экономия оросительной воды на варианте, где использовались «Гидрогель + Плёночная мульча», была максимальной, т.е. составляла до 55% относительно обычной технологии (без применения мульчирующих материалов). Применение гидрогеля способствовало экономии воды до 45%. Полученные результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8

Экономия оросительной воды в зависимости от различных технологий

№ варианта	Технологии	Экономия оросительной воды, %
1	Обычная технология (контроль)	0
2	Гидрогель (70 кг/га)	40-45
3	Плёночная мульча	20-25
4	Гидрогель + Плёночная мульча	50-55
5	Солома (500 кг/га)	15-20
6	Экранирование песчаных почв	30-35

Известно, что в условиях засушливого климата почвы обычно сильно иссушаются в течение вегетационного периода. В малоснежные зимы и сухие весны они получают недостаточную влагозарядку, что является одним из основных факторов снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому, в зонах недостаточного увлажнения вопросам накопления и сохранения влаги в почве всегда уделяется повышенное внимание. При этом применяются разнообразные комплексы агротехнических приемов, которые должны обеспечивать качественное поглощение влаги верхним слоем, перераспределение её в нижние горизонты почвы и снижение интенсивности физического испарения.

Рис. 4 и 5. Опытный участок посева кукурузы перед появлением всходов и в фазе спелости

9. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ И РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, И ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ТАДЖИКИСТАНА

Существующие рекомендации по определению суммарного водопотребления (эвапотранспирации) и режима орошения сельскохозяйственных культур разработаны в 70-80-е годы прошлого столетия, что требуют уточнения. В условиях Центральной Азии водонормирование и вододеление осуществляется без учета вертикальных и других особенностей орошаемых земель, что требует усовершенствования существующей методики. Поэтому в условиях интенсификации орошаемого земледелия разработка доступных методов установления эвапотранспирации и оптимального режима орошения сельскохозяйственных культур в условиях орошаемого земледелия Таджикистана является актуальной и её решение имеет большое научно-практическое значение.

9.1. Методы определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур

Применяемые методы и формулы для расчетов водопотребления можно разделить на три группы:

- методы определения водопотребления по данным фактических наблюдений;
- эмпирические методы, основанные на сопоставлении между экспериментальными данными метеорологических наблюдений и водопотреблением;
- теоретические методы, основанные на физических законах испарения и энергии.

Приведем некоторые из наиболее точных и простых в исполнении методов, и расчетных формул.

По А.Н. Костякову (1951) общее количество потребляемой растениями воды выражается следующей формулой:

$$\mathbf{E=V\cdot E_y} \qquad (11)$$

где: V и E_y - требуемая урожайность (ц/га) и коэффициент потребления воды данной культуры ($м^3$/ц).

С.Н. Рыжов (1948) ведет расчет общего водопотребления по транспирационному коэффициенту согласно формуле М=К·Р,

где: М - физиологическая норма потребления воды для формирования заданной массы урожая; К - коэффициент транспирации; Р – масса урожая.

Однако в ней не учитывается расход воды на испарение с поверхности почвы. В.М. Легостаев и Б.С. Коньков (1956) общие затраты воды (М, $м^3$/га) на создание планируемого урожая вычисляют по формуле $М=П\cdot Р$ х $К_{тр}+К_{исп}$

где: П – урожай сухой массы, т/га; Р – переводной коэффициент;

$К_{тр}$ – транспирационный коэффициент; $К_{исп}$ – испарение с поверхности почвы, м/га.

Коэффициент Р служит для перевода урожая хозяйственно-ценной части в сухую массу всего урожая. Он изменяется в зависимости от величины урожая и применяемой агротехники.

Д.И. Шашко (1940) предложил определять требуемое растениями количество воды (E_0) по уравнению:

$$E_0 = M\frac{m}{100}\cdot\Sigma d \qquad (12)$$

где: m – средняя абсолютно-сухая масса растений за расчетную декаду или месяц на площади 1 $м^2$; М – средний за расчетный период, “диффузный гидромодуль транспирации”; ∑d – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха.

