ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ, ФИЗИОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

На правах рукописи

УДК 635.64:[631.432:631.811:631.67](043.2)

ГРАДИНАР Дмитрий

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ И ПИЩЕВОГО РЕЖИМА РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БЕЗРАССАДНОГО ТОМАТА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ НА КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

411.05 – Овощеводство

Диссертация доктора сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: Алексей Гуманюк, доктор хабилитат конф.иссл., **411.01 – Агротехника**

Научный консультант: Василий Ботнарь, доктор хабилитат, конф.иссл., **411.05 – Овощеводство**

Автор: Градинар Дмитрий

Кишинев – 2019

INSTITUTUL DE GENETICĂ, FIZIOLOGIE ȘI PROTECȚIE A PLANTELOR

Cu titlu de manuscris
CZU 635.64:[631.432:631.811:631.67](043.2)

GRADINAR Dmitrii

REGLAREA REGIMURILOR HIDRIC AL SOLULUI ȘI DE NUTRIŢIE A TOMATELOR SEMĂNATE ÎN CÂMP DESCHIS LA IRIGAREA PRIN PICURARE

411.05 – Legumicultură

Teză de doctor în științe agricole

Conducător științific: Gumaniuc Alexei, doctor habilitat, conf.cercet., 411.01 – Agrotehnică

Consultant științific: Botnari Vasile, doctor habilitat, conf. cercet., 411.05 – Legumicultură

Autor: Gradinar Dmitrii

Chișinău – 2019

© ГРАДИНАР ДМИТРИЙ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

	АННОТАЦИИ (на русском, румынском, английском языках) ……	6
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ ……..	9
	ВВЕДЕНИЕ ……..	11
1	**ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТОМАТА В БЕЗРАССАДНОЙ КУЛЬТУРЕ ПРИ ОРОШЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ……..……...**	17
1.1	Культура томата и ее отношение к факторам среды обитания …….	17
1.2	Современное состояние в орошении овощных культур в Молдове ……..	20
1.3	Влияние пищевого режима почвы на урожайность томата …….	24
1.4	Капельное орошение и плодородие почв ……..	27
1.5	Продуктивность томата при различных режимах орошения ……..	29
1.6	Выводы к 1 главе …….	35
2	**МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ……..…….**	37
2.1	Почва, как объект исследования ……	37
2.2	Метеорологические условия в годы исследований ……..	40
2.3	Схема опыта и методы проведения исследований……..	45
2.4	Выводы к 2 главе …….	51
3	**ПРОДУКТИВНОСТЬ БЕЗРАССАДНЫХ ТОМАТОВ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ……..……..**	52
3.1	Водный и пищевой режимы почвы ……	52
3.2	Влияние капельного орошения и удобрений на урожайность томата ……...	60
3.3	Влияние изучаемых факторов на качество продукции и эффективность использования растениями воды ……	69
3.4	Выводы к 3 главе …….	72
4	**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БЕЗРАССАДНОГО ТОМАТА ……**	74
4.1	Баланс питательных веществ и эффективность использования удобрений при различных режимах капельного орошения ……...	74
4.2	Экономическая эффективность ……..	82
4.3	Энергетическая эффективность и оценка режимов орошения и удобрения по различным критериям оптимизации …… ….	89

4.4 Выводы к 4 главе …….. 94
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ …… 96
ЛИТЕРАТУРА …… 99
ПРИЛОЖЕНИЯ …… 116
Приложение 1. Поливные режимы томата безрассадного …….. 117
Приложение 2. Урожайность томата по годам исследований …… 118
Приложение 3. Развитие томата при различных режимах орошения …… 122
Приложение 4. Баланс питательных веществ …… 126
Приложение 5. Энергетический баланс технологии возделывания томата безрассадного …… 132
Приложение 6. Акт внедрения …… 139
ДЕКЛАРАЦИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ …… 141
CV 142

АННОТАЦИЯ

Градинар Дмитрий «Регулирование водного режима почвы и пищевого режима растений при возделывании безрассадного томата в открытом грунте на капельном орошении». Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, специальность 411.05 Овощеводство, Кишинев, 2019.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и практических рекомендаций, 32 таблиц, 44 рисунков, библиографии из 218 источников, 6 приложений. Объем основного текста включает 98 страниц. Результаты опубликованы в 15 научных работах.

Ключевые слова: томаты, капельное орошение, удобрение, водопотребление, урожайность, зависимость факторов, экономическая и энергетическая эффективность.

Область исследований: Овощеводство.

Цель работы состоит в разработки технологических параметров возделывания безрассадного томата в открытом грунте при капельном орошении путем оптимизации водного и пищевого режимов почвы, обеспечивающих получение экономически оправданных уровней урожайности.

Задачи: Установление рациональных норм полива при поверхностном капельном орошении; определение продолжительности оптимальных межполивных периодов при возделывании безрассадных томатов; установление оптимальных доз минеральных удобрений при сокращении норм полива и оросительной воды, обеспечивающих получение экономически оправданных уровней урожайности и качество плодов томата; определение величины недобора урожая томатов при дефиците почвенной влаги в результате сокращения норм полива; повышение эффективности использования запасов воды из почвы и осадков путем оптимизации поливного режима томатов; установление зависимости «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность»,«водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» с целью определения климатически обеспеченных уровней продуктивности томата при капельном орошении; энергетическая и экономическая оценка технологических параметров возделывания безрассадных томатов при капельном орошении.

Научная новизна и оригинальность исследований. Установлено, что при возделывании томата на черноземе обыкновенном в Приднестровском регионе на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N_{190} при орошении полными нормами интервал между поливами должен составлять пять дней; определены суммарное и среднесуточное водопотребление при различных условиях водообеспеченности и оросительных норм, динамика питательных веществ в почве в зависимости от доз удобрений; дана экономическая и энергетическая оценка технологических параметров возделывания безрассадных томатов при капельном орошении.**Решение важной научной проблемы** состоит *в научном обосновании* норм полива, межполивных периодов и элементов пищевого режима, *что позволило* усовершенствовать технологические параметры возделывания томатов в безрассадной культуре, *способствуя тем самым* получению запланированных уровней урожайности и высокого качества продукции. **Теоретическая значимость.** Установлены зависимости «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность», «водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» с целью определения экономически оправданных уровней продуктивности томата с использованием капельного орошения. **Практическая значимость.** Разработаны параметры поливного режима при возделывании безрассадных томатов на капельном орошении, обеспечивающие более эффективное использование ресурсов почвенной влаги и оросительной воды и повышение рентабельности культуры. При этом оптимальный урожай получен при пятидневном межполивном периоде независимо от применяемых видов удобрений, а качество плодов сохранялось на уровне требований перерабатывающей промышленности. Полученные результаты могут использоваться в учебном процессе при подготовке овощеводов в университетах и другими научными организациями.

Результаты исследований внедрены в ООО «Плантатор» Слободзейского района. Поливы безрассадных томатов капельным способом один раз в 5 дней уменьшенными на 30% поливными нормами на фоне внесения $N_{150}P_{30}$ и поливы капельным способом через каждые 5 дней полной нормой на фоне внесения N_{190} кг д.в./га обеспечили получение чистой прибыли в размере соответственно 2234 и 2766 $/га.

ADNOTARE

Gradinar Dmitrii «Reglarea regimurilor hidric al solului şi de nutriţie a tomatelor semănate în câmp deschis la irigarea prin picurare». Teză de doctor în științe agricole, specialitatea 411.05 Legumicultură, Chișinău, 2019. **Structura tezei**: introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări practice, 32 tabele, 44 figuri, 218 surse bibliografice, 6 anexe. Conținutul de bază este expus pe 98 pagini. Rezultatele obținute sunt publicate în 15 lucrări științifice.

Cuvinte cheie: tomate, irigare prin picurare, fertilizare, consum de apă, recoltă, dependența corelativă a factorilor, eficiența economică și energetică.

Domeniul de studii: Legumicultură.

Scopul cercetărilor constă în elaborarea parametrilor tehnologici la cultivarea tomatelor semănate direct în câmp deschis la irigarea prin picurare,optimizarea regimului hidric și de nutriție a solului pentru asigurarea nivelurilor recoltei economic justificate.

Obiective: Determinarea normelor optimale de udare la aplicarea irigării prin picurare la suprafața solului; determinarea intervalelor între udări la cultivarea tomatelor semănate direct în câmp deschis; stabilirea dozelor optime de îngrășăminte minerale la reducerea normelor de udare și irigare capabile să asigure o productivitate economic avantajoasă și calitate înaltă a fructelor de tomate; determinarea pierderilor recoltei tomatelor cauzate de deficitul umidității solului ca rezultat al diminuării normelor de udare; majorarea eficienței de valorificare a rezervelor de apă din sol și precipitațiilor prin optimizarea regimului de irigare a tomatelor; stabilirea relațiilor corelative dintre «consumul total de apă – recoltă», «fertilizare – recoltă», «norma de udare – recoltă», «intervalul dintre udări – recoltă» în scopul determinării nivelurilor de asigurare climatică a productivității tomatelor la irigarea prin picurare; evaluarea economică și energetică a parametrilor tehnologici la irigarea prin picurare la cultivarea tomatelor prin semințe.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetărilor constă în elaborarea și recomandarea producătorilor de legume a parametrilor regimurilor de irigare prin picurare a tomatelor cultivate pe cernozem obișnuit, semănate direct în câmp deschis; au fost stabilite normele de fertilizare în stare să asigure formarea recoltelor economic competitive și producției de calitate înaltă. Au fost determinate: consumul mediu zilnic și total de apă și normelor de irigare, dinamica elementelor nutritive în sol în dependență de normele fertilizanților; realizată evaluarea economică și energetică a parametrilor tehnologici la cultivarea tomatelor semănate direct în câmp deschis la irigarea prin picurare.

Problema științifică soluționată constă în *fundamentarea științifică* a normelor de udare, intervalelor dintre udări și a elementelor nutritive, *ce a condus* la perfecționarea tehnologiei de cultivare a tomatelor prin semințe, *ce permite* obținerea recoltelor programate și calitate înaltă a producției.

Semnificaţia teoretică. Au fost stabilite relațiile corelative între «consumul total de apă – recoltă», «fertilizare – recoltă», «norma de udare – recoltă», «intervale dintre udări – recoltă» în scopul determinării nivelurilor de asigurare climatică a productivității tomatelor la irigarea prin picurare. **Valoarea aplicativă.** Au fost elaboraţi parametrii regimului de irigare prin picurare la cultivarea tomatelor semănate în câmp deschis, care asigură utilizarea mai efectivă a resurselor de umiditate a solului, a apei folosite pentru irigare şi sporirea rentabilităţii culturii. Recolta optimă a fost obţinută la aplicarea udărilor cu intervale de 5 zile indiferent de tipul de îngrăşăminte administrate, iar calitatea producţiei rămânea la nivelul cerinţelor industriei de prelucrare. Rezultatele obţinute pot fi utilizate în procesul didactic la pregătirea logumicultorilor în universităţi şi de către alte instituţii de cercetare.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele științifice obținute au fost implementate în SRL «Plantator», raionul Slobozia. Irigarea prin picurare a tomatelor semănate în camp deschis cu intervalul între udări de 5 zile și norme de udare reduse cu 30% pe fondal de fertilizare $N_{150}P_{30}$ şi cu norme depline de udare pe fondalul N_{190} kg s.a./ha a asigurat obţinerea venitului net în valoare de 2234 şi 2766 $/ha.

SUMMARY

Gradinar Dmitry "Regulation of the water regime of the soil and the nutrient regime of plants in the growing direct-seeded tomato in open ground using drip irrigation", the Doctor's thesis in Agricultural Sciences for specialty 411.05 – Vegetable-Growing, Chisinau, 2019.

Thesis structure: introduction, four chapters, conclusions and practical recommendations, bibliography of 218 sources, 98 basic text pages with 32 tables and 44 figures, 6 appendixes. The results are published in 15 scientific publications.

Key words: tomatoes, drip irrigation, fertilization, water consumption, yield, dependence of factors, economic and energy efficiency.

Field of the study: Vegetable growing.

Aim of the work: Development of technological parameters of cultivation of direct-seeded tomato in open ground with drip irrigation by optimizing the water and nutrient regimes of the soil, providing economically viable levels of yield.

Objectives: Establishment of rational irrigation rates for surface drip irrigation; determination of the duration of inter-irrigation periods in the cultivation of direct-seeded tomatoes; establishing optimal doses of mineral fertilizers within reducing the norms of irrigation and volumes of water, providing economically viable levels of yield and quality of tomato fruits; determining the magnitude of the shortage of tomato crops in conditions of deficit of soil moisture as a result of reduction in irrigation norms; increasing the efficiency of water use from soil and precipitations by optimizing the irrigated regime of tomatoes; establishing the dependence "irrigation norm-yield", "inter-irrigation period-yield", "water consumption-yield" and "fertilizer-yield" in order to determine climatically assured levels of productivity of tomato under drip irrigation; energy and economic assessment of the technological parameters in cultivation of direct-seeded tomatoes under drip irrigation.

Scientific novelty and originality of the work. It was established that the interval between irrigation should be five days when tomato is cultivated on typical black soil of the Transnistrian region on the background of mineral fertilizers in a dose of N_{190} with full norm irrigation; determining the total and average daily water consumption under various conditions of water availability and irrigation norms, the dynamics of nutrients in the soil depending on the doses of fertilizers; the economic and energy assessment of the technological parameters in cultivation of direct-seeded tomato under drip irrigation is done.

Solution of the important scientific problem consists in the *scientific underlying* rationale norms of irrigation, inter-irrigation periods and elements of the nutrient regime, which *made it possible* to improve the technological parameters of the cultivation of direct-seeded tomato, *thereby contributing* to obtaining the planned levels of yield and high quality of production.

Theoretical significance: the dependences "irrigation norm-yield", "inter-irrigation period-yield", "water consumption-yield" and "fertilizer-yield" were established to determine economically viable levels of tomato productivity using drip irrigation.

Practical significance. The parameters of the irrigation regime in the cultivation of direct-seeded tomato on drip irrigation have been developed which ensure a more efficient use of soil moisture and irrigation water resources and increasing the profitability of the crop. At the same time, the optimal yield was obtained at a five-day inter-irrigation period, regardless of the type of fertilizer, and the quality of the fruits remained at the level of the requirements of the food and processing industry. The results can be used in the educational process for the vegetable growers in universities and other scientific organizations.

Implementation of scientific results: the results of the research have been implemented in **Ltd "Planter",** Slobodzeya district. Watering direct-seeded tomatoes by drip method once in 5 days with irrigated norms reduced by 30% on the background of $N_{150}P_{30}$ against watering by drip method once in 5 days with the full norm applying N_{190} kg a.v./ha provided a net profit as 2234 against 2766 $ / ha respectively.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

Альт. – альтернативная система земледелия

б/о – без орошения

б/у – без удобрений

г – год

га – гектар

кг – килограмм

куб. – кубический

м – метр

мг - миллиграмм

НВ – наименьшая влагоемкость

НСП – нитрификационная способность почвы

см – сантиметр

тыс. – тысяч

$E_в$ – суммарное испарение культурой за период

сут. - сутки

т – тонна

Трад. – традиционная система земледелия

ц – центнер

ч. – час

$\bar{t}$ – среднесуточная температура воздуха

$\bar{a}$ – среднесуточная влажность воздуха

$\sum t$ – сумма среднесуточных температур за период

$w_{нв}$ – наименьшая влагоемкость

$w_{пп}$ – оптимальная предполивная влажность почвы

h – расчетный слой увлажнения

Δ – объемная масса расчетного слоя увлажнения

m – поливная норма

$m_{бр}$ – поливная норма брутто

$m_н$ – поливная норма нетто

К – коэффициент учитывающий потери оросительной воды на испарение в воздухе в процессе полива и на смачивание растений

M_1 – $N_{150}P_{30}$

M_2 – $N_{190}P_{45}$

M_3 – $N_{230}P_{60}$

M_{11} – N_{150}

M_{22} – N_{190}

M_{33} – N_{230}

N – азот

P – фосфор

pH – кислотность почвы

K – калий

Q – удельный расход воды системой

N – количество капельниц на 1 га системы

q – средний расход воды одной капельницей

t^o - температура воздуха

L – расстояние между поливными трубопроводами

b – расстояние между капельницами

t – время полива 1 га

Q – удельный расход воды системой

R – уровень рентабельности

B – стоимость реализованной продукции

C – себестоимость реализованной продукции

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и важность рассматриваемой проблемы. Благоприятные почвенно-климатические условия Республики Молдова способствовали ее становлению как одного из регионов производства овощной продукции. В начале 90-х годов производство овощей в Молдове составляло 1210-1250 тыс. тонн в год, из которых 350 тыс. тонн предназначались для снабжения местного рынка, 610-700 тыс. тонн - для промышленной переработки и 240 тыс. тонн - для реализации в свежем виде за пределы республики. За 1986-1990 гг. в Молдове производилось по 308 кг овощей на душу населения [3, 38]. Вместе с тем с переходом к рыночной экономике и сокращению трудовых ресурсов производство овощей в основном осуществляется на небольших фермерских и индивидуальных участках, что не отвечает требованиям промышленной переработке. При этом интенсивное возделывание овощных культур в зоне промышленного овощеводства обусловливает необходимость совершенствования системы агромелиоративных и агротехнических мероприятий, которые должны вырабатываться с учетом требований охраны окружающей среды, в условиях постоянно меняющейся метеорологической, экономической и организационной ситуаций [37]. В настоящее время из-за несовершенной системы и технологии полива потери водных ресурсов на орошении составляют 20-30%. Эти потери могут быть существенно снижены за счет разработки и внедрения технологических параметров возделывания безрассадных томатов в условиях капельного орошения, что позволяет сократить нормы внесения минеральных удобрений, регулировать пищевой режим растений.

Среди видового разнообразия овощных культур, возделываемых в Республики Молдова, томаты (*Solanum lycopersicum* L.) занимают особое место. При этом следует отметить, что получение высоких и устойчивых урожаев томата в условиях открытого грунта ограничивается рядом определенных природных факторов, среди которых обеспеченность водными ресурсами и элементами минерального питания являются определяющими. С целью сокращения энергетических, трудовых и денежных затрат в последнее время для обеспечения консервной промышленности качественным сырьем расширяются площади возделывания томатов безрассадным способом [47]. В связи с этим исследования по минимизации использования оросительной воды и норм удобрений при возделывании безрассадных томатов являются актуальными.

Одним из путей поддержания высокой урожайности овощных культур в условиях дефицита водных ресурсов является капельное орошение, однако технология и параметры поливного режима с учетом почвенно-климатических условий Молдовы недостаточно изучены.

Эти и другие проблемы послужили основанием для проведения исследований с целью разработки технологических параметров капельного орошения и повышения эффективности возделывания безрассадного томата применительно к почвенным и хозяйственным условиям Республики Молдова.

Цель исследования состоит в разработки технологических параметров возделывания безрассадного томата в открытом грунте безрассадным способом при капельном орошении путем оптимизации водного и пищевого режимов почвы, обеспечивающих получение экономически оправданных уровней урожайности.

В связи с этим, в задачу исследований входило:

1. Установление рациональных норм полива при поверхностном капельном орошении;
2. Определение продолжительности оптимальных межполивных периодов при возделывании безрассадных томатов;
3. Установление оптимальных доз минеральных удобрений при сокращении норм полива и оросительной воды, обеспечивающих получение экономически оправданных уровней урожайности и качество плодов томата;
4. Определение величины недобора урожая томатов при дефиците почвенной влаги в результате сокращения норм полива;
5. Повышение эффективности использования запасов воды из почвы и осадков путем оптимизации поливного режима томатов;
6. Установление зависимости «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность», «водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» с целью определения экономически оправданных уровней продуктивности томата с использованием капельного орошения;
7. Провести энергетическую и экономическую оценку технологических параметров возделывания безрассадных томатов при капельном орошении.

Методология научных исследований. Исследования проводили в трехфакторных полевых опытах с применением различных режимов орошения и доз удобрений безрассадного томата сорта Примула. Водобалансовые расчеты проводили с учетом фактической влажности почвы по фазам развития растений и данным осадкомера выпадающих в поле осадков. Содержание питательных веществ в почве (ГОСТ 26205-91, ГОСТ 26951-86) и надземных частях растений (ГОСТ 20432-75) , в том числе и в плодах, биохимические показатели качества определяли по общепринятым методикам. Энергетическую оценку проводили с учетом приходных и расходных статей с использованием принятых в литературе эквивалентов [84, 89, 194]. Статистическую

обработку экспериментальных данных проводили с использованием метода дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [82], а их графическое представление выполнено в программе Excel.

Научная новизна и оригинальность проведенных исследований. Установлено, что при возделывании томата на черноземе обыкновенном в Приднестровском регионе на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N_{190} при орошении полными нормами интервал между поливами должен составлять пять дней; определены суммарное и среднесуточное водопотребление при различных условиях водообеспеченности и оросительных норм, динамика питательных веществ в почве в зависимости от доз удобрений; дана экономическая и энергетическая оценка технологических параметров возделывания безрассадных томатов при капельном орошении.

Решенная научная проблема состоит *в научном обосновании* норм полива, межполивных периодов и элементов пищевого режима, *что позволило* усовершенствовать технологические параметры возделывания томатов в безрассадной культуре, *способствуя тем самым* получению планированных уровней урожайности и высокого качества продукции.

Теоретическая значимость. Установлены зависимости «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность», «водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» с целью определения экономически оправданных уровней продуктивности томата с использованием капельного орошения.

Практическая значимость. Разработаны параметры поливного режима при возделывании безрассадных томатов на капельном орошении, обеспечивающие более эффективное использование ресурсов почвенной влаги и оросительной воды и повышение рентабельности культуры. При этом оптимальный урожай получен при пятидневном межполивном периоде независимо от применяемых видов удобрений, а качество плодов сохранялось на уровне требований перерабатывающей промышленности. Полученные результаты могут использоваться в учебном процессе при подготовке овощеводов в университетах и другими научными организациями.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Технологические параметры капельного орошения при возделывании безрассадных томатов на черноземе обыкновенном, обеспечивающие различные уровни урожайности;
2. Закономерности влияния различных уровней влагообеспеченности и пищевого режима почвы на рост, развитие, урожайность и качество продукции;

3. Экономическая и энергетическая оценка технологических параметров возделывания безрассадных томатов при капельном орошении.
4. Зависимость «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность», «водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» с целью определения климатически обеспеченных уровней продуктивности томата при капельном орошении

Внедрение результатов исследований. Результаты исследований внедрены в агрохозяйстве «Плантатор» Слободзейского района. Поливы безрассадного томата капельным способом один раз в 5 дней уменьшенными на 30% поливными нормами на фоне внесения $N_{150}P_{30}$ и поливы капельным способом через каждые 5 дней полной нормой на фоне внесения N_{190} кг д.в./га обеспечивали получение чистой прибыли в размере соответственно 2234 и 2766 $/га.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований были обсуждены и утверждены на заседаниях лаборатории, методической комиссии, ученого совета Института генетики, физиологии и защиты растений, национальных и международных конференциях и симпозиумах: Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы инновационного развития сельского хозяйства», г. Тирасполь, 2015; Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом», г. Новосибирск, 2016; Международная научно-практическая конференция «Элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошения», г. Астрахань, 2016; II Міжнароднії науково-практичній конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», Вінниця-Нілан-ЛТД, 2016; VI Международная конференция «Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor», Chișinău, 2017; III Міжнароднії науково-практичній конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», Київ, 2017.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 15 печатных работ, включая 1 раздел в монографии, **3** статьи в рецензируемых журналах, 10 в научных сборниках и 1 тезисы в материалах международных конференций и симпозиумов, в т. ч. 2 статьи без соавторов.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, 4 глав, выводов и практических рекомендаций, содержит 32 таблицы, 44 рисунков, библиографию из 218 источников, 6 приложений. Объем основного текста включает 98 страниц.

Ключевые слова: томаты, капельное орошение, удобрение, водопотребление, урожайность, зависимость факторов, экономическая и энергетическая эффективность.

Краткое содержание диссертации.

В первой главе «Элементы технологии возделывания томата в безрассадной культуре при орошении и перспективы их совершенствования» кратко описывается история проникновения томата в Европу, биологические особенности культуры, ее отношение к теплу, свету, влажности почвы и к пищевому режиму, показано современное состояние орошаемого земледелия в Мире и в Молдове как при проведении поливов дождеванием, так и при капельном орошении, по литературным данным, полученным в различных регионах показано влияние пищевого и водного режимов на урожайность томата и на плодородие почв.

Во второй главе «Материал, условия и методы проведения исследований» приводится характеристика почвы как объекта исследования. По почве дается фотография и подробное описание почвенного разреза, послойная характеристика водно-физических (объемная масса, наименьшая влагоемкость, структура почвы) и химических свойств (гумус, карбонаты, кислотность, нитрификационная способность почвы, содержание кальция, магния и основных питательных веществ). Подробно описана методика работы, включающая факторы исследования, схему опытов, наблюдения, анализы, учеты. Отдельным подразделом показаны метеорологические условия в годы исследований.

Третья глава «Продуктивность безрассадных томатов при регулировании водного и пищевого режимов в условиях капельного орошения» включает в себя описание параметров поливных режимов в зависимости от вариантов орошения – количество поливов, оросительные нормы, суммарное и среднесуточное водопотребление; данные о влиянии орошения и удобрений на пищевой режим; о влиянии поливных норм, межполивных периодов и доз удобрений на продуктивность и качество продукции; данные об эффективности использования воды.

Урожайные данные, а так же статистические зависимости с большой вероятностью (R^2 = 0,97-0,99) показали, что пятидневный межполивной период, полные поливные нормы и средние дозы удобрений независимо от применяемых видов удобрений являются оптимальными.

В четвертой главе «Эффективность капельного орошения и удобрений при возделывании безрассадного томата» показаны результаты влияния различной водообеспеченности томатов на потребление и вынос питательных веществ, на их баланс, на эффективность использования удобрений, экономическую и энергетическую эффективность, дана оценка режимов орошения и удобрений по различным критериям оптимизации.

Исследованиями было установлено, что при орошении наблюдали существенное

снижение содержания азота и калия в надземной вегетативной массе (в листьях и стеблях) соответственно от 1,68 и 1,16% до 1,30 и 1,08%. Содержание фосфора в вегетативной массе не зависело от орошения. Содержание питательных веществ в плодах томата не зависело от орошения, но было значительно более высоким, чем в вегетативной массе. Азота в плодах содержалось в 1,3-2,0 раза больше, фосфора – в 2,0-2,3 и калия – в 3,4-4,3 раза.

При орошении потребность в азоте и калии для формирования тонны продукции снижалась соответственно на 33-39% и 5-10%. Межполивные периоды не влияли на этот показатель, а удобрения в среднем способствовали увеличению потребления азота на создание тонны продукции на 20-25% и калия – на 11%.

Минимальные значения себестоимости продукции получены при том же сочетании факторов, что и чистого дохода – проведение поливов через 5 дней при средней дозе удобрений. Поливы полными нормами на 5-8% снижали себестоимость продукции по сравнению с сокращенными. Из исследованных доз удобрений предпочтение следует отдать средним дозам, на которых себестоимость продукции была на 1-5% ниже, чем на других дозах и на 6-7% ниже, чем на неудобренных вариантах.

Максимальное значение коэффициента оптимизации (0,94 единицы) получено при проведении поливов капельным способом полными нормами с интервалом между поливами в пять дней на фоне внесения азотных удобрений в дозе N_{190} кг д.в. /га.

В разделе «Общие выводы и рекомендации производству» в обобщенном виде приводятся основные результаты проведенных исследований и даются конкретные рекомендации производству по оптимизации режимов орошения и удобрения безрассадных томатов при их возделывании на капельном орошении.

ГЛАВА 1
ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТОМАТА В БЕЗРАССАДНОЙ КУЛЬТУРЕ ПРИ ОРОШЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

1.1. Культура томата и ее отношение к факторам среды обитания

Культура томата относится к семейству пасленовых (*Solanaceae*). Родина томата – Южная Америка, где до сих пор встречаются дикие и полудикие формы этого растения. Индейцы, выращивавшие и употреблявшие его в пищу, называли это растение “туматль”. В середине XVI века томат попал в Испанию, Португалию, а затем в Италию, Францию и другие европейские страны, а в XVIII веке – в Россию.

Летом 1780 года русским послом в Италии была отправлена в Петербург императрице Екатерине II партия фруктов, в которую входило также большое количество томатов. И внешний вид, и вкус диковинного плода очень понравились во дворце, и Екатерина II приказала регулярно доставлять к ее столу томаты из Италии. Позже стало известно, что томаты, под названием «любовные яблоки», уже не один десяток лет с успехом выращиваются на окраинах России: в Крыму, Астрахани, Грузии. В XVIII веке томат был преимущественно декоративной культурой.

Мир томата обширен. В нем известно более 10 тыс. сортов и гибридов [28], отличающихся по цвету, размеру, форме плода и др.

Томаты имеют огромное продовольственное значение. Сегодня трудно представить хоть одну национальную кухню, которая обходилась бы без этого овоща. Плоды томата идут для приготовления томат-пасты, томата-пюре, томатного сока, овощных салатов, консервирования, засола. Особая ценность томата состоит в том, что его свежую продукцию можно получать в открытом и защищенном грунте в течение круглого года.

По данным ФАО томаты в мире занимают площадь более 4 млн. га. Больше всего их производят в Китае – 25 млн. т.

Биологические особенности. В молодом возрасте стебель у томата травянистый, прямостоячий, в дальнейшем почти у всех сортов он одревесневает и полегает. Листья имеют разную форму – от непарноперисторассеченных до простых. У ранних сортов томата листья мельче, а у поздних – крупнее. Первая цветочная кисть у ранних сортов закладывается над 5-7 листом, у поздних – над 10-14 листом [119]. Соцветие или кисть в зависимости от сорта может быть короткой или длинной, рыхлой или компактной. Период от всходов до первого сбора у ранних сортов длится 95-115 дней, у среднеспелых – 115-125 и у поздних – 125-140 дней. По характеру куста томаты бывают ветвящиеся с неограниченным ростом – индетерминантные и слабоветвящиеся – детерминантные.

Плоды томатов разнообразны по вкусу, форме, окраске, мясистости, по величине и массе.

Отношение томата к температуре. Томат относится к группе теплолюбивых культур. Оптимальная температура воздуха для прорастания семян +20…+25°С, при температуре +10°С всхожесть семян составляет не более 6-10%. Для роста и развития оптимальная температура +20…+25°С днём и 16-18°С ночью, при температуре ниже +15°С томат не цветет, а при +10°С рост растений приостанавливается. Повышенная температура также неблагоприятна: при температуре выше +32°С пыльцевые зерна не прорастают и замедляется фотосинтез. При температуре менее 12°С и более 30°С приостанавливается цветение, и могут опадать завязи, т.к. при низкой температуре пыльца не созревает, а при высокой она становится стерильной.

Оптимальная температура почвы для роста корневой системы равна 20-22°С. Нежелательно понижение её ниже 16°С, т.к. ухудшается поглощение растением фосфора и усвоение азота, медленно развиваются придаточные корни. Повышение температуры почвы выше оптимальной ускоряется усвоение фосфора, кальция и воды, что также нарушает сбалансированность пищевого режима. Томаты не переносят заморозков. Температура -1°С для них считается критической, при температуре - 0,5 - 0,8°С погибают цветки и плоды, однако закаленные молодые растения с ненарушенной корневой системой безболезненно переносят заморозки -1,8 - 2,0°С. Требовательность томатов к теплу особенно возрастает с началом цветения и плодообразования. Многочисленные литературные данные свидетельствуют о том, что растения томата при температуре ниже 15°С не цветут, а образовавшиеся бутоны при снижении температуры до 12 - 13°С не раскрываются и опадают.

Отношение томатов к свету. Томат относится к высоко-требовательным к свету культурам. Оптимальная освещённость для него 20 тысяч люкс. Сумма фотосинтетической активной радиации (ФАР) для нормального роста и развития томата от посадки до плодоношения составляет 25121-29298 Дж/см^2, а интенсивность ФАР 42-50 Дж/см^2 мин. Поэтому решающим фактором для получения высокой урожайности является не длина дня, а интенсивность освещённости. Чем интенсивней освещённость, тем быстрее наступает плодоношение и выше урожайность. Длительная пасмурная погода удлиняет период от цветения до созревания плодов на 10-15 дней. Ухудшаются вкусовые и товарные качества плодов.

Требовательность к влажности. Томат – относительно засухоустойчивое растение, но потребность в воде у него большая. Чтобы получить урожай 50 т/га, нужно ~ 5 600 м3 воды (обычно в наших условиях влаги меньше, т.е. нужны поливы). Оптимальная

влажность почвы для томата в период вегетативного роста 60-70% ППВ, в период плодоношения - 75-80% ППВ. При влажности ниже 70% применяют орошение. Оптимальная относительная влажность воздуха составляет 45-60%, при более высокой (70%) ухудшается опыление цветков: только сухая пыльца может отделиться от тычинок и попасть на рыльце пестика.

Требовательность к почве и элементам питания. Томат менее требователен к плодородию почвы, чем другие овощные культуры. Растения приживаются на самых разнообразных почвах, но при кислотности не ниже PH=5,5. Подходят для томатов также супесчаные и суглинистые почвы при внесении органических и минеральных удобрений и при поддержке почвы в рыхлом состоянии. Расходование удобрений и потребность в них изменяются в процессе вегетации. В первый период (до начала формирования плодов) растения используют лишь 5-7% потребляемого количества веществ. По мере нарастания зелёной массы и особенно формирования и роста плодов расход питательных веществ резко возрастает.

Томатам нужны все необходимые элементы минерального питания, но более всего калий, азот и фосфор. Недостаток фосфора снижает усвоение азота растениями, что приводит к прекращению роста, задержке завязывания, формирования и созревания плодов, стебель при этом приобретает фиолетовую окраску [87]. При минеральном голодании листья приобретают сине-зелёную окраску, затем сероватую. Особенно чувствительны томаты к недостатку фосфора в начальный период роста. Азот требуется для формирования вегетативных органов томата, поэтому он особенно необходим в период интенсивного роста растений и плодов. Однако избыток азота в почве нежелателен, поскольку вызывает сильное нарастание зелёной массы (так называемое жирование растений) в ущерб плодоношению. К тому же приводит к интенсивному накоплению в плодах нитратов.

Калий необходим для формирования стеблей, устраняет вредное действие элементов, повышающих кислотность почвы, и улучшает усвояемость других элементов минерального питания.

Естественно томаты, как и другие растения, нуждаются и в микроэлементах: магнии, сере, железе, боре, марганце, меди и других.

Характеристика сорта, использованного в опытах. Томат сорта Примула, ранний. Растение среднеоблиственное, детерминантного типа. Первая кисть закладывается над 5-6 листом, последующие - через 1-2 листа. Кисть простая с 5-6 плодами массой 50-70 г. Окраска зрелого плода интенсивно-красная без зеленого пятна. Плоды округлые, плотные. Выход стандартных плодов 85-90%. Потенциальная

урожайность 70-90 т/га. Сорт устойчив к альтернариозу и ВТМ. Рекомендуется для выращивания в открытом грунте рассадным и безрассадным способом.

1.2. Современное состояние в орошении овощных культур в Молдове

Орошение один из древнейших агротехнических приемов, используемых человеком в земледелии. По данным некоторых ученых изучающих экономическое развитие Нижнего Египта и других цивилизаций его начали использовать примерно в IV тысячелетии до н.э., когда земледельцы начали переходить от собирательства к оседлому образу жизни [27, 150]. Орошаемое земледелие с самого зарождения было основным и решающим фактором исторического и социально-экономического развития. В связи с тем, что цивилизации возникали в основном вблизи дельт больших полноводных рек, первым способом орошения было затопление посевов зерновых культур во время весенних паводков, используя для этого искусственно создаваемые земляные валы [101]. Это был первоначальный этап развития орошаемого земледелия.

Современное орошаемое земледелие во многом отличается от древнего. Выросла техническая оснащенность, в большинстве случаев контролируется качество воды, используемое для орошения, модернизировались технологии. В последние два столетия, одновременно с ростом численности людей на Земле, значительно возросли площади орошаемых земель, задача которых остается неизменной – продовольственное обеспечение.

К началу XIX столетия орошаемые площади во всем мире составляли 8 млн. га. К 1949 г. в мире орошалось 92, в 1959 г. – 149 млн. га, в 1970 году - около 200 , а в 1980 – уже 230-246 млн. га [32, 124,181].

В последние годы снизились темпы прироста орошаемых площадей, и объясняется это многими причинами, основными из которых являются непомерно возросшие стоимости энергоносителей, переход к высокопроизводительным, но энергоемким дождевальным машинам, дефицит водных ресурсов, необходимость реконструкции устаревших систем (в реконструкции нуждаются 207 млн. га орошаемых земель) и др. В течение тысячелетий производство сельскохозяйственной продукции росло преимущественно за счет расширения пашни путем использования ранее необрабатываемых земель. К настоящему времени эти резервы практически исчерпались, и в развитых странах начался обратный процесс – сокращение площадей в связи с развитием городов и промышленности. Кроме этого, неуклонно происходит уменьшение пахотного фонда в результате эрозии (водной и ветровой), засоления и заболачивания и др. процессов.

Научные изыскания в области орошаемого земледелия в Молдове берут свое начало в 1930 году, когда в Тирасполе была открыта мелиоративная опытная станция. Базой для научных изысканий служила оросительная система, построенная в совхозе им. Фрунзе возле Тирасполя. В этом же совхозе была построена и первая закрытая оросительная система (площадью 360 га), позволяющая повысить коэффициент полезного использования орошаемых земель и механизировать основные звенья производства. К 1940 году площади орошаемых земель в Молдове достигли 5,2 тыс. га. Благодаря интенсивному мелиоративному строительству (Карагашская оросительная система – 5,7 тыс. га, Суклейская – 11,7, Рыбницкая – 26, Суворовская – 50 тыс. га и др.) к 1986 году орошаемые площади возросли до 284,4 тыс. га. Рост площадей орошаемых земель в Молдове во многом был обусловлен увеличением плотности населения и снижением площади пахотных земель на душу населения с 0,83 га в 1953 году до 0,43 га в 1985 году [174]. Имея ограниченные водные ресурсы (3,4-6,3 км^3 в зависимости от климатических условий года) Молдова расширила площадь орошаемых земель к концу XX века до 310 тыс. га [5]. Площадь орошаемых земель на душу населения увеличилась до 0,07 га, что на 0,02 га больше среднемировой величины [17].

Однако, начиная с последнего десятилетия прошлого века площади орошаемых земель, стремительно начали снижаться. Связано это было с наступившим экономическим кризисом и отчасти с распаеванием земель. Безвозвратно были разрушены многие насосные станции, утилизирована и вывезена на металлолом дождевальная техника, трубы. Сейчас требуются значительные средства на проведение ремонтно-восстановительных работ и на приобретение новой техники. Аналогичная ситуация наблюдалась и в других регионах бывшего СССР [156].

В мире применяются 3 основных способа полива: ***поверхностный*** со многими разновидностями (самый древний), ***дождевание*** и ***капельный***. Существует еще внутрипочвенный способ полива и ряд других способов (низконапорный капельный, микродождевание, мелкодисперсное и синхронно-импульсное дождевание), а также комбинации из разных способов полива, но пока широкого распространения они не получили.

Из перечисленных способов полива поверхностный сейчас встречается очень редко – в основном в Средней Азии. К примеру, в Таджикистане в 1998-1999 гг. изучали режимы орошения лука по арыкам и установили, что для получения максимальной урожайности (42-48 т/га) влажность почвы следует поддерживать на уровне 80-90% от НВ, а для лучшего хранения (33 т/га) – на уровне 70% от НВ в течение всего периода вегетации [140]. В Астрахани Абакумова А.С., Бичерев В.А. и Ткачева А.И. [20]

сравнивали эффективность полива по бороздам с капельным орошением и установили, что наиболее эффективен последний способ, увеличивающий урожайность томатов сорта Моряна на 52 ц/га , а сорта Новичок – на 120 ц/га. по сравнению с поливом по бороздам, где урожайность соответственно равнялась 69 и 64 т/га. Поливы по бороздам еще встречаются в Северной Осетии [23] и в Северном Прикаспии, но больше всего (95% орошаемых площадей) этот способ орошения используется в Узбекистане [91].