Широкое распространение имеет метод расчета эвапотранспирации по дефициту влажности воздуха, предложенный А.М. Алпатьевым (1954) и получивший дальнейшее развитие в его работах (С.М. Алпатьев, 1967). При этом используется формула

$$\mathbf{E=K\cdot\sum d} \qquad (13)$$

где: Е – расход воды за весь период вегетации; Σd – сумма дефицитов влажности воздуха за тот же период, мб; К – коэффициент биологической кривой, определяемый путем деления валового расхода воды на сумму дефицитов влажности воздуха (изменяется в пределах 0,6-0,7).

В.С. Мезенцев (1957) предложил следующую формулу:

$$\mathbf{E_ф = 0{,}0275\ e^2\cdot\sum d}, \qquad (14)$$

где: $E_ф$ – потребность в воде, мм; е – средняя многолетняя абсолютная влажность воздуха на высоте 2м, мм ртутного столба; ∑d – сумма дефицитов влажности воздуха.

И.А. Шаров (1952) на основе работ, выполненных в Заволжье, предложил формулу

$$E = P\cdot\sum t + 4B \qquad (15)$$

где, ∑t – сумма температур за вегетационный период, ^{0}С; Р – коэффициент расхода воды полем (приближенно 2$м^3$ на 1 ^{0}С); В – число дней вегетационного периода.

Основываясь на многолетних наблюдениях за расходом воды различными культурами в условиях северного Кавказа Г.К. Льгов (1960), рекомендует формулу

$$E = K \cdot \sum t \qquad (16)$$

где: ∑t - сумма температур за период вегетации культур; К - биофизический коэффициент, который в среднем для большинства сельскохозяйственных культур составляет 1,88, а для кукурузы – 1,84, люцерны – 2,3 (расход воды на 1^0С, м^3).

Ф.Ф. Давитая, Ю.С. Мельник (1970) предлагают метод расчета водопотребления некоторых культур на предстоящий вегетационный период, основанный на прогнозе их теплообеспеченности. Величина последней оценивается по корреляционной связи между датой перехода температуры воздуха через 10^0С весной и суммой температуры выше 10^0С за весь вегетационный период. Сумма этих температур, в свою очередь, связывается эмпирическим соотношением с радиационным балансом, которое для Европейской территории имеет следующий вид:

$$P = 12{,}1 \cdot 10^{-3} \Sigma T + 9{,}9 \qquad (17)$$

Водопотребление Е рассчитывается по величине R

$$E = K_б \frac{R}{L}, \qquad (18)$$

где коэффициент $К_б$ учитывает биологические свойства культуры.

Испаряемость определяется по формуле Н.И. Иванова (1941)

$$E = 0{,}0018 \cdot (25 + t)^2 \cdot (100 - a), \qquad (19)$$

где: Е – испаряемость за месяц, мм; t - средняя температура воздуха, ^{0}С;

а - относительная влажность воздуха, %.

Нужно отметить, что по наблюдениям Л.А. Молчанова (1961) и других исследователей, испаряемость, вычисленная по формуле Н.И. Иванова, завышается на 20%. Поэтому в нее вводят поправочный коэффициент Р=0,8 (В.Р. Шредер и др., 1966).

Формула американских ученых (Blaher, Criddle, 1950) в метрических единицах имеет вид:

$$E_ф = KP \frac{46t + 1813}{100} \qquad (20)$$

где: $Е_ф$ – суммарная месячная потребность фитоценоза в воде, мм;

К – компонент, зависящий от типа растительного покрова;

Р - средняя месячная продолжительность дня за год (в процентах от среднего числа часов и месяцев);

t - среднемесячная температура воздуха, ^{0}С;

Значение К для хлопчатника в среднем за 7 месяцев равно 0,60-0,70; люцерны в безморозный период - 0,80-0,85 и кукурузы за 4 месяца – 0,75-0,85.

Во Франции и в ряде других стран Западной Европы получила распространение формула П. Тюрка (1958):

$$E_ф = 0{,}13 \frac{t}{t + 15} \cdot (i + 50) \qquad (21)$$

где: $E_ф$ – потребность в воде за декаду, мм;

i - средний за декаду приток коротковолновой радиации, кал/см^2 в день;

t - средняя температура воздуха, ^{0}C.