Если поверхностный способ орошения используется уже несколько тысячелетий, то дождевание начало развиваться только в 19 веке. Тем не менее, благодаря своим преимуществам перед поверхностным орошением этот способ полива за короткий период стал самым распространенным. При дождевании можно достичь практически полной механизации работ, оптимизировать водно-воздушный режим почвы с помощью различных поливных норм и глубин увлажнения, поливать участки с различным микрорельефом без переувлажнения блюдцеобразных образований, получать высокие урожаи с меньшими затратами воды и др.

Способу полива дождеванием в дальнем зарубежье, в странах СНГ и в том числе в ПНИИСХ посвящено много исследований. Разработаны оптимальные режимы орошения и определена их эффективность для большинства сельскохозяйственных культур. Эти режимы орошения существенно отличаются в зависимости от культуры, почвы, зоны исследований, климатических условий и др.

Эффективное использование орошаемых земель – одно из важнейших условий стабильной работы агропромышленного комплекса. Особое значение эта проблема приобретает при нехватке материально-технических ресурсов, когда неизбежна замена оптимального водоснабжения растений дефицитным.

Оптимальные режимы орошения ориентированы на получение либо максимальных урожаев, либо максимального экономического эффекта. При дефиците ресурсов главной задачей становится получение максимального количества продукции от каждого кубометра поливной воды при достаточно высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Решению этой задачи способствуют водосберегающие приемы.

Полный отказ от орошения в зонах недостаточного увлажнения приводит к значительному недобору урожая. Его можно значительно уменьшить, если перейти на дефицитное орошение путем уменьшения поливных норм [67], количества поливов и подачи воды растениям только в периоды наибольшей в ней потребности [49]. Исследования в этой области ведутся давно и в Приднестровском НИИ накоплен достаточно большой материал [9, 45, 46, 47, 48, 58]. В частности было установлено, что

при проведении поливов сокращенными поливными нормами количество оросительной воды уменьшается на 25-50%, на 42-62% в случае, когда удлиняли межполивные периоды и на 67-71% - при применении поливов только в критические фазы развития растений [8, 9, 10, 71]. Большая работа была проведена и по изучению влияния орошения дождеванием на плодородие черноземов [75]. В частности было установлено, что в современных условиях ведущая роль в сохранении плодородия почвы и поддержания экологического равновесия окружающей среды принадлежит научно-обоснованным севооборотам, органическим удобрениям, водосберегающим режимам орошения и комбинированно-ярусной обработке почвы.

Стремительное развитие сельскохозяйственной науки в конце 19 и в начале 20 веков, появление множества изобретений, различных дождевальных машин и изучение новых технологий способствовало появлению и нового способа полива – капельного.

Быстрый рост площадей под капельным орошением начался только в 70-80 годы прошлого столетия. Данные по площадям у различных авторов сильно разнятся: академик А.Ромащенко и др. [152] пишет, что к 2009 году в мире уже насчитывалось около 3 млн га, А.Матвиец [120], что в 2010 году орошалось более 4,5 млн га, а по данным зарубежных авторов уже в 2006 году их было 6,1 млн. га [211]. Наибольшее распространение этот способ полива получил в Израиле, США, Австралии, Италии, Испании, Франции, Австрии, Германии, Великобритании, Украине, Египте, Мексике, Бразилии, Новой Зеландии и др.

По данным А.Шатковского и Е.Ковальчука [184] в Израиле капельным способом поливают около 130 тыс. га, что составляет 70% от всех орошаемых или 31,6% от площади пахотных земель. Особенностью капельного орошения в Израиле является использование капельных трубок с толщиной стенок более 0,25 мм, что позволяет эксплуатировать их более 5 лет к ряду. Песчаный гранулометрический состав почв позволяет проводить поливы небольшими нормами, но ежедневно.

В Советском Союзе капельный способ полива впервые начали внедрять в 80-е годы в овощеводстве и садоводстве Молдовы и в Крыму [22, 159, 192]. В Молдове первые опыты по изучению режимов капельного орошения виноградников провели В.Н. Олексич и Л.В. Скрипчинская [132], садов - В.Н. Олексич и М.Д. Кушнаренко [133], И.С. Флюрцэ [179], А.А. Штефырцэ [192]. На овощных культурах капельное орошение применялось очень редко. После распада Советского Союза площади, занимаемые овощными культурами, резко сократились, а урожаи существенно снизились. К примеру, площадь томатов в Молдове сегодня колеблется от 4 до 5 тыс. га, а урожайность – от 9,6 до 11,4 т/га [3].

Пионерами изучения капельного орошения на Украине были сотрудники института орошаемого садоводства им. М.Ф.Сидоренко, института гидротехники и мелиорации УААН и ОАО «Укрводпроект», которые начали свои исследования еще в конце 60-х начале 70-х годов прошлого века. В 2009 году по данным академика М.Ромащенко и кандидатов наук А.Шатковского и С.Рябкова [152] на Украине капельным способом поливали 27-29 тыс. га овощных культур, садов и виноградников, а в 2011 только овощей уже поливалось 33-36 тыс. га [154]. Наибольшие площади под капельным орошением размещены в Херсонской и Одесской областях.

Благодаря тому, что на Украине и в России исследования по капельному орошению ведутся уже 30-40 лет, на сегодняшний день накоплен большой научный материал, касающийся технологии применения этого способа полива на различных овощных культурах [52]. По данным В.А.Борисова [35] на юге России при капельном поливе получают по 125 т/га репчатого лука, 120 белокочанной капусты, 100 огурца, 160 т/га томата, а на Украине по данным А.Шатковского и Ю.Черевичного [185, 187, 190] в 2004-2011 гг. получали томата рассадного по 152 т/га, баклажана – по 47,5, перца сладкого – 67, моркови – 70, раннего картофеля – 76, капусты белокочанной – 134, лука репчатого – 53, сахарной кукурузы – 17,4, арбуза – 45, сои – 4,1, свеклы сахарной – по 115 т/га. В Молдове так-же уже есть опыт получения по 100 т/га овощей [2].

По данным ФАО томаты занимают первое место в мире по площади выращивания среди всех овощей – более 4 млн. га. В Украине под эту культуру отводится около 93 тыс. га. По валовым сборам Украина занимает 14 место в мире, а по урожайности томатов – 110-е [104].

Высокие уровни урожайности предполагают и высокую прибыль. По данным А. Шатковского и Ю. Черевичного [185] на Украине потенциально возможная величина чистой прибыли при высоких уровнях урожайности огурца, томата, лука репчатого и чеснока может достигать 80-85 тыс. грн/га.

Использование капельного орошения помимо повышения урожайности сельскохозяйственных культур позволяет по сравнению с дождеванием снизить затраты оросительной воды при возделывании моркови в 1,3 раза, томатов – 1,2, картофеля – 1,5-1,6, кукурузы сахарной – 1,2, капусты белокочанной – 2,3, сои – 1,3 и сахарной свеклы – в 1,6 раза [191].

1.3. Влияние пищевого режима почвы на урожайность томата

При капельном орошении немаловажное значение имеет пищевой режим. Исследования, проводимые В.Н.Бочаровым [38] на аллювиально-луговых тяжелосуглинистых почвах дельты Волги показали, что при предполивной влажности 80-

90% от НВ и внесении N_{180} и N_{240} на фоне $P_{135}K_{60}$ урожайность томатов сорта Моряна достигает 95 и 89 т/га. При внесении 40% необходимых удобрений в подкормки значительно экономятся удобрения, снижаются затраты труда и средств.

Минеральные удобрения являются важнейшим резервом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, особенно овощных, которые предъявляют повышенные требования к содержанию макроэлементов в почве. Результаты научных изысканий свидетельствуют о том, что применение только орошения без удобрений не может обеспечить получение большого урожая. И, наоборот, одни удобрения в засушливых районах без орошения, не могут в полной мере проявить свою эффективность. По данным Ю.Ю.Лемякина и Е.А.Скороходова [116] орошение повышает эффективность удобрений при возделывании томата в 3-5 раз, а эффективность орошения на фоне удобрений возрастает в 1,5-2 раза.

Положительная роль удобрений при выращивании высоких урожаев томатов отмечается в работах многих исследователей [30, 61, 77, 90, 95, 104, 107, 112, 130, 145, 171, 176].

Для различных почвенно-климатических зон в зависимости от плодородия почв и планируемых уровней урожайности томата исследователи рекомендуют различные дозы удобрений, которые иногда отличаются существенно. Иногда даже для одной и той же зоны рекомендации разнятся. Это говорит о том, что исследования проводятся в разные годы, используют разные сорта и др. К примеру, для Волгоградской области В.М. Гуренко [77] для получения 60 и 80 т/га рекомендует $N_{50}P_{70}K_{0}$ и $N_{110}P_{110}K_{20}$, а М.С.Григоров [65] для 50, 70 и 90 т/га рекомендует соответственно $N_{110}P_{40}K_{55}$, $N_{140}P_{60}K_{75}$ и $N_{190}P_{70}K_{90}$ кг д.в./га.

В Ростовской области В.А.Борисов и Н.Л.Авилов [34] получали по 45 т/га томата при внесении в почву $N_{45}P_{45}K_{45}$ и по 55 т/га – при $N_{90}P_{90}K_{90}$, тогда как без удобрений урожайность не превышала 29 т/га.

При капельном орошении важна не только доза удобрений, но и способ внесения. Сотрудники Украинской государственной сельскохозяйственной исследовательской станции ИВПиМ НААН В. Кныш и А. Наумов [104] установили, что при внесении удобрений в дозе $N_{140}P_{120}K_{60}$ кг д.в./га урожайность составила 59,2 т/га, а когда 2/3 расчетной нормы вносят в виде стартовой дозы вдоль будущих рядов и 1/3 в виде фертигации сначала постепенно увеличивая дозы потом уменьшая их, то урожайность в среднем за четыре года составила 98 т/га. В то же время некоторые ученные считают, что эффективность фертигации на тяжелых по гранулометрическому составу почвах

снижается [209], подкисляются почвы и накапливается избыточное количество питательных веществ [208].

Потребность томатов в элементах питания, а значит и дозы удобрений, можно было бы считать по выносу основных макроэлементов 1 т продукции. Однако, как показали исследования В.В. Бородычева и др. [36], и этот показатель зависит от доз удобрений. В опытах указанных авторов при увеличении дозы удобрений от $N_{160}P_{60}K_{80}$ до $N_{260}P_{100}K_{130}$ потребление азота на формирование тонны томатов возрастало от 2,6 до 3,2 кг, фосфора – от 0,8 до 1,2 кг и калия – от 3,1 до 3,5 кг.

В среднем по Молдове на гектар пашни в 2014 году вносили всего лишь по 40 кг удобрений [141]. Конечно под овощные культуры дозы удобрений намного выше.

Положительное действие на урожайность культур оказывают не только удобрения, но и оросительная вода. Она содержит минеральные соли, определенное количество взвешенных частиц, поэтому оказывает положительное влияние на почву в большей степени, чем вода атмосферных осадков, которая по своему химическому составу близка к дистиллированной. Преимуществом оросительной воды является и то, что она содержит углекислоту, которая действует как растворитель и как среда, в которой легко протекают химические процессы [42, 92].

Вообще плодородие почв определяется не количеством вносимых удобрений, а количеством питательных веществ, находящихся в легко доступной для растений форме, а также условиями жизни для почвенных микроорганизмов.

Водный и пищевой режимы почвы должны быть сбалансированы таким образом, что бы они обеспечивали максимальный эффект. По данным Е.Д. Гарьяновой, Г.Ф. Соколовой, Н.Н. Киселевой и Г.А. Филатова [50] орошение повышает эффективность удобрений при возделывании томата в 3-5 раз, а эффективность орошения на фоне удобрений возрастает в 1,5-2 раза. Авторы установили, что основное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{180}P_{135}K_{60}$, а также дробное $N_{140}P_{135}K_{60}$ при основном и N_{100} в подкормки обеспечивают получение дополнительно 32-35 т/га плодов томата.

Для получения максимальной эффективности капельного орошения особое внимание надо уделить минеральному питанию при фертигации, причем концентрация раствора при применении азотных удобрений не должна быть выше 0,5%, фосфорных – 2% и калийных – 3%, а при применении сложных растворов – 1% [153]. В.В. Бородычев и др. [36] для получения в Волгоградской области по 102 т/га томатов рекомендуют вносить в почву $N_{260}P_{100}K_{130}$, по 62 т/га ранней капусты – $N_{100}P_{45}K_{90}$, 120 т/га поздней капусты - $N_{200}P_{105}K_{200}$ и по 61 т/га огурца – $N_{130}P_{50}K_{20}$.

Для Украины А. Пашковский [136] рекомендует более высокие нормы удобрений, но с учетом использования питательных веществ из удобрений при фертигации. На томатах и баклажанах рекомендуется вносить по 276 кг/га азота, 82 кг/га фосфора и 522 кг/га калия, на перце – соответственно по 240, 95 и 273 кг/га, на огурцах и кабачке – по 329, 83 и 572 кг/га и на цветах (роза и гвоздика) – по 855, 360 и 1395 кг/га.

Такие различия в рекомендуемых дозах удобрений говорят о том, что прямое использование рекомендаций недопустимо, необходима их разработка для конкретных почвенно-климатических условий каждой зоны и культуры.

1.4. Капельное орошение и плодородие почв

Благодаря своим преимуществам перед другими способами полива из года в год капельным орошением охватываются все новые и новые культуры. К преимуществам капельного орошения А. Недбал [124], А. Шатковский и Ю. Черевичный [190], Л.А. Воеводина [44], А.В. Комисаров и др. [105], сотрудники компании ЗАО «Новый век технологий» [12, 94, 173] относят:

- экономию поливной воды (от 50% до 5 раз); электроэнергии (50-70%) и удобрений (20-50%). Эффективность орошения достигает 90-98%, поскольку вода поступает непосредственно к корневой системе растений;
- существенное (от 30% до 3 раз) увеличение урожайности овощных культур;
- обеспечение оптимального расхода воды и удобрений в соответствии с физиологическими потребностями растений;
- высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов – полив, внесение удобрений, химических мелиорантов, средств защиты растений;
- сокращение применения средств защиты растений (25-50%) в связи с существенным уменьшением засоренности почвы и поражения растений грибными и бактериальными болезнями;
- снижение на 50-70% эксплуатационных расходов;
- исключение влияния ветра на процесс орошения;
- снижение требований к системам дренажа, если полив проводится в теплицах;
- отсутствие поверхностного стока, что исключает эрозию и позволяет осваивать склоны с уклоном до 30°;

- уменьшение трудозатрат на строительство, эксплуатацию и обслуживание систем капельного орошения благодаря высокой заводской готовности узлов и полной автоматизации управления процессом полива.

- применения оборудования для капельного орошения с целью промывки почвы от избыточного содержания солей [198; 199].
- почва не уплотняется и на ее поверхности не образуется корка [38].

Однако, справедливости ради, надо отметить, что капельное орошение не лишено и некоторых недостатков. Один из первых таких недостатков является то, что вода по полю распространяется очагами, вызывая неравномерное распределение содержащихся в ней солей. Исследованиями M. Shmueli [215] было доказано, что соли при таком орошении преимущественно распространяются в трех областях: в поверхностной зоне; в средней (на окраинах контура увлажнения) и в глубинной зоне (у подошвы контура). Вызвано это различиями в скорости передвижения воды в почве. По мере увеличения расстояния от капельницы скорость передвижения воды сокращается, что вызывает накопление солей в периферийной зоне контура увлажнения [172, 196, 213]. Самой опасной является верхняя зона, расположенная вдоль увлажненной границы, где часто можно наблюдать серый налет на почве, вызванный повышенной концентрацией солей в воде. Небольшие дожди (10-20 мм) вымывают эти соли в корнеобитаемую зону (где расположены самые чувствительные молодые волоски) и существенно могут навредить растениям [207, 210, 217]. По данным Л.А. Воеводиной, Ю.Ф. Снипич и А.Н. Чекунова [43] полоса с повышенным накоплением солей составляет примерно 38% от площади поля. Если осенью эта зона характеризовалась присутствием гипса, то весной отмечено повышенное содержание Na_2SO_4. Это позволило авторам сделать вывод, что в результате реакций обмена произошло поглощение кальция почвенным поглощающим комплексом и выход в почвенный раствор поглощенного натрия.

В связи с выше изложенным, при капельном орошении очень важное значение имеет расстояние между лентами, так как при перекрывании контуров увлажнения степень накопления солей в три-четыре раза выше [165, 218].

Противоположные результаты получили румынские исследователи, правда, на песчаных почвах [15]. Они показали, что при проведении капельного орошения на песчаных почвах происходит вымывание солей из контура увлажнения, обусловливающее развитие большого количества тонких корней в этой зоне. Концентрация растворимых солей в почве повышается по мере удаления от капельного источника. Корни растений группируются в зоне с низким уровнем осмотического потенциала. Однако, по данным Ф. В. Унгуряну, при орошении хорошо оструктуренных черноземов подобная практика может вызвать глубокие отрицательные изменения [172].

С другой стороны, при больших межполивных периодах (при дождевании), когда верхний слой почвы сильно иссушается, концентрация солей в нем в результате их

передвижения вместе с влагой к испаряющей поверхности увеличивается еще больше. В таком случае для уменьшения отрицательного воздействия этого явления на урожайность культуры выходом из создавшегося положения может быть применение капельного орошения с близко расположенными капельницами [147].

В опытах же В.П. Поповой, Т.Г. Фоменко [144] при капельном орошении чернозема в яблоневом саду существенного снижения плодородия не выявлено.

А.И. Кузин, Г.Н. Пугачев, В.Л. Захаров и др. [110] утверждая, что капельное орошение приводит к снижению в черноземах содержания гумуса, рекомендуют применять органические удобрения и наблюдать за структурой почвы, так как, по данным некоторых авторов, из-за частых циклов увлажнения и высушивания почвы происходит укрупнение агрегатов [149, 216, 201, 206, 214].

Тем не менее, капельное орошение сегодня является самым перспективным, где каждый кубометр воды, используемый для полива, расходуется наиболее продуктивно, но использовать его целесообразно в первую очередь под высокорентабельные культуры, к числу которых относится томат [29, 63].

1.5. Продуктивность томата при различных режимах орошения

К поливу томата следует отнестись с особым вниманием, так как томат очень сильно страдает даже при небольшом недостатке влаги. Следствием недополива может стать гниение и ломкость растения, особенно в жаркую погоду [143], а так же осыпание завязей [175].

Научные исследования в различных регионах России, Украины, в Молдове указывают на большие потенциальные возможности томата при капельном орошении. К примеру Е.В. Стручалина [160] приводит данные о возможности получения в защищенном грунте 36,5кг/м^2 томатов, В.П. Зволинский [90] – 179 т/га, Е.Н. Еронова [86] и С.М. Григоров, Е.Н. Еронова [61] – 110-140 т/га.

В открытом грунте Л.А. Воеводина [44] и Г.Т. Балакай [30] получали по 160 т/га, Н.А.Пронько и Е.И.Бикбулатов [148] – 145-173 т/га, Р.Ю. Попов [145], , А. Шатковский, Л. Усатая, Ю. Черевичный [186, 188, 189, 191] – 60-100 т/га, Н.В. Перекрестов [137, 138, 139] – 106 т/га, А.И. Удовенко [171] – 80-115 т/га, А.С. Овчинников и др. [131], Г.А. Филатов [177] – 100-110 т/га, А.В. Дементьев [79] – 102 т/га, В.А. Федосеева [176] – 96,4 т/га, М.С. Григоров [65] – 94-96 т/га, В.В. Васюта [41], В.И. Филин и В.В. Филин [178], Ю.И. Кружилин [109] – 80-100 т/га, Н.Н. Киселева [103], Н.Н. Киселева и А.И. Воронцова [102] – 76-95 т/га, А.С. Абакумова [19] – 78 т/га, А.С. Овчинников и И.И. Азарьева [129] – 71-97 т/га, В.М. Гуренко [77] – 60-80 т/га, И.А. Нестеренко [125] и В.В. Коринец, И.А.

Нестеренко, В.Н. Бочаров и др. [107] – 49-73 т/га, Ю.В. Кузнецов [111, 112] – 40-100 т/га.

При дождевании также можно получать высокие урожаи – 70-90 т/га [131], но они на 20-60% меньше, чем при капельном орошении [99]. Кроме того коэффициенты водопотребления при дождевании (61-100 $м^3$/т) на много превышают значения этого показателя при капельном орошении [86, 102, 160, 171].

В последние годы Украина ежегодно производит по 800-1200 тыс. т плодов томатов, что удовлетворяет ее внутренние потребности не более чем на 60-80% [155]. Опытами этих авторов установлено, что при схеме посадки 100+40х30 см (47,6 тыс. га) и поддержании предполивной влажности на уровне 80-85-70 и 90% от НВ можно стабильно получать по 150 т/га плодов. Водопотребление при этом колеблется в пределах 4800-5300 $м^3$/га, оросительная норма при 40 поливах равнялась 3036 $м^3$/га, а потребление воды на формирование 1 тонны продукции – 32 $м^3$. Авторами получена зависимость «урожайность – водопотребление», являющаяся полиномом второго порядка с R^2=0.9855. Уравнение регрессии имеет следующий вид: $y = -8E - 0.6x^2 + 0.09x - 90.811$, где y – урожайность, т/га; x – водопотребление, $м^3$/га. М. Ромащенко, А. Шатковский, Л. Усатая, Ю. Черевичный [154] для среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв рекомендуют использовать для орошения трубки с расстоянием между водовыпусками равными соответственно 20 и 30 см. Ширина зоны увлажнения при этом составляет 50 и 60 см.

Применение капельного орошения в Крыму повышало урожайность томатов, перцев и баклажана по сравнению с поливом дождеванием в 1,5-2,0 раза, на 30-60% уменьшало энергозатраты на подачу воды, в 1,5-5,0 раз сокращало затраты оросительной воды и на 30-50% затраты удобрений за счет локального их внесения с поливной водой [123].

В настоящее время в России фактически поливают около 1,2 млн гектаров [44].

Урожайность томатов зависит не только от способа полива, но во многом и от почв, от климатических условий. К примеру, С.М. Григорову и Р.Ю. Попову [64] на светло-каштановых почвах Волгоградской области при предполивной влажности 90-80% от НВ и внесении $N_{190}P_{75}K_{95}$ удалось получить около 90 т/га томатов, В.В. Докучаеву, Г.Г. Шилеру и В.В. Макарову [81] в Ростовской области – 96,5 т/га примерно при той-же предполивной влажности – 85-95% от НВ. На аллювиально-луговой тяжелосуглинистой почве содержащей 1,2% гумуса А.С. Абакумов, В.А. Бичерев и А.И. Ткачева [20] при капельном орошении получили по 78 т/га томатов сорта Новичок, а при поливе по бороздам – 64 т/га. Более скромными были прибавки урожайности в Астраханской области – от 31,4 т/га (в среднем по области) до 40,6 т/га при капельном орошении [21].

Курбанов С.А. и Магомедова Д.С. [114] на лугово-каштановых среднесуглинистых почвах учебно-опытного хозяйства Дагестанского ГАУ изучали действие на урожайность томатов различных систем обработки почвы и разных уровней предполивной влажности почвы при капельном орошении. Максимальную урожайность (85,2 т/га) они получили при зяблевой вспашке на 25-27 см и поддержании нижнего порога предполивной влажности почвы не ниже 80% от НВ. При предполивной влажности 70% от НВ урожайность снижалась до 60,5, а при 90% от НВ – до 78,4 т/га.

Даже в Республике Беларусь, территорию которой считают избыточно увлажненной, из-за неравномерного выпадения осадков требуется орошение. В орошении, прежде всего, нуждаются овощи. Н. Капустин и Э. Снежко [100] пишут, что для обеспечения благоприятных условий выхода продукции овощеводства на внешний рынок необходимо при уровне рентабельности 45÷50 % поддерживать стабильный уровень ее урожайности. В частности, капусты должно выращиваться не менее 400 ц/га, моркови – 450, столовой свеклы – 350, лука репчатого – 200 и т. д., что нереально без использования систем орошения.

Капельное орошение томатов с успехом используется и в защищенном грунте. В опытах В.М. Жидкова и Е.В. Стручалина [88], проводимых в 2001-2003 гг. в ГУП ВСХП «Заря» Волгоградской ГСХА поддержание предполивной влажности в первый период вегетации на уровне 65-70% от НВ и 85-90% от НВ во второй период обеспечило самую высокую урожайность – 36,5 кг/м^2, а в Ингушетии А.М. Точиев и др. [166] получили по 37,4 кг/м^2 при поддержании влажности почвы от посадки до плодоношения на уровне 65-70% от НВ, а во время плодоношения – на уровне 85-90% от НВ.

С помощью подпочвенного капельного орошения используют для полива воды городских и животноводческих стоков. Такие исследования проводятся в США, Австралии, Израиле [212]. Например, компания Netafim разработала специальные капельные линии Bioline™ AS, предназначенные для таких систем [197]. В результате исследований в США были установлены преимущества использования систем подпочвенного капельного орошения для полива сточными водами, к которым относятся: уменьшение контакта людей со стоками; сокращение их перемещения ветром на рядом расположенные объекты и распространение запаха.

Несмотря на то, что внедрение капельного орошения в Советском Союзе начинали в Молдове широкого распространения оно не получило. Связано это было с тем, что тогда не было научных разработок режимов орошения сельскохозяйственных культур для этого способа орошения, которые должны были включать определение норм, сроков и числа поливов, продолжительность межполивных периодов, оросительных норм и др. [157].

Тем не менее, при отсутствии научных рекомендаций по капельному орошению томатов в Молдове крестьяне делают самостоятельные попытки внедрить в производство этот способ полива. В крестьянском хозяйстве «Марин Илие» в селе Кадык Кантемировского района получен урожай в 50 т/га, что для местных сельхозпроизводителей ранее казалось невероятным [13].

Межполивной период. Томат культура тепло- и светолюбивая, однако наряду с температурой и освещением большое значение имеет ее обеспечение влагой. Немецкий ученый Г.Круг в своей книге «Овощеводство» пишет: «Внезапные осадки после затянувшейся засухи часто приводят к растрескиванию плодов и потере их качества, а длительные периоды с относительно высокой влажностью – к слипанию пыльцы, что отрицательно влияет на оплодотворение, следовательно, и на урожай» [108]. Сотрудники российского сайта «6 соток» [175] пишут, что томаты не любят ни избытка воды, ни засухи. Поливать их надо редко, но обильно, в среднем один раз в неделю. Такого же мнения придерживаются и другие авторы [97]. Отрицательно влияют и длительные засухи, вызывающие опадание завязей.

Некоторые исследователи считают, что негативно на рост и развитие растений томата влияют частые поливы маленькими нормами [93], хотя исследования нашего института подтверждают обратное [6, 47, 68, 73, 74].

В различных странах (с учетом почвенно-климатических условий) оптимальными для возделывания томатов исследователи рекомендуют различные межполивные периоды. В Румынии [11] - 1 день, для Нижнего Поволжья Росии [176] – 1-2 дня, на Украине [84, 96, 98] – 2-3 дня, для Жамбылской области Республики Казахстан [31] и для России [164] – 3-4 дня, а некоторые [200] – оптимальным считают интервал, равный 7 и более дням.

Агроном-консультант ООО «Ирриком Агро» Ю.И.Схаплок считает, что в зависимости от культуры, фазы роста, типа почвы, интервал между поливами для овощей должен равняться 1-3 дням [161].

Существенную роль играет межполивной период и при выращивании других культур. По данным Н. Кхана [205] и др. при 3-дневном интервале между поливами урожайность сладкого перца составляла 90 т/га, при 6-дневном – 79, 9-дневном – 51, а при 12-дневном – 25 т/га. М.Дыржа и др. [203] считают, что несоблюдение оптимальных межполивных периодов не только снижает урожайность, но вызывает изменения в эволюции почв, в затратах энергии и труда.

Вопрос межполивного периода очень важен, так как от него напрямую зависит величина поливной нормы, а с ней и биологически оптимальный уровень влагосодержания. По данным академика РАСХН Н.Н.Дубенок и др. [83] при увеличении

поливной нормы от 100 до 220 м^3/га доля почвы с биологически оптимальным уровнем влагосодержания в контуре увлажнения возрастает от 20,8 до 45,8%.

Ход суммарного водопотребления, а также межполивные периоды можно определять по коэффициенту испарения, показывающему, каким является расход воды на 1° температуры воздуха. Ю.О. Акимов [26] установил, что при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80% от НВ в период от высадки рассады до начала цветения на каждый градус среднесуточных температур воздуха расходуется 0,092 мм влаги; в фазу цветения – начало плодообразования – 0,143 мм; в фазу плодообразования – начало плодоношения – 0,193 мм и до 0,211 – в период плодоношения. Схожие данные приводит и Ю.В.Кузнецов [112], пишущий, что в среднем за вегетацию на 1° температуры воздуха растения томатов расходуют 0,19-0,23 мм воды.

Поливная норма. Величина поливной нормы зависит от многих факторов: физические параметры почвы, уровень предполивной влажности, расчетного слоя увлажнения, фазы развития растений, межполивного периода, планируемого уровня урожайности и др. Все эти факторы настолько взаимосвязаны, что трудно анализировать роль какого-то из них в отдельности. Учитывая, что при расчете поливной нормы принимается во внимание среднесуточное водопотребление, то, естественно, ее величина будет зависеть от межполивного периода. Овчинников А.С. и Азарьева [128] исследуя эффективность капельного орошения в регионе Нижней Волги, дифференцировали поливную норму от 100 до 220 м^3/га с шагом в 30 м^3/га и максимальную урожайность (96 т/га) получали при орошении нормой 190 м^3/га.

Дементьев А.В. [79] изучая различные дифференцированные (70-70-60, 70-80-70 и 70-90-80% от НВ) режимы капельного орошения в условиях Волго-Донского Междуречья поливал нормами 58, 116, 174 и 232 м^3/га и установил, что наиболее эффективно вода расходуется при поддержании влажности почвы на уровне 70-90-80% от НВ (24-30 м^3/т). Среднесуточное водопотребление изменялось от 25-27 м^3/га (в начале вегетации) до 50 м^3/га (в фазу цветения), а суммарное испарение равнялось 4350-4400 м^3/га. В той же зоне Ю.И. Кружилин [109] поливал томаты нормами 54 и 136 м^3/га и установил зависимость оросительной нормы от урожайности, которая описывается уравнением у=0.0734М-71.989 и может использоваться для получения планируемой урожайности.

Попов Р.Ю. [145] на Правобережье реки Волга получал близкую к 100 т/га урожайность при капельном орошении, поддерживая влажность активного слоя почвы на уровне 90-80% от НВ с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{190}P_{75}K_{95}$. Число поливов при этом изменялось от 18 до 29 нормой 54 м^3/га.

Орошая южные черноземы Саратовского Правобережья Н.А. Пронько и Е.И. Бикбулатов [148] доказали, что повышение уровня предполивной влажности с 70 до 80% от НВ приводит к увеличению суммарного испарения до 6937 $м^3$/га. Проведение 14 поливов нормами 225-385 $м^3$/га позволила на сорте томатов Дар Заволжья при поддержании влажности на уровне 80% от НВ и дозе удобрений $N_{190}P_{80}K_{70}$ получить урожайность, равную 207 т/га.

На светло-каштановых почвах Волгоградской области М.С. Григоров [65] при том же пороге предполивной влажности, но при меньшей поливной норме – 150 $м^3$/га проводил по 22-35 поливов оросительной нормой от 3300 до 5250 $м^3$/га и получил по 94-96 т/га на гибриде Джина F_1.

От величины поливной нормы зависит и диаметр контура увлажнения. А.С. Овчинников и И.А. Азарьева [24, 127, 128, 129, 130] доказали, что на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья при увеличении поливной нормы от 100 до 220 $м^3$/га диаметр контура увлажнения возрастает от 0,4 до 0,85 м.

Оросительная норма это сумма всех поливных норм. Украинские ученые пишут, что оптимальная оросительная норма при возделывании томатов в открытом грунте колеблется от 3000 до 4000 $м^3$/га [163].

Имея информацию о водопотреблении культуры и о количестве выпадающих осадков в конкретной зоне можно разрабатывать оптимальные режимы орошения для планирования поливов. В одной из своих работ М. Ромащенко пишет, что на Украине изучением процессов и закономерностей водопотребления томата при капельном орошении занимались многие ученные – М.И. Ромащенко и др. [155]. Однако, противоречия, возникшие между данными этих исследователей, вызвали необходимость проведения дополнительных исследований. В результате было установлено, что оптимальные оросительные нормы зависят от уровня предполивной влажности почвы. Поддержать предполивную влажность на уровне 60% от НВ можно 12 поливами оросительной нормой 1715 $м^3$/га, 80% от НВ соответственно 35 и 2992 и на уровне 90% от НВ – 61 и 3579 $м^3$/га.

Для светло-каштановых почв Волгоградской области академик РАСХН М.С. Григоров и В.А. Федосеева [65, 176] приводят более высокие данные и по количеству поливов и по оросительной норме. Проведенные им исследования показали, что при поддержании различных уровней предполивной влажности (от 70 до 90% от НВ) количество поливов в зависимости от обеспеченности вегетационных периодов осадками колебалось от 13 до 71, а оросительная норма – от 2938 до 5775 $м^3$/га.

Для тех же почвенно-климатических условий Н.Н. Киселева и А.И. Воронцова

[102] доказали, что при дождевании для поддержания дифференцированного режима орошения (80-90-75% от НВ) оросительная норма (4800 м^3/га) на 23% была выше, чем при капельном орошении (3900 м^3/га). Близкие к этим результаты для дельты Волги приводит А.С. Абакумова [19], пишущая, что поддержание влажности почвы на оптимальном уровне обеспечивается оросительной нормой равной при капельном орошении 3432 м^3/га. При поливе дождеванием и по бороздам она была в 1,3 и 2 раза больше.

В опытах И.А. Нестеренко [125], где параллельно с капельным орошением томатов испытывали и вариант с влагозарядковым поливом и 8 вегетационными поливами дождеванием оросительная норма в последнем случае в отдельные годы доходила до 10100, тогда как при капельном не превышала 3900 м^3/га. Таких высоких оросительных норм исследователи Украины и России не получали даже в условиях защищенного грунта. В опытах Е.Н. Ероновой [86] в пленочных теплицах оросительные нормы не превышали 5100 м^3/га, а у Е.В. Стручалиной [160] в зимних блочных теплицах – 8680 м^3/га.

1.6. Выводы к 1 главе

1. Приведенный анализ литературных источников показал, что больше всего исследований в последние годы были проведены на каштановых почвах (на черноземах их мало) и, что единого мнения об оптимальных режимах орошения и системах удобрения томатов пока не существует, поэтому требуются дополнительные исследования в нашей почвенно-климатической зоне.

2. Пищевой режим томатов и эффективность применяемых удобрений зависит от используемых режимов орошения, поэтому изучать их надо в комплексе.

3. При капельном орошении очень большое значение имеет расстояние между лентами, так как при перекрывании контуров увлажнения степень накопления солей в три-четыре раза выше.

По результатам анализа состояния изученности рассматриваемой научной проблемы перед нами была поставлена цель: Разработать технологические параметры возделывания безрассадного томата в открытом грунте при капельном орошении путем оптимизации водного и пищевого режимов почвы, обеспечивающие получение экономически оправданных уровней урожайности.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: Установление рациональных норм полива при поверхностном капельном орошении; определение продолжительности межполивных периодов при возделывании безрассадных томатов; установление оптимальных доз минеральных удобрений при сокращении норм полива и оросительной воды, обеспечивающих получение экономически оправданных уровней

урожайности и качество плодов томата; определение величины недобора урожая томатов при дефиците почвенной влаги в результате сокращения норм полива; повышение эффективности использования запасов воды из почвы и осадков путем оптимизации поливного режима томатов; установление зависимости «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность»,«водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» с целью определения климатически обеспеченных уровней продуктивности томата при капельном орошении; энергетическая и экономическая оценка технологических параметров возделывания безрассадных томатов при капельном орошении.

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почва, как объект исследования

Трехфакторный полевой опыт был заложен в 2014 г. на черноземе обыкновенном, расположенном на третьей надпойменной террасе р. Днестр на Суклейском участке ГУ «ПНИИСХ».

Разрез заложен 9 июня 2011 г. Расположен на третьем поле на землях Приднестровского НИИ сельского хозяйства в 500 м Восточнее распределителя электросетей (Суклейский участок). Глубина разреза 170 см (рис. 2.1).

Описание разреза

$A_п$ – 0-20 см, уплотнен, умеренно влажный, темноокрашенный, комковатый, пронизан корнями растений, вскипание от HCL не наблюдается, тяжелосуглинистый.

А – 20-40 см, уплотнен, слабо увлажнен, мелкозернистый, темно-коричневый, встречаются корни растений, кротовина 10х4 см заполненная материалом грязно-желтого цвета из нижележащих горизонтов, тяжелосуглинистый, слабокарбонатный, вскипает на глубине 37 см.

B_1 – 40-58 см, неоднородный по цвету, грязно-желтый, уплотнен, слабо увлажнен, кротовина 6х4 см, заполненная материалом из горизонта B_2, слабо пронизан корнями растений, карбонатный, тяжелосуглинистый.

B_2 – 58-81 см, по цвету неоднородный, но светлее горизонта B_1, уплотнен, комковато-зернисто-пылеватый, сильно карбонатный, тяжелосуглинистый.

ВС – 81-93 см, неравномерный по цвету с преобладанием желтого оттенка, уплотнен, увлажненный, появляются первые скопления карбонатов в виде «белоглазки», карбонатный, переходный горизонт в материнскую породу, наблюдается кротовина размером 15х4 см заполненная материалом из гумусного горизонта, тяжелосуглинистый.

C_1 – 93-122 см, цвет неравномерно желтый из-за присутствия больших скоплений «белоглазки», тяжелосуглинистый. Это материнская порода, но выделена в отдельный горизонт по признаку обилия карбонатных скоплений.

C_2 – 122-170 см, темно-желтый, однороден по цвету, увлажнен, сильно уплотнен, тяжелосуглинистый (возможно легкоглинистый). Это чистая материнская порода.

$A_п$
0-20 см

A
20-40 см

B_1
40-58 см

B_2
58-81 см

BC
81-93 см

C_1
93-122 см

C_2
122-170 см

Рис. 2.1. Почва стационара лаборатории орошаемого земледелия

Название почвы: чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый.

Почвы Приднестровья всегда испытывали сильную антропогенную нагрузку, но особенно она стала ощутимой в 60-е – 80-е годы, когда здесь применялись интенсивные по тому времени технологии возделывания сельскохозяйственных культур при орошении, внесении удобрений на уровне полной потребности, внедрении комбинированных

севооборотов с большим удельным весом овощных, зерновых и кормовых культур, крупных межхозяйственных садов. Все это и многое другое наложило свой отпечаток на плодородие почв региона.

Во времена Докучаева в наших черноземах содержалось 5-7% гумуса [80], а теперь его количество едва доходит до 3-4% [53]. Мониторинг этого показателя показал, что за последние 50 лет запасы гумуса в метровом слое почвы чернозема обыкновенного на пашне уменьшились примерно на 50 т/га, а на целине – на 30 т/га [75]. В почве нашего стационара содержание гумуса по профилю постепенно снижается от 2,8% (в пахотном слое) до 0,5% (в материнской породе). Карбонаты появляются в горизонте В (3,3%) и достигают максимума (15,76%) на глубине 70-90 см.

В научной литературе встречаются данные о том, что орошаемое земледелие постоянно сопровождается эффектом повышения щелочности почвы. Уже спустя 20-30 минут после полива pH верхнего горизонта повышается на 0,4-1,0 единицу. В дальнейшем щелочность постепенно снижается и через 12-15 дней после полива достигает исходного уровня. Такой резкий скачок зачастую приводит к ожогу наиболее активной части корней, в результате чего нарушается поступление в растение питательных веществ и воды, дестабилизируется почвенный поглощающий комплекс. В связи с этим вызывает тревогу и опасение тот факт, что почва перешла из разряда нейтральной в щелочную. Значения pH возросли на 1,7-1,8 единиц и находятся на этом уровне не только после поливов, но постоянно (табл. 2.1).

По существующей классификации [4] пахотный слой почвы средне обеспечен мобильным фосфором и относительно оптимально обменным калием.

Основная часть почвенного поглощающего комплекса чернозема обыкновенного приходится на долю поглощенных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, что положительно повлияло на процессы оструктуривания. Насыщение почвы кальцием и магнием вызывает образование в основном крупных микроагрегатов (размером 0,25-0,01 мм), причем клеящим веществом являются мелкие частицы – илистые и коллоидные.