9.2. Оценка различных методов определения суммарного водопотребления

Сравнительное изучение методов показало, что суммарное испарение, рассчитанное по Г.К. Льгову (1960) на 25,8% ниже, тогда как по А.М. Алпатьеву (1954) на 55,6% выше опытных данных.

Весьма близкие данные по суммарному испарению пожнивной кукурузы получены (12,6% выше) при использовании уравнения Блейни и Криддла.

Значения уточненных нами коэффициентов для расчета суммарного испарения (водопотребления) пожнивной кукурузы в условиях оптимальной водообеспеченности представлены в таблице 9.

Таблица 9

Значения уточненных коэффициентов испарения в условиях оптимальной водообеспеченности посевов кукурузы

Методы определения	Формула	Значение коэффициента	**Рекомендуемое значение коэффициента**
Блейни и Криддла	$E = K * P * \frac{46 * t + 813}{100}$,	0,70	**Щкя3-+**
Биоклиматический метод Алпатьева А.М.	E= $K_б$ x E_d	0,65	**4,18**
Биофизический метод Льгова Г.К.	E= K_t E_t	1,88	**2,92**
Метод Н.Н.Иванова	$K_E = \frac{E}{E_0}$	1,0	**0,99**
Метод И.А. Шарова	E =e E_t+4 a	2,0	**2,82**

Из таблицы 9 видно, что в целом за вегетацию расход воды на 1^{0}C составляет 2,92 м^3, на один миллибар влажности воздуха 4,18 м^3, коэффициент интенсивности расхода воды кукурузы по Блейни и Криддла (К) составляет 0,62, а отношение суммарного испарения к испаряемости, подсчитанной по уравнению Н.Н. Иванова (1941) с К = 0,8, составляет 0,99.

Уточненные нами коэффициенты рекомендуются для определения суммарного водопотребления и дифференцированного распределения оросительной нормы в течение вегетации по районам Центрального Таджикистана, значительно различающиеся между собой от других районов по уровню теплообеспеченности.

9.3. Установление оросительной нормы

Оросительная норма, представляющая сумму поливных норм за вегетацию, заметно меняется под влиянием климатических условий года, даже

при соблюдении одинакового режима предполивной влажности почвы. Для учета погодных условий использовались данные метеостанций, расположенных в районе выполнения опытов, а также института «Средазгипроводхлопок». Ежемесячную испаряемость подсчитывали по Н.И. Иванову (1941) с поправочным коэффициентом 0,8 (по А.Л. Молчанову) за период июнь-октябрь (для пожнивной кукурузы). Вычитая из неё сумму осадков, выпавших за этот период, получали дефицит водного баланса (дефицит влаги) или дефицит испаряемости. Отношение оросительной нормы по дефициту (М нетто, $м^3$/га) к дефициту водного баланса (Е-О) за указанные периоды даёт значение $К_1$

$$К_1 = \frac{Мн}{Е - О} \qquad (22)$$

где: О – осадки, мм; Е – испаряемость, мм.

Комплексный коэффициент $К_1$ учитывает множество факторов в системе «почва-климат-растение», а также оросительную норму для культуры. Поэтому его можно назвать биоклиматическим коэффициентом и использовать для определения оросительной нормы нетто.

Результаты полевых опытов, выполненных на типичном сероземе Гиссарской агроклиматической зоны, расположенной на высоте 800 м. над уровнем моря и отнесённой («Средазгипроводхлопок») к широтной зоне Ц-II показали, что в зависимости от особенностей года, режима орошения и величины урожая, коэффициент $К_1$ варьирует от 0,78 до 1,11 (при расчёте за период июль-октябрь).

Биоклиматический коэффициент для пожнивной кукурузы при оптимальных условиях водного режима за вегетационный период (июль-октябрь) по годам изменяется от 0,81 до 1,39.

Таким образом, для определения оросительной нормы пожнивной кукурузы оптимальным значением биоклиматического коэффициента $К_1$, при котором формируется максимальный урожай зеленой массы в условиях типичного серозёма Центрального Таджикистана равен 1,11.