Объемная масса почвы постепенно возрастает от 1,08 г/см^3 в пахотном слое до 1,43 г/см^3 в горизонте C_2, а наименьшая влагоемкость снижалась соответственно от 29,1% до 21,0% (табл. 2.2).

Таблица 2.1. Химические свойства почвы (2011 г.)

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус	$CaCO_3$	pH	Н.С.П., мг/кг	Поглощенный		NO_3	P_2O_5	K_2O
						Ca^{++}	Mg^{++}			
		%				Мг-экв/ 100 г почвы		мг/кг сухой почвы		
$A_п$	0-22	2,8	-	8,4	91	33,8	2,2	45	27	274
A	22-38	2,5	-	8,5	97	33,0	3,4	28	14	155
B_1	38-57	2,1	3,32	8,7	14	31,0	4,2	21	14	129
B_2	57-73	1,5	7,70	8,8	2	29,0	4,2	40	16	124
BC	73-87	0,8	15,76	9,0	1,3	23,4	4,6	19	14	78
C_1	87-122	0,5	15,11	9,0	1,3	21,4	4,6	9	23	85
C_2	122-170	0,5	11,23	9,0	0	21,0	4,2	12	20	92

Таблица 2.2. Объемная масса и структура почвы (2011 г.)

Пашня				
Горизонт и его мощность (см)	Объемная масса, г/см^3	Наименьшая влагоемкость, % от массы	Количество водопрочных агрегатов по Савинову, %	
			> 0,25 мм	> 1 мм
$A_п$ 0-22	1,08	29,1	32	2
A 22-38	1,22	27,8	40	9
B_1 38-57	1,26	25,6	50	16
B_2 57-73	1,32	23,3	42	13
BC 73-87	1,37	22,6	45	12
C_1 87-122	1,39	21,8	44	11
C_2 122-170	1,43	21,0	43	10

Верхние слои почвы характеризуются худшей структурой, о чем свидетельствует меньшая водопрочность агрономически ценных агрегатов.

2.2. Метеорологические условия в годы исследований

В последние 15-20 лет в информационном пространстве много пишут и говорят о потеплении климата. По данным директора Института глобального климата и экологии Росгидромета, академика РАН Юрия Израэля [146] за последние сто лет потепление климата составило 0,6^{o}С, а по данным С.Н. Бобылева [33] согласно Четвертому оценочному докладу МГЭИК – на 0,74^{o}С за последние 150 лет. Это явление, конечно же, не обойдет стороной и область сельского хозяйства, так как изменяются условия роста и развития растений. В первую очередь это касается водообеспечения, которое с увеличением температур вследствие роста испаряемости уменьшится. Последействия

глобального потепления по различным прогнозам [40, 195] могут быть как положительными, так и отрицательными. К положительным последствиям относят увеличение площади почв, пригодных для земледелия, рост продолжительности вегетационного периода, увеличение теплообеспеченности с.-х. культур, улучшение условий перезимовки озимых полевых культур. К отрицательным последствиям относится то, что одновременно с потеплением климат становится и более сухим, а значит, площади подверженные засухе резко возрастут. Согласно прогнозу Канадского Климатического Центра [200] в результате перемен климата в основных сельскохозяйственных районах России зимние температуры вырастут на 6-8°C, а летние – на 4-5°C. Географические зоны сместятся на север на 800-900 км, что приведет к аридизации степной и лесостепной зон. Все это очень важно учитывать и нам, так как Молдова и без того находится в зоне с неустойчивым и недостаточным водообеспечением. Сумма осадков с апреля по сентябрь 2014-2017 гг. колебалась от 206 до 346 мм (табл. 2.3).

Климат нашей территории по тепло обеспеченности растений, согласно классификации приводимой Н.Г.Левицкой [115], можно характеризовать как «очень теплый», так как среднесуточные температуры самого жаркого месяца равнялись 23,4-24,5^{o}C, а по классификации Будыко и Григорьева [121] – как теплый, где сумма активных температур (выше 10 градусов) в годы исследований колебались от 3324 до 3495°C.

С точки зрения сельскохозяйственного производства последние четыре года были сложными. Во-первых, среднедекадные температуры воздуха в отдельные декады превышали среднемноголетние значения на 4,2-5°C. Отклонения температур в другую сторону (ниже среднемноголетних значений) не превышали 2,9^{o}C (табл. 2.4).

Во-вторых, высокие температуры воздуха сопровождались длительными периодами без осадков. К примеру, в 2014 году с апреля по сентябрь месяц в шести декадах не выпадали осадки, в 2017 – 7 декадах, а в 2015 и 2016 – в 8-9 декадах (рис. 2.2). Были случаи, когда осадки не выпадали в течение трех декад подряд.

По обеспеченности осадками период апрель-сентябрь в 2014 году был средне-сухим (74%), 2015 – сухим (92%), 2016 – средним (60%) и 2017 – средне-влажным (26%). Во все годы исследований самыми сухими были август и сентябрь месяцы (табл. 2.5). Таким образом, можно утверждать, что результаты наших исследований для нашего региона являются репрезентативными, так как данные были получены в годы с различной естественной влагообеспеченностью. В таких климатических условиях орошение приобретает первостепенное значение.

Таблица 2.3. Среднесуточная температура воздуха и осадки за период вегетации сельскохозяйственных культур в годы исследований (по АМС г. Тирасполь)

Месяц	**Декада**	**Среднесуточная температура воздуха, °С**					**Осадки, мм**				
		Средне-много-летние	**Годы**				**Средне-много-летние**	**Годы**			
			2014	**2015**	**2016**	**2017**		**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Апрель	I	**8,9**	9,2	6,0	12,2	10,1	**9,0**	1,3	30,0	0,7	20,2
	II	**10,2**	11,6	12,0	15,0	9,3	**11,0**	20,0	12,0	40,1	27,4
	III	**12,1**	14,2	11,9	11,9	9,3	**11,7**	0	15,3	0,8	14,0
	За месяц	**10,4**	**11,7**	**10,0**	**13,0**	**9,6**	**31,7**	**21,3**	**57,3**	**41,6**	**61,6**
Май	I	**14,7**	13,3	14,9	14,3	16,1	**15,2**	16,9	14,0	7,7	1,7
	II	**16,6**	16,1	17,1	14,3	14,9	**12,0**	16,8	0,6	6,2	36,9
	III	**17,6**	20,4	19,4	17,7	17,4	**21,7**	23,5	6,2	41,1	5,9
	За месяц	**16,3**	**16,7**	**17,1**	**15,5**	**16,2**	**48,9**	**57,2**	**20,8**	**55,0**	**44,5**
Июнь	I	**19,0**	20,2	21,6	17,4	20,3	**20,2**	24,2	21,0	38,1	40,6
	II	**20,1**	19,0	21,2	22,0	20,1	**23,2**	16,5	12,0	22,1	20,3
	III	**21,1**	19,3	20,7	26,1	23,9	**26,4**	14,4	6,8	16,0	36,4
	За месяц	**20,1**	**19,5**	**21,2**	**21,8**	**21,4**	**69,7**	**55,1**	**39,8**	**76,2**	**97,3**
Июль	I	**21,4**	22,8	23,1	22,1	21,3	**20,1**	6,0	31,0	3,6	31,3
	II	**22,3**	23,7	21,8	24,0	22,3	**18,4**	20,2	6,6	0	3,0
	III	**22,3**	24,8	26,5	24,8	24,0	**19,4**	9,2	32,0	0	55,9
	За месяц	**22,0**	**23,8**	**23,8**	**23,7**	**22,6**	**57,9**	**35,4**	**67,6**	**3,6**	**90,2**
Август	I	**22,3**	26,3	25,5	24,4	26,2	**14,0**	0,9	2,4	11,1	1,1
	II	**21,7**	24,9	24,3	21,5	25,5	**16,0**	2,5	2,7	21,1	16,5
	III	**20,0**	20,1	23,8	24,2	19,1	**20,9**	24,4	0	1,2	2,6
	За месяц	**21,3**	**23,6**	**24,5**	**23,4**	**23,4**	**50,9**	**27,8**	**5,1**	**33,4**	**20,2**
Сен-тябрь	I	**18,0**	22,1	22,5	22,3	20,2	**13,2**	0,9	5,6	0	0
	II	**16,1**	18,1	19,6	16,6	22,0	**17,0**	2,5	5,8	17,2	1,4
	III	**14,3**	13,5	19,2	19,2	14,7	**12,9**	33,2	4,2	1,7	30,3
	За месяц	**16,1**	**17,9**	**20,4**	**19,4**	**19,0**	**43,1**	**36,6**	**15,6**	**19,2**	**31,7**
Среднее за IV-IX месяцы		**17,7**	**18,9**	**19,5**	**19,6**	**18,7**	**302,2**	**233,4**	**206,2**	**229,0**	**345,5**

Таблица 2.4. Отклонения среднесуточных температур от среднемноголетних значений (по АМС г. Тирасполь)

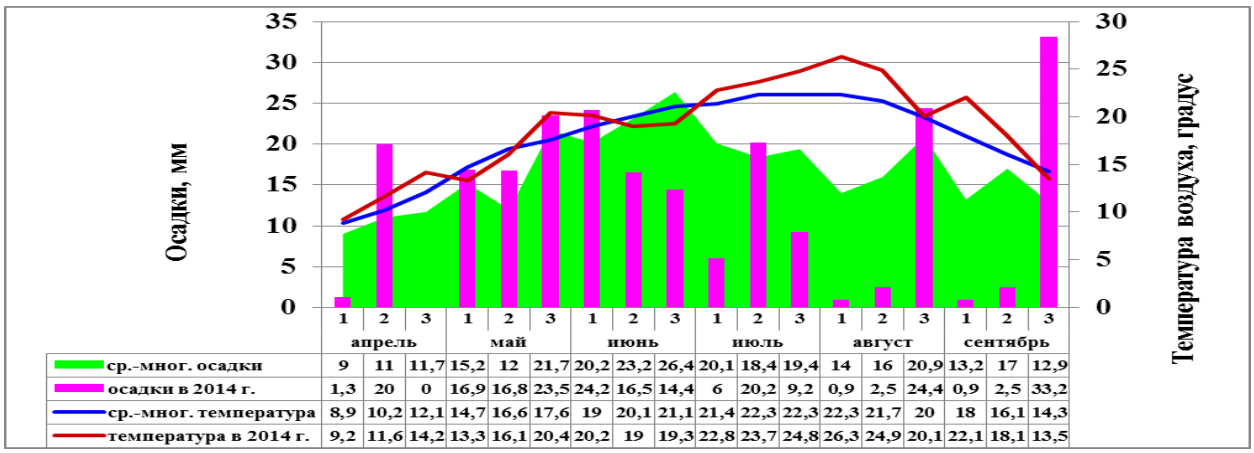
Месяц	**Год**			
	2014	**2015**	**2016**	**2017**
Апрель	**+ 1,3** + [0,3-2,1]	**– 0,4** [–2,9-(+1,8)]	**+ 2,6** [–0,2-(+4,8)]	**– 0,8** [–2,8-(+1,2)]
Май	**+ 0.4** [–1,4-(+2,8)]	**+ 0,8** +[0,2-1,8]	**– 0,8** [–2,3-(+0,1)]	**– 0,1** [–1,7-(+1,4)]
Июнь	**– 0.6** [–1,8-(+1,2)]	**+ 1,1** [–0,4-(+2,6)]	**+ 1,7** [–1,6-(+5,0)]	**+ 1,3** + [0-2,8]
Июль	**+ 1.8** +[1,4-2,5]	**+ 1,8** [–0,5-(+4,2)]	**+ 1,7** +[0,7-2,5]	**+ 0.6** [–0,1-(+1,7)]
Август	**+ 2.3** +[0,1-4,0]	**+ 3,2** +[2,6-3,8]	**+ 2,1** [–0,2-(+4,2)]	**+ 2.1** [–0,9-(+3,9)]
Сентябрь	**+ 1.8** [–0,8-(+4,1)]	**+ 4,3** + [3,5-4,9]	**+ 3,3** + [0,5-4,9]	**+ 2.9** + [0,4-5,9]
Среднее	**+ 1,2**	**+ 1,8**	**+ 1,9**	**+ 1,0**
Обеспеченность, %	15	7	8	18

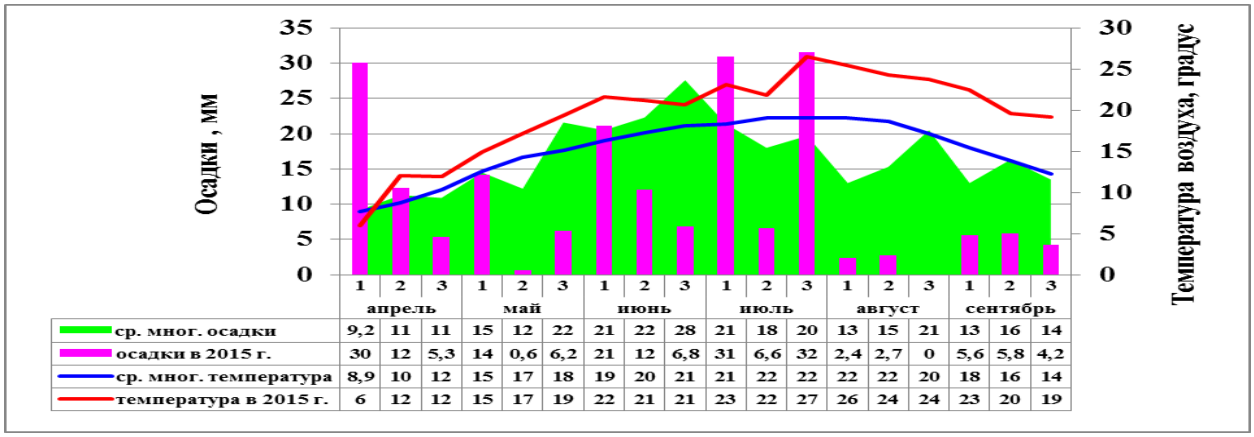
*В числителе показаны отклонения среднесуточных температур воздуха за месяц от среднемноголетних
** В знаменателе показаны подекадные отклонения среднесуточных температур воздуха от среднемноголетних значений.

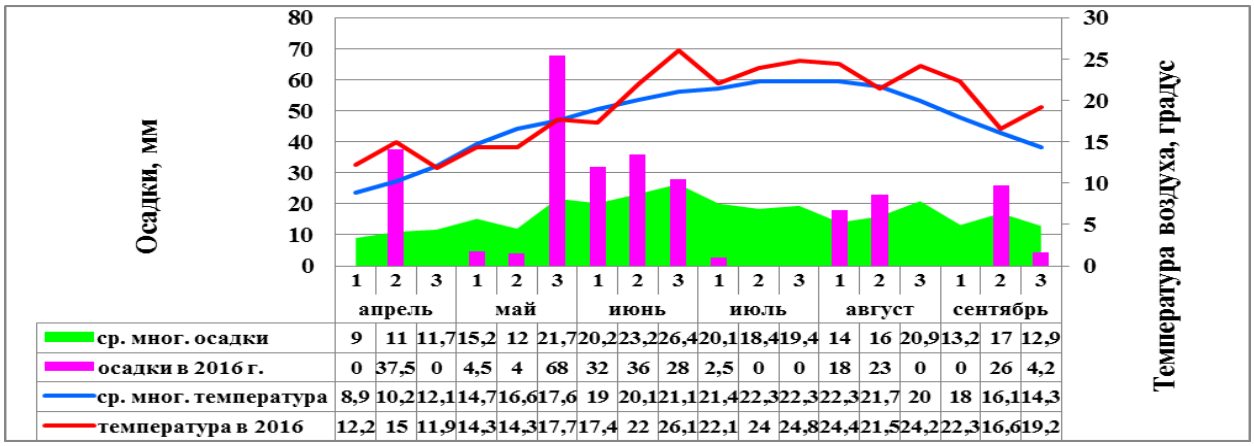
Таблица 2.5. Отклонение суммы месячных и среднедекадных осадков от среднемноголетних значений (по АМС г. Тирасполь)

Месяц	**Год**			
	2014	**2015**	**2016**	**2017**
Апрель	**– 10.4** [+9,0-(–11,7)]	**+ 25,6** +[1,0-21,0]	**+ 9,9** [–10,9-(+29,1)]	**+ 29,9** + [2,3-16,4]
Май	**+ 8.3** + [1,8-4,8]	**– 28,1** – [1,2-15,5]	**+ 6,1** [–7,5-(+19,4)]	**– 4.4** [–15,8-(+24,9)]
Июнь	**– 14.6** [–12,0-(+4,0)]	**– 29.9** [–19,6-(+0,8)]	**+ 6,5** [–10,4-(+17,9)]	**+ 27.6** [–2,9-(+20,4)]
Июль	**– 22.5** [–14,1-(+1,8)]	**+ 9,7** [–11,8-(12,6)]	**– 54,3** – [16,5-19,4]	**+ 32,3** [–15,4-(+36.5)]
Август	**– 23.1** [–13,5-(+3,5)]	**– 45,8** – [11,6-20,9]	**– 17,5** [–19,7-(+5,1)]	**– 30,7** [–18,3-(+0,5)]
Сентябрь	**– 6.5** [–14,5-(+20,3)]	**– 27,5** – [7,6-11,2]	**– 23,9** [–13,2-(+0,3)]	**– 11,4** [–15,6-(+17,4)]
Среднее	**– 68,8**	**– 96,0**	**– 64,2**	**+ 43,3**
Обеспе-ченность, %	**74** Средне-сухой	**92** Сухой	**81** Средне-сухой	**26** Средне-влажный

*В числителе показаны отклонения среднемесячного количества осадков от среднемноголетних значений
** В знаменателе показаны подекадные отклонения осадков от среднемноголетних значений







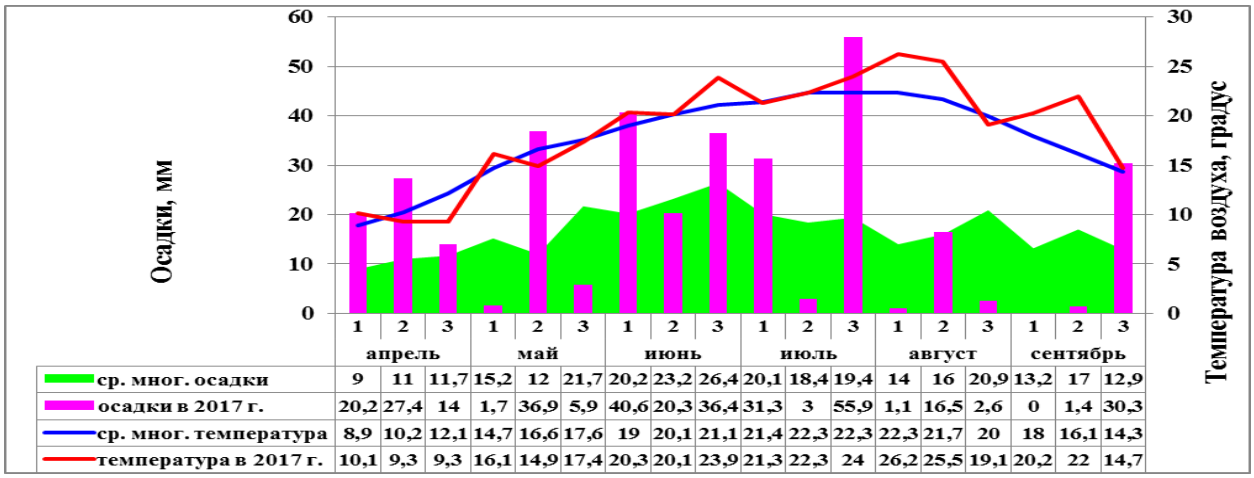


Рис. 2.2. Температура воздуха и количество выпадающих осадков в годы исследований и их среднемноголетние значения

2.3. Схема опыта и методы проведения исследований

Опыты проводили в 2014-2017 гг. на безрассадных томатах сорта Примула. Площадь поля – 0,35 га. Схема поля предусматривает использование метода расщепленных блоков по Б.А.Доспехову [82]. Повторность четырехкратная. Площадь блока по фактору «поливная норма» составляла – 1260 м^2, по фактору «межполивной период» - 840 м^2 и по фактору «удобрение» – 630 м^2, учетная площадь - 10,6 м^2.

Схема опыта включает в себя следующие факторы и их градации (рис.2.3):

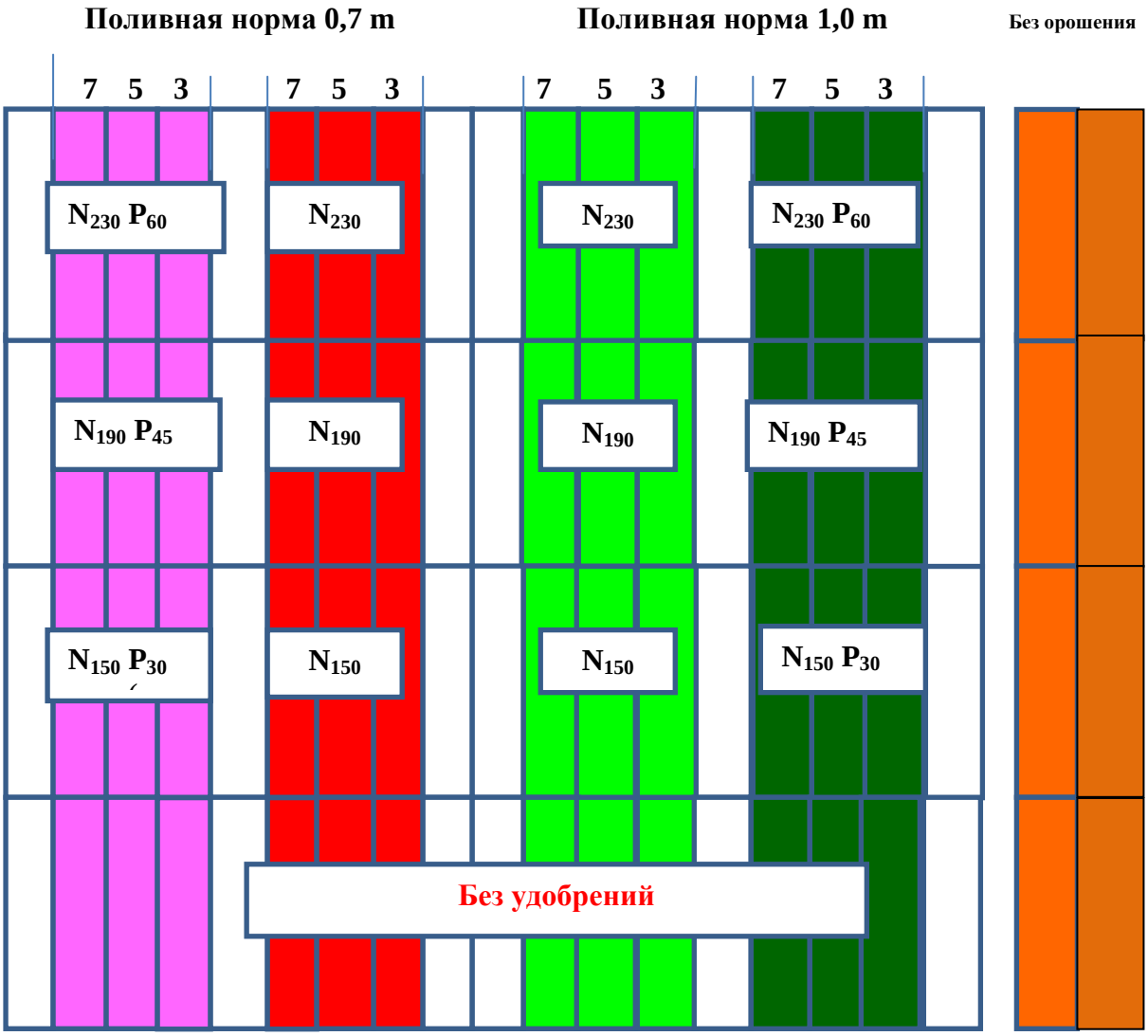


Рис. 2.3. Расположение вариантов в опытном поле

Фактор А. Поливная норма.

1. Б/о (без орошения, контроль)
2. 1 норма (m)
3. 2 норма (0.7 m)

Фактор Б. Межполивной период.

1. 3 дня
2. 5 дней
3. 7 дней

Фактор В. Удобрение.

1. Б/у (без удобрений, контроль)
2. $N_{150}P_{30}$
3. $N_{190}P_{45}$
4. $N_{230}P_{60}$
5. N_{150}
6. N_{190}
7. N_{230}

Поливы на рекомендуемом режиме орошения проводили методом дождевания при снижении влажности почвы в слое 0-50 см до 80% от НВ, а сроки полива определяли по метеоданным Тираспольской АМС с использованием формул Штойко Д.А. [158, 193].

$$E_в = \sum t\left(0{,}1\bar{t}_c - \frac{\bar{a}}{100}\right), \quad (1)$$

$$E_в = \sum t\left[0{,}1\bar{t}_c + \left(1 - \frac{\bar{a}}{100}\right)\right], \quad (2) \quad \text{где}$$

$E_в$ – суммарное испарение культурой за период, $\bar{t}$ и $\bar{a}$ - среднесуточные за период температура и влажность воздуха, $\sum t$ - сумма среднесуточных температур за период.

Наименьшая влагоемкость почвы в слое 0-50 см равняется 25,3%, в слое 0-100 см – 24,4%, а объемная масса соответственно 1,19 и 1,34 г/см^3.

Поливную норму нетто ($m_н$) определяли по формуле:

$$m_н = (w_{нв} - w_{пп})\, h\, \Delta\, 100, \quad (3) \text{ где}$$

$w_{нв}$ и $w_{пп}$ – наименьшая влагоемкость и оптимальная предполивная влажность почвы, % от массы сухой почвы; h – расчетный слой увлажнения, м; Δ – объемная масса расчетного слоя увлажнения, г/см^3.

$$m_н = (25{,}3 - 20{,}2) \bullet 0{,}5 \bullet 1{,}19 \bullet 100 = 300 \text{ м}^3/\text{га}$$

При капельном орошении поливные нормы приняты исходя из биологической кривой среднесуточного водопотребления безрассадных томатов при оптимальном поливе методом дождевания [9]. В фазу «всходы – цветение» в первом орошаемом блоке поливная нома принята равной 25 м^3/га, во вторую фазу «цветение – плодообразование» - 45 м^3/га и в третью «плодообразование – уборка» - вновь 25 м^3/га. В период цветение – уборка поливные нормы по сравнению с орошением методом дождевания были несколько

меньше, так как при капельном орошении увлажняется не вся поверхность почвы. Во втором орошаемом блоке поливные нормы снижены на 30% (табл. 2.6; рис. 2.4).

Таблица 2.6. Поливные нормы по вариантам капельного орошения в различные фазы развития томатов, м^3/га

Фаза развития	Поливная норма	Проведение поливов через:		
		3 дня	5 дней	7 дней
Всходы – массовое цветение на боковых побегах (25 м^3/га в сутки)	m	75	125	175
	0,7 m	55	85	125
Массовое цветение на боковых побегах –начало созревания (45 м^3/га в сутки)	m	135	225	315
	0,7 m	95	155	220
Начало созревания – конец вегетации (35 м^3/га в сутки)	m	105	175	245
	0,7 m	75	125	170

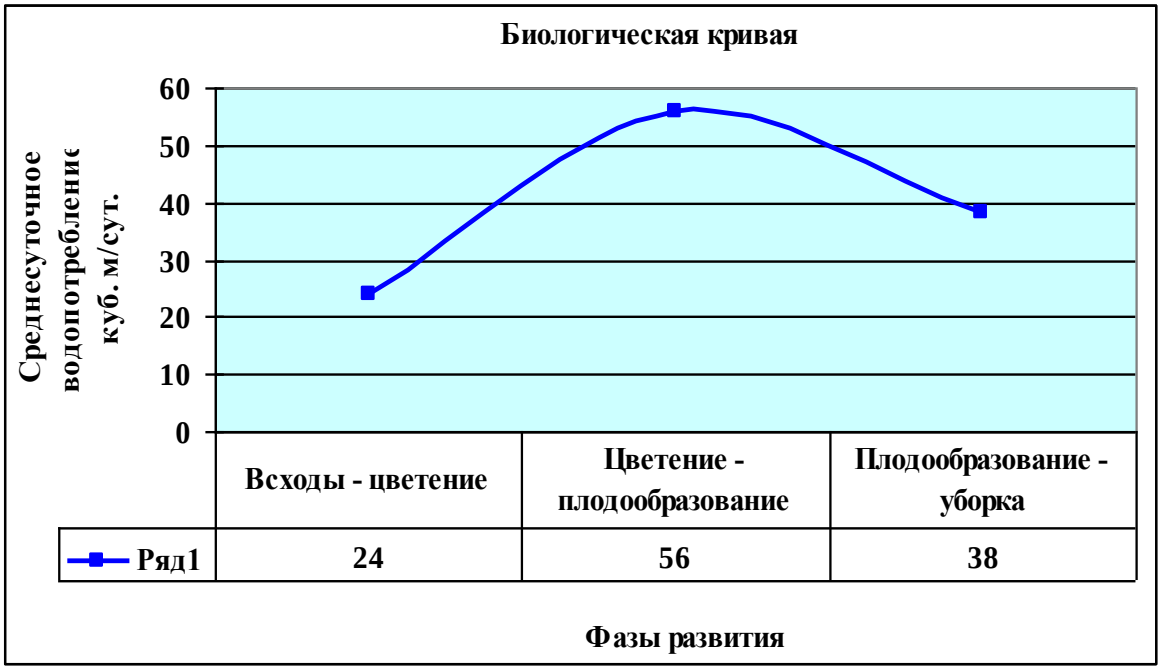


Рис. 2.4. Среднесуточное водопотребление безрассадных томатов при оптимальном орошении методом дождевания

При выпадении более 10 мм осадков срок проведения очередного полива переносили на количество дней кратное поливной норме. К примеру, если выпало 10 мм осадков до цветения или в период плодоношения то поливы на всех вариантах переносили на 4 дня, а если в период от цветения до начала созревания – то на два дня. При выпадении 15 мм осадков в первый или третий период развития поливы переносили на 6 дней, а во второй период – на 3-4 дня.

Продолжительность каждого полива зависит от схемы посева, количества капельниц на одном гектаре, от среднего расхода воды одной капельницей и от расстояния между капельницами. Формулы расчета удельного расхода воды системой и времени полива показаны ниже [72, 76].

<u>Удельный расход воды системой</u> $Q = \frac{N \bullet q}{1000}$, (4) где

Q – удельный расход воды системой, $м^3/ч$

N – количество капельниц на 1 га системы, шт.

q – средний расход воды одной капельницей, л/ч

$$N = \frac{10000}{L \bullet b}, \text{ (5) где}$$

L – расстояние между поливными трубопроводами, м

b – расстояние между капельницами, м

<u>Время полива</u> $t = \frac{m}{Q}$, (6) где

t – время полива 1 га, ч

Q – удельный расход воды системой, $м^3/ч$

m – поливная норма, $м^3/га$

<u>Пример расчета</u> при расстоянии между трубопроводами 1,4 м, между капельницами – 0,2 м и среднем расходе воды одной капельницей 2 л/ч. (табл. 2.7):

$$N = \frac{10000}{1.4 \bullet 0.2} = \frac{10000}{0.28} = 35715 \text{ шт.}$$

$$Q = \frac{35715 \bullet 2.0}{1000} = \frac{71430}{1000} = 71.4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$t = \frac{75}{71.4} = 1.05 \text{ ч или 1 час 3 мин}$$

Таблица 2.7. Продолжительность полива в различные фазы развития томатов

Фаза развития	Поливная норма	Проведение поливов через:		
		3 дня	5 дней	7 дней
Всходы – массовое цветение на боковых побегах (25 $м^3$/га в сутки)	m 0,7m	1ч 45 мин 1ч 17 мин	2ч 55мин 1ч 59 мин	4ч 05 мин 2ч 55 мин
Массовое цветение на боковых побегах – начало созревания (45 $м^3$/га в сутки)	m 0,7m	3ч 09 мин 2ч 13 мин	5ч 15 мин 3ч 37 мин	7ч 21 мин 5ч 08 мин
Начало созревания – конец вегетации (35 $м^3$/га в сутки)	m 0,7m	2 ч 27 мин 1ч 45 мин	4ч 05 мин 2ч 55 мин	5ч 43 мин 3ч 58 мин

Расчет норм удобрений на запланированную урожайность показан в таблице 2.8.

Внесение удобрений было дробным. Под весеннюю культивацию внесены все фосфорные удобрения, а так же 70% азотных. Остальные 30% азотных удобрений внесены локально в виде двух подкормок.

Таблица 2.8. Расчет потребности в минеральных удобрениях для получения запланированной урожайности

Показатель	Запланированная урожайность, т/га	Обозначение	Формула	Питательные вещества		
				N	P_2O_5	K_2O
Содержание питательных веществ в слое 0-60 см, мг/кг		а	–	39-8,8	48	277
Содержание питательных веществ в слое 0-60 см, кг/га		б		63	346	1994
Коэффициент использования питательных веществ из почвы, %		д	–	19	5	38
Вынос питательных веществ на 1 т продукции, кг		е	–	2,0	0,6	3,3
Из почвы можно использовать, кг/га		ж	(б • д):100	12	17	758
Вынос питательных веществ запланированным урожаем, кг/га	**80**	**$з_1$**	**е • 80**	**160**	**48**	**264**
	100	**$з_2$**	**е • 100**	**200**	**60**	**330**
	120	**$з_3$**	**е • 120**	**240**	**72**	**396**
Недостаток питательных веществ, кг/га	80	$и_1$	$з_1$ - ж	148	31	-
	100	$и_2$	$з_2$ - ж	188	43	-
	120	$и_3$	$з_3$ - ж	228	55	-

Схема посева овощных культур при капельном орошении во многом зависит от гранулометрического состава почвы (рис. 2.5). В наших опытах была принята схема 50 х 90 см с расположением капельной ленты в середине узкого междурядья [76].

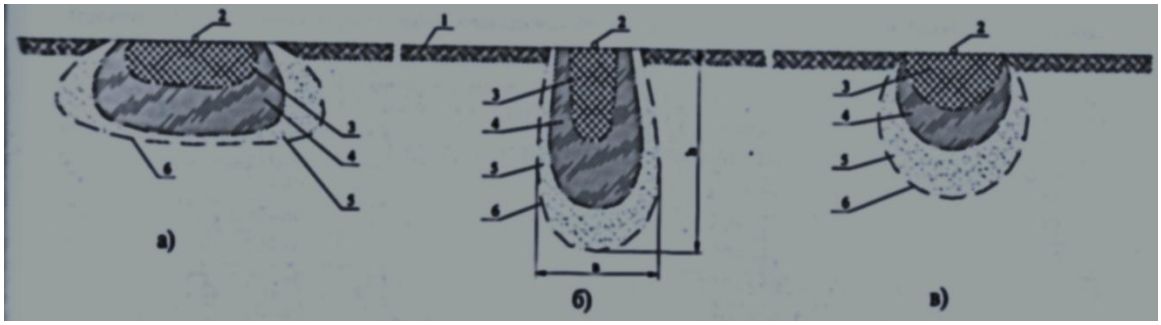


Рис. 2.5. Характерные контуры увлажнения при капельном орошении а) на тяжелосуглинистых почвах; б) на песчаных почвах; в) на среднесуглинистых почвах [120]

Ширина оптимально увлажняемой полосы на тяжелосуглинистых почвах достигает 50-60 см, поэтому некоторые исследователи предлагают ширину узких междурядий уменьшать до 30-40 см, а широких – увеличивали до 100-180 см [216].

Остальная агротехника в опыте общепринятая [162].

Наблюдения, анализы, учеты

Анализ почвенных образцов изучаемого подтипа чернозема.

1. Описание разреза;
2. Отбор почвенных образцов по генетическим горизонтам почвы;
3. Анализ отобранных почвенных образцов:

а) Содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91);

б) Содержание нитратного азота дисульфофеноловым методом, а подвижного фосфора и обменного калия по Мачигину (ГОСТ 26205-91, ГОСТ 26951-86);

в) Содержание карбонатов весовым методом [27];

г) Плотный остаток (ГОСТ 26423-85 – ГОСТ 26428-85);

д) Содержание поглощенных оснований комплексонометрическим методом [27];

е) Нитрификационная способность почвы (НСП) по Кравкову [27];

ж) Определение pH (ГОСТ 26423-85);

з) Агрегатный состав почвы по Савинову (сухое и мокрое просеивание).

Наблюдения в опытах:

4. Фенологические наблюдения;
5. Учет густоты стояния растений;
6. Наблюдения за влажностью почвы (ГОСТ 20851.4-75); глубина отбора почвенных проб – 0-100 см; отборы проводились в основные фазы роста и развития культуры на всех режимах орошения, без удобрений и на средней дозе удобрений (бурения проводились в ряду, отбор проб через каждые 10 см);
7. Расчет сроков и количества поливов на рекомендуемом режиме орошения по уточненной модели Д.А.Штойко;
8. Определение величины суммарного испарения на всех вариантах орошения и без орошения (по периодам роста и развития и за вегетацию в целом);
9. Определение среднесуточного водопотребления в зависимости от варианта;
10. Расчет составляющих статей водного баланса по всем вариантам орошения;
11. Определение контура увлажнения и предполивной влажности почвы (ГОСТ 20851.4-75) проводилось три раза за сезон спустя две недели после смены поливных норм на всех вариантах орошения. Бурения проводились до глубины 50 см в ряду, в широком и узком междурядьях. Отбор проб через каждые 5 см;
12. Измерение осадков на поле с помощью дождемера Давитая;

13. Определение NPK в почве (ГОСТ 26205-91, ГОСТ 26951-86) в слое 0-30 см в три срока: в начале и конце вегетации и в фазу максимального накопления биомассы (на всех режимах орошения, без удобрений и при минимальной и максимальной дозе удобрений);

14. Определение общего содержания NPK в растениях (по Кельдалю, ГОСТ 20432-75) в период максимального накопления биомассы на всех вариантах орошения, без удобрений и при минимальной и максимальной дозе удобрений (в листьях и стеблях);

15. Определение сухих веществ (ГОСТ 20432-75) в тех же вариантах;

16. Учет урожайности по всем вариантам орошения и удобрений;

17. Определение NPK в плодах на всех вариантах;

18. Биохимическая оценка качества продукции (по общепринятым показателям);

а) нитраты – ионометрическим методом (ГОСТ 29270-95)

б) кислотность – потенциометрическим методом (ГОСТ 25555.0-82)

в) витамин С – по Тильмансу

г) общий сахар – по Бертрану

д) сухое вещество на рефрактометре РПЛ-3

19. Расчет экономической эффективности на всех вариантах;

20. Баланс питательных веществ и гумуса.

2.4. Выводы к 2 главе

1. Исследования проведены на черноземе обыкновенном, расположенном на третьей надпойменной террасе р. Днестр на Суклейском участке ГУ «ПНИИСХ». Почва характеризуется пониженным содержанием гумуса (в слое 0-50 см – 2,1-2,8%), пахотный слой почвы средне обеспечен мобильным фосфором и относительно оптимально обменным калием, имеет низкую нитрификационную способность, что свидетельствует о ее слабой возможности обеспечивать растения усвояемыми питательными веществами.

2. В Республике Молдова осадки выпадают крайне неравномерно и в недостаточном количестве. Количество осадков за период вегетации большинства с.-х. культур (апрель-сентябрь) в годы исследований на нашем стационаре колебалось от 206 до 345 мм, что удовлетворяло потребность томатов всего лишь на 49-81%.

3. Среднесуточные температуры воздуха в 2014-2017 гг. были на 1-1,9 ^{o}C или на 6-11% выше среднемноголетних. По теплообеспеченности растений, согласно классификации приводимой Н.Г.Левицкой [115], можно характеризовать как «очень теплый». В таких климатических условиях возделывание томата без орошения было бы малоэффективным.

ГЛАВА 3
ПРОДУКТИВНОСТЬ БЕЗРАССАДНЫХ ТОМАТОВ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

3.1. Водный и пищевой режимы почвы

Обеспеченность вегетационных периодов томата осадками несколько отличалась от обеспеченности периода апрель-сентябрь, так как по продолжительности они всегда были короче. Таким образом, 2014 и 2015 годы согласно существующей классификации были средне-сухими (обеспеченность осадками 80 и 77%), а 2016 и 2017 – средними (обеспеченность осадками 49 и 52%).

Очень важное значение для развития томатов имеет влагообеспечение в начальный период, когда идет накопление биомассы и закладка репродуктивных органов, поэтому орошение томатов ежегодно начинали в фазу начала цветения первой кисти. На рисунке 3.1 наглядно видна разница в развитии томатов без орошения и при орошении спустя три недели после начала поливного сезона.

а б

Рис. 3.1. Развитие томатов без орошения (а) и при орошении (б)

В зависимости от периодичности и количества выпадающих осадков для поддержания заданных параметров поливного режима в разные годы понадобилось проведение разного количества поливов. Максимальным оно было в 2015 году, когда при 3-дневном межполивном периоде за вегетационный период провели 18 поливов, при 5-дневном – 13 и при 7-дневном – 10 поливов (прил. 1), а в среднем за годы исследований количество поливов равнялось соответственно 15, 11 и 8 (табл. 3.1).

Величины оросительных норм зависели от многих факторов: от количества поливов, от начальных запасов влаги в почве, от времени выпадения осадков, от

количества поливов в фазу интенсивного развития и от времени прекращения поливного сезона [142].

Таблица 3.1. Параметры поливного режима томатов (среднее за 2014-2017 гг.)

Показатель		Без орошения	Межполивной период		
			3 дня	5 дней	7 дней
Количество поливов	m		15	11	8
	0,7 m		15	11	8
Оросительная норма, $м^3$/га	m		1840	2180	1995
	0,7 m		1400	1605	1510
Суммарное испарение из слоя почвы 0-100 см, $м^3$/га	m	2830	4360	4640	4510
	0,7 m		3860	4330	4280
Сбросы осадков, $м^3$/га	m	236	381	448	456
	0,7 m		346	316	333

Самые высокие оросительные нормы были отмечены на участках, где поливы проводили с интервалом в пять дней – 2180 $м^3$/га, что обуславливалось лучшим развитием растений в этом варианте. Поливы уменьшенными нормами позволили сократить потребность в оросительной воде примерно на 27%. В этих же вариантах максимальным было и суммарное испарение воды – 4640 и 4330 $м^3$/га. Без орошения этот показатель был равен в среднем 2830 $м^3$/га.

Ливневый характер осадков способствовал образованию промывного типа водного режима, то есть к сбросам осадков из расчетного слоя увлажнения почвы (0-50 см) и даже из метрового слоя. Это явление наблюдалось не только на орошаемых вариантах, но и на богаре. Непроизводительные потери осадков колебались в пределах от 236 до 456 $м^3$/га.

Анализ динамики влажности почвы в расчетном слое увлажнения (0-50 см) показал, что при орошении поливной режим, как правило, находился в заданном интервале (выше 80% от НВ), тогда как без орошения влажность почвы к концу июля месяца опускалась до 40% от НВ (рис. 3.2) [59].

Для хорошего роста и развития томатов, а в конечном итоге и для получения высокой урожайности очень важно, что бы растения были оптимально обеспечены влагой на протяжении всего периода вегетации. Расчеты позволили нам определить величины среднесуточного водопотребления в разные фазы развития и при различных режимах орошения. Без орошения значения среднесуточного водопотребления в течение вегетационного периода варьировали слабо – от 16 до 20 $м^3$/га из слоя 0-50 см и от 22 до 30 $м^3$/га из метрового слоя почвы (табл. 3.2).

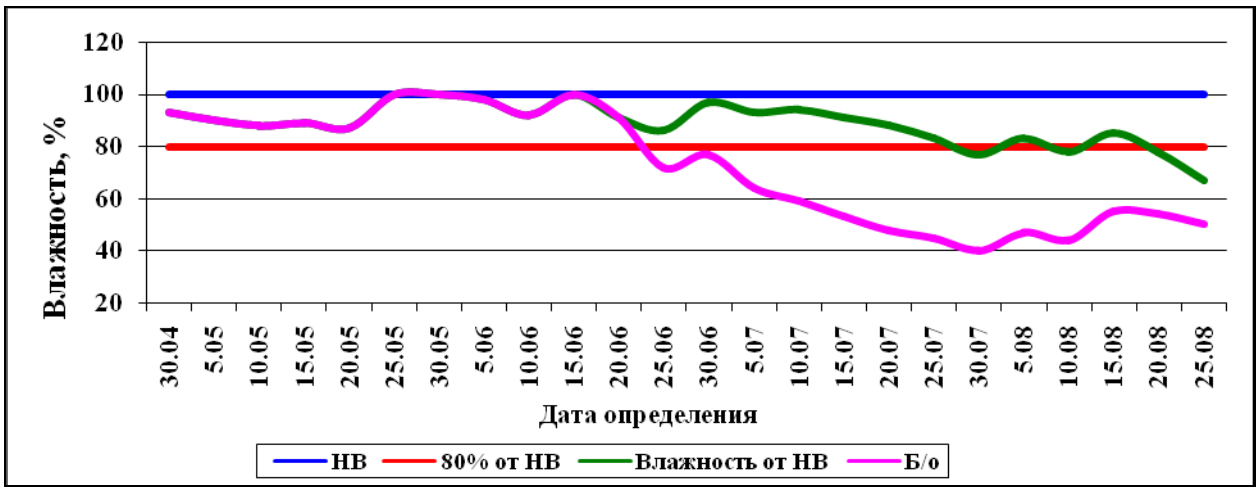


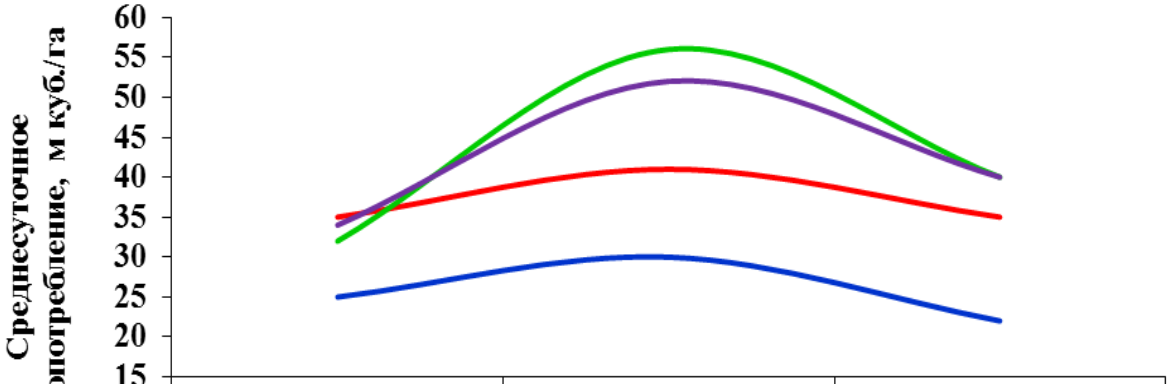
Рис. 3.2. Динамика фактической влажности почвы на участках без орошения и при проведении поливов с 5-дневными межполивными периодами

Таблица 3.2. Влияние режимов орошения на среднесуточное водопотребление томатов в разные фазы развития растений

Вариант		Фаза развития растений		
Межполивной период	Поливная норма	Всходы – массовое цветение	Массовое цветение – плодообра-зование	Массовое плодообра-зование – уборка
Слой 0-50 см				
Без орошения		20	19	16
3	0,7 m	28	29	27
	m	26	34	32
5	0,7 m	26	38	31
	m	24	47	38
7	0,7 m	27	36	31
	m	25	44	37
Слой 0-100 см				
Без орошения		25	30	22
3	0,7 m	37	40	33
	m	33	42	37
5	0,7 m	35	49	37
	m	29	62	44
7	0,7 m	36	47	38
	m	32	56	42

Иной была картина при орошении. В период от всходов до массового цветения, суммарное среднесуточное испарение из метрового слоя почвы в зависимости от режима орошения колебалось от 29 до 37 м^3/га, в фазу «массовое цветение – массовое плодообразование» – от 40 до 62 м^3/га и в фазу «массовое плодообразование – уборка» – от 33 до 44 м^3/га.

Максимальные значения среднесуточного водопотребления были при проведении поливов с интервалом между ними в 5 дней (рис. 3.3).



	Всходы - цветение	Цветение - плодообразование	Плодообразование уборка
б/о	25	30	22
3 дня	35	41	35
5 дней	32	56	40
7 дней	34	52	40

Рис. 3.3. Динамика среднесуточного водопотребления в зависимости от межполивного периода

В первую и в последнюю фазы развития растений безрассадных томатов режимы орошения оказывали слабое влияние на среднесуточное водопотребление (различия между ними не превышали 3-14%), а в фазу «массовое цветение – массовое плодообразование» они были более существенными – 27-37%.

Одной из задач исследований предусматривалось изучить, как влияют различные поливные режимы на эффективность использования растениями почвенной влаги и осадков. Расчеты показали, что осадки наиболее эффективно использовались при 3-дневном интервале между поливами, а почвенная влага – при 7-дневном интервале (рис. 3.4). Уменьшение поливных норм всегда способствовало эффективному использованию почвенной влаги и осадков, повышая их долю в суммарном испарении на 4-6%.

После водного, пищевой режим – это второй по значимости регулируемый нами фактор, поэтому одна из основных задач исследований была изучить, как он меняется при различных режимах орошения и дозах удобрений. На всех режимах орошения испытывали по три дозы азотно-фосфорных удобрений и по три дозы азотных. Контролем был вариант без удобрений.

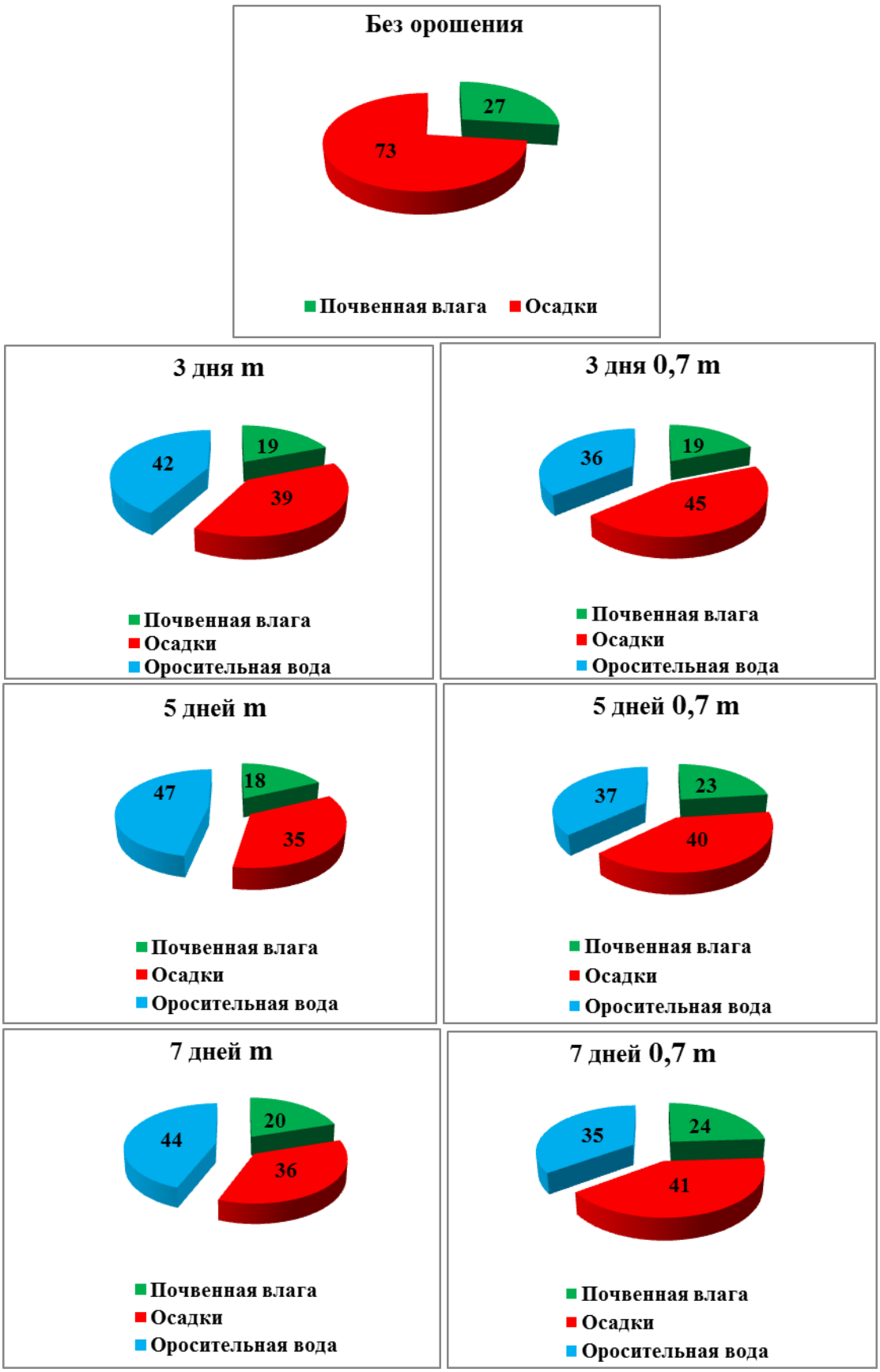


Рис. 3.4. Составные части водного баланса почвы в зависимости от режимов орошения

Проведенные исследования показали, что содержание нитратов в почве мало зависело от видов (азотно-фосфорные или азотные) удобрений, а больше от их доз (рис.

3.5). Наиболее высоким оно было весной (во время всходов культуры) и возрастало соответственно с ростом доз удобрений, а минимальным летом (в фазу молочной спелости плодов) – когда развитие культур было максимальным [54].

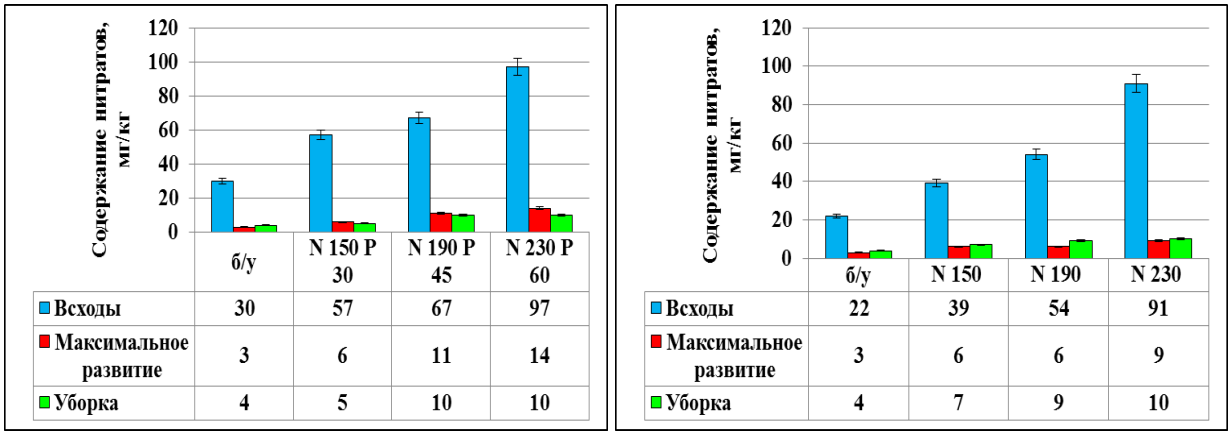


Рис. 3.5. Влияние минеральных удобрений на динамику нитратов, мг/кг (среднее за 2014-2017 гг.)

Весной внесение азотно-фосфорных удобрений увеличивало количество подвижных фосфатов в зависимости от вносимых удобрений от 40 до 44-58 мг/кг, потом оно постепенно снижалось (рис. 3.6). На вариантах, где фосфорные удобрения были исключены динамика фосфатов примерно такая же, хотя абсолютные значения несколько ниже и не было их зависимости от доз азотных удобрений.

Опыты показали, что наиболее благоприятный пищевой режим азота складывался при максимальных дозах минеральных удобрений, а фосфора – при средних дозах.

Пищевой режим калия, в связи с тем, что калийные удобрения не применяли, был более выровненным и зависел только от времени отбора проб (рис. 3.7).

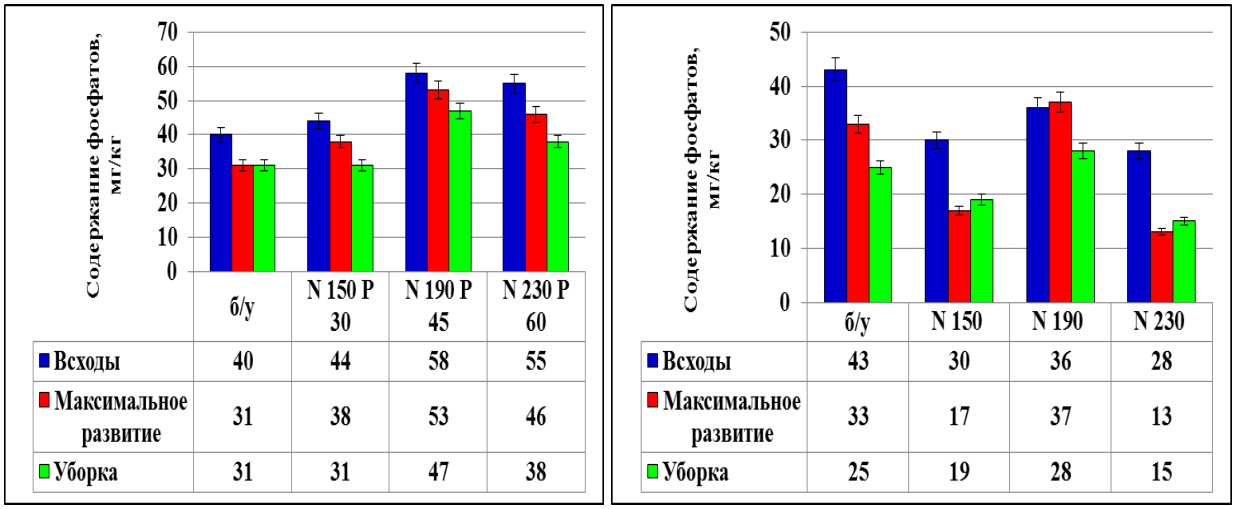


Рис. 3.6. Влияние минеральных удобрений на динамику подвижных фосфатов, мг/кг (среднее за 2014-2017 гг.)

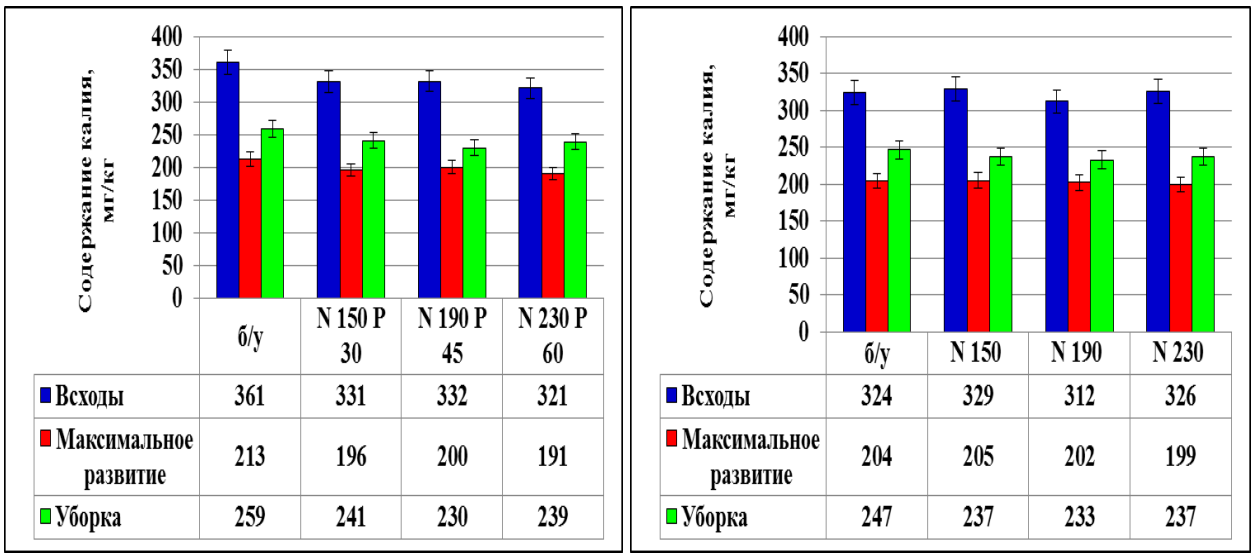


Рис. 3.7. Влияние минеральных удобрений на динамику обменного калия, мг/кг (среднее за 2014-2017 гг.)

Пищевой режим почвы во многом зависит и от водного режима, особенно это касается нитратов и фосфатов как наиболее мобильных элементов (рис. 3.8). Максимальное содержание нитратного азота и подвижного фосфора отмечено в вариантах без орошения. Проведение поливов через три, пять и семь дней уменьшало содержание нитратов на 39-44%, а фосфатов – на 16%. На содержание калия поливы не влияли.

По влиянию поливной нормы на содержание питательных веществ четких закономерностей не выявлено (рис. 3.9).

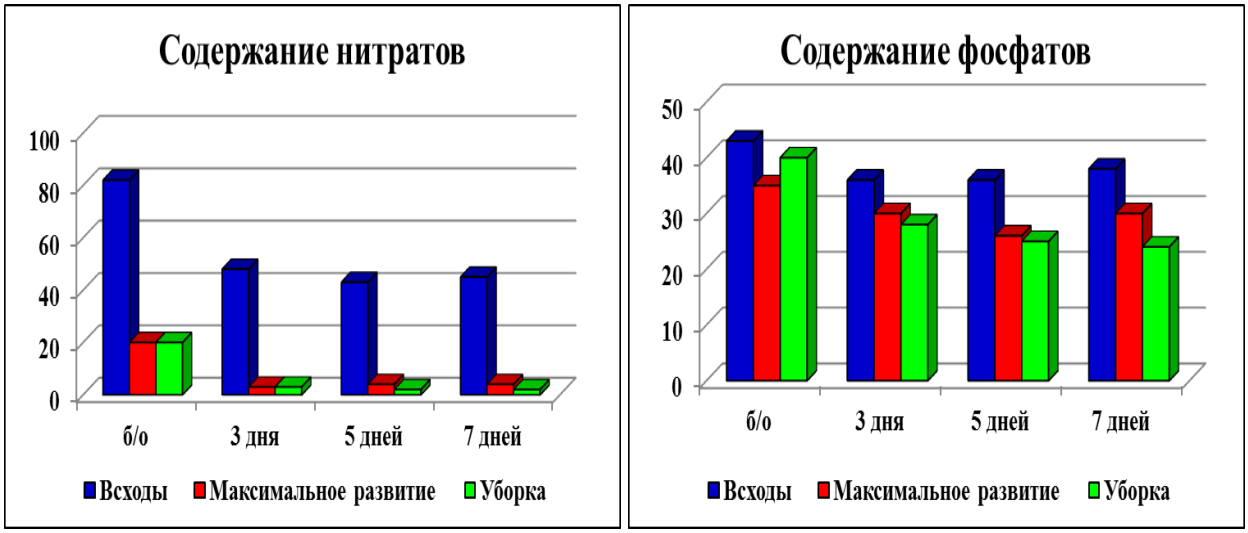


Рис. 3.8. Влияние межполивных периодов на динамику питательных веществ, мг/кг (среднее за 2014-2017 гг.)

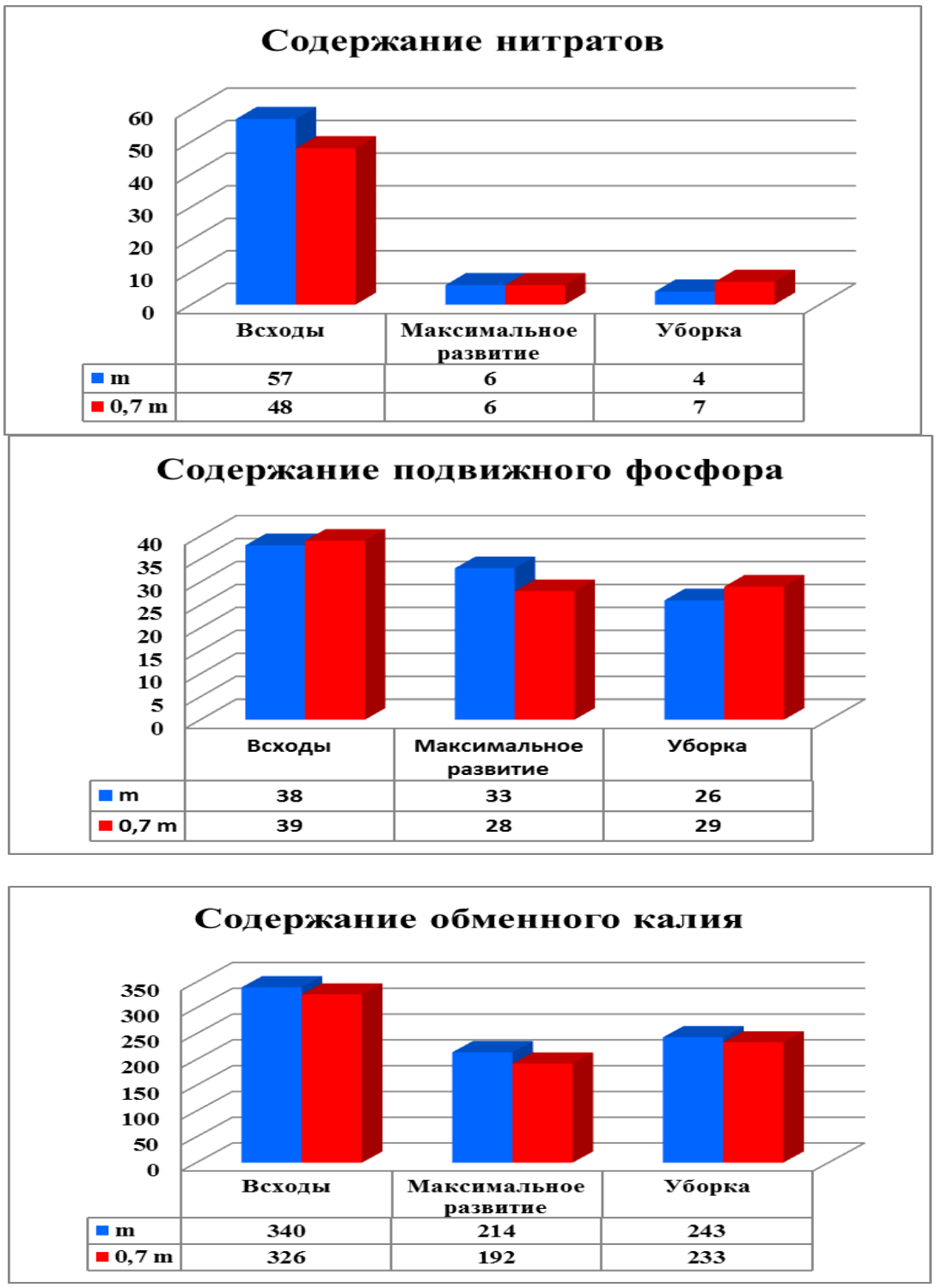
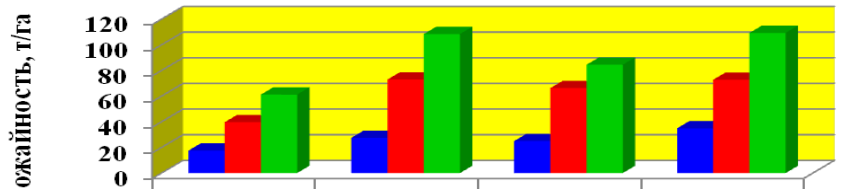


Рисунок 3.9. Влияние поливной нормы на динамику питательных веществ, мг/кг (среднее за 2014-2017 гг.)

Таким образом, аиболее благоприятный пищевой режим азота в почве складывался при внесении азотных удобрений в дозах $N_{150-230}$. Содержание фосфора и калия незначительно менялось от применяемых видов и доз удобрений. Проведение поливов через три, пять и семь дней уменьшало содержание нитратов в почве на 39-44%, а фосфатов – на 16% в сравнении с участком без орошения.

3.2. Влияние капельного орошения и удобрений на урожайность томата

Общеизвестно, что урожайность томата во многом зависит от климатических условий года. При очень жаркой и сухой погоде пыльца становится стерильной, опадают завязи, а при влажной и холодной погоде часто наблюдаются вспышки различных заболеваний. В условиях орошаемого земледелия оптимизировать потребности растений в воде (особенно при капельном поливе) гораздо проще, чем бороться с болезнями, что и подтвердилось в наших опытах, где даже в сухой 2015 год урожайность была выше, чем в среднем по обеспеченности осадками 2016 году (рис. 3.10 и 3.11). Худшим был 2014 год, когда наблюдалась аномальная вспышка фитофтороза.



	2014 средне-сухой	2015 сухой	2016 средний	2017 средний
Минимальная	17,6	27,5	25	34,9
Средняя	39,7	73	66,3	72,8
Максимальная	61,2	108,4	84,5	109,3

Рис. 3.10. Влияние условий года на урожайность томата

Рис. 3.11. Томаты в 2016 г.

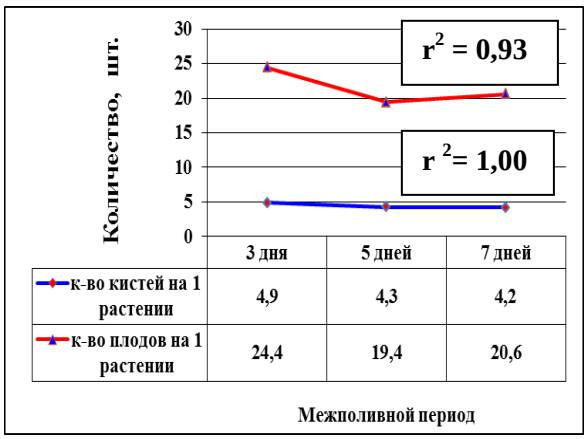
Различные сочетания между водными и пищевыми режимами по разному отразились на росте и развитии растений.

В фазу массового завязывания плодов на боковых побегах были определены некоторые биометрические показатели – количество кистей на одном растении, количество плодов, масса стандартных и нестандартных плодов (табл. 3.3).

Поливы уменьшенными на 30% поливными нормами увеличивали, по сравнению с неорошаемыми участками, количество кистей на одном растении на 28%, количество плодов – на 8%, массу стандартных плодов – на 30%, массу нестандартных плодов – на 34%. При поливе полными нормами увеличение значений этих количественных признаков было более существенным – соответственно 50%, 45%, 34%, 60%. Корреляция изученных количественных признаков репродуктивных органов с урожайностью варьировала от 0,72 до 0,99 (рис. 3.12-3.13).

Таблица 3.3. Влияние орошения и удобрений на биометрические показатели растений томата

Вариант орошения	Межпо-ливной период	Доза удобре-ний	К-во кистей на 1 растении, шт.	К-во плодов, шт.	Масса 1 плода, г	
					Ст.	Нест.
б/о		б/у	2,8	14,0	35,0	15,4
		M_2	3,6	20,0	41,4	13,4
0,7 m	3	б/у	3,0	15,6	48,0	19,8
		M_2	5,0	20,4	50,7	15,8
	5	б/у	3,4	16,4	53,4	23,5
		M_2	5,6	20,8	54,3	19,9
	7	б/у	3,8	20,0	47,1	20,2
		M_2	3,6	16,8	45,1	16,5
1 m	3	б/у	5,0	22,8	51,2	24,4
		M_2	**6,6**	**38,8**	45,6	17,3
	5	б/у	4,2	19,6	47,3	25,5
		M_2	4,0	20,8	52,5	21,5
	7	б/у	4,8	22,4	57,1	25,4
		M_2	4,4	23,2	53,5	24,1
б/о			3,2	17,0	38,2	14,4
0,7 m			4,1	18,3	49,8	19,3
1 m			4,8	24,6	51,2	23,0
	3		4,9	24,4	48,9	19,3
	5		4,3	19,4	51,9	22,4
	7		4,2	20,6	50,7	21,6
		б/у	3,6	17,6	45,5	20,6
		M_2	4,4	22,4	47,3	17,3



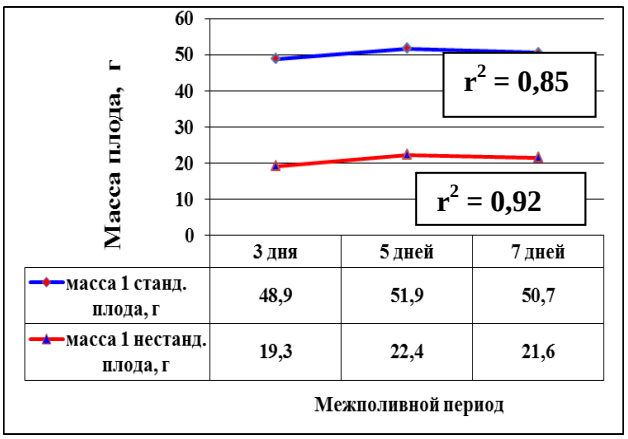
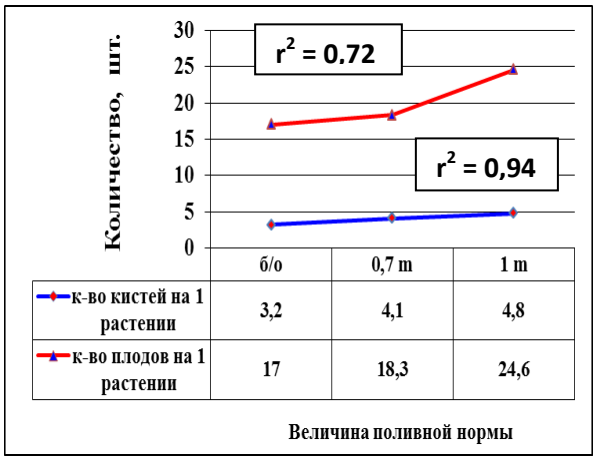


Рис. 3.12. Влияние межполивных периодов на развитие томата



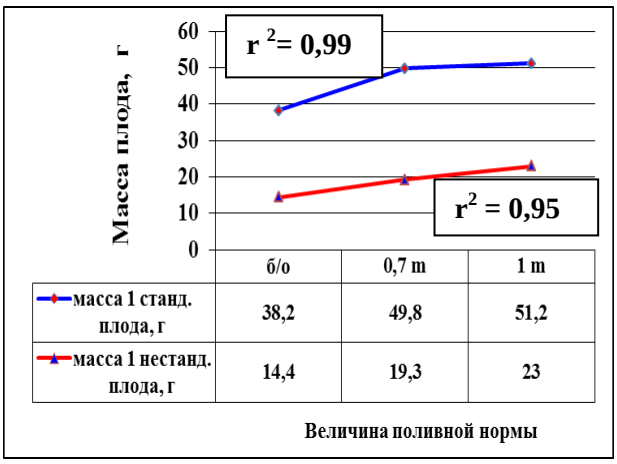


Рис. 3.13. Влияние поливных норм на развитие томата

В среднем за четыре года минимальная урожайность была в варианте без орошения и без удобрений (27,0-27,9 т/га), а максимальная (82,5 т/га) – при проведении поливов полными нормами с интервалом между ними в 5 дней на фоне внесения азотных минеральных удобрений в дозе 190 кг д.в./га (табл. 3.4).

По годам исследований максимальная урожайность достигала 108-109 т/га (приложение 2).

Периодичность проведения поливов в сельском хозяйстве имеет очень большое агротехническое значение. Во-первых, она должна позволять вовремя проводить междурядные обработки, опрыскивания против вредителей и болезней, так как эти мероприятия во избежание переуплотнения проводятся только при физически спелой почве. Во-вторых, должна создавать нужное сочетание между водным и воздушным режимами почвы, обеспечивая тем самым условия для жизнедеятельности микроорганизмов, влияющих на оптимизацию питания растений.

Таблица 3.4. Урожайность (т/га) томата при капельном орошении, среднее за 2014-2017 гг.

Вид удобре-ний	Вариант орошения		Доза удобрений				**Среднее**
	Межпо-ливной период	Полив-ная норма	б/у	1	2	3	
***Азотно-фосфорные**	**Без орошения**		**27,9**	**33,1**	**34,5**	**33,6**	**32,3**
	3 дня	m	58,9	72,5	77,1	78,6	**71,8**
		0,7 m	54,5	58,2	65,2	69,9	**62,0**
	5 дней	m	65,2	76,7	75,0	75,3	**73,0**
		0,7 m	58,0	70,6	72,0	73,4	**68,5**
	7 дней	m	60,4	65,4	66,6	67,8	**65,0**
		0,7 m	59,9	61,5	70,1	66,5	**64,5**
	Среднее	**m**	**61,5**	**71,5**	**72,9**	**73,9**	**70,0**
		0,7 m	**57,5**	**63,4**	**69,1**	**69,9**	**65,0**
Среднее			**55,0**	**62,6**	**65,8**	**66,4**	**62,5**
****Азотные**	**Без орошения**		**27,0**	**31,6**	**32,0**	**31,6**	**30,6**
	3 дня	m	57,9	64,1	71,2	71,3	**66,1**
		0,7 m	56,4	58,6	62,4	58,4	**59,0**
	5 дней	m	64,8	74,0	**82,5**	74,6	**74,0**
		0,7 m	58,8	65,9	72,6	65,2	**65,6**
	7 дней	m	63,4	68,2	71,6	69,9	**68,3**
		0,7 m	53,7	61,6	70,3	65,0	**62,6**
	Среднее	**m**	**62,0**	**68,8**	**75,1**	**71,9**	**69,4**
		0,7 m	**56,3**	**62,0**	**68,4**	**62,9**	**62,4**
Среднее			**54,6**	**60,6**	**66,1**	**62,3**	**60,9**
Действие факторов	дозы удобрений		**54,8**	**61,6**	**66,0**	**64,4**	**61,7**
	Без орошения		**27,4**	**32,4**	**33,2**	**32,6**	**31,4**
	Меж-полив-ного периода	3	**56,9**	**63,4**	**69,0**	**69,6**	**64,7**
		5	**61,7**	**71,8**	**75,5**	**72,1**	**70,3**
		7	**59,4**	**64,2**	**69,6**	**67,3**	**65,1**
	Полив-ной нормы	m	**61,8**	**70,1**	**74,0**	**72,9**	**69,7**
		0,7 m	**56,9**	**62,7**	**68,8**	**66,4**	**63,7**
НСР$_{0,95}$ для фактора: межполивной период – 2,9 т/га поливная норма – 2,9 т/га удобрение – 3,3 т/га взаимодействий – 9,2 т/га							

*Азотно-фосфорные – 1) $N_{150}P_{30}$; 2) $N_{190}P_{45}$; 3) $N_{230}P_{60}$.
** Азотные – 1) N_{150}; 2) N_{190}; 3) N_{230}.

По результатам исследований установлено, что такие условия создавались при проведении поливов один раз в пять дней [56]. При проведении поливов с интервалом в пять дней средняя урожайность по опыту составляла 70,3 т/га, что относительно контроля (без орошения) была выше на 38,9 т/га или на 124% (рис. 3.14). На участках где поливы

проводили через три и через семь дней прибавки урожайности относительно контроля были на 7-8% меньше (прил. 2).

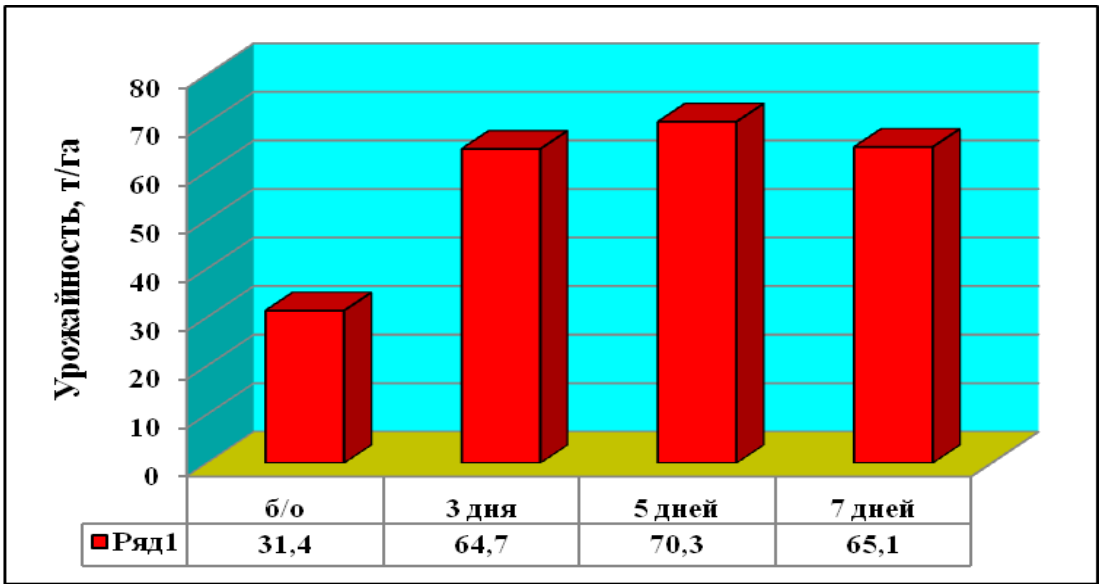


Рис. 3.14. Влияние межполивных периодов на урожайность томата

Прибавка урожайности от орошения при проведении поливов с интервалом в три дня составляла 106%, в пять дней – 124% и с интервалом в семь дней – 107% (рис. 3.15).