На основании установленных значений $К_1$ для автоморфных почв можно рассчитать оросительную норму пожнивной кукурузы по уравнению:

$$Мбр.поля = \frac{10(E - M \cdot O) \cdot K_1 \cdot K_2}{K_3} \qquad (23)$$

где: $М_{бр.поля}$ – оросительная норма вегетационного периода для пожнивной кукурузы, $м^3$/га; $Е_0$– сумма ежемесячной испаряемости за вегетацию (период), рассчитанная по уравнению Н.Н. Иванова с поправочным коэффициентом 0,8 Л.А. Молчанова, мм; О – сумма осадков за вегетационный период, мм; М – коэффициент использования атмосферных осадков; $К_1$ – биоклиматический коэффициент культуры для III (базисного) гидромодульного района;

$К_2$ – коэффициент, учитывающий влияние почвенно-гидрогеологических условий на норму орошения; $К_3$ – КПД техники полива (потери воды на испарение с водной поверхности в процессе полива, на глубинный и поверхностный сбросы)

Значение экспериментально установленных оптимальных коэффициентов K_1 для пожнивной кукурузы равно 1,11.

Значение K_2 для гидромодульного района 1а равно 1,16; первого – 1,10, второго – 1,05 по отношению к III базисному району.

Значение K_3 изменяется в зависимости от уклона и водопроницаемости почвы (согласно СНИП 2.06.03.85) и составляет в среднем 30%.

9.4. Программа FAO «GROPWAT»

Отделение земельных водных ресурсов FAO (AGLW) разработало компьютерную программу для вычисления водопотребления сельскохозяйственных культур и потребностей в оросительной воде по климатическим данным и характеристикам сельскохозяйственных культур. «GROPWAT» так называется программа, в основном базирующаяся на методологии описанной в сборнике FAO №24.

«GROPWAT» не только вычисляет ET_0 и CWR (водопотребление сельхозкультур), но также позволяет составить графики полива при различных условиях управления и расчета водоподачи для различных схем размещения сельхозкультур.

Результаты использования программы CROPWAT для определения эвапотранспирации (суммарного водопотребления) кукурузой при её пожнивном посеве, оросительной нормой нетто и брутто и других параметров режима орошения позволили получить следующие данные:

- эвапотранспирация (суммарное водопотребление) за вегетации пожнивной кукурузы – 4051 м^3/га;
- оросительная норма, нетто – 3828 м^3/га;
- оросительная норма, брутто – 5468 м^3/га;

Сравнительная оценка методов определения параметров орошения пожнивной кукурузы по компьютерной программе CROPWAT, с фактически полученными данными в результате проведенных полевых исследований представлена в таблице 10.

Таблица 10

Сравнительная оценка методов установления параметров орошения пожнивной кукурузы

Показатели	Фактические опытные данные	По программе CROPWAT	Отклонение	
			м^3/га	%
Суммарное водопотребление	5797	4051	1746	30,1
Оросительная норма, нетто	5406	3828	1578	29,2
Оросительная норма, брутто	6757	5468	1289	19,1
Количество поливов	10	13	3	30

Установлено, что в условиях оптимального водообеспечения посевов пожнивной кукурузы (поливы по влажности почвы на уровне 80 % от НВ) при применении компьютерной программы CROPWAT, значение оросительной нормы (нетто и брутто) и суммарного водопотребления (эвапотранспирации) по отношению к фактическим данным (результаты полевых исследований) оказались заниженными на 30,1 %.

9.5. Программа «ISAREG»

Модель ISAREG базируется на методике расчета водного баланса почвы, предложенной Doorenbos и Pruit (1977). База данных организована в:

− метеорологических файлах, включающих данные по эффективным осадкам и эталонной эвапотранспирации;

− почвенных файлах, включающих стадии развития культур, даты, коэффициенты культур (Кс), развитие корневой системы (глубины) (z) и фактор истощения (p);

− почвенных файлах со значениями потенциальной глубины извлечения корней (rd), полевой влагоемкости (FC), точки завядания (WP) для каждого почвенного слоя.

Управление орошением должно позволять моделирование нескольких вариантов планирования, где заявлены два порога:

- первый - определяющий, когда требуется орошение;

- второй - верхний предел, определяющий глубину орошения. Варианты орошения могут подвергнуться ограничениям, например, в отношении минимального ирригационного интервала, водоподачи и т. п.