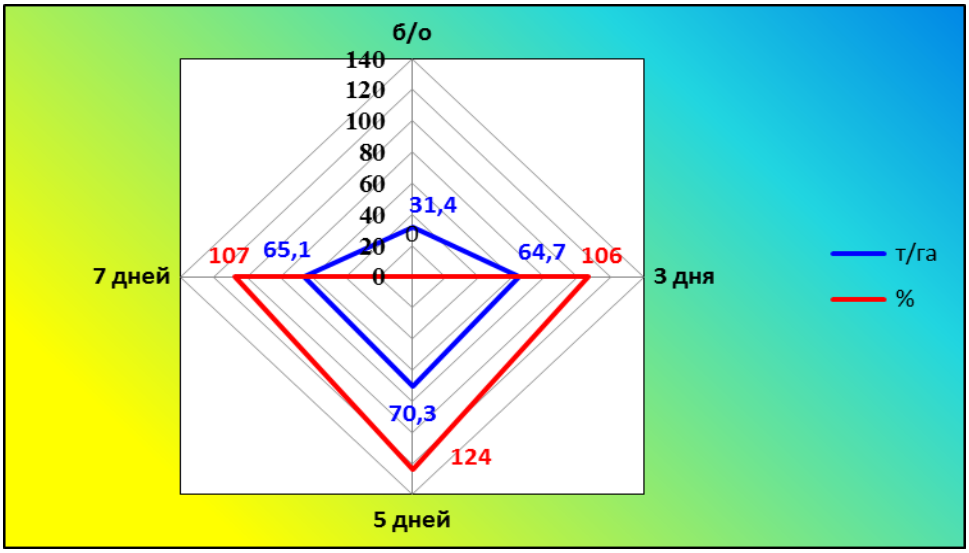


Рис. 3.15. Прибавки урожайности томата при различных межполивных периодах

В регионах с дефицитом качественной для полива воды (к которым относится Молдова) очень большое внимание уделяют водосберегающим технологиям. Одним из способов уменьшения затрат воды на орошение является уменьшение поливных норм. Кроме того, этот прием позволяет уменьшить непроизводительные сбросы воды в слои ниже корнеобитаемой зоны после обильных дождей.

В среднем за годы исследований было установлено, что по сравнению с неполивным контролем, урожайность томата при поливе уменьшенными на 30% поливными нормами была на 103%, а при поливе полными нормами – на 122% выше (рис.

3.16). Недобор продукции при поливе уменьшенными нормами по сравнению с полными в 2014-2016 гг. составлял 12-14% [69], а в 2017 в этом варианте урожайность томата даже была на 3% выше, чем при поливе полными нормами.

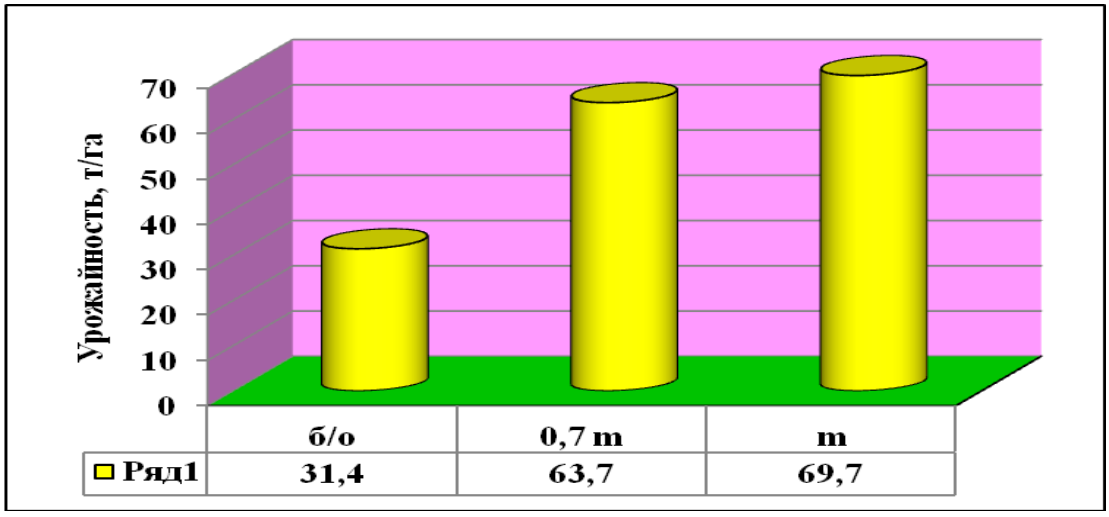
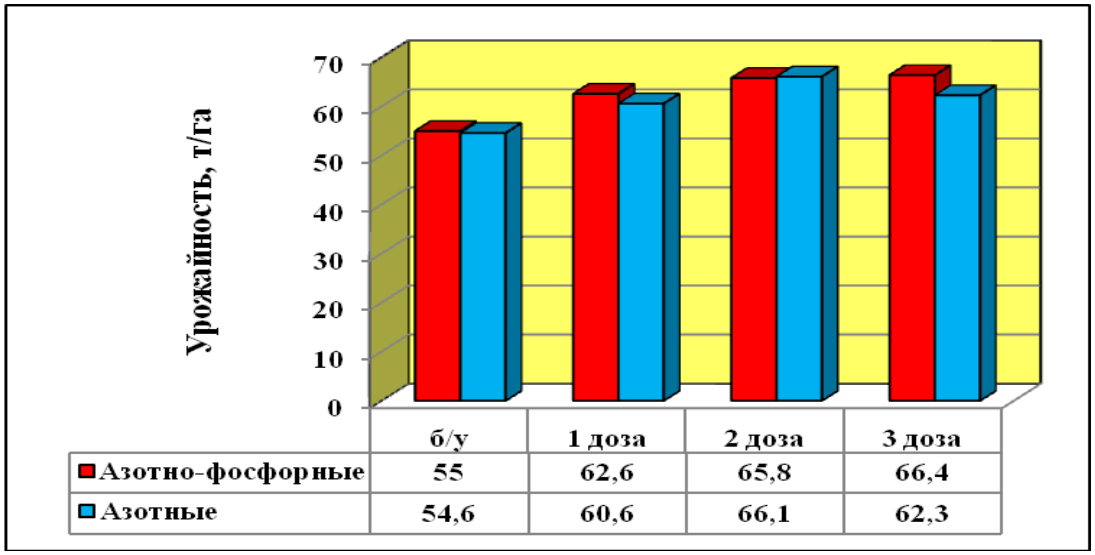


Рис. 3.16. Влияние величины поливной нормы на урожайность томата

В целом по опыту максимальные прибавки от минеральных удобрений получены на участках, где вносили по 230 кг д.в./га азота и 60 кг фосфора – 11,4 т/га или 21% (рис. 3.17), хотя средние дозы азотно-фосфорных и азотных удобрений уступали этому варианту совсем немного – 0,5-1,0%. Учитывая, что содержание фосфора в наших почвах высокое и что оно, как правило, полностью удовлетворяет потребности растений в этом элементе, для получения максимальной эффективности вполне достаточно внести только азотные удобрения в дозе 190 кг д.в./га, тем более, что различия в урожайности статистически недостоверны.



*Азотно-фосфорные – 1 доза - $N_{150}P_{30}$; 2 доза - $N_{190}P_{45}$; 3 доза - $N_{230}P_{60}$.
** Азотные – 1 доза - N_{150}; 2 доза - N_{190}; 3 доза - N_{230}.

Рис. 3.17. Влияние различных доз азотно-фосфорных и азотных удобрений на урожайность томата

До этого мы проанализировали действие каждого фактора в отдельности, но еще больший интерес представляет их взаимодействие. К примеру, действие различных доз минеральных удобрений на урожайность томата при различных режимах орошения проявлялось по-разному. Азотно-фосфорные удобрения обеспечивали максимальные прибавки урожайности при проведении поливов с интервалом в 3 дня и чем их дозы были выше, тем существеннее были прибавки (рис. 3.18). С увеличением интервалов между поливами их эффективность снижалась.

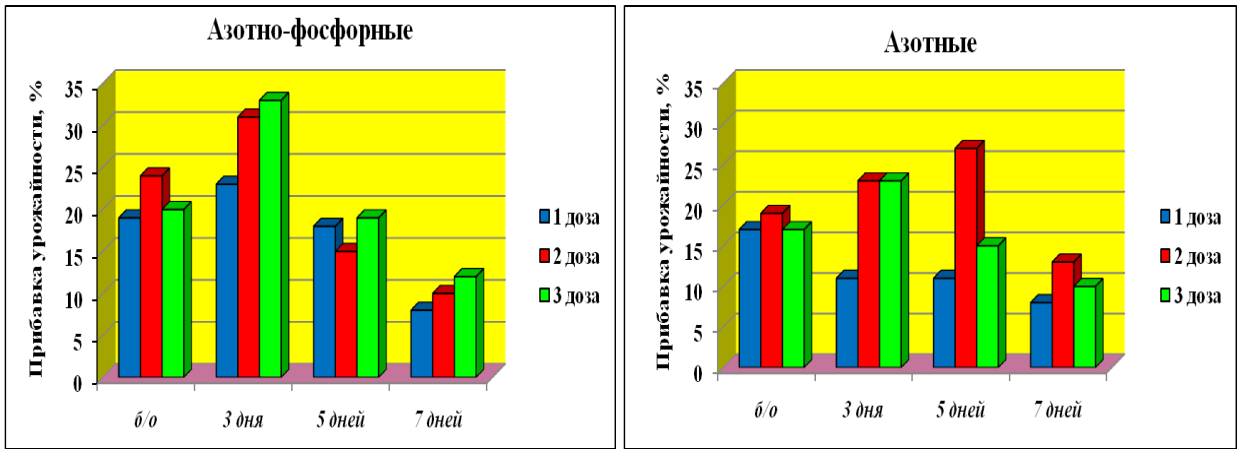


Рис. 3.18. Прибавки урожайности от удобрений при различных режимах орошения.

Совершенно другим было действие азотных удобрений. Первая доза способствовала получению максимальных прибавок урожайности в варианте без орошения, вторая – при 5-дневном интервале между поливами, а третья – при 3-дневном.

На рисунках 3.14-3.17 показано влияние на урожайность томата каждого регулируемого нами фактора в отдельности. Однако, многофакторные опыты тем и хороши, что с их помощью можно изучить совместное действие факторов, показав оптимальное их сочетание. Таким образом, обработав данные проведенного нами многофакторного полевого опыта, мы получили различные сочетания факторов, обеспечивающих различные уровни урожайности (рис. 3.19; табл. 3.5).

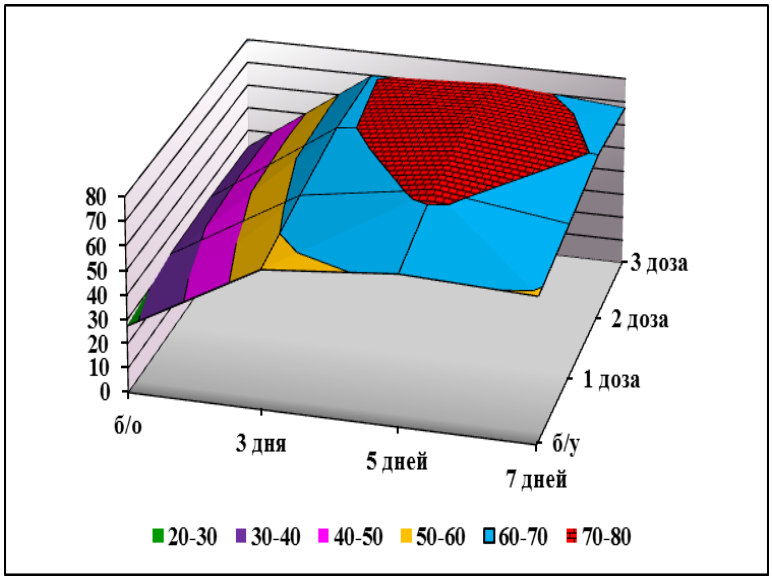


Рис. 3.19. Совместное влияние орошения и удобрений на урожайность томата

Анализ данных таблицы 3.5 показывает, что урожайность в 30 т/га можно получить на богаре при внесении минеральных азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{150}P_{30}$ кг д.в./га. Для того, что бы поднять урожайность томата до 35 т/га достаточно увеличить дозу удобрений до $N_{190}P_{45}$ кг д.в./га. Урожайность в 55-65 т/га можно получить без удобрений, но обязательно при орошении, а выше 65 т/га – при различном сочетании межполивных периодов, поливных норм и доз удобрений.

Таблица 3.5. Сочетание водного и пищевого режимов для получения различных уровней урожайности

Урожайность, т/га	Вариант		
	Межполивной период, дни	Поливная норма	Удобрения
30	Без орошения	-	$N_{150}P_{30}$
35	Без орошения	-	$N_{190}P_{45}$
55	7	0,7 m	б/у
60	7	0,7 m	б/у
65	5 3	m m	б/у N_{150}
70	5 7	0,7 m m	$N_{150}P_{30}$ N_{190}
75	5	m	N_{150}
80	5	m	N_{190}

Роль изучаемых факторов лучше всего проследить на факториальных зависимостях, которые используют для программирования урожаев. Полученные зависимости имеют вид полинома второго порядка и с большой вероятностью (R^2 = 0,97-0,99) показали, что пятидневный межполивной период независимо от применяемых видов и доз удобрений является оптимальным, так как дальнейшее его увеличение способствует снижению урожайности (рис. 3.20).

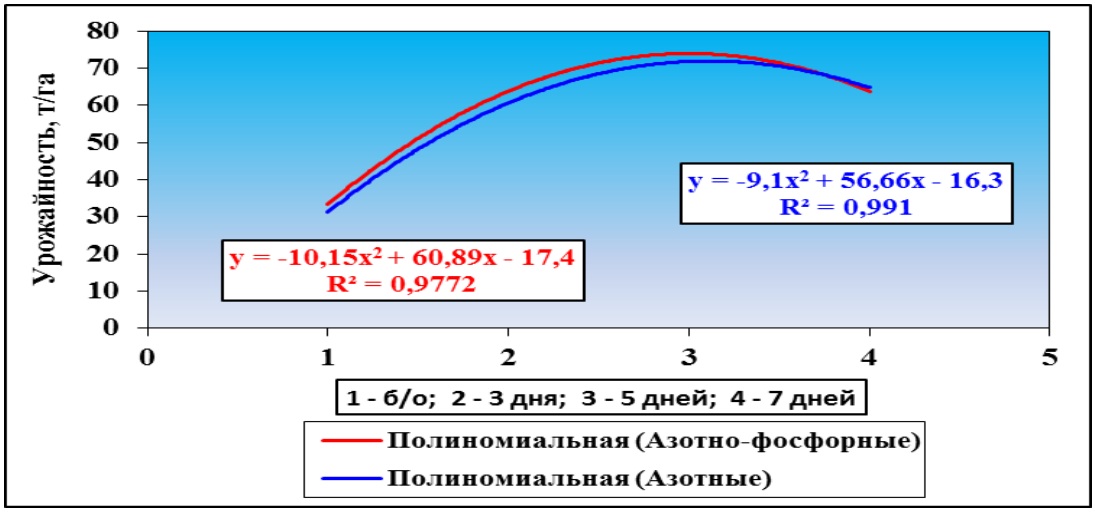


Рис. 3.20. Зависимость «Урожайность – межполивной период»

Относительно величины поливной нормы можно сказать, что оптимум при поливе как полными, так и уменьшенными нормами был достигнут при средних дозах удобрений – $N_{190}P_{45}$ и N_{190} кг д.в./га (рис. 3.21) и что полив полными нормами является более эффективным. Коэффициент апроксимации (R^2) при поливе полными нормами равнялся 0,9999, а при проведении поливов сокращенными на 30% нормами – 0,9519.

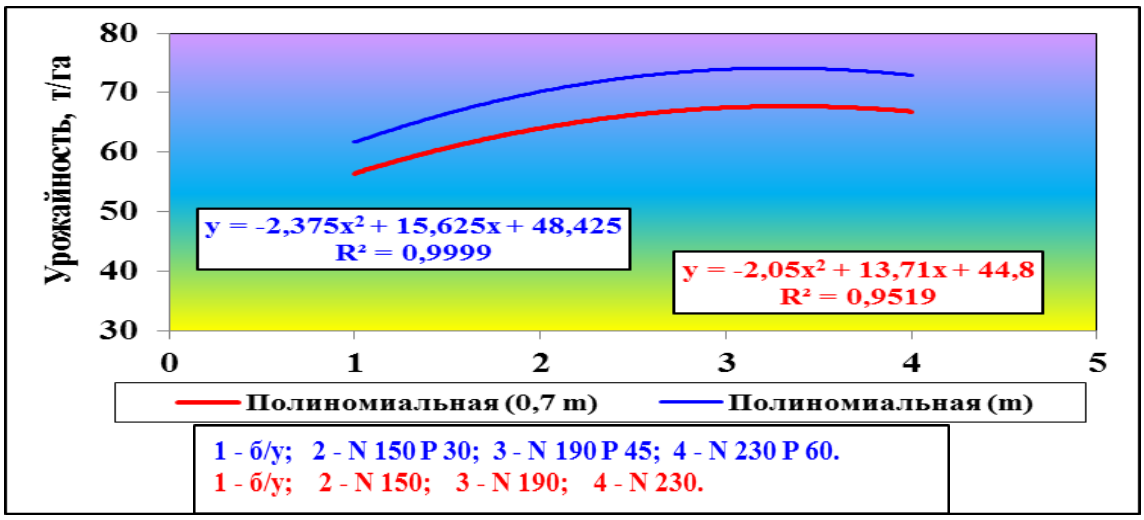


Рис. 3.21. Зависимость «Урожайность – поливная норма» при различных дозах удобрений

Анализируя зависимости «Урожайность – доза удобрений» можно констатировать, что при применении азотных удобрений достигнута максимальная урожайности, и увеличение доз удобрений выше 190 кг д.в./га не является целесообразным. Добавление к тем же дозам азота по 45-60 кг д.в./га фосфора способствовало дальнейшему увеличению урожайности (рис.3.22). По всей вероятности это свидетельствует о том, что фосфор интенсифицирует усвояемость азота, создавая при этом более благоприятные условия для роста и развития растений.

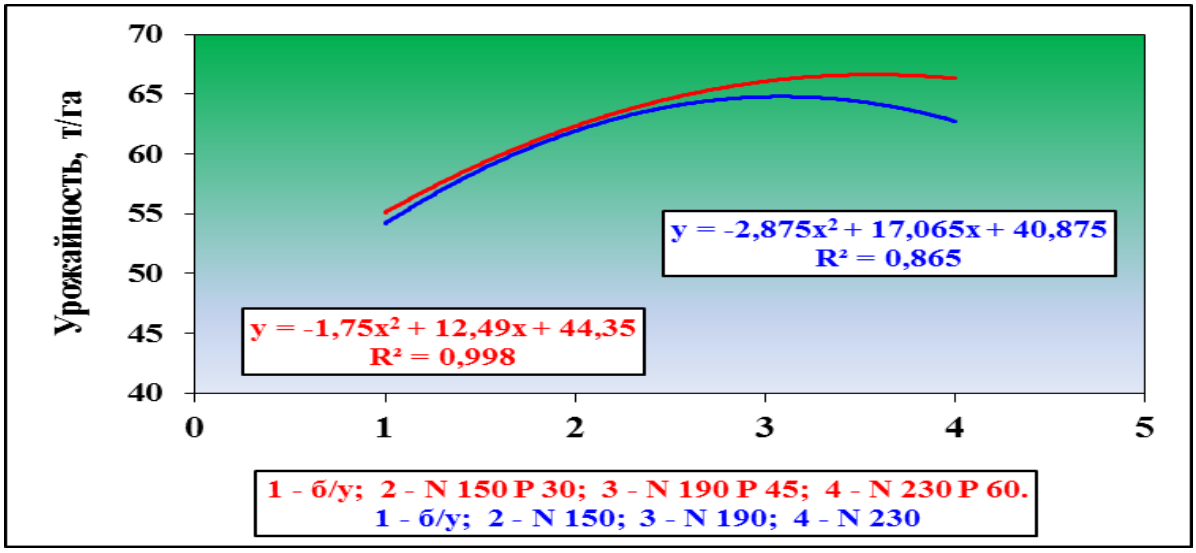


Рис. 3.22. Зависимость «Урожайность – доза удобрений»

Зная обеспеченность территории осадками и водопотребление культуры по зависимости «Урожайность – суммарное испарение» (рис. 3.23) можно программировать получение различной урожайности. Это позволит регулировать гидромодуль оросительных сетей и повышать эффективность использования оросительной воды.

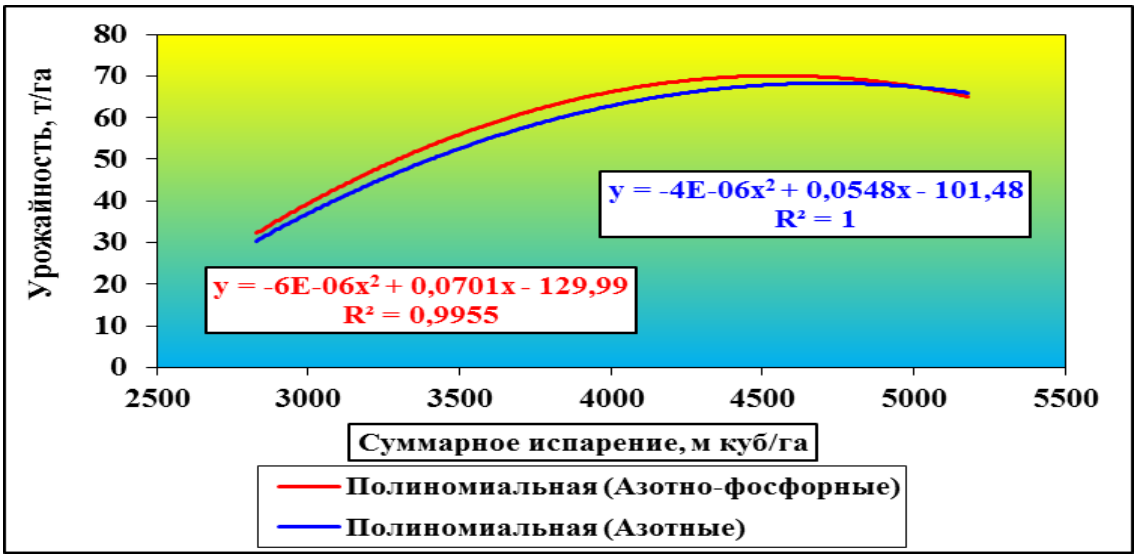


Рис. 3.23. Зависимость «Урожайность – суммарное испарение»

Аналогичную зависимость урожайности от суммарного испарения получили М. Ромащенко, А. Шатковский и Ю. Черевичный [155] для условий Степи Украины и доказали, что при урожайности 150 т/га водопотребление рассадного томата равняется примерно 5500 м^3/га.

3.3. Влияние изучаемых факторов на качество продукции и эффективность использования растениями воды

Очень большое внимание в настоящее время уделяется качеству продукции. Томат культура отзывчивая на орошение и на удобрение и тот факт, что качественные показатели при этом бывают разными, не является новшеством. В литературе многие авторы приводят противоречивые данные. К примеру, В.М. Гуренко [77] пишет, что в условиях Нижнего Поволжья повышение урожайности томата с 60 до 80 т/га за счет регулирования уровня предполивной влажности почвы не снижает качество продукции, а по данным Ю.В. Кузнецова [113], Ю.И. Кружилина [109], Е.А. Ходякова [182], В.В. Бородычева и др. [36] орошение и удобрение способствуют повышению качества томатов. Ю.П. Фоменко [180] так же установил, что на светло-каштановых почвах Волго-Донского Междуречья возрастание урожайности томата с 30 до 60 т/га сопровождается повышением содержания сухого вещества, клетчатки и золы, а в опытах М. Ромащенко и др. [155] содержание сухих веществ в варианте без орошения равнялось 6,25%, а при орошении – 4,30-4,76%. Что касается действия удобрений на качество плодов томата, то

чаще всего исследователи утверждают, что они не оказывают значительного влияния или даже повышают его [122, 125].

Значения показателей качества зависели от поливной нормы и от межполивного периода (рис. 3.24). Капельное орошение с разными интервалами между поливами и различными поливными нормами снижало содержание сухих веществ на 8-13%, общего сахара и витамина С – на 5-11%, кислотность – на 4-7% и на 1-2% содержание нитратов. Тем не менее, качество плодов остается высоким (не ниже требований, предьявляемых перерабатывающей промышленностью) и при 5-дневном интервале между поливами и полной норме выход сухих веществ, общего сахара и витамина С был максимальным.

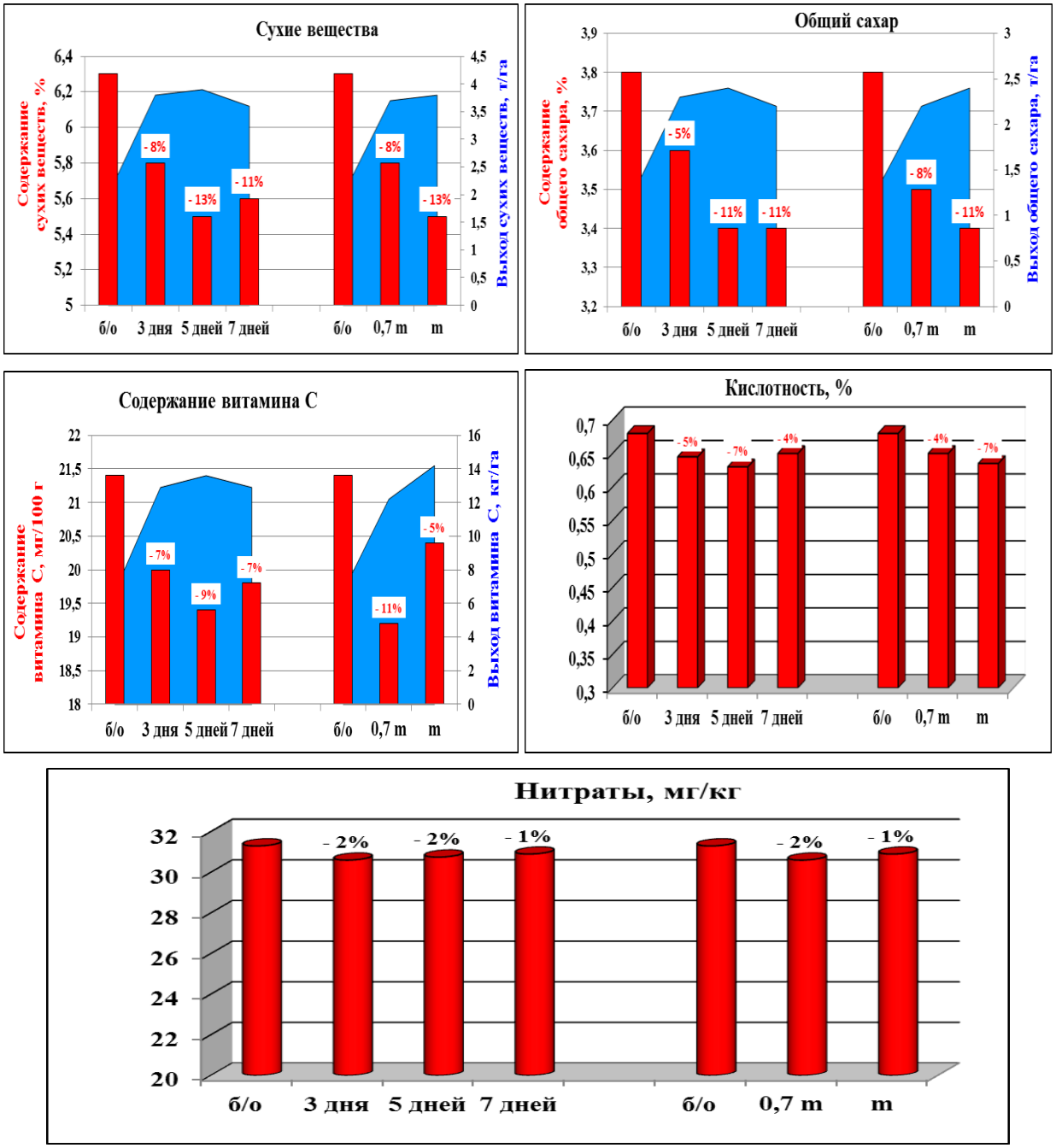


Рис. 3.24. Качество плодов безрассадного томата при различных режимах орошения

Уменьшение на 30% поливной нормы по сравнению с полной нормой оказало отрицательное действие только на содержание в плодах витамина С и нитратов. Удобрения по сравнению с орошением на биохимические показатели качества плодов оказывали меньшее влияние и не всегда оно было отрицательным (рис. 3.25).

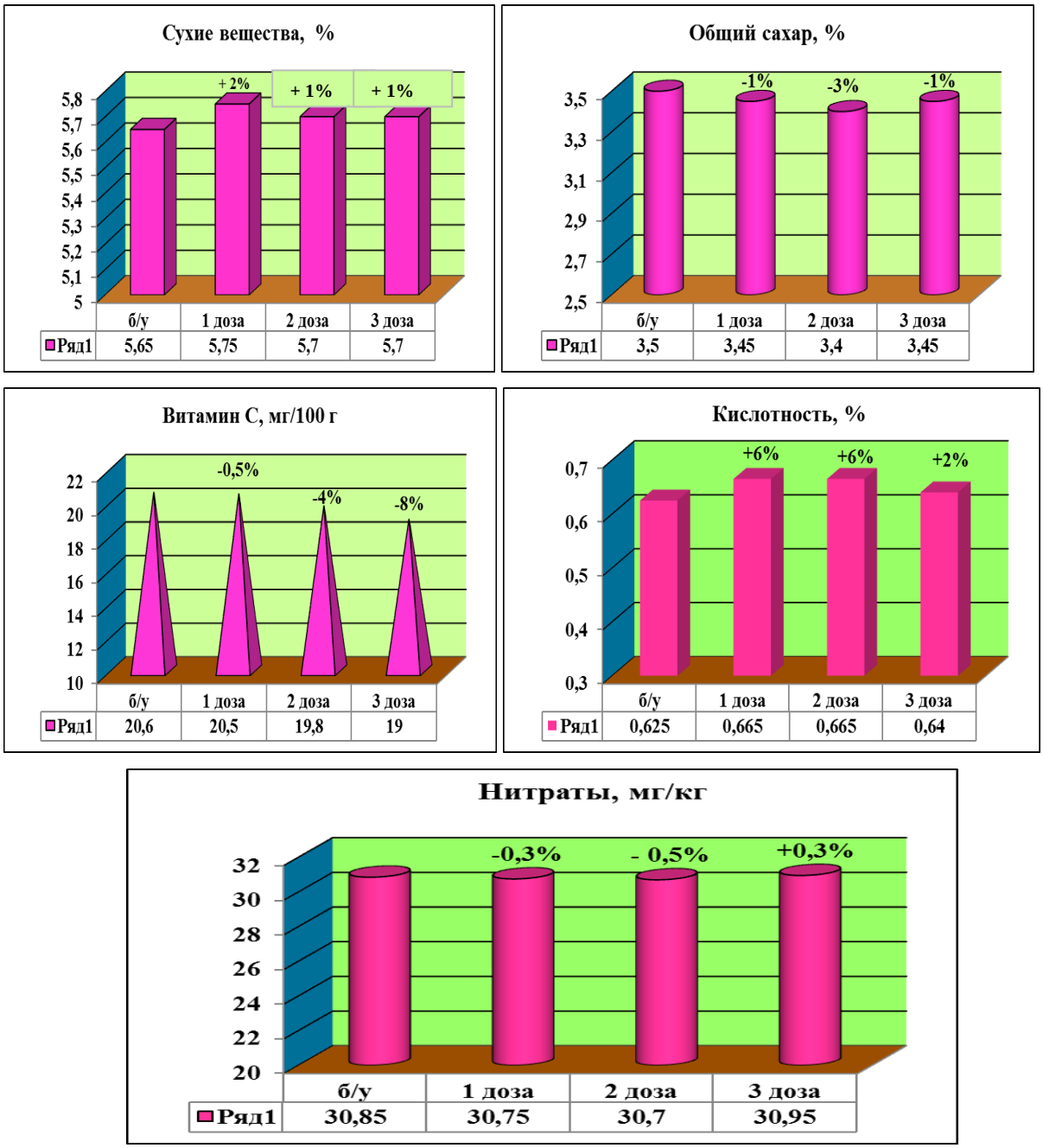


Рис. 3.25. Качество плодов безрассадного томата при различных дозах минеральных удобрений

Повышая урожайность томатов, удобрения увеличивали на 2-6% кислотность плодов и до 4-8% снижали содержание витамина С. Изменение остальных показателей качества (сухих веществ, общего сахара, нитратов) находилось в пределах ошибки опыта, поэтому их можно считать несущественными.

В орошаемом земледелии очень большое значение имеет такой показатель, как коэффициент суммарного испарения, показывающий, сколько тратится воды на формирование тонны продукции и чем он меньше, тем лучше [57]. На участках без орошения для формирования тонны томатов необходимо было 90 м^3 воды, а при капельном орошении – на 28% меньше (табл. 3.6). Поливные нормы не влияли на величину коэффициента суммарного испарения. Максимальная эффективность использования влагозапасов отмечена при проведении поливов с интервалом между ними в три дня (63,5 м^3/т) и при применении азотно-фосфорных удобрений (60,9 м^3/т).

Таблица 3.6. Эффективность использования воды

Вариант				Урожай-ность, т/га	Коэффициент	
Орошение	Межпо-ливной период, дни	Поливная норма	Вид удобрений		Суммарного испарения, м^3/т	Эффективности орошения, кг/м^3
Без орошения				31,4	90,1	-
Капельное орошение				66,7	64,9	20,1
	3			64,7	63,5	20,6
	5			70,3	63,8	26,0
	7			65,1	67,5	19,2
		m		69,7	64,6	19,1
		0,7 m		63,7	65,2	21,5
			Азотно-фосфорные	64,9	60,9	21,1
			Азотные	63,0	62,8	20,5

Особенное значение для нашего региона имеет эффективность использования оросительной воды. Она оценивается по коэффициенту эффективности орошения – то есть по количеству дополнительной продукции полученной от каждого кубометра поливной воды и, чем он выше, тем лучше [55, 60].

Максимальной эффективность орошения была при поливе томатов с интервалом между поливами в пять дней (26,0 кг/м^3) уменьшенными на 30% поливными нормами (21,5 кг/м^3) и при применении азотно-фосфорных удобрений (21,1 кг/м^3).

3.4. Выводы к 3 главе

1. Наиболее эффективно запасы почвенной влаги использовались при 7-дневном интервале между поливами. Уменьшение на 30% поливных норм способствовало более эффективному использованию почвенной влаги и осадков, повышая их долю в суммарном испарении на 4-6%. При выпадении осадков в период вегетации растения безрассадных томатов наиболее интенсивно использовали поступающую природную влагу при 3-дневном интервале между поливами.

2. Наиболее благоприятный пищевой режим азота в почве складывался при внесении азотных удобрений в дозах $N_{150-230}$. Содержание фосфора и калия незначительно менялось от применяемых видов и доз удобрений. Проведение поливов через три, пять и семь дней уменьшало содержание нитратов в почве на 39-44%, а фосфатов – на 16% в сравнении с участком без орошения.

3. Экономически оправданная урожайность, подтвержденная статистическими зависимостями (R^2 = 0,97-0,99), обеспечивается проведением поливов с пятидневным интервалом полными поливными нормами. Наибольшую эффективность оказало одностороннее применение азотных удобрений в дозе N_{190}, а также в сочетании с фосфорными в дозе P_{45}.

4. Капельное орошение с разными интервалами между поливами и различными поливными нормами снижало содержание сухих веществ на 8-13%, общего сахара и витамина С – на 5-11%, кислотность – на 4-7% и на 1-2% содержание нитратов. Тем не менее, качество плодов остается высоким и при 5-дневном интервале между поливами и полной норме выход сухих веществ, общего сахара и витамина С был максимальным.

5. Поливные нормы не оказали существенного влияния на величину коэффициента суммарного испарения. Наиболее эффективно общая влага использовалась при 3-х дневном интервале между поливами (63,5 $м^3$/т) и применении азотных удобрений в дозе N_{190} и фосфорных P_{45} - 60,9 $м^3$/т, которые обеспечили максимальную эффективность орошения соответственно 20,6 кг/$м^3$ и 21,1 кг/$м^3$.

Глава 4.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БЕЗРАССАДНОГО ТОМАТА.

4.1. Баланс питательных веществ и эффективность использования удобрений при различных режимах капельного орошения

Рост и развитие растений неразрывно связаны с постоянным потреблением различных элементов питания. В зависимости от особенностей сельскохозяйственных культур, от их урожайности, от плодородия почв, от применяемых удобрений и метеорологических условий потребление питательных веществ может варьировать в довольно широком диапазоне. По данным П.И. Патрона в Молдове по количеству потребляемых элементов питания овощные культуры делятся на три группы: с повышенным потреблением – капуста, картофель, безрассадные томаты, которые используют до 400 кг/га азота, 100 кг/га фосфора и 450 кг/га калия; с умеренным требованием – ранние томаты, перец, баклажаны, морковь, горох, лук – использующие до 250 кг/га азота, 70 фосфора и 300 кг/га калия; с пониженным потреблением – огурец, кабачки, фасоль, редис потребляющие до 100 кг/га азота, 40 фосфора и 120 кг/га калия [14]. На потребление питательных веществ оказывает влияние и другие факторы. Так по данным В.Ф. Ботнаря [38] вынос азота у различных сортов капусты варьирует в пределах 104-401 кг/га, фосфора – 37-114 и калия 101-386 кг/га.

Несмотря на то, что черноземы Молдовы содержат много фосфора и калия, Н.П. Пара с сотр. [135] рекомендовал ежегодно возвращать в почву по 52 кг д.в./га этих элементов, а С.В Андриеш [1] писал, что фосфора необходимо возвращать примерно 40 кг/га, а калия – 60 кг/га. Что касается азота, то для получения стабильных урожаев, его возврат в почву ежегодно обязателен.

В условиях современного сельскохозяйственного производства постоянный рост стоимости минеральных удобрений, а также общих затрат при выращивании продукции возникает необходимость рационального использования оросительной воды, так и минеральных удобрений. При капельном поливе главным является оптимальное сочетание поступления воды и количество вносимых удобрений. С повышением объема поступающей воды возрастает расход элементов питания и, наоборот, при недостаточном увлажнении снижается эффективность использования питательных веществ.

В наших опытах при орошении наблюдали существенное снижение содержания азота и калия в надземной вегетативной массе (в листьях и стеблях) соответственно от 1,68 до 1,16% и от 1,30 до 1,08%. Содержание фосфора в вегетативной массе практически не зависело от орошения (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Влияние орошения и удобрений на содержание азота, фосфора и калия в вегетативной массе и в плодах томата, %

Показатель	Вариант	Вегетативная масса			Плоды		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	б/о	1,68	0,26	1,30	2,26	0,56	4,48
Поливная норма	0,7 m	1,26	0,23	1,18	2,27	0,53	4,80
	m	1,25	0,30	1,08	2,22	0,60	4,50
Межполивной период	3 дня	1,36	0,28	1,14	2,21	0,55	4,65
	5 дней	1,16	0,26	1,18	2,32	0,60	4,64
	7 дней	1,32	0,24	1,08	2,27	0,54	4,66
Доза удобрений	б/у	1,36	0,30	1,32	2,05	0,57	4,41
	1 доза	1,33	0,25	1,10	2,25	0,56	4,72
	2 доза	1,33	0,25	1,10	2,34	0,57	4,86
	3 доза	1,33	0,25	1,10	2,34	0,55	4,52

Содержание питательных веществ в плодах томата практически не зависело от орошения, но было значительно более высоким, чем в вегетативной массе. Азота в плодах содержалось в 1,3-2,0 раза больше, фосфора – в 2,0-2,3 и калия – в 3,4-4,3 раза.

Пионерами в изучении действия удобрений на содержание питательных веществ в растениях томата в нашем институте были Е.И. Тукалова, М.И. Хорт, И.Р. Ильин и другие, которые еще в 70-х годах прошлого столетия установили, что они обычно повышают содержание азота, фосфора и калия [169]. Наши исследования подтвердили это только частично. С увеличением доз удобрений повышалось содержание азота и калия только в плодах. В вегетативной массе содержание питательных веществ под действием удобрений снижалось всегда.

Потребление питательных веществ во многом зависит от факторов, влияющих на рост и развитие растений, то есть от накопившейся биомассы и урожая растений. В наших опытах на формирование 12 т/га сырой биомассы растения потребляли около 46 кг/га азота, 7 кг/га фосфора и около 36 кг/га калия. Орошение увеличивало в 2,3-2,4 раза количество накапливаемой сырой массы. Потребление азота при этом возрастало от 45,6 (без орошения) до 66,8 кг/га (при поливе полными нормами), фосфора соответственно – от 6,8 до 13,5 и калия – от 35,6 до 48,6 кг/га (табл. 4.2).

Вынос питательных веществ плодами томатов зависел как от их содержания, так и от урожайности. На формирование урожая расходовалось примерно от 45 кг/га азота, 11

фосфора и 91 кг/га калия в варианте без орошения до соответственно 99, 27 и 204 кг/га при поливе полными нормами. При уменьшении на 30% поливных норм прирост сырой биомассы был меньше, поэтому потребление азота снизилось на 21%, фосфора – на 31% и калия – на 7%. Вынос питательных веществ урожаем при поливе уменьшенными нормами так же снижался, но в меньшей степени – соответственно на 10, 24 и 5%.

Таблица 4.2. Потребление азота, фосфора и калия растениями томата, кг/га

Показатель	Вариант	Вегетативная масса			Плоды		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	б/о	45,6	6,8	35,6	44,6	10,8	91,2
Поливная норма	0,7 m	52,8	9,3	45,4	89,2	20,3	193,7
	m	66,8	13,5	48,6	98,6	26,6	203,8
Межполивной период	3 дня	63,6	12,6	49,7	89,4	22,2	193,5
	5 дней	55,0	10,6	45,8	97,8	25,6	205,4
	7 дней	61,0	11,1	45,6	94,5	22,4	197,4
Доза удобрений	б/у	44,8	9,3	40,4	66,8	18,6	154,2
	1 доза	62,1	10,9	45,5	91,2	22,1	190,9
	2 доза	62,1	11,4	47,8	97,9	24,1	208,5
	3 доза	62,1	11,4	47,8	91,4	21,7	180,0

Удобрения в целом повышали количество потребляемых питательных веществ, но разница между применяемыми дозами была несущественной. Общее потребление питательных веществ в зависимости от вариантов орошения и удобрений варьировало сильно: по азоту – от 90 до165 кг/га, по фосфору – от 18 до 40 и по калию – от 127 до 256 кг/га (табл. 4.3).

Однако эти колебания при пересчете выноса питательных веществ на единицу урожая сглаживаются. Об этом пишут и другие авторы [51]. Литературные данные свидетельствуют, что для формирования 1 т томатов необходимо 3,0-3,3 кг азота, 0,8-1,3 фосфора и 3,2-5,8 кг калия [62, 159, 134, 167]. В наших условиях на создание 1 т продукции растения томата потребляли 2,0-3,6 кг азота, 0,5-0,6 кг фосфора и 3,5- 4,0 кг калия.

При орошении потребность азота и калия на формирование тонны продукции снижались соответственно на 33-39% и 5-10%. Межполивные периоды не влияли на этот показатель, а удобрения в среднем способствовали увеличению потребления азота на создание тонны продукции на 20-25% и калия – на 11%.

Таблица 4.3. Потребление азота, фосфора и калия растениями томата

Показатель	Вариант	Общее потребление, кг/га			Потребление на создание 1 т продукции, кг		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	б/о	90	18	127	3,6	0,6	4,0
Поливная норма	0,7 m	142	30	239	2,2	0,5	3,8
	m	165	40	252	2,4	0,6	3,6
Межполивной период	3 дня	153	35	243	2,4	0,5	3,8
	5 дней	153	36	251	2,2	0,5	3,6
	7 дней	156	34	243	2,4	0,5	3,7
Доза удобрений	б/у	112	28	195	2,0	0,5	3,5
	1 доза	153	33	236	2,5	0,5	3,8
	2 доза	160	36	256	2,4	0,5	3,9
	3 доза	154	33	228	2,4	0,5	3,5

В толковом словаре по почвоведению, изданном под редакцией А.А. Роде [151] написано, что «Баланс питательных веществ в земледелии – количественное выражение изменения запаса питательных веществ в почве за определенный промежуток времени в результате поступления их с удобрениями, растительными остатками и из атмосферы и их расхода путем выноса растениями, выщелачивания и газообразных потерь». Применение удобрений не только повышает урожайность культуры, но и оказывает определенное влияние на плодородие почвы. Каким является это влияние, какова направленность процесса изменения плодородия в первом приближении можно установить с помощью баланса питательных веществ. Главное наиболее полно охватить все приходные и расходные статьи баланса питательных веществ.

В наших опытах для балансовых расчетов были использованы специальные методики (рекомендации), разработанные специалистами института Почвоведения и Агрохимии им. Н.А. Димо [16, 183], включающие несколько статей прихода и расхода питательных веществ. Главной приходной частью баланса являются минеральные удобрения (приложение 4; табл П 4.1). Кроме того, учтено количество питательных веществ, привносимого в почву осадками [18] и поливной водой, а также азот, фиксированный из воздуха свободно живущими бактериями [106], так называемая несимбиотическая фиксация.

В расходную часть включили количество питательных веществ, отчуждаемое с поля урожаем (приложение 4; табл. П 4.2), газовые выделения азота в результате процессов денитрификации, которые по данным Е.И. Тукаловой [168] равны 18 кг/га в

год, а так же вещества, выщелачиваемые из почвы осадками и поливной водой – 3 кг/га азота и 5 кг/га калия в неорошаемых условиях и по 24 кг/га в орошаемых [117].

Баланс питательных веществ по вариантам исследований колебался в достаточно широких пределах (приложение 4; табл. П 4.3). Расчеты показали, что на неудобренных вариантах баланс азота всегда был отрицательным с колебаниями от минус 38 кг/га (без орошения) до минус 102 кг/га (при орошении). Применение азотно-фосфорных или только азотных удобрений с избытком покрывало растущие затраты и отрицательные значения баланса переходили к положительным с колебаниями от 10 до 184 кг/га.

Аналогичной была ситуация и с балансом фосфора. Без удобрений отрицательные значения баланса колебались от 8 до 25 кг/га. Внесение в почву 30-60 кг д.в. фосфора полностью покрыло расходную часть, и баланс этого элемента стал положительным – 1-49 кг/га. В вариантах, где фосфорные удобрения не применяли, баланс этого элемента был отрицательный с примерно одинаковыми значениями, что и без удобрений [70].

Баланс калия всегда был отрицательный с колебанием от 70 до 257 кг/га.

Очень четким на баланс питательных веществ было влияние изучаемых нами факторов. В среднем по опыту орошение отрицательно влияло на баланс всех питательных веществ (рис. 4.1), причем, чем выше была поливная норма, тем это было заметнее. Объясняется это тем, что в этих вариантах урожайность томата была максимальной, а значит, и отчуждение питательных веществ было самым высоким.

В отличии от орошения минеральные удобрения на баланс азота и фосфора действовали положительно, а на баланс калия – отрицательно. В среднем по опыту в вариантах без удобрений для покрытия расходной части баланса не хватало 89 кг/га азота, 17 фосфора и 152 кг/га калия. Несмотря на то, что внесение удобрений способствовало росту расходной части баланса уже при первой (минимальной) дозе удобрений баланс азота стал положительным, по фосфору отрицательные значения уменьшились в четыре раза, а баланс калия и без того отрицательный ухудшился на 24% (рис. 4.2).

Средние дозы удобрений ($N_{190}P_{45}$ и N_{190}) способствовали росту положительного баланса азота до 70 кг/га, а баланс фосфора улучшился до бездефицитных значений. Баланс калия по причине максимального его потребления в этом варианте достиг минимальных значений – минус 206 кг/га. Самые высокие дозы удобрений улучшили положительный баланс азота до 117 кг/га, а фосфора – до 10 кг/га.

В период экономического кризиса, когда стоимость удобрений очень высока, особое место должно занимать их окупаемость продукцией. При капельном орошении окупаемость каждого килограмма д.в. удобрений была значительно выше, чем на участках без орошения. В среднем окупаемость каждого кг д.в. азотно-фосфорных удобрений была

максимальной при проведении поливов с интервалом в три дня – 14,4-17,6 кг плодов томатов [57]. Исключение из пищевого рациона растений фосфорсодержащих удобрений снизило эффективность удобрений в лучших вариантах на 11%, а максимальная их окупаемость достигнута при средней дозе и при проведении поливов с интервалом в 5 дней (рис. 4.3).

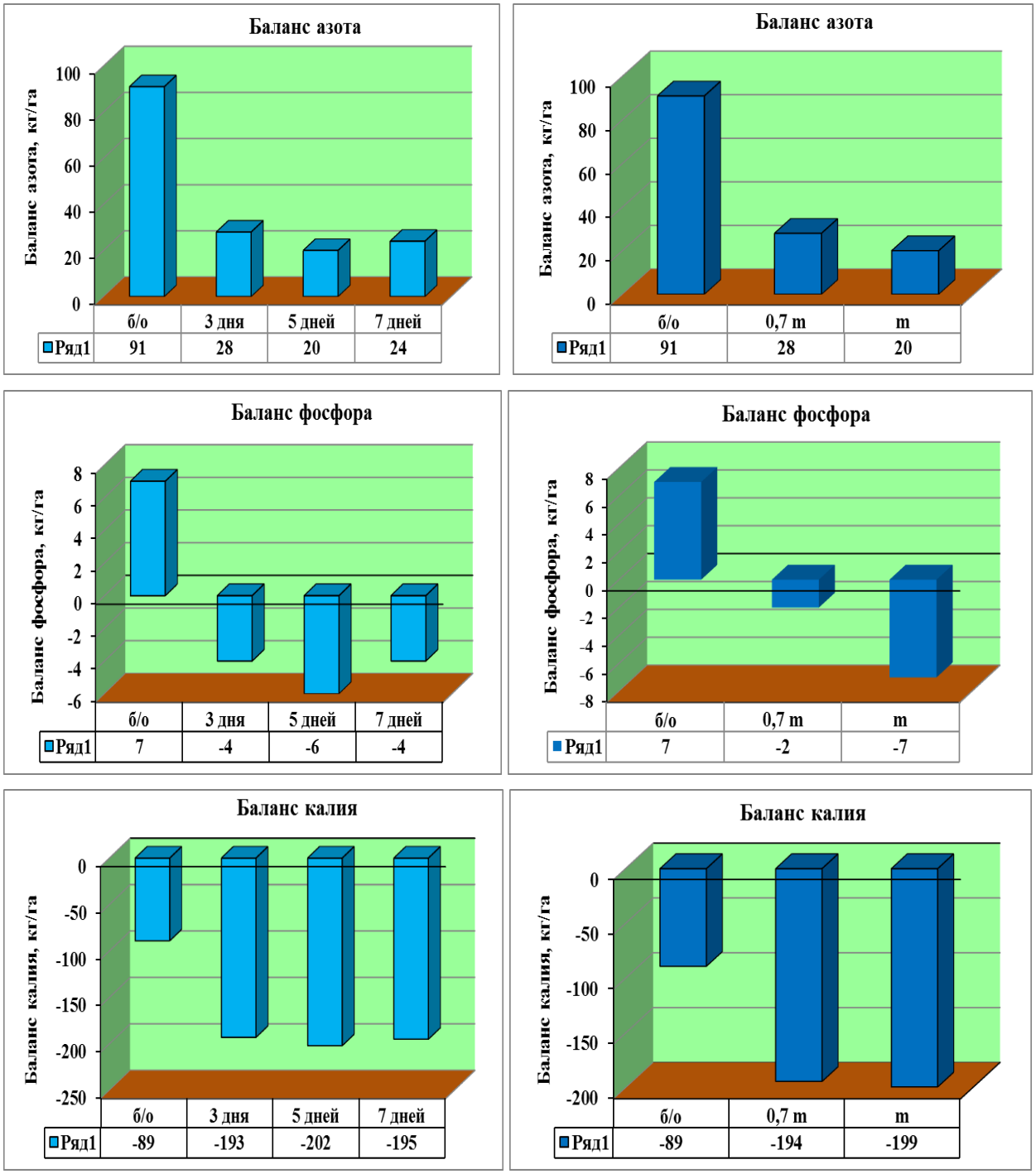
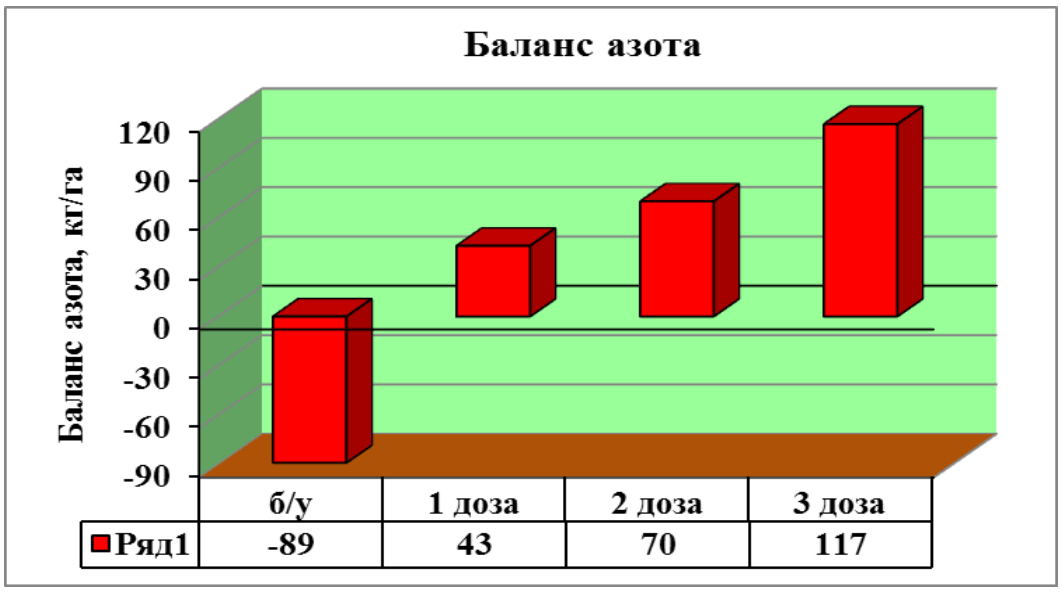
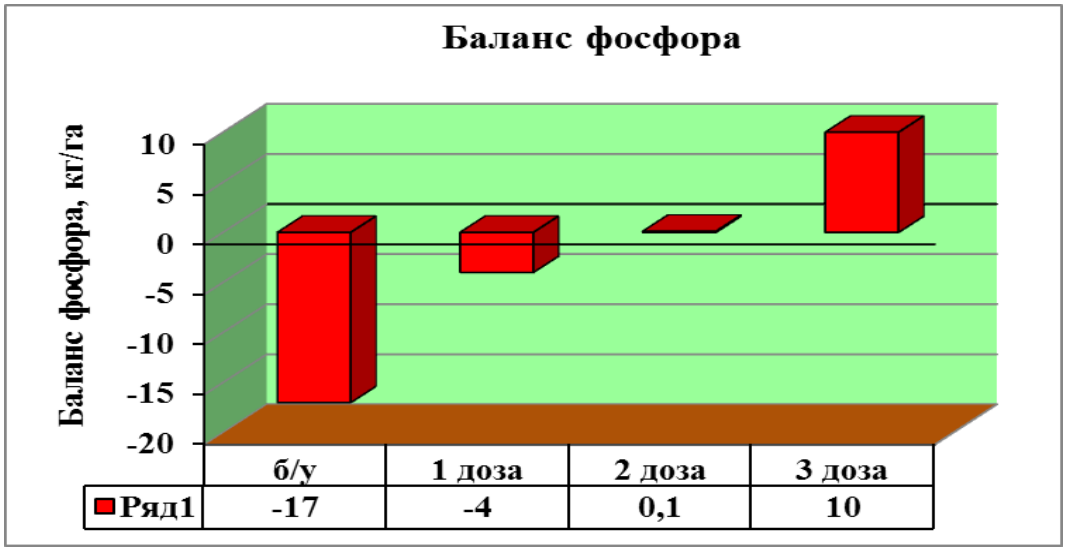


Рис. 4.1. Влияние различных режимов орошения на баланс питательных веществ





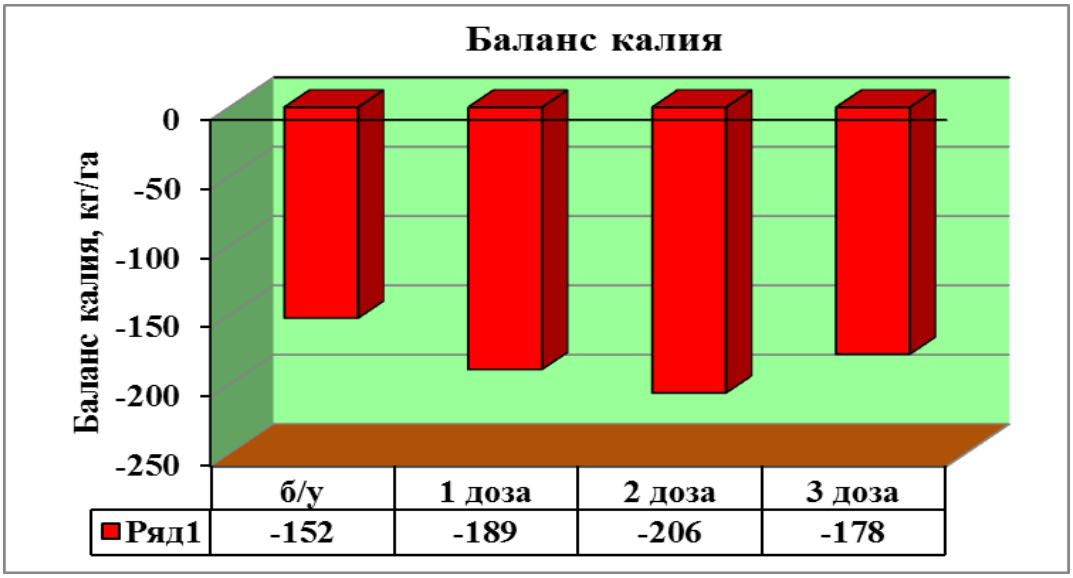
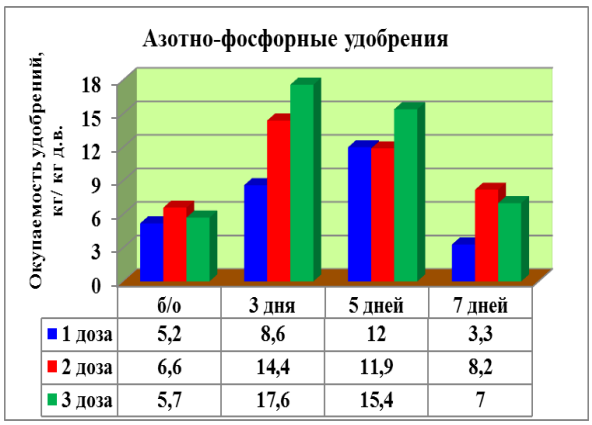
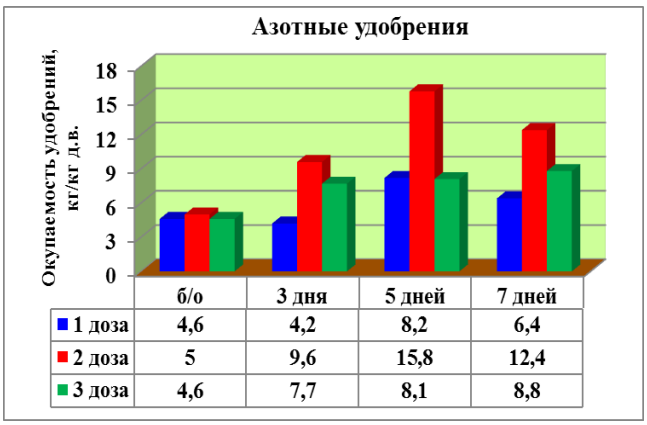


Рис. 4.2. Влияние удобрений на баланс питательных веществ

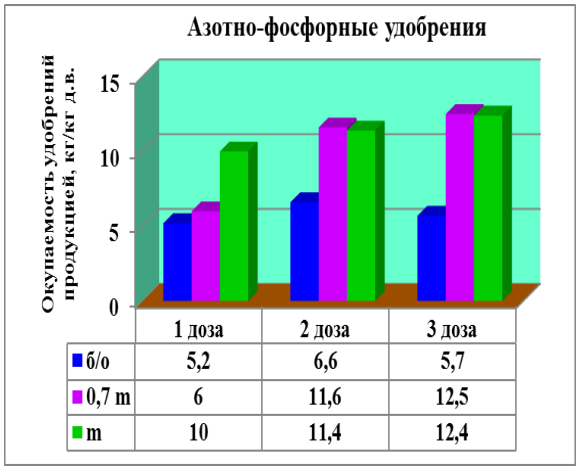


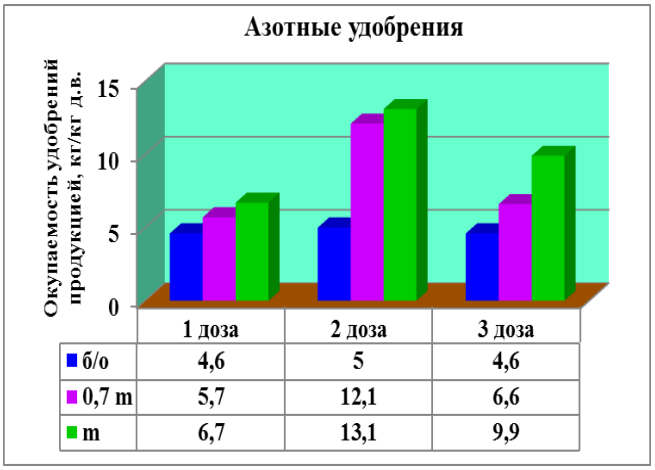


Азотно-фосфорные – 1 доза – $N_{150}P_{30}$; 2 доза – $N_{190}P_{45}$; 3 доза – $N_{230}P_{60}$.
Азотные – 1 доза – N_{150}; 2 доза – N_{190}; 3 доза – N_{230}.

Рис. 4.3. Окупаемость удобрений при различных межполивных периодах

Окупаемость продукцией азотных и азотно-фосфорных удобрений зависела и от величины поливной нормы (рис. 4.4).





Азотно-фосфорные – 1 доза – $N_{150}P_{30}$; 2 доза – $N_{190}P_{45}$; 3 доза – $N_{230}P_{60}$.
Азотные – 1 доза – N_{150}; 2 доза – N_{190}; 3 доза – N_{230}.

Рис. 4.4. Окупаемость удобрений при различных поливных нормах

При сбалансированном пищевом режиме (когда применяли средние и максимальные дозы азотно-фосфорных удобрений) эффективность удобрений при поливе томатов сокращенными нормами была даже незначительно выше, чем при поливе полными нормами и повысить ее можно было только увеличивая дозы. И наоборот недостаток фосфора при применении одних азотных удобрений нельзя было заменить повышением их доз, так как в этом случае в первом минимуме выступал недостаток воды. В среднем по опыту каждый килограм д.в. удобрений в варианте без орошения окупался 5,3 кг продукции, при поливе сокращенными нормами – 9,1 кг и при поливе полными нормами – 10,6 кг [66]. Это свидетельствует о том, что орошение не только повышает урожайность, но и способствует более эффективному использованию удобрений.

4.2. Экономическая эффективность

В сельскохозяйственном производстве важно получать не только высокую урожайность и хорошее качество, необходимо чтобы все это происходило при минимальных затратах средств, труда, материальных ценностей – одним словом при высокой экономической эффективности.

При расчете экономической эффективности учитывали урожайность и стоимость продукции (1т = 148 $), а так же все затраты на ее производство, которые включали: 1) затраты на оборудование для капельного орошения – 715 $/га (капельная лента, лейфлет, фильтры для грубой и тонкой очистки воды и другие аксессуары); 2) технологические затраты по уходу за посевами – 970 $/га (без учета воды и удобрений); 3) стоимость поливной воды с учетом фактических оросительных норм (1 $м^3$ воды = 0,04 $); 4) стоимость удобрений в зависимости от применяемых доз (1 т аммиачной селитры – 300 $, 1 т аммофоса – 500 $); 5) затраты на уборку продукции (8,64 $/т).

Каждый исследуемый вариант при расчете показателей экономической эффективности воспринимался нами как отдельная технология. Таким образом, из таблицы 4.4 видно, что стоимость продукции колебалась от 3996-4129 $/га в вариантах без орошения и без удобрений до 12210 $/га при орошении капельным способом полными поливными нормами с интервалом в 5 дней и при дозе удобрений N_{190} кг д.в./га.

Чистый доход определяли по разности между стоимостью продукции и суммой всех затрат. Безубыточная урожайность томата колебалась от 8-10 т/га в вариантах без орошения до 18 т/га при орошении, а фактическая урожайность соответственно равнялась 27-33 и 82,5 т/га, поэтому во всех случаях получена достаточно высокая чистая прибыль.

Изучаемые факторы по-разному влияли на величину чистого дохода. Внесение удобрений на неорошаемом фоне повышало его на 21-25%, при поливах с интервалом в 3 дня – на 13-26, в 5 дней – 19-26 и с интервалом в 7 дней – 8-20% (табл. 4.5). Более существенным было влияние орошения (рис. 4.5). На неудобренном фоне орошение увеличивало чистый доход в 2,2-2,4 раза, при минимальных дозах – в 2,1-2,4 раза, при средних – в 2,2-2,5 и при максимальных дозах – в 2,2-2,4 раза. Максимальная величина чистого дохода (8,6 тыс. $/га) получена при совместном действии поливов с интервалом в 5 дней и средней дозе удобрений.

Таблица 4.4. Показатели экономической эффективности возделывания томата безрассадного

Вид удобрений	Вариант орошения		Вариант удобрений	Урожайность, т/га	Стоимость прод., $/га	Затраты, $/га						Чистый доход, $/га	Себестоимость, $/т	Рентабельность, %
	Межполивной период	Поливная норма				Оборудование для орошения	Уход	Вода	Удобрения	Уборка	Всего			
Азотно-фосфорные	Без орошения		б/у	27,9	4129	-	970	-	-	241	1211	2918	43,4	141
			1 доза	33,1	4899	-	970	-	149	286	1405	3494	42,4	149
			2 доза	34,5	5106	-	970	-	190	298	1458	3648	42,3	150
			3 доза	33,6	4973	-	970	-	233	290	1493	3480	44,4	133
	3 дня	m	б/у	58,9	8717	715	970	74	-	568	2327	6390	39,5	175
			1 доза	72,5	10730	715	970	74	149	626	2534	8196	35,0	223
			2 доза	77,1	11411	715	970	74	190	666	2615	8796	33,9	236
			3 доза	78,6	11633	715	970	74	233	679	2671	8962	34,0	236
		0,7 m	б/у	54,5	8066	715	970	56	-	471	2212	5854	40,6	165
			1 доза	58,2	8614	715	970	56	149	503	2393	6221	41,1	160
			2 доза	65,2	9650	715	970	56	190	563	2494	7156	38,3	187
			3 доза	69,9	10345	715	970	56	233	604	2578	7767	36,9	201
	5 дней	m	б/у	65,2	9650	715	970	87	-	563	2335	7315	35,8	213
			1 доза	76,7	11352	715	970	87	149	663	2584	8768	33,7	239
			2 доза	75,0	11100	715	970	87	190	648	2610	8490	34,8	225
			3 доза	75,3	11144	715	970	87	233	651	2656	8488	35,3	220
		0,7 m	б/у	58,0	8584	715	970	64	-	501	2250	6334	38,8	182
			1 доза	70,6	10449	715	970	64	149	610	2508	7941	35,5	217
			2 доза	72,0	10656	715	970	64	190	622	2561	8095	35,6	216
			3 доза	73,4	10863	715	970	64	233	634	2616	8247	35,6	215
	7 дней	m	б/у	60,4	8939	715	970	80	-	522	2287	6652	37,9	191
			1 доза	65,4	9679	715	970	80	149	565	2479	7200	37,9	190
			2 доза	66,6	9857	715	970	80	190	575	2530	7327	38,0	190
			3 доза	67,8	10034	715	970	80	233	586	2584	7450	38,1	188
		0,7 m	б/у	59,9	8865	715	970	60	-	518	2263	6602	37,8	192

			1 доза	61,5	9102	715	970	60	149	531	2425	6677	39,4	175
			2 доза	70,1	10375	715	970	60	190	606	2541	7834	36,2	208
			3 доза	66,5	9842	715	970	60	233	575	2553	7289	38,4	186
Азотные	Без орошения		б/у	27,0	3996	-	970	-	-	233	1203	2793	44,6	132
			1 доза	31,6	4662	-	970	-	117	273	1360	3302	43,0	143
			2 доза	32,0	4736	-	970	-	148	276	1426	3310	44,6	132
			3 доза	31,6	4662	-	970	-	180	273	1423	3239	45,0	128
	3 дня	m	б/у	57,9	8569	715	970	74	-	500	2259	6310	39,0	179
			1 доза	64,1	9487	715	970	74	117	554	2430	7057	37,9	190
			2 доза	71,2	10538	715	970	74	148	615	2522	8016	35,4	218
			3 доза	71,3	10552	715	970	74	180	616	2555	7997	35,8	213
		0,7 m	б/у	56,4	8347	715	970	56	-	487	2228	6119	39,5	175
			1 доза	58,6	8673	715	970	56	117	506	2364	6309	40,3	167
			2 доза	62,4	9235	715	970	56	148	539	2428	6807	38,9	180
			3 доза	58,4	8643	715	970	56	180	505	2426	6217	41,5	156
	5 дней	m	б/у	64,8	9590	715	970	87	-	560	2332	7258	36,0	211
			1 доза	74,0	10952	715	970	87	117	639	2528	8424	34,2	233
			2 доза	82,5	12210	715	970	87	148	713	2633	**9577**	**31,9**	264
			3 доза	74,6	11041	715	970	87	180	645	2597	8444	34,8	225
		0,7 m	б/у	58,8	8702	715	970	64	-	508	2257	6445	38,4	186
			1 доза	65,9	9753	715	970	64	117	569	2435	7318	36,9	201
			2 доза	72,6	10745	715	970	64	148	627	2524	8221	34,8	226
			3 доза	65,2	9650	715	970	64	180	563	2492	7158	38,2	187
	7 дней	m	б/у	63,4	9383	715	970	80	-	548	2313	7070	36,5	206
			1 доза	68,2	10094	715	970	80	117	589	2471	7623	36,2	208
			2 доза	71,6	10597	715	970	80	148	619	2532	8065	35,4	219
			3 доза	69,9	10345	715	970	80	180	604	2549	7796	36,5	206
		0,7 m	б/у	53,7	7948	715	970	60	-	464	2209	5739	41,1	160
			1 доза	61,6	9117	715	970	60	117	532	2394	6723	38,9	181
			2 доза	70,3	10404	715	970	60	148	607	2500	7904	35,6	216
			3 доза	65,0	9620	715	970	60	180	562	2487	7133	38,3	187

Таблица 4.5

Чистый доход в зависимости от межполивного периода, тыс. $/га

Межполивной период	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
б/о	2,8	3,4	3,5	3,4
3 дня	6,2	7,0	7,7	7,8
5 дней	6,8	8,1	8,6	8,1
7 дней	6,5	7,0	7,8	7,4

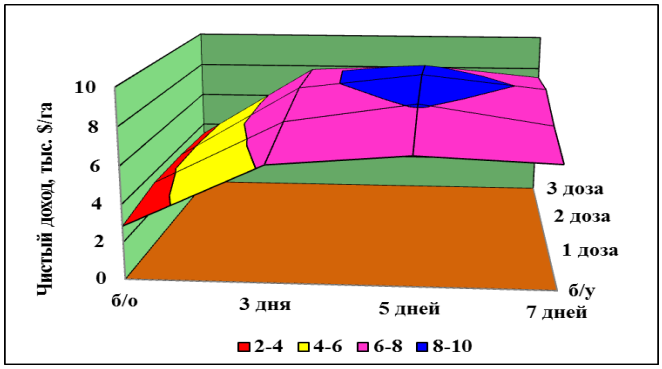


Рис. 4.5. Зависимость чистого дохода от орошения и удобрений

Необходимо отметить, что затраты вложенные на преобретение и установку оборудования для капельного орошения окупаются в течение одного года, а каждый вложенный в производство доллар окупался 2,32-3,63 долларами чистого дохода.

Величина чистого дохода зависела и от поливной нормы. Максимальной (8,4 тыс./га) она была при поливе полными нормами на фоне средних доз удобрений. Уменьшение поливных норм на 30% снижало величины чистого дохода на 9-16% (табл. 4.6; рис. 4.6).

Таблица 4.6

Чистый доход в зависимости от поливной нормы, тыс. $/га

Поливная норма	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
б/о	2,8	3,4	3,5	3,4
0,7 m	6,2	6,8	7,7	7,3
m	6,8	7,9	8,4	8,2

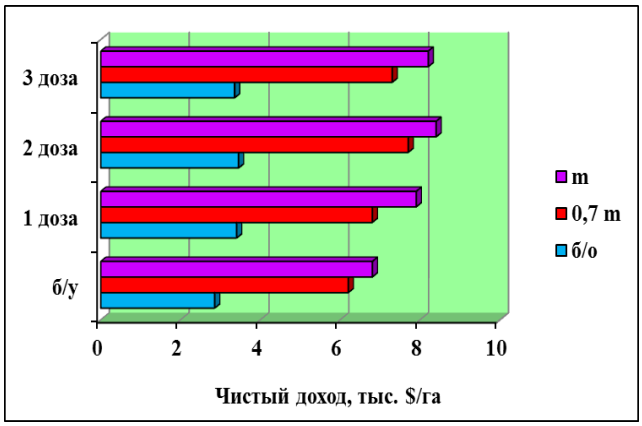


Рис. 4.6. Зависимость чистого дохода от поливной нормы

Вид удобрений (азотно-фосфорные или только азотные) оказывал слабое влияние на величину чистого дохода. Максимальный чистый доход (7,4 тыс./га) от азотно-фосфорных удобрений получен при внесении в почву $N_{230}P_{60}$, а от азотных – при внесении N_{190} кг д.в./га (табл. 4.7; рис. 4.7), что на 23% выше, чем в вариантах, где не применяли минеральных удобрений.

Таблица 4.7

Чистый доход в зависимости от вида удобрений, тыс. $/га

Вид удобре-ний	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
NP	6,0	6,9	7,3	7,4
N	6,0	6,7	7,4	6,8

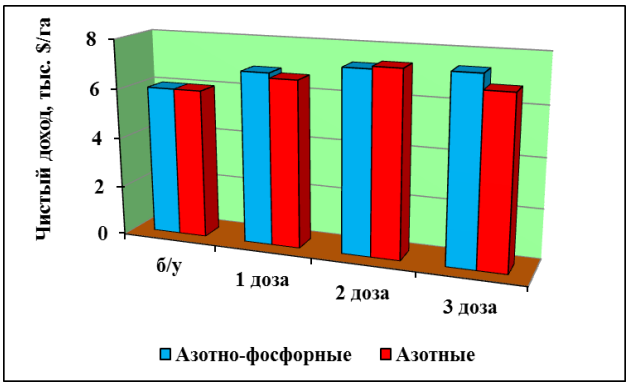


Рис. 4.7. Зависимость чистого дохода от вида удобрений

Другим важным экономическим показателем является себестоимость продукции и чем она, по сравнению с ценой реализации ниже, тем лучше. Орошение и применение удобрений почти всегда снижали себестоимость продукции (табл. 4.8). Себестоимость продукции в наших опытах имела обратную зависимость от чистого дохода, поэтому рисунок 4.8 является как бы зеркальным отражением рисунка 4.5.

Минимальные значения себестоимости получены при том же сочетании факторов, что и чистого дохода – проведение поливов через 5 дней при средней дозе удобрений.

Таблица 4.8

Себестоимость продукции в зависимости от межполивного периода, $/т

Межпо-ливной период	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
б/о	44,0	42,7	43,4	44,7
3 дня	39,6	38,6	36,6	37,0
5 дней	37,2	35,1	34,3	36,0
7 дней	38,3	38,1	36,3	37,8

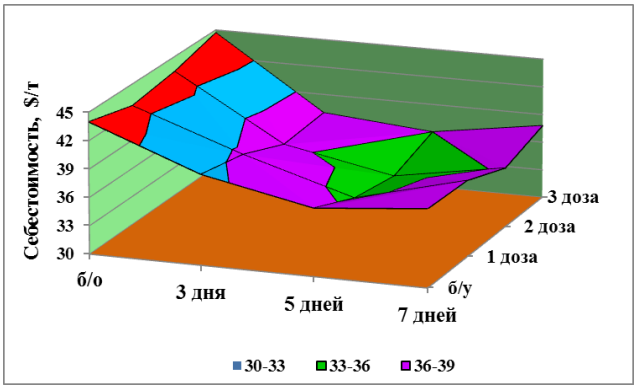


Рис. 4.8. Зависимость себестоимости продукции от изучаемых факторов

Без орошения минимальная себестоимость (72,7 $/т) была получена при первой дозе удобрений, а на орошаемых вариантах – при второй (табл. 4.9). Снижение на 30% затрат оросительной воды при орошении уменьшенными полными нормами не смогло обеспечить минимальных значений себестоимости продукции, так как стоимость прибавки урожайности при поливе полными нормами значительно перекрывали затраты, полученные от экономии поливной воды. Таким образом, поливы полными нормами по сравнению с сокращенными на 5-8% снижали себестоимость продукции (рис. 4.9).

Таблица 4.9

Себестоимость продукции в зависимости от поливной нормы, $/т

Поливная норма	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
б/о	44,0	42,7	43,4	44,7
0,7 m	39,4	38,7	36,6	38,2
m	37,4	35,8	34,9	35,8

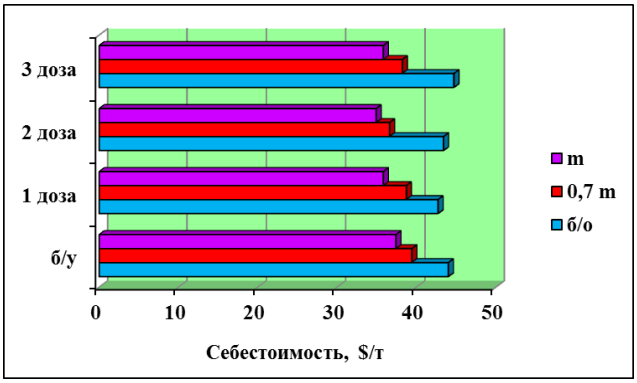


Рис. 4.9. Зависимость себестоимости продукции от величины поливной нормы

В среднем азотно-фосфорные удобрения обеспечивали получение более низкой себестоимости продукции, чем азотные. Из исследованных доз удобрений предпочтение следует отдать средним дозам, на которых себестоимость продукции была на 1-5% ниже, чем на других дозах и на 6-7% ниже, чем на неудобренных вариантах (табл. 4.10; рис. 4.10).