В модель может быть введена дополнительная информация о орошении культуры. Максимально рассматриваются 5 стадий:

фаза A --> от посадки до начала быстрого вегетативного роста;

фаза B --> быстрый вегетативный рост;

фаза C --> цветение;

фаза D --> формирование урожая;

фаза E --> созревание.

В зависимости от культуры, эти фазы могут рассматриваться или нет.

А) Модель воспринимает 3 типа культур:

- полевые, садовые и фруктовые культуры (тип 1);

- кормовые культуры (тип 2);

- пастбища и другие подобные многолетние (тип 3).

Б) Коэффициенты культуры (Кс) представляет эвапотранспирацию (максимальную) культуры (ETm, мм), выращенной в отсутствие стресса в условиях эталонной эвапотранспирации (ETo, мм):

$$\mathbf{ETo = ETm\ Kc} \qquad (24)$$

Коэффициенты культуры детально описываются в дополнительной программе KCISA.

В) Глубина корней растений (z). Этот параметр модели показывает глубину (Z, м), на которую почвенный профиль исследуется в течение цикла развития растения.

Г) Фактор истощения почвенной влаги при отсутствии стресса (p) Реально доступная почвенная влага определяется как часть почвенной влаги, при которой растения не страдают от водного стресса.

Д) Фактор реакции урожая (Ку) Параметр Ку (безразмерный) из модели Stewart S-1 относится к относительному дефициту эвапотранспирации

ISAREG это воднобалансовая модель для расчета графиков полива сельхозкультур на уровне поля и расчета требований на орошение при оптимальных условиях и/или в условиях водного стресса.

Применимость компьютерной программы «ISAREG» в условиях орошаемого земледелия Таджикистана оценивается преждевременной. Она из-за недостаточной базы данных (БД) по климатическим показателям характеризуется «недостаточно доступной». Программа «ISAREG» разработана на английском языке, требуется много входящих параметров, фермеры и АВП не достаточно имеют технический, кадровый потенциал и достаточной знании для её применения. Однако, программа «ISAREG» является перспективной и при создании достаточных условий она может быть применена в водном и сельском хозяйстве Таджикистана.

Для заметок

Оглавление

Название главы/подглавы	Стр.
Введение	4
1. Состояние вопроса	5
2. Водно-физические, агрофизические свойства почвы и процесс инфильтрации воды	7
3. Теория и практика бороздкового полива сельскохозяйственных культур	12
4. Технология орошения виноградников при различной степени водообеспеченности в условиях Центрального Таджикистана	16
5. Технология бороздкового полива и дождевания люцерны в зависимости от водообеспеченности посевов в условиях Центрального Таджикистана	18
6. Технология орошения люцерны, кукурузы и оценка состояния водопользования в условиях Согдийской области Таджикистана	22
7. Технология орошения виноградников и оценка современного состояния водопользования в условиях Бохтарской зоны Хатлонской области Таджикистана	24
8. Инновационные водо- и ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии полива пропашных культур при различных сценариях покрытия почвы и использования гидрогеля	26
9. Рекомендации по совершенствованию методов установления эвапортранспирации и режима орошения сельскохозяйственных культур, и оценка применимости различных моделей в условиях орошаемого земледелия Таджикистана	30
Для заметок	38

Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан
Государственное учреждение «ТаджикНИИГиМ»
Отдел техники и технологии орошения

РЕКОМЕНДАЦИИ
по инновационным технологиям орошения сельскохозяйственных культур в условиях климатических изменений Таджикистана

Государственное учреждение «ТаджикНИИГиМ»

734064, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Шамси, 5/1.
Тел.: (+992) 37 236 29 82, (+992) 37 236 59 40
E-mail: info@niigim.tj . Web: www.niigim.tj

Сдано в печать 24.11.2021. Подписано в печать 30.11.2021. Офсетная бумага. Шрифт литературный. Офсетная печать. Условный печатный лист 1/2.

Печатано в изд-ве ООО «Ходжи Хасан».
Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Носири Хусрав 6/1.