Таблица 4.10

Себестоимость продукции в зависимости от вида и дозы удобрений, $/т

Вид удобре-ний	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
NP	39,1	37,9	37,0	37,5
N	39,3	38,2	36,7	38,6

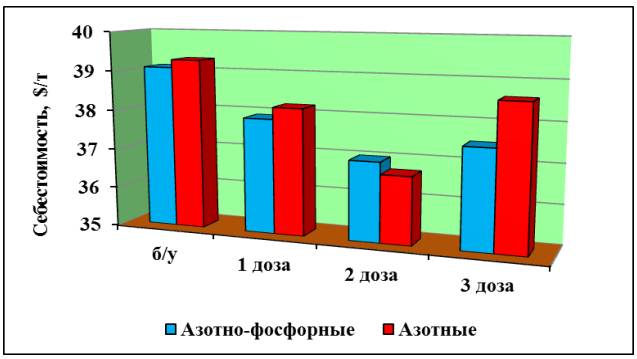


Рис. 4.10. Зависимость себестоимости продукции от вида и дозы удобрений

Многие исследователи и производственники судят об уровне хозяйствования по рентабельности производства и, чем выше этот показатель, тем данная технология считается более успешной.

Для вычисления рентабельности использовали формулу, предложенную С.С. Литвиновым [118].

$$R = \left(\frac{B}{C} - 1\right) \times 100$$

где: R – уровень рентабельности, %; B – стоимость реализованной продукции, $/га; C – себестоимость реализованной продукции, $/т.

В среднем по фактору «межполивной период» максимальные значения рентабельности (233%) получены при 5-дневном интервале между поливами и средней дозе удобрений, а минимальные (130%) без орошения и максимальной дозе удобрений (табл. 4.11; рис. 4.11).

Таблица 4.11

Рентабельность в зависимости от межполивных периодов, %

Межполивной период	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
б/о	136	146	141	130
3 дня	174	185	205	202
5 дней	198	222	233	212
7 дней	187	188	208	192

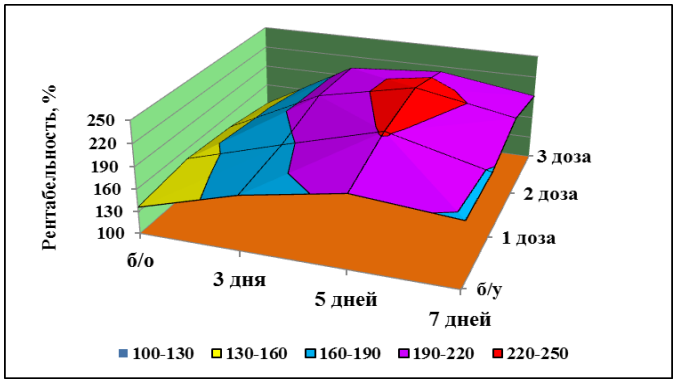


Рис. 4.11. Зависимость рентабельности производства от межполивных периодов

Без орошения рентабельность возделывания томатов на различных фонах удобрений колебалась в пределах 130-146%, а при орошении полными нормами – 198-225%. При орошении сокращенными поливными нормами по сравнению с неполивным контролем рентабельность возрастала на 26-46%, а по сравнению с поливами полными нормами снижалась на 9-16% (табл. 4.12; рис. 4.12).

Таблица 4.12

Рентабельность в зависимости от поливной нормы, %

Поливная норма	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
б/о	136	146	141	130
0,7 m	177	184	206	187
m	198	214	225	215

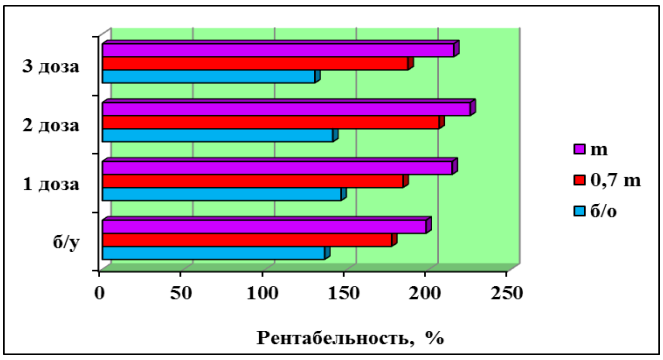


Рис. 4.12. Зависимость рентабельности от величины поливной нормы и доз удобрений

Зависимость рентабельности от вида удобрений была менее выраженной, чем от орошения. Различия в ту или иную сторону колебались в пределах 1-6% (табл. 4.13), но всегда рентабельность была максимальной при применении средних доз, как азотно-фосфорных, так и азотных удобрений (рис. 4.13).

Таблица 4.13

Рентабельность в зависимости от вида и дозы удобрений, %

Вид удобре-ний	Доза удобрений			
	б/у	1 доза	2 доза	3 доза
NP	180	193	202	197
N	178	189	208	186

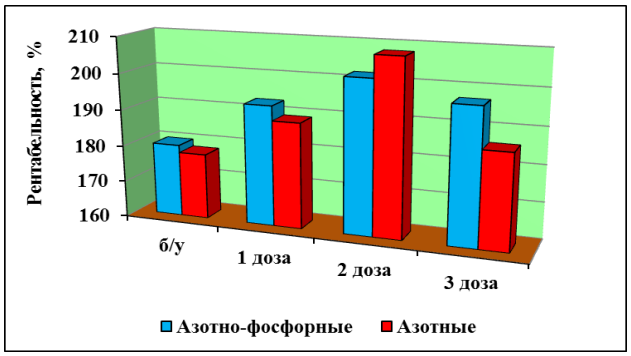


Рис. 4.13. Зависимость рентабельности от вида и дозы удобрений

Таким образом, резюмируя вышесказанное можно сделать вывод, что лучших экономических показателей (чистый доход, себестоимость продукции, рентабельность) при возделывании безрассадных томатов на капельном орошении можно достичь при следующем сочетании факторов: поливы полными нормами – 5-дневный интервал между поливами – средние дозы азотно-фосфорных ($N_{190}P_{45}$ кг д.в./га) или азотных удобрений (N_{190} кг д.в./га).

4.3. Энергетическая эффективность и оценка режимов орошения и удобрения по различным критериям оптимизации

Еще 20-30 лет тому назад основной задачей при разработке технологий возделывания любой сельскохозяйственной культуры было получить максимальную урожайность. Сегодня благодаря отсутствию средств, дороговизне энергоносителей, дефициту оросительной воды и другим факторам эта задача частично потеряла свою актуальность. В современных экономических условиях приоритеты изменились. Главное сейчас получать максимальную экономическую и энергетическую окупаемость наиболее энергоемких факторов, доля которых в энергобалансе является существенной – воды и удобрений.

В Чехии, к примеру, доля орошения в сумме энергозатрат составляет 10-20% [204], а по данным нашего института [7] – 2-13%. Более сушественны энергозатраты на удобрение. По данным А.В.Гуманюка [7] доля удобрений в сумме энергозатрат при возделывании томата безрассадного составляет 18-30%.

Для более объективной оценки продуктивности агроценозов Г.А. Булаткин [39] предложил что бы энергетическую эффективность определять не только по затратным статьям, но и по ее поступлению с урожаем. Это позволит по разности между приходом и расходом энергии расчитать баланс и по отношению приходной к расходной части определить коэффициент энергетической эффективности.

При расчете энергетического баланса использовали следующие энергетические эквиваленты: 1 кг сухого вещества = 16,8 MJ; 1 кг N = 80 MJ; 1 кг P = 20 MJ; 1 м^3 воды – 2 MJ; 1$ = 66,4 MJ [84, 89, 194]. Методология расчета энергетической эффективности приведена в приложении 5.

В наших опытах средний приход энергии в вариантах без орошения составил 33,4 GJ/га, а при орошении колебался в пределах 58,4-66,6 GJ/га. Максимальное значение было получено при поливе томатов полными нормами с межполивным периодом, равным 5 дням (табл. 4.14).

Таблица 4.14. Влияние различных режимов орошения на приход и расход энергии, GJ/га

Межполивной период	Поливная норма	Приход энергии	Затраты энергии на						Коэфф. энергетической эффективности
			Обработку почвы	Уход за растениями	Воду	Удобрения	Уборку	Всего	
б/о		33,4	4,0	5,7	-	12,1	18,0	40,8	0,82
3 дня	m	65,5	4,0	5,7	3,7	12,1	40,0	65,5	1,00
5 дней		66,6	4,0	5,7	4,4	12,1	42,2	68,4	0,97
7 дней		61,3	4,0	5,7	4,0	12,1	38,2	64,0	0,96
3 дня	0,7 m	58,4	4,0	5,7	2,8	12,1	34,7	59,3	0,98
5 дней		63,0	4,0	5,7	3,2	12,1	38,5	63,5	0,99
7 дней		62,0	4,0	5,7	3,0	12,1	36,5	61,3	1,01

Общая сумма энергозатрат на технологию возделывания томата безрассадного колебалась от 40,8 GJ/га в варианте без орошения до 59,3-68,4 GJ/га при орошении. В варианте без орошения приход энергии не покрыл энергозатраты, поэтому коэффициент энергетической эффективности был меньше единицы – 0,82. При орошении во всех вариантах опыта приход и затраты знергии имели близкие значения, поэтому колебания коэффициента энергетической эффективности были небольшими – 0,96-1,01. Это свидетельствует о том, что баланс энергии имел близкие к нулю значения.

В структуре энергозатрат преобладали затраты на уборку и на удобрение, соответственно 45 и 31% в вариантах без орошения и 58-62 и 18-20% при орошении (табл. 4.15). Доля затрат энергии на поливную воду составляла 5-6%, на обработку почвы – 6-10% и по уходу за растениями – 8-14%. Межполивные периоды и различные поливные нормы не оказывали существенных изменений в энергобалансе.

Таблица 4.15. Составные части энергозатрат при различных режимах капельного орошения

Межполивной период	Поливная норма	Доля в суммарных энергозатратах, %					
		Обработки почвы	Ухода за растениями	Поливной воды	Удобрений	Уборки	Всего
б/о		10	14	-	31	45	100
3 дня	m	6	9	6	18	61	100
5 дней		6	8	6	18	62	100
7 дней		6	9	6	19	60	100
3 дня	0,7 m	7	10	5	20	58	100
5 дней		6	9	5	19	61	100
7 дней		7	9	5	20	59	100

По фактору «доза удобрений» было установлено, что с увеличением количества вносимых в почву азотно-фосфорных удобрений от $N_{150}P_{30}$ до $N_{230}P_{60}$ затраты энергии возрастали от 12,6 до 19,6 GJ/га (табл. 4.16). При применении одних азотных удобрений затраты энергии несколько ниже – 12,0-18,4 GJ/га. Энергозатраты на уборку продукции целиком зависели от урожайности. В целом по опыту коэффициент энергетической эффективности был максимальным в варианте без удобрений. Из удобренных вариантов следует выделить те, в которых вносили минимальные дозы азотно-фосфорных удобрений и минимальные и средние дозы азотных удобрений, в которых приходная и затратная часть энергобаланса были примерно равными, а коэффициент энергетической эффективности был близок к единице – 0,97-0,98.

Таблица 4.16. Влияние различных доз удобрений на приход и затраты энергии, GJ/га

Доза удобрений	Вид удобрений	Приход энергии	Затраты энергии на						Коэфф. энергетической эффективности
			Обработку почвы	Уход за растениями	Воду	Удобрения	Уборка	Всего	
б/у		51,8	4,0	5,7	3,0	-	31,7	44,4	1,17
$N_{150}P_{30}$	Азотнофосфорные	59,3	4,0	5,7	3,0	12,6	35,9	61,2	0,97
$N_{190}P_{45}$		61,2	4,0	5,7	3,0	16,1	37,7	66,5	0,92
$N_{230}P_{60}$		62,4	4,0	5,7	3,0	19,6	38,1	70,4	0,89
N_{150}	Азотные	57,6	4,0	5,7	3,0	12,0	34,7	59,4	0,97
N_{190}		64,8	4,0	5,7	3,0	15,2	37,9	65,8	0,98
N_{230}		59,8	4,0	5,7	3,0	18,4	35,7	66,8	0,90

Если при орошении доля удобрений в суммарных энергозатратах уменьшалась, а доля затрат энергии на уборку возрастала, то при применении удобрений все было наоборот (табл. 4.17).

Таблица 4.17. Составные части энергозатрат при различных дозах удобрений

Доза удобрений	Вид удобрений	Доля в суммарных энергозатратах, %					
		Обработки почвы	Ухода за растениями	Поливной воды	Удобрений	Уборки	Всего
б/у		9	13	7	-	71	100
$N_{150}P_{30}$	Азотно-фосфорные	7	9	5	20	59	100
$N_{190}P_{45}$		6	9	4	24	57	100
$N_{230}P_{60}$		6	8	4	28	54	100
N_{150}	Азотные	7	10	5	20	58	100
N_{190}		6	9	5	23	57	100
N_{230}		6	9	4	28	53	100

Таким образом, с энергетической точки зрения при орошении можно выделить два варианта – с поливами полными нормами через три дня и с поливом уменьшенными нормами через семь дней, а при удобрении – варианты с минимальными дозами удобрений.

Французские ученые Decroix M. и Puech J. [202] предлагают оценивать эффективность различных технологий по трем критериям: 1) Агрономический – по максимальной продуктивности; 2) Гидравлический – по максимальному отношению урожайности к оросительной норме; 3) Экономический – по чистому доходу.

В наших исследованиях для оценки эффективности различных технологий, включающих разные варианты орошения и удобрений, был использован метод, предложенный А.В. Гуманюком [9] – метод коэффициентов оптимизации, вычисляемый по целому ряду критериев. В качестве критериев оптимизации были взяты урожайность культуры, коэффициенты суммарного испарения, эффективности орошения и удобрений, коэффициент энергетической эффективности, чистый доход, себестоимость и рентабельность. Суть метода состоит в том, что за единицу берется лучший вариант каждого критерия – остальные соотносятся к нему. У критериев «урожайность», «коэффициент эффективности орошения», «коэффициент эффективности удобрений», «чистый доход», «рентабельность» и «коэффициент энергетической эффективности» за единицу были приняты максимальные в опыте значения, а у критериев «коэффициент суммарного испарения» и «себестоимость продукции» - минимальные (табл. П 5.2). Полученные коэффициенты усредняли и по максимальному значению выбирали лучший вариант (табл. П 5.3).

Максимальное значение коэффициента оптимизации (0,94 единицы) получено при проведении поливов капельным способом полными нормами с интервалом между поливами в пять дней на фоне внесения азотных удобрений в дозе N_{190} кг д.в. /га.

Из таблицы 4.18 видно, что рост урожайности томата сопровождался интенсификацией регулируемых факторов и по совокупности семи критериев оптимизации еще и ростом коэффициента оптимизации.

Таблица 4.18. Сравнительная оценка водного и пищевого режима почвы для получения различных уровней урожайности по коэффициенту оптимизации

Урожайность, т/га	Вариант			Коэффициент оптимизации
	Межполивной период, дни	Поливная норма	Удобрения	
30	Без орошения	-	$N_{150}P_{30}$	0,46
35	Без орошения	-	$N_{190}P_{45}$	0,48
55-60	7	0,7 m	б/у	0,66
65	5 3	m m	б/у N_{150}	0,70 0,72
70	7 5	m 0,7 m	N_{190} $N_{150}P_{30}$	0,79 0,83
75	5	m	N_{150}	0,81
80	5	m	N_{190}	0,94

В результате статистической обработки вышеуказанных данных была получена зависимость урожайности от коэффициента оптимизации, которая имеет вид экспоненциального уравнения с очень высоким коэффициентом аппроксимации – 0,9759 (рис. 4.14).

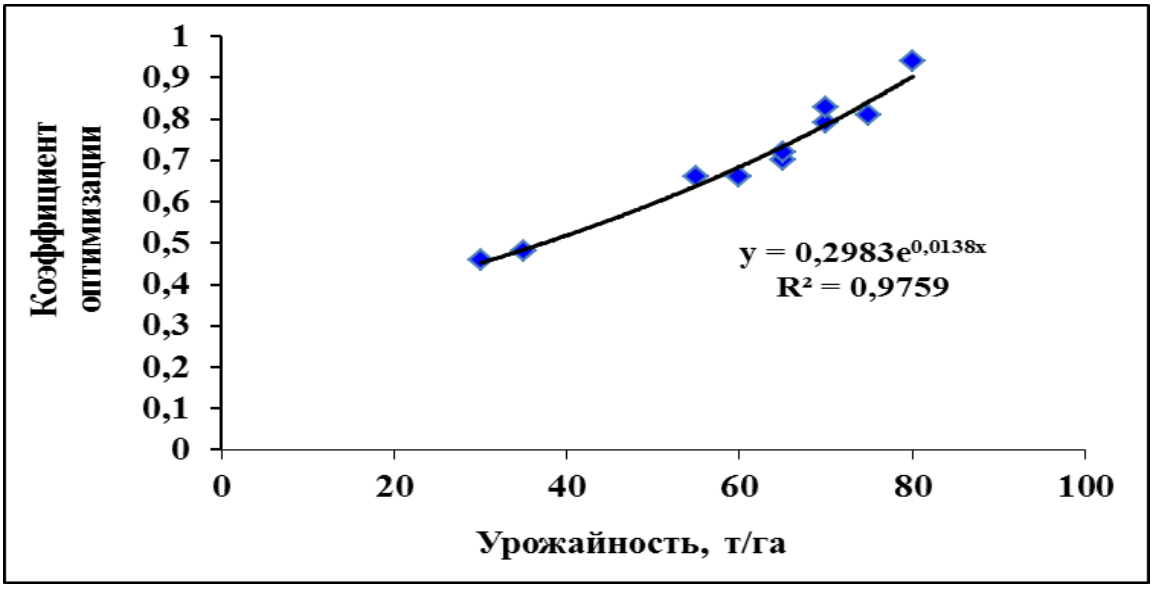


Рис. 4.14. Корреляция урожайности томата с коэффициентом оптимизации

Данная зависимость может быть использована для оценки уровня хозяйствования фермеров и других землепользователей.

4.4. Выводы к 4 главе

1. Орошение приводит к заметному снижению содержания азота и калия в надземной части растений - в листьях и стеблях от 1,68 и 1,16% до 1,30 и 1,08%, соответственно, тогда как содержание фосфора не реагировало на проводимые поливы. Количество других элементов минерального питания в плодах томата не зависело от орошения, однако было несколько выше, чем в вегетативной массе. Содержание азота в единице сухого вещества плодов было в 1,3-2,0 раза больше, фосфора – в 2,0-2,3 и калия – в 3,4-4,3 раза, чем в средневзвешенной остальной надземной массе и не зависело от уровня водообеспеченности почвы.

2. Уменьшение поливных норм на 30% приводило к снижению количества сырой фитомассы, что уменьшало потребление азота на 21%, фосфора – на 31% и калия – на 7%. При этом вынос питательных веществ урожаем при поливе водосберегающими нормами снижался и составлял 10, 24 и 5%, соответственно.

3. Для формирования единицы продукции потребность в азоте и калии при орошении снижалась на 33-39% и 5-10%, соответственно. Интервалы между поливами не влияли на этот показатель, в тоже время применение удобрений способствовало увеличению потребления азота на создание тонны продукции в среднем на 20-25% и калия – на 11%.

4. Орошение приводило к возрастанию отрицательных значений баланса всех элементов минерального питания в почве, при этом с повышением поливной нормы дефицит питательных веществ имел тенденцию к возрастанию. Применение азотных и фосфорных удобрений имело положительное влияние на баланс данных элементов и отрицательное – на баланс калия.

5. Наиболее высокая окупаемость вносимых доз азотно-фосфорных удобрений продукцией была при 3-дневном интервале между поливами, а одностороннего внесения азотных – при 5-дневном. При поливе полными нормами окупаемость удобрений была на 16,5% выше, чем при сокращенных.

6. Внесение удобрений на неорошаемом участке не приводило к существенному повышению чистого дохода. Среди исследуемых факторов более существенное влияние оказало орошение. Независимо от фона удобрений поливы увеличивали чистый доход в 2,1-2,5 раза. Наивысший показатель чистого дохода (8,6 тыс. $/га) получен при назначении поливов с интервалом в 5 дней и применении удобрений в дозе $N_{190}P_{45}$ кг д.в./га. При проведении поливов уменьшенными нормами на 30% величина чистого дохода снижалась на 9-16%.

7. Наименьшая себестоимость продукции получена при тех же сочетаниях факторов, что и чистого дохода. Дополнительные затраты при проведении поливов полными нормами снижали себестоимость продукции на 5-8% по сравнению с сокращенными.

8. Комплексный анализ параметров технологий возделывания безрассадных томатов при капельным орошении с использованием методов оптимизации выявил наивысшее значение усредненного коэффициента (0,94 единицы) при проведении поливов полными нормами с интервалом между поливами в пять дней на фоне рекомендуемых доз удобрений. Выявленная зависимость урожайности от коэффициента оптимизации описывается экспоненциальным уравнением регресии $y = 0{,}2983\, e^{0{,}0138\, x}$ с уровнем аппроксимации R^2 = 0,9759, что позволяет рекомендовать ее для оценки эффективности проводимых технологических мероприятий.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Общие выводы

1. Природные запасы почвенной влаги и уровень плодородия почв не обеспечивают формирование экономически оправданных уровней урожайности томатов, что обуславливает необходимость применения орошения и удобрений с целью повышения продуктивности и конкурентноспособности продукции.

2. В условиях орошения лимитирующим фактором пищевого режима почвы при возделывании томатов на обыкновенном тяжелосуглинистом черноземе является низкое содержание азота. С целью получения экономически оправданных уровней урожайности рекомендуется предпосевное внесение 110-170 кг д.в./га азота и две подкормки по 20-25 кг д.в./га в фазы цветения и интенсивного плодообразования [70].

3. Среднесуммарное водопотребление безрассадных томатов за годы проведенных исследований составило 2830 $м^3$/га без орошения и 3860-4640 $м^3$/га в зависмости от уровня влагообеспеченности. Уменьшение поливных норм на 30% приводило к более эффективному использованию запасов почвенной влаги и осадков, преимущественно за счет транспирации тем самым повышая их долю в суммарном испарении на 4-6% [66, 68].

4. Увеличение уровня влагообеспеченности способствовало повышению доступности питательных веществ из почвы, что приводило к более интенсивному их потреблению и уменьшению содержания нитратов на 39-44%, а фосфатов – на 16% [54, 70, 142].

5. Наивысшую урожайность томатов (82,5 т/га) обеспечивало проведение поливов полными нормами с интервалом 5 дней и применение 190 кг д.в./га азотных удобрений [54-59, 66, 69, 76].

6. Выведенные по результатам исследований зависимости «поливная норма-урожайность», «межполивной период-урожайность», «водопотребление-урожайность» и «удобрение-урожайность» позволяют определить возможные урожаи томатов в безрассадной культуре от уровня влагообеспеченности года и повысить эффективность использования оросительной воды.

7. Капельное орошение с разными интервалами между поливами и различными поливными нормами снижало содержание сухих веществ на 8-13%, общего сахара и витамина С – на 5-11%, кислотность – на 4-7% и на 1-2% содержание нитратов. Тем не менее, качество плодов остается высоким и при 5-дневном интервале между поливами и полной норме выход с единицы площади сухих веществ, общего сахара и витамина С был максимальным [56].

8. Наиболее эффективное использование общих запасов почвенной влаги установлено при проведении поливов с интервалом в пять дней (63,8 $м^3$/т) и применении азотно-фосфорных удобрений ($N_{190}P_{45}$ кг д.в./га) по сравнению с участком без орошения (90,1 $м^3$/т), при этом эффективность испльзования оросительной воды составила 26,0 кг/$м^3$ [66].

9. Внесение удобрений на неорошаемом участке повышало чистый доход на 8-26%. Среди исследуемых факторов более существенное влияние оказало орошение. Независимо от фона удобрений поливы увеличивали чистый доход в 2,1-2,5 раза. Наивысший показатель чистого дохода (8,6 тыс. $/га) получен при назначении поливов с интервалом в 5 дней и применении удобрений в дозе $N_{190}P_{45}$ кг д.в./га. При проведении поливов уменьшенными нормами на 30% величина чистого дохода снижалась на 9-16% [58].

10. Комплексный анализ параметров технологий возделывания безрассадных томатов при капельным орошении с использованием методов оптимизации выявил наивысшее значение усредненного коэффициента (0,94 единицы) при проведении поливов полными нормами с интервалом между поливами в пять дней на фоне рекомендуемых доз удобрений. Выявленная зависимость урожайности от коэффициента оптимизации описывается экспоненциальным уравнением регресии $y = 0{,}2983\, e^{0{,}0138\, x}$ с уровнем аппроксимации R^2 = 0,9759, что позволяет рекомендовать ее для оценки эффективности проводимых технологических мероприятий.

Рекомендации производству

1. Сочетания технологических параметров регулируемых факторов - орошение и удобрение для программирования различных уровней урожайности томата в безрассадной культуре на черноземе обыкновенном при капельном орошении:

- 30 т/га – применение $N_{150}P_{30}$ кг д.в./га без орошения;
- 35 т/га – применение $N_{190}P_{45}$ кг д.в./га без орошенияи;
- 55-60 т/га – капельное орошение сокращенными поливными нормами на 30% с интервалом между поливами 7 дней;
- 65 т/га – капельное орошение полными нормами с интервалом между поливами 5 дней;

  – капельное орошение полными нормами с интервалом между поливами 3 дня и внесение N_{150};

- 70 т/га – капельное орошение полными нормами с интервалом между поливами 7 дней и внесение N_{190};

  – капельное орошение сокращенными на 30% поливными нормами с интервалом между поливами 5 дней и внесение $N_{150}P_{30}$ кг д.в./га;

- 75 т/га – капельное орошение полными нормами с интервалом между поливами 5 дней и внесение N_{150};

- 80 т/га - капельное орошение полными нормами с интервалом между поливами 5 дней и внесение N_{190}.

2. Для программирования различных уровней урожайности томата в безрассадной культуре использовать зависимости: «межполивной период–урожайность», «поливная норма – урожайность», «доза удобрений –урожайность» и «суммарное испарение – урожайность».

ЛИТЕРАТУРА

1. Andrieş S. Starea fondului funciar, măsurile de protecție și folosire rațională. În: Solul – una din problemele principale ale secolului XXI : lucrările conf. intern. șt.-pract. Chișinău: Pontos, 2003, p. 59-76.
2. Bejan N. Irigarea prin picurare: rentabilitate şi stabilitate. În: Agenţia naţională de dezvoltare rurală (ACSA), 2012, p. 7-9.
3. Biroul Naţional de Statistică. http://statbank.statistica.md/pxweb/pxweb/ro/40-Statistica-economica /40/Statistica-economica16-AGR AGR020/AGR020100.px/table/tableViewLayout2/?rxd=b2ff27 d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774 (vizitat 01.06.2018). (150).
4. Burlacu I. Deservirea agrochimică a agriculturii în Republica Moldova. Chișinău: Pontos, 2000. 230 p.
5. Gavriliţă A. Problemele principale in domeniul apelor şi imbunătăţirilor funciare. În: Administrarea resurselor de apă şi pămînturilor irigabile în noile condiţii economice : rezumatele comun. celei de-a treia conf. intern. şt.-pract. „Apele Moldovei”, 25-26 febr. 1998. Chişinău, 1998, p. 17-24.
6. Gumaniuc A. Eficienţa regimurilor de irigare. În: Agricultura Moldovei, 2005, nr 4, p. 15-17.
7. Gumaniuc A. Energetica legumiculturii. În: Agricultura Moldovei, 2005, nr 3, p. 10-11.
8. Gumaniuc A. Irigarea grâului în Moldova. În: Resursele funciare şi acvatice. Valorificarea superioară şi protecţia lor: conf. şt.-pract. consacrate împlinirii a 125 de ani de la naşterea acad. Nicolae Dimo. Chişinău, 1998, vol. 2, p. 202-203.
9. Gumaniuc A. Irigarea și fertilizarea culturilor agricole în condiții de subasigurare cu apă : teza de doct. hab. în șt. agricole. Chișinău, 2006. 377 p.
10. Gumaniuc A. Unele aspecte de irigare subasigurată a lucernei. În: Resursele funciare şi acvatice. Valorificarea superioară şi protecţia lor: tezele conf. şt.-pract. consacrate împlinirii a 125 de ani de la naşterea acad. Nicolae Dimo. Chişinău, 1998, vol. 2, p. 204-205.
11. Irigarea prin picurare în cultura de legume – sfaturile specialiștilor. – 11 februarie 2016. http://agrointel.ro/48713/ (vizitat 13.12.2017).
12. Irigarea prin picurare, necesitatea secolului 21. http://www.fabricadeplante.ro/irigarea-prin-picurare-necesitatea-secolului-21 (vizitat 13.12.2017).
13. Marin I. Seceta unifică agricultorii. Istorii de succes. În: Agenţia naţională de dezvoltare rurală (ACSA), 2012, p. 13-15.
14. Patron P. Fertilitatea solului, îngrășămintele și recolta de legume. În: Solul – una din problemele principale ale secolului XXI: lucrările conf. intern. șt.-pract. Chișinău, 2003, p. 273-274.

15. Răuţa C., Sandu J. Lupta pentru folosirea judicioasa a apei irrigaţionale “picatură-cu-pucatură”. În: Ferme si întreprinderi, 1972, B. 24 (2), p. 16-18.
16. Ţurcanu M.A., Banaru A.Z. ş. a. Îndrumări metodice pentru determinarea bilanţului humusului în solurile Moldovei. Chişinău, 1994. 24 p.
17. Ungureanu V. Problemele productivităţii evaluării şi monitoringului solurilor irigate. În: Administrarea resurselor de apă şi pămînturilor irigabile în noile condiţii economice : rezumatele comun. celei de-a treia conf. intern. şt.-pract. „Apele Moldovei”, 25-26 febr. 1998. Chişinău, 1998, p. 27-28.
18. Zagorcea C. Evoluția circuitului și bilanțului elementelor biofile în agrofitocenozele din Republica Moldova în ultimul secol. Fertilitatea solurilor și ameliorarea lor. În: Resursele funciare şi acvatice. Valorificarea superioară şi protecţia lor: conf. şt.-pract. consacrate împlinirii a 125 de ani de la naşterea acad. Nicolae Dimo. Chişinău, 1998, vol. 2, p. 3-24.
19. Абакумова А.С. Биологические особенности возделывания томатов при различных способах полива : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Астрахань, 2007. 22 с.
20. Абакумова А.С., Бичерев В.А., Ткачева А.И. Зависимость урожайности томата от способа полива. В: Картофель и овощи, 2007, № 3, с. 20.
21. Авдеев Ю.И. Технология томатов в открытом грунте Астраханской области. В: Картофель и овощи, 2014, № 5, с. 7-9.
22. Андрианов А.Д., Андрианов Д.А. Капельный полив и удобрение раннего картофеля повышают урожай и его качество. В: Картофель и Овощи, 2008, № 6, с. 13-14.
23. Адиньяев Э.Д., Доев Т.Т. Сорта, удобрения и орошение картофеля в Северной Осетии. В: Картофель и овощи, 2007, № 4, с. 14.
24. Азарьева И.И. Совершенствование технологии капельного орошения томатов на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2010. 22 с.
25. Айтпаева А.А., Арсланова Р.А., Абакумова А.С. Устойчивое развитие отрасли растениеводства в к(ф)х астраханской области. В: Современные проблемы науки и образования. 2015, № 1-2. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=19843 (vizitat: 05.01.2018).
26. Акимов Ю.О. Капельное орошение и удобрение томатов в зоне светло-каштановых почв Заволжья : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2007. 207 с.
27. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Издательство Московского университета, 1970, 487 с.

28. Ахатов А.К. Мир томата глазами фитопатолога. Москва: Изд-во. «КМК», 2010. 288 с.
29. Ахмедов А.Д., Королев А.А., Давыдов И.А. Водопотребление овощных культур на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья. В: Использование инновационных технологий для решения проблем АПК в современных условиях : материалы междар. науч.-практ. конф. ВГСХА. Волгоград, 2009, с. 292-296.
30. Балакай Г.Т., Воеводина Л.А., Бабичев А.Н. и др. Безопасные системы и технологии капельного орошения. В: Научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ». Москва: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. 52 с.
31. Безбородов Ю.Г., Козыкеева А.Т., Кирейчева Л.В., Жатканбаева А.О. Режим орошения сельскохозяйственных культур при капельном орошении в условиях Жамбылской области Республики Казахстан. www.cawater-info.net/bk/impovement-irrigated_agricultura/files/ bezborodov-et-al.pdf (vizitat 20.12.2017).
32. Безменов А.И. и др. Сельскохозяйственные мелиорации. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1974. 576 с.
33. Бобылев С.Н. Воздействие изменения климата на сельское хозяйство и водные ресурсы. Научные и аналитические статьи. URL: http://www.rusrec.ru/kyoto/articles/art_climate_ agricult.htm (vizitat 20.12.2017).
34. Борисов В.А., Авилов Н.Л. Система минерального питания томатов при капельном орошении в Ростовской области. В: Картофель и овощи, 2013, № 1, с. 14-15.
35. Борисов В.А. Система земледелия и качество продукции в овощеводстве. В: Картофель и овощи, 2011, № 6, с. 15-16.
36. Бородычев В.В., Болдырь А.И., Гуренко В.М., Дмитренко О.М. Потребность овощных культур в минеральном питании при капельном орошении. В: Картофель и овощи, 2005, №8, с. 27-28.
37. Ботнарь В.Ф. Основы управления технологическими процессами возделывания овощных культур в открытом грунте. Кишинэу, 2018. 347 с.
38. Ботнарь В.Ф. Программирование урожаев и управление водным режимом при возделывании овощных культур. În: Buletinul Acad. de Ştiinţe a Moldovei, Ştiinţele Vieţii, 2010, nr 3(312), p. 70-80.
39. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов. Пущино, 1986. 208 с.
40. Быкова А.В., Мальцева Н.Е., Павлова Д.С. и др. Влияние изменения климата на сельское хозяйство. В: Естественные и математические науки в современном мире : материалы 14-й междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2014, № 1(13), с. 76-82.

41. Васюта В.В. Биоэнергетический анализ технологий возделывания огурца и томата при разных способах полива в Южной степи Украины. В: Приволжский научный вестник, 2015, № 10(50), с. 37-41.
42. Влияние капельного орошения на водно-физические свойства почвы, почвенные процессы и микроклимат. http://agropoliv.livejournal.cpm/5697.html (vizitat 01.06.2018).
43. Воеводина Л.А., Снипич Ю.Ф., Чекунов А.Н. Влияние капельного орошения на засоление почв. В: Научный журнал КубГАУ, 2010, № 64(10), с. 1-20.
44. Воеводина Л.А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения. 28.08.2014. http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119 (vizitat 21.10.2016).
45. Гамаюн И.М., Гуманюк А.В., Коровай В.И. и др. Орошение в новых экономических условиях. În: Agricultura Moldovei, 2005, № 4, с. 17-19.
46. Гамаюн И.М., Гуманюк А.В., Коровай В.И. и др. Орошение и удобрение сельскохозяйственных культур – проблема экономическая, государственная или нравственная? В: Экономика Приднестровья, 2003, № 7-8, с. 46-52.
47. Гамаюн И.М., Гуманюк А.В., Коровай В.И. и др. Орошение сельскохозяйственных культур при дефиците водных и материально-технических ресурсов : (рекомендации). Тирасполь: Литера, 2005. 46 с.
48. Гамаюн И.М., Гуманюк А.В. Оросительные системы – стратегический объект Приднестровья. В: Экономика Приднестровья, 2007, № 6, с. 27-31.
49. Гамаюн И.М., Калистру М.М. Приоритетность критических фаз по потребности в воде фаз роста и развития растений. В: Овощебахчевые культуры и картофель. Тирасполь, 2005, с. 322-331.
50. Гарьянова Е.Д., Соколова Г.Ф., Киселева Н.Н., Филатов Г.А. Как повысить эффективность производства томатов при капельном орошении. В: Картофель и овощи, 2007, № 6, с. 15-16.
51. Гожинецкий И.Г. Использование кукурузой элементов минерального питания на карбонатном черноземе. В: Питание и удобрение сельскохозяйственных растений в Молдавии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1967, с. 136-140.
52. **Градинар Д.Г.,** Гуманюк А.В., Ботнарь В.Ф. Капельное орошение – «за» и «против». Обзор украинского опыта. В: Современное состояние и перспективы инновационного развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 85-летию со дня основания науч.-иссл. и-та сельского хозяйства, Тирасполь, 16-17 нояб. 2015 г. Тирасполь, 2015, с. 447-451. ISBN 978-9975-53-552-6.

53. **Градинар Д.Г.**, Гуманюк А.В. Быть или не быть. В: Экономика Приднестровья, 2012, № 9, с. 80-84.

54. **Градинар Д.Г.,** Гуманюк А.В. Воздействие капельного орошения на пищевой режим почвы и на урожайность томата. În: Genetica, fiziologia şi ameliorarea plantelor: materialele conf. şt. intern., 9-10 oct. 2017. Ed. 6-a. Chişinău, 2017, p. 279-283. ISBN 978-9975-56-463-2.

55. **Градинар Д.Г.,** Гуманюк А.В. Капельное орошение безрассадных томатов в Приднестровском регионе. În: Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia, 2017, nr. 2, p. 31-34.

56. **Градинар Д.Г.**, Гуманюк А.В., Майка Л.Г. Совершенствование некоторых элементов технологии капельного орошения безрассадного томата. В: Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку : 3-я міжнородна наук.-практ. конф. / Український інститут експертизи сортів рослин. Киев, 2017, с. 181-182.

57. **Градинар Д.**, Гуманюк АЛ. Оптимизация водного и пищевого режимов в технологии возделывания безрассадных томатов при капельном орошении. În: Biotehnologii avansate – realizări şi perspective: al 4-lea simpoz. naţ. cu participare intern., 3-4 oct. 2016: teze. Chişinău, 2016, p. 82. ISBN 978-9975-56-371-0.

58. **Градинар Д. Г.**, Гуманюк А.В. Перспективы развития капельного орошения в ПМР. В: Проблемы и тенденции развития сельскохозяйственного производства в современных условиях. Тирасполь, 2014, с. 25-29.

59. **Градинар Д.Г.** Лимитирующим фактором высоких урожаев томатов в Молдове всегда был дефицит естественного увлажнения. În: Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia, 2017, nr. 5-6, c. 58-62.

60. **Градинар Д.Г.,** Полтавченко И.В., Гуманюк А.В., Майка Л.Г. Возделывание овощей при капельном орошении. В: Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом : сборник науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2016, вып. 3, с. 11-15.

61. Григоров С.М., Еронова Е.Н. Влияние водного и питательного режимов на продуктивность и качество плодов томата при капельном орошении в пленочных теплицах. В: Известия Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2013, № 1(29), с. 31-37. Disponibil: http://www.volgau.com/Portals/0/static/ izvestiya_auk/izvestiya_2013_29_1.pdf?ver=2013-05-16-115944-283

62. Григоров М.С., Кузнецов Ю.В. Оптимизация агротехнических приемов выращивания томатов для безопасного питания. В: Известиях Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование,

2007, № 3(7), с. 14-19. Disponibil:http://www.volgau.com/Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestia_2007_07_3.pdf?ver=2013-05-16-115920-383 .

63. Григоров С.М., Овчинников А.С., Боровой Е.П., Ахмедов А.Д. Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье. – Волгоград: ГСХА, „Нива”, 2010. 244 с.
64. Григоров С.М., Попов Р.Ю. Эффективность капельного орошения томатов в Волгоградской области. В: Картофель и овощи, 2008, № 6, с. 22-23.
65. Григоров С.М. Продуктивность томатов при капельном орошении в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области. В: Известиях Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2014, №2(34), с. 22-27. Disponibil: http://www.volgau.com/Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestiya_2014__34_2.pdf?ver=2014-06-24-130837-133
66. Гуманюк А.В., Ботнарь В.Ф**. Градинар Д.Г.** Регулирование водного и пищевого режимов при возделывании томата на капельном орошении. В: Наука, техника и образование. Москва, 2018, № 4(45), с. 57-62.
67. Гуманюк А.В., Гамаюн И.М., Божаковская Л.Е. Эффективность водосберегающих режимов орошения рассадного томата. В: Овощебахчевые культуры и картофель. Тирасполь, 2005, с. 332-334.
68. Гуманюк А.В., **Градинар Д.Г**., Божаковская Л.Е. Капельное орошение безрассадного томата. В: Элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошения: сборник науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Астрахань, 2016, с. 66-70.
69. Гуманюк А.В., **Градинар Д.Г.** Капельное орошение безрассадных томатов в Приднестровском регионе. В: Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали 2-і міжнародної наук.-практ. конф., (3 листопада 2016 р., м. Київ) Вінниця Нілан-ЛТД, 2016, с. 168-170.
70. Гуманюк А.В., **Градинар Д. Г.,** Коровай В.И., Майка Л.Г. Роль альтернативного земледелия в сохранении плодородия почв. В: Современное состояние и перспективы инновационного развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 85-летию со дня основания науч.-иссл. и-та сельского хозяйства, Тирасполь, 16-17 нояб. 2015 г. Тирасполь, 2015, с. 455-459. ISBN 978-9975-53-552-6.
71. Гуманюк А.В., Коровай В.И., Андриеш А.Н. и др. Орошение овощных культур в условиях экономического кризиса. В: Овощебахчевые, зерновые культуры и картофель.

Бендеры, 2010, с. 126-134.

72. Гуманюк А.В., Майка Л. Г., **Градинар Д.Г.**, Полтавченко И.В. Некоторые советы по организации капельного орошения. В: Агро партнер, 2017, № 1(1), с. 13-19.
73. Гуманюк А.В. Оптимальные почвенно-физические условия для развития томатов : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Киев, 1982. 21 с.
74. Гуманюк А.В. Отзывчивость томатов на различное содержание свободного почвенного воздуха: В: Почвы Молдавии и их использование в условиях интенсивного земледелия. Кишинев, 1978, с. 60-69.
75. Гуманюк А.В., Пара Н.П., Погребняк А.П. Влияние факторов интенсификации земледелия на плодородие почв. Тирасполь, 2010. 216 с.
76. Гуманюк А.В., Полтавченко И.В., **Градинар Д.Г**., Майка Л.Г. Капельное орошение. В: Ваш огород / Приднестр. НИИ сел. хоз-ва ; отв. ред: Гусева Л.И. Бендеры, 2017, с. 273-282.
77. Гуренко В.М. Обоснование режимов капельного орошения при возделывании ранних томатов с использованием тоннельных укрытий : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2006. 191 с.
78. Дашков В.Н., Капустин Н.Ф., Снежко Э.К. Современные средства механизации для орошения овощных культур. В: Картофель и овощи, 2007, № 1, с. 6-7.
79. Дементьев А.В. Капельное орошение томатов в условиях Волго-Донского Междуречья : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Москва, 2004. 18 с.
80. Докучаев В.В. К вопросу о почвах Бессарабии. В: Почвоведение, 1900, №1. (Переиздано: Кишинев, 1950. 55 с.).
81. Докучаев В.В., Шилер Г.Г., Макаров В.В. Опыт капельного орошения огурца в Ростовской области. В: Картофель и овощи, 2006, № 7, с. 24-25.
82. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
83. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Белик О.А. Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур. В: Достижения науки и техники АПК, 2009, №4, с. 22-25.
84. Дудка В. Капельное орошение овощей. Почему не всегда получается? http://www.zerno-ua.com/?=8999 (vizitat 17.12.2017).
85. Ермаков В.М. Инновационные проекты ресурсосбережения при капельном орошении. В: Картофель и овощи, 2009, № 6, с. 16-18.
86. Еронова Е.Н. Оптимизация режимов орошения и минерального питания томата при капельном поливе в пленочных теплицах на светло-каштановых почвах : дис. на соиск.

уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2009. 194 с.

87. Ершова В.Л. Возделывание томатов в открытом грунте. Кишинев: Штиинца, 1978. 280 с.

88. Жидков В.М., Стручалина Е.В. Оптимальный режим капельного полива томата. В: Картофель и овощи, 2007, № 1, с. 24-27.

89. Жученко А.А., Афанасьев В.Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве: (Методологические и методические рекомендации). Кишинев, 1988. 128 с.

90. Зволинский В.П., Ионова Л.И., Шершнев А.А. Влияние условий минерального питания на урожайность культуры томат в условиях Нижнего Поволжья. В: Известиях Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2012, №4(28), с. 3-5. Disponibil: http://www.volgau.com/Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestiya_ 2012_28_4.pdf?ver=2013-05-16-115944-073

91. Илхамов Н.М., Асатов Ш.И. Оптимизация орошения в Узбекистане. В: Картофель и овощи, 2016, № 10, с. 20-21.

92. Как влияет капельное орошение на изменение водно-физических свойств почвы, микроклимат и почвенные процессы. http://goodcrop.ru/articles/vlianie-kapelnogo-oroshenia/ (vizitat 04.01.2018).

93. Как правильно поливать помидоры в открытом грунте. http://pomidorchik.com/vyrachhivanie/kak-pravilno-polivat-pomidory-v-otkrytom-grunte.html (vizitat 16.01.2018).

94. Капельное орошение, преимущества системы. http://arti.com.ua/kapelnoe-oroshenie.html (vizitat 14.10.2017).

95. Капельное орошение томатов: http://agrodelo.com.ua/ogorod/kapelnoe-oroshenie-tomatov.html (vizitat 31.05.2018).

96. Капельный полив томатов в открытом грунте. Частота полива. http://vyrastisad.ru/kapelnyi-poliv-tomatov-v-otkrytom-grunte.htm (vizitat 07.11.2017).

97. Капельный полив томатов в открытом грунте: http://vyrastisad.ru/kapelyi-poliv-v-otkrytom-grunte.html (vizitat 31.05.2018).

98. Капельный полив томатов и баклажанов. https://uagro.info/rastenievodstvo/agrotekhnologii/ kapelnyi-poliv-tomatov-i-baklazhanov.html (vizitat 08.10.2017).

99. Капельный полив (irritec) http://sadin.ru/products/kapelnyi-poliv-irritec (vizitat 01.06.2018). 151

100. Капустин Н., Снежко Э. Современное дождевальное и капельно-оросительное оборудование в технологии искусственного увлажнения почвы для выращивания

сельскохозяйственных культур АПК. http:belagromech.bi/docs/artrain.pdf (vizitat 16.12.2017).

101. Кинк Х.А. Египет до фараонов. – Москва, 1964. 328 с.

102. Киселева Н.Н., Воронцова А.И. Эффективность различных способов орошения томата в Нижнем Поволжье. В: Экологическая стабилизация аграрного производства. Научные аспекты решения проблемы : сборник докл. науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов, 18-19 марта 2015 г. Саратов, 2015, с. 298-301.

103. Киселева Н.Н. Разработка технологических приемов возделывания томата и перца при капельном орошении : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Астрахань, 2007. 164 с.

104. Кныш В., Наумов А. Промышленная технология выращивания томата на капельном орошении. В: Овощеводство, 2017, № 2(143), с. 26-30.

105. Комисаров А.В., Ишбулатов М.Г., Салихов И.Р. Способы орошения и урожайность картофеля в лесостепной зоне Республики Башкортостан. В: Известия Оренбургского ГАУ, , 2012, вып. 36-1, № 4, с. 53-55.

106. Кордуняну П.Н. О круговороте азота в полеводстве. В: Сельское хозяйство Молдавии, 1974, № 3, с. 40-41.

107. Коринец В.В., Нестеренко И.А., Бочаров В.Н. и др. Технологические приемы возделывания томатов при капельном орошении : рекомендации. Астрахань: Нова, 2007. 7 с.

108. Круг Г. Овощеводство / пер. с нем. В.И. Леунова. Москва: Колос, 2000. 576 с.

109. Кружилин Ю.И. Особенности режима капельного орошения и удобрения томатов для получения запланированных урожаев на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2002. 180 с.

110. Кузин А.И., Пугачев Г.Н., Захаров В.Л. и др. Влияние капельного орошения на изменение физических и химических свойств почвы. В: Политематический сетевой электрон. науч. журн. Кубанского гос. аграр. ун-та, 2017, № 129, с. 1183-1193.

111. Кузнецов Ю.В. Вынос питательных веществ томатом зависит от водного режима почвы. В: Картофель и овощи. 2006, № 5, с. 11-12.

112. Кузнецов Ю.В. Научно-экспериментальное обоснование водосберегающих технологий орошения томатов в Нижнем Поволжье : автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. с.-х. наук. Волгоград, 2011. 47 с.

113. Кузнецов Ю.В. Режим орошения и водопотребление безрассадных томатов на фонах минерального питания при поливе дождевальной машиной «Кубань-ЛК» на светлокаштановых почвах Волгоградского Заволжья : автореф. дис. на соиск. уч. степ.

канд. с.-х. наук. Волгоград, 1995. 23 с.

114. Курбанов С.А., Магомедова Д.С. Эффективная технология производства томатов при капельном орошении в Дагестане. В: Картофель и овощи, 2012, № 7, с. 20.

115. Левицкая Н.Г. Краткий курс лекций по дисциплине «Агроклиматические ресурсы территорий» / ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2016. 42 с.

116. Лемякин Ю.Ю., Скороходов Е.А. Как повысить эффективность производства томатов при капельном орошении. В: Картофель и овощи, 2007, № 6, с. 15-16.

117. Листопадов И.Н., Шапошникова И.М. Плодородие почвы в интенсивном земледелии. Москва: Россельхозиздат, 1984. 205 с.

118. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва, 2011. 648 с.

119. Лудилов В., Алексеев Ю. Практическое семеноводство овощных культур с основами семеноведения. Москва, 2011. 200 с.

120. Матвиец А. Выращивание перца сладкого на капельном орошении в Закарпатье. Технология выращивания. В: Овощеводство, 2010, № 2(62), с. 48-52.

121. Матвиец А. Выращивание перца сладкого на капельном орошении в Закарпатье. В: Овощеводство, 2009, № 11(59), с. 44-49.

122. Минеральное питание растений огурца и томата при капельном орошении. http://www.greenhouses/ mineral-solution-for-drip-irrugation (vizitat 01.06.2018).

123. Недбал А. Календарь Крымского овощевода. В: Овощеводство, 2010, № 6(66), с. 24-29.

124. Недбал А. Орошение – основа высоких урожаев. В: Овощеводство, 2007, № 6(30), с. 12-17.

125. Нестеренко И.А. Водосберегающие элементы технологии возделывания томатов при капельном орошении: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Астрахань, 2007. 22 с.

126. Овощеводство закрытого и открытого грунта. 13.12.2 Особенности ирригации культур: http://www.bibliotekar.ru/7-ovoschi/143.htm (vizitat 31.05.2018).

127. Овчинников А.С., Азарьева И.И. Водный режим почвы и геометрические параметры контура увлажнения при возделывании посевных томатов. В: Известия Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2010, № 1(17), с. 24-28. Disponibil: http://www.volgau.com/Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestia_2010 _17_1.pdf?ver=2013-05-16-115921-153

128. Овчинников А.С., Азарьева И.И. Зона увлажнения почвы как фактор управления ростом корневой системы томатов при капельном орошении. В: Известия

Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2009, № 4(16), с. 43-47. Disponibil: http://www.volgau.com/Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestia_2009__16_4.pdf?ver=2013-05-16-115921-117

129. Овчинников А.С., Азарьева И.И. Особенности распространения влаги в контуре увлажнения при капельном орошении. В: Плодородие, 2010, № 1, с. 29-30.

130. Овчинников А.С., Азарьева И.И. Хозяйственная эффективность фотосинтеза и продуктивность томатов при капельном орошении. В: Известия Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2009, № 4(16), с. 7-12. Disponibil: http://www.volgau.com/Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestia_2009__16_4.pdf?ver=2013-05-16-115921-117

131. Овчинников А.С., Бочарников В.С., Азарьева И.И. Капельное орошение томатов в условиях открытого грунта. В журнале: Вестник Калмыцкого университета, 2014, № 1 (21), с. 27-32.

132. Олексич В.Н., Скрипчинекая Л.В. Физиологическое обоснование оптимального режима орошения винограда капельным способом. « Всесоюзный научно-технический симпозиум 15-19 сентября 1981 г., Кишинев.

133. Олексич В.Н., Кушнаренко М.Д. Физиологическое обоснование повышения продуктивности яблони при капельном орошении.• Всесоюзный научно-технический симпозиум 15-19 сентября I98I г., Кишинев.

134. Особенности питания и удобрение томата в открытом и защищенном грунте. Влияние удобрений на качество продукции : https://studopedia.org/8-56338.html (vizitat 31.05.2018).

135. Пара Н.П., Майдурова В.Е., Коломойченко В.Н. Продуктивность культур овоще-зернового севооборота в зависимости от уровня плодородия почвы и удобрений. В: Достижения, проблемы и перспективы развития орошаемого земледелия и овощеводства Молдавии : тезисы докл. республ. науч.-практ. конф. Кишинев, 1984, с. 143-144.

136. Пашковский А. Особенности удобрения овощных культур при капельном орошении. В: Овощеводство, 2009, № 7(55), с. 52-55.

137. Перекрестов Н.В. Выращивание овощных культур при капельном орошении в Нижнем Поволжье. В: Проблемы, состояние комплексных мелиораций и их роль в обеспечении продовольственной безопасности России : сборник науч. тр. ВГСХА. Волгоград, 2010, с. 207-216.

138. Перекрестов Н.В. Выращивание овощных культур при капельном орошении на Юге России. В: Аридное землепользование – способы и технологии интенсификации. Москва, 2009, с. 69-72.
139. Перекрестов Н.В. Применение минеральных удобрений и капельного орошения томатов на мелиорированных светло-каштановых почвах Астраханской области. В: Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011, № 6(80), с. 15-17.
140. Пиров Т.Т. Урожай и сохранность лука при различных режимах орошения. В: Картофель и овощи, 2001, № 2, с. 42.
141. Показатели мирового развития. Индикатор: Потребление удобрений. http://data.trendeconomy.ru/dataviewer/wb/wdb/wdi?ref area=MDA&series=AG CO N FERT ZS (vizitat 03.12.2017).
142. Полтавченко И.В., **Градинар Д.Г.** Оптимизация водного режима почвы с целью повышения ее плодородия. В: Академику Л. С. Бергу – 140 лет: сборник научных статей = Academician Leo Berg – 140: collection of scientific articles. Бендеры: Eco-TIRAS, 2016 (Tipogr. „Elan Poligraf”). с. 608-610. ISBN 978-9975-66-515-5.
143.Помидоры. Выращивание в открытом грунте: http://www.art-pen.ru/pomidory-Vyrashivanie-v-otkrytom-grunte/ (vizitat 31.05.2018).
144. Попова В.П., Фоменко Т.Г. Изменение свойств черноземных почв при капельном орошении плодовых насаждений. В: Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2010, № 4, с. 26-27.
145. Попов Р.Ю. Режим капельного орошения томатов в правобережье реки Волги Волгоградской области : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2003. 180 с.
146. Потепление климата в ближайшие десять лет не обернется катастрофой: https://ria.ru/eco/ 20050324/39567586.html (vizitat 31.05.2018).
147. Преимущества капельной ленты с близко расположенными капельницами. Выведение солей из почвы. http://agrostimul.com.ua/help/item/20-closer-Emitters-better-results.html (vizitat 27.01.2018).
148. Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И. Продуктивность томатов при капельном орошении на черноземе южном. В: Вавиловские чтения – 2014 : сборник ст. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 127 годовщине со дня рожд. акад. Н.И. Вавилова. Саратов, 2014, с. 67-70.
149. Пряхина С.И., Васильева М.Ю. Природно-ресурсный потенциал зернового производства Саратовской области. Саратов: ИЦ «Наука», 2015. 104 с.
150. Редер Д.Г. Экономическое развитие Нижнего Египта (Дельты) в архаический период (V-IV тысячелетия до н.э.). В: Древний Египет. Москва, 1960, с. 28-36.

151. Роде А.А. Толковый словарь по почвоведению. Москва: Наука, 1975. 290 с.

152. Ромащенко М., Шатковский А., Рябков С. Капельное орошение овощных культур. История, современное состояние и перспективы развития в Украине. В: Овощеводство, 2009, № 2(50), с. 66-70.

153. Ромащенко М., Шатковский А. Система удобрений овощных культур при микроорошении. В: Овощеводство, 2007, № 9(33), с. 60-62.

154. Ромащенко М., Шатковский А., Усатая Л, Черевичный Ю. Особенности применения систем капельного орошения в овощеводстве открытого грунта. В: Овощеводство, 2011, № 9(81), с. 66-69.

155. Ромащенко М., Шатковский А., Черевичный Ю. Водопотребление и урожайность томата для комбайновой уборки на капельном орошении. В: Овощеводство, 2011, № 1(73), с. 64-67.

156. Семена Н. Овощеводство XXI столетия: стратегия и технологии для Крыма. В: Овощеводство, 2010, № 7(67), с. 70-71.

157. Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкина Е.И., Чушкин А.Н. Обеспечение качества плодов томата при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды. В: Известия Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2014, № 3(35), с. 73-78. Disponibil: http://www.volgau.com /Portals/0/static/izvestiya_auk/izvestiya_2014_35_3.pdf?ver=2014-09-24-161112-007

158. Скуртул А.Г., Гамаюн И.М., Гаврильченко В.З. Прогнозирование сроков полива – основа урожая на орошаемых землях. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1987. 72 с.

159. Снеговой В.С., Харчук О.А., Бучков Н.Д. Оросительные нормы и водопотребление яблони при капельном орошении. В: Водные ресурсы Молдавии. Отв. ред. В.С. Снеговой. Кишинев, «Штиинца», 1985, с. 66-76.

160. Стручалина Е.В. Режим орошения при капельном поливе томата в условиях защищенного грунта : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2008. 147 с.

161. Схаплок Ю.И. Орошаем правильно. Мы можем значительно влиять на урожайность и качество продукции путем корректировки отдельных факторов. http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2016/12/12_2015_kio.pdf (vizitat 06.09.2017).

162. Технологические карты по возделыванию овощебахчевых культур и картофеля на орошаемых землях. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1984. 112 с.

163. Технология выращивания томатов посевных и рассадных в открытом грунте. http://agroua.net/plant/catalog/cg-8/c-28/info/cag-371/ca-34/ (vizitat 31.05.2018)

164. Технология капельного орошения. http://vsego-nechego.ucoz.ru/publ/1/1-1-0-7 (vizitat

07.09.2017).
165. Томаты. Одна капельная линия на два ряда. http://aik.su/?q=tomatoes (vizitat 04.02.2018).
166. Точиев А.М., Базгиев М.А., Кодзоев М.М., Костоева Л.Ю. Технология возделывания томатов в условиях закрытого грунта и использованием капельного орошения. В: Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. Волгоград, 2016, с. 128-136.
167. Требования к почве и питательным веществам http://www.ovoschevodstvo.ru/tomat/trebovanija-k-pochve-i-pitateljnym-veshestvam.html (vizitat 31.05.2018).
168. Тукалова Е.И., Майдурова В.Е., Вуколова В.И. и др. Систематическое применение удобрений при орошении. Кишинев: Штиинца, 1982. 224 с.
169. Тукалова Е.И., Хорт М.И., Ильин И.Р. Результаты исследований по применению удобрений под овощные культуры и картофель. В: Молдавский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия и овощеводства (МолдНИИОЗиО) : труды. Кишинев, 1968, т. 9, с. 189-205.
170. Тымчук В.М. Проблемы технологии и орошения. https://www.agroone.info/publication/problemy-tehnologii-i-orosheniia/ (vizitat 18.02.2018).
171. Удовенко А.И. Выращивание томатов на капельном орошении для консервной промышленности в условиях КБР. http//www.yug-poliv.ru/article/tekhnologii_vyrashivaniya /vyrashcivannie_tomatov_na_kapelnom_oroshenii_dlya_konservnoy_ promyshlennosti_v_uslovii (vizitat 04.02.2018).
172. Унгуряну Ф.В. Засоление земель при капельном орошении. Москва, 1986. 48 с.
173. Урожай в капле воды. В: Картофель и овощи, 2016, № 11, с. 7-8.
174. УРСУ А.Ф., СИНКЕВИЧ З.А. Охрана почв в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1988. 116 с.
175. Уход за помидорами в открытом грунте. Полив помидор. https://sad6sotok.ru/помидоры-в-открытом-грунте.html ZS (vizitat 01.06.2018).
176. Федосеева В.А. Режимы капельного орошения и удобрения томатов в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2009. 20 с.
177. Филатов Г.А. Выращивание сортов, гибридов F_1 томата под временными синтетическими укрытиями при капельном орошении : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Астрахань, 2007. 17 с.
178. Филин В.И., Филин В.В. Управление водным и питательным режимами каштановой

почвы с целью получения планируемых урожаев томата. В: Известия Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2011, № 2(22), с. 40-47.

179. Флюрцэ И.С. Орошение плодовых культур. Кишинев: Картя Молдовеняска, 1982. - 105 с.

180. Фоменко Ю.П. Режим орошения и удобрения томатов для получения планируемых урожаев при дождевании на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья : дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. Волгоград, 2009. 180 с.

181. Хвощева Б.Г., Ионова З.М. Применение удобрений и орошения в странах мира. Москва, 1982. 40 с.

182. Ходяков Е.А. Научное обоснование режима орошения сельскохозяйственных культур при использовании ресурсосберегающих способов полива для получения планируемых урожаев в Нижнем Поволжье : автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. с.-х. наук. Волгоград, 2002. 25 с.

183. Цуркан М.А., Андриеш С.В., Туртуряну Н.А., Донос А.И. Методические указания по определению баланса питательных веществ в земледелии Молдавской ССР. Кишинев, 1989. 20 с.

184. Шатковский А., Ковальчук Е. Орошение овощных культур в Израиле. В: Овощеводство, 2007, № 3(27), с. 64-67.

185. Шатковский А., Черевичный Ю. Водопотребление и продуктивность овощных культур и картофеля при капельном орошении. В: Овощеводство, 2012, № 6(90), с. 72-76.

186. Шатковский А., Черевичный Ю. Горький перец на капельном орошении. В: Овощеводство, 2010, № 9(69), с. 52-55.

187. Шатковский А., Черевичный Ю. Микроорошение как основной фактор минимизации рисков в овощеводстве открытого грунта. В: Овощеводство, 2011, № 10(82), с. 70-72.

188. Шатковский А., Черевичный Ю., Павловский В. Технология выращивания сахарной кукурузы на капельном орошении. В: Овощеводство, 2010, № 2(62), с. 53-55.

189. Шатковский А., Черевичный Ю., Павловский В. Технология выращивания сахарной кукурузы на капельном орошении. В: Овощеводство, 2010, № 3(63), с. 74-76.

190. Шатковский А., Черевичный Ю. Способы и виды поливов овощных культур. В: Овощеводство, 2011, № 4(76), с. 68-71.

191. Шатковский А., Черевичный Ю. Требования овощных культур и картофеля к водному режиму почв. В: Овощеводство, 2011, № 3(75), с. 56-59.

192. Штефырцэ А.А. Физиологические особенности яблони в условиях различных

способов полива: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. б. наук. Кишинев, 1975. 28 с.

193. Штойко Д.А. Водопотребление и режим орошения сельскохозяйственных культур. Орошаемое земледелие на Украине. Киев: Урожай, 1971. 276 с.

194. Шумаков Б.Б., Мустяца И.Д. и др. Методические рекомендации по определению энергетической эффективности орошения. Москва, 1989. 42 с.

195. Якунин Д.А., Мусаелян С.М. Прогнозы воздействия изменения климата на сельское хозяйство в Нижнем Поволжье. В: Известия Нижневолжского Агроуниверситетского Комплекса. Наука и высшее профессиональное образование, 2011, № 2(22), с. 80-87.

196. Alvino A., Zebri G. Resa di alcune cv di pomodoro in relazione a diversi regimi irrigut. In: Irrigazione, 1983, vol. 30, nr 3/4, p. 27-32.

197. Bioline™ AS. http://www.netafim.com/product/bioline-as (vizitat 21.03.2017).

198. Burt, C.M. Leaching of Accumulated Soil Salinity under Drip Irrigation. www.itrc.org/papers /leaching/leaching.pdf. (vizitat 19.03.2017).

199. Burt, C.M. Long-Term Salinity Buildup on Drip/Micro Irrigated Trees in California http://www.itrc.org/papers/dripmicrotrees/dripmicrotrees.pdf. (vizitat 19.03.2017).

200. Climate Change and Its Impacts: A Global Perspective. 1997, U.K. Meteorological Office. URL: http://cedadocs.badc.rl.ac.uk/237/ (vizitat 20.12.2013).

201. Cocroft B., Olsen K.A. Degradation of soil structure due to coalescence of aggregates in no-till, no traffic bed in irrigated crops. In: Australian journal of soil research, 2000, vol. 38, nr 1, p. 61-70.

202. Decroix M., Puech J. Le pilotage de l'irrigation a la parcelle. In: Perrier A., Riou C. Les besoisen eau des cultures : conf. intern. Versailles (France), 11-14 sept. 1984. Paris, 1985, p. 693-724.

203. Dîrja M., Budiu V., Păcurar I. și Jurian M. Research regarding the water consumption of tomatoes, green pepeer and cucumbers cultivated in solariums. In: Journal Central European Agriculture, 2003, vol. 4, nr 3, p. 265-272.

204. Energetika zemedelske vyrobi v evropskych sociubistckych. In: Meliorace. Praha, 1984, vol. 20, nr 1, p. 37-43.

205. Khan M.H., Chattha N.H., Saleem N. Influence of different irrigation intervals on growth and yield of bell pepper. In: Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2005, nr 1(2), p. 125-128.

206. Lanyon D.A., Cass A., Olsson K.A., Cocroft B. The dynamics of soil physical properties in a water stable soil: the effect of irrigation rate aggregate size distribution and overburden pressure. In: Proceedings of the 4th International Conference on Soil Dynamics [electronic resource]. Adelaide, Australia, March 26-30, 2000. Adelaide, 2000, p. 415-422.

207. National Engineering Handbook, Part 623, Chapter 7. Trickle Irrigation, 1984, p. 328-346.
208. Neilsen G.H., Neilsen R.D., Peryca F. Response of soil and irrigated fruit treks to fertigation or broadcast application of nitrogen Phosphorus and Potassium. In: Horttechnology, 1999, vol. 9, nr 3, p. 391-401.
209. Neilsen G.H., Parchomchuk P., Neilsen R.D. Irrigation frequency and quantity affect root and top growth of fertigated «McIntosh» apple on M9, M26 and M7 rootstock. In: Canadian journal of plant science, 1977, vol. 71, nr 1, p. 133-139.
210. Onsite sewage trench and drip irrigation system design. http://www.awa.asn.au/uploadedFiles /Onsite-Swage-Trench-and-drip-irrigation-syst-design-ARTICLE.pdf. (vizitat 13.04.2017).
211. Reiders F. B. Micro-irrigation: world overview on technology and utilization. In: Keynote address at the opening of the 7th International Micro Irrigation Congress in Kuala Lumpur. Malaysia, 2006, p. 323-345.
212. Rogers, D.H., Lamm F.R., Trooien T.P. et al. Subsurface Drip Irrigation (SDI) with Livestock Wastewater. MF-2727. http://www.ksre.ksu.edu/libra-ry/h20ql2/ mf2727.pdf.
213. Rubino P., Tarantino E. Distribuzione dei consumi idrici del pomodoro da industria nel Metapontino. In: Revista di Agronomia, 1984, vol. 18, nr 1, p. 21-27.
214. Salgato E., Ahumada R., Ribble I., Gacse H. Soil physical properties under two irrigation systems in the upper Aconcagua Valley of Chile. In: Festschrift fur Bewässcrungswirtschaft, 2004, bd. 39, s. 93-102.
215. Shmueli M. Field observation plots and experiments in the use of trickle irrigation in orchards and vines. In: British Columbia Orchardist, 1974, vol. 14(1).
216. Технологія Вирощування Томата При Краплинному Зрошенні : http://agromarket.ftes.info/notes/tehnologiya-vyrashchivaniya-tomata-pri-kapelnom-oroshenii/2534.html (vizitat 31.05.2018).
217. Trooien, T.P. [et al].Subsurface Drip Irrigation Using Livestock Wastewater http://www.ksre.ksu. edu/sdi/Reports/2000/SDILWaste.pdf (vizitat 27.01.2018).
218. Yaron B., Shalhevet J., Shimshi D. Patterns of salt distribution under trickle irrigation. In: Ecological Studies: Physical aspect of soil water and salt in ecosystems, 1972, vol.4, p. 389-394.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Поливные режимы томата безрассадного

Таблица П 1.1. Параметры поливного режима

Показатель	Поливная норма	Межполивной период, дни	Год				Среднее
			2014	2015	2016	2017	
Количество поливов	m	3	14	18	13	15	15
		5	11	13	11	10	11
		7	5	10	8	8	8
	0,7 m	3	14	18	13	15	15
		5	11	13	11	10	11
		7	5	10	8	8	8
Оросительная норма, м^3/га	m	3	1730	1580	2010	2040	1840
		5	2140	1900	2600	2080	2180
		7	1380	1990	2520	2090	1995
	0,7 m	3	1350	1140	1550	1560	1400
		5	1600	1300	1930	1590	1605
		7	1100	1430	1910	1600	1510
Суммарное испарение из слоя 0-100 см, м^3/га	Без орошения		2550	2790	3170	2800	2830
	m	3	3920	4100	4780	4640	4360
		5	3980	4360	5390	4830	4640
		7	3600	4440	5180	4830	4510
	0,7 m	3	3780	3910	3500	4270	3860
		5	4080	4030	4920	4310	4330
		7	3680	4140	5030	4280	4280
Сбросы осадков из слоя 0-100 см, м^3/га	Без орошения		60	0	380	504	236
	m	3	220	210	590	504	381
		5	360	340	590	504	448
		7	390	340	590	504	456
	0,7 m	3	170	30	680	504	346
		5	210	80	470	504	316
		7	240	120	470	504	333

Приложение 2. Урожайность томата по годам исследований

Таблица П 2.1. Урожайность томата при капельном орошении в 2014 году

Вид удобре-ний	Вариант орошения		Доза удобрений				**Среднее**
	Межпо-ливной период	Полив-ная норма	б/у	1	2	3	
***Азотно-фосфорные**	Без орошения		18,6	27,5	22,8	21,6	**22,6**
	3 дня	m	34,6	42,7	47,8	51,3	**44,1**
		0,7 m	35,8	39,9	43,0	34,7	**38,4**
	5 дней	m	44,1	57,7	61,2	44,5	**51,9**
		0,7 m	39,2	49,3	36,6	42,6	**41,9**
	7 дней	m	39,9	42,1	35,8	40,6	**39,6**
		0,7 m	35,7	36,6	37,6	40,2	**37,5**
	Среднее	**m**	**39,5**	**47,5**	**48,3**	**45,5**	**45,2**
		0,7 m	**36,9**	**41,9**	**39,1**	**39,2**	**39,3**
Среднее			**35,4**	**42,3**	**40,7**	**39,4**	**39,4**
****Азотные**	Без орошения		17,6	26,6	23,8	24,6	**23,2**
	3 дня	m	33,5	40,9	46,8	51,0	**43,0**
		0,7 m	34,6	37,9	44,2	36,3	**38,2**
	5 дней	m	45,2	56,9	59,9	47,8	**52,4**
		0,7 m	40,3	47,4	46,6	44,7	**44,8**
	7 дней	m	38,6	41,2	37,9	41,4	**39,8**
		0,7 m	35,6	36,8	38,5	41,3	**38,0**
	Среднее	**m**	**39,1**	**46,3**	**48,2**	**46,7**	**45,1**
		0,7 m	**36,8**	**40,7**	**43,1**	**40,8**	**40,4**
Среднее			**35,1**	**41,1**	**42,5**	**41,1**	**40,0**
Действие факторов	дозы удобрений		**35,2**	**41,7**	**41,6**	**40,2**	**39,7**
	Без орошения		**18,1**	**27,0**	**23,3**	**23,1**	**22,9**
	Меж-полив-ного периода	3	**34,6**	**40,4**	**45,4**	**43,3**	**40,9**
		5	**42,2**	**52,8**	**51,1**	**44,9**	**47,8**
		7	**37,4**	**39,2**	**37,4**	**40,9**	**38,7**
	Полив-ной нормы	m	**39,3**	**46,9**	**48,2**	**46,1**	**45,1**
		0,7 m	**36,8**	**41,3**	**41,1**	**40,0**	**39,8**
НСР$_{0,95}$ для фактора: межполивной период – 1,5 т/га поливная норма - 1,5 т/га удобрение - 2,1 т/га взаимодействий - 4,1 т/га							

*Азотно-фосфорные – 1) $N_{150}P_{30}$; 2) $N_{190}P_{45}$; 3) $N_{230}P_{60}$.

** Азотные – 1) N_{150}; 2) N_{190}; 3) N_{230}.

Таблица П 2.2. Урожайность томата при капельном орошении в 2015 году

Вид удобре-ний	Вариант орошения		Доза удобрений				**Среднее**
	Межпо-ливной период	Полив-ная норма	б/у	1	2	3	
***Азотно-фосфорные**	Без орошения		27,5	31,1	31,6	35,7	31,5
	3 дня	m	66,1	88,3	92,8	86,1	83,3
		0,7 m	63,9	66,7	68,2	61,9	65,2
		среднее	**65,0**	**77,5**	**80,5**	**74,0**	**74,3**
	5 дней	m	76,3	95,4	87,8	92,3	87,9
		0,7 m	73,0	76,0	89,4	89,3	81,9
		среднее	**74,6**	**85,7**	**88,6**	**90,8**	**84,9**
	7 дней	m	81,1	80,2	72,2	78,8	78,0
		0,7 m	67,6	70,0	80,5	74,5	73,1
		среднее	**74,4**	**75,1**	**76,4**	**76,7**	**75,6**
	Среднее	**m**	**74,5**	**87,9**	**84,3**	**85,7**	**83,1**
		0,7 m	**68,2**	**70,9**	**79,4**	**75,2**	**73,4**
Среднее			**65,1**	**72,5**	**74,6**	**74,1**	**71,6**
****Азотные**	Без орошения		30,4	35,7	34,7	30,3	32,7
	3 дня	m	71,0	83,0	97,5	94,3	86,4
		0,7 m	71,8	66,4	68,9	67,4	68,6
		среднее	**71,4**	**74,7**	**83,2**	**80,8**	**77,5**
	5 дней	m	81,2	86,4	108,4	101,4	94,3
		0,7 m	69,0	81,9	88,2	80,1	79,8
		среднее	**75,1**	**84,1**	**98,3**	**90,8**	**87,0**
	7 дней	m	76,3	78,6	93,7	90,4	84,7
		0,7 m	69,2	77,9	79,6	70,4	74,3
		среднее	**72,7**	**78,3**	**86,7**	**80,4**	**79,5**
	Среднее	**m**	**76,2**	**82,7**	**99,9**	**95,4**	**88,6**
		0,7 m	**70,0**	**75,4**	**78,9**	**72,6**	**74,2**
Среднее			**67,0**	**72,8**	**81,6**	**76,3**	**74,4**
Действие факторов	дозы удобрений		**66,0**	**72,6**	**78,1**	**75,2**	**73,0**
	Без орошения		**29,0**	**33,4**	**33,2**	**33,0**	**32,1**
	Меж-полив-ного периода	3	**68,2**	**76,1**	**81,8**	**77,4**	**75,9**
		5	**74,8**	**84,9**	**93,4**	**90,8**	**86,0**
		7	**73,6**	**76,7**	**81,6**	**78,6**	**77,6**
	Полив-ной нормы	m	**75,4**	**85,3**	**92,1**	**90,6**	**85,8**
		0,7 m	**69,1**	**73,2**	**79,2**	**73,9**	**73,8**
НСР$_{0,95}$ для фактора: межполивной период – 3,2 т/га поливная норма - 3,2 т/га удобрение - 3,6 т/га взаимодействий - 10,8 т/га							

*Азотно-фосфорные – 1) $N_{150}P_{30}$; 2) $N_{190}P_{45}$; 3) $N_{230}P_{60}$.

** Азотные – 1) N_{150}; 2) N_{190}; 3) N_{230}.

Таблица П 2.3. Урожайность томата при капельном орошении в 2016 году

Вид удобре-ний	Вариант орошения		Доза удобрений				**Среднее**
	Межпо-ливной период	Полив-ная норма	б/у	1	2	3	
***Азотно-фосфорные**	Без орошения		**27,5**	**31,4**	**36,2**	**31,3**	**31,6**
	3 дня	m	64,3	75,7	75,4	76,8	73,0
		0,7 m	54,4	57,2	69,0	72,5	63,3
		среднее	**59,4**	**66,4**	**72,2**	**74,6**	**68,2**
	5 дней	m	68,6	76,0	75,7	84,5	76,2
		0,7 m	54,1	76,0	78,2	78,2	71,6
		среднее	**61,4**	**76,0**	**77,0**	**81,4**	**73,9**
	7 дней	m	58,2	72,8	81,4	69,1	70,4
		0,7 m	58,0	60,5	81,8	74,6	68,7
		среднее	**58,1**	**66,6**	**81,6**	**71,8**	**69,6**
	Среднее	**m**	**63,7**	**74,8**	**77,5**	**76,8**	**73,2**
		0,7 m	**55,5**	**64,6**	**76,3**	**75,1**	**67,9**
Среднее			**59,6**	**69,7**	**76,9**	**76,0**	**70,6**
****Азотные**	Без орошения		**25,0**	**28,6**	**28,6**	**27,5**	**27,4**
	3 дня	m	58,9	62,8	71,2	65,0	64,5
		0,7 m	49,6	51,4	57,5	52,5	52,8
		среднее	**54,2**	**57,1**	**64,4**	**58,8**	**58,6**
	5 дней	m	58,6	76,1	72,8	72,2	69,9
		0,7 m	53,2	56,6	73,6	52,1	58,9
		среднее	**55,9**	**66,4**	**73,2**	**62,1**	**64,4**
	7 дней	m	66,4	70,7	76,6	73,9	71,9
		0,7 m	48,4	50,2	58,9	58,2	53,9
		среднее	**57,4**	**60,4**	**67,8**	**66,0**	**62,9**
	Среднее	**m**	**61,3**	**69,9**	**73,5**	**70,4**	**68,8**
		0,7 m	**50,4**	**52,7**	**63,3**	**54,3**	**55,2**
Среднее			**55,8**	**61,3**	**68,4**	**62,4**	**62,0**
Действие факторов	дозы удобрений		**57,7**	**65,5**	**72,6**	**69,2**	**66,3**
	Без орошения		**26,2**	**30,0**	**32,4**	**29,4**	**29,5**
	Меж-полив-ного периода	3	**56,8**	**61,8**	**68,3**	**66,7**	**63,4**
		5	**58,6**	**71,2**	**75,1**	**71,8**	**69,2**
		7	**57,8**	**63,5**	**74,7**	**68,9**	**66,2**
	Полив-ной нормы	m	**62,5**	**72,4**	**75,5**	**73,6**	**71,0**
		0,7 m	**53,0**	**58,6**	**69,8**	**64,7**	**61,6**
НСР$_{0,95}$ для фактора: межполивной период – 2,4 т/га поливная норма - 2,4 т/га удобрение - 2,8 т/га взаимодействий - 8,8 т/га							

*Азотно-фосфорные – 1) $N_{150}P_{30}$; 2) $N_{190}P_{45}$; 3) $N_{230}P_{60}$.

** Азотные – 1) N_{150}; 2) N_{190}; 3) N_{230}.

Таблица П 2.4. Общая урожайность томата при капельном орошении в 2017 году

Вид удобрений	Вариант орошения		Доза удобрений				Среднее
	Межполивной период	Поливная норма	б/у	1	2	3	
***Азотно-фосфорные**	**Без орошения**		**38,0**	**42,3**	**41,4**	**46,1**	**42,0**
	3 дня	m	70,5	83,4	92,3	100,3	86,6
		0,7 m	63,7	69,1	80,6	109,3	80,7
		среднее	**67,1**	**76,2**	**86,4**	**104,8**	**83,6**
	5 дней	m	74,4	77,8	75,4	79,9	76,9
		0,7 m	65,4	81,2	83,7	83,7	78,5
		среднее	**69,9**	**79,5**	**79,6**	**81,8**	**77,7**
	7 дней	m	62,5	66,4	77,3	82,6	72,2
		0,7 m	78,1	78,9	80,7	76,7	78,6
		среднее	**70,3**	**72,6**	**79,0**	**79,6**	**75,4**
	Среднее	**m**	**69,1**	**75,9**	**81,7**	**87,6**	**78,6**
		0,7 m	**69,1**	**76,4**	**81,7**	**89,9**	**79,3**
Среднее			**64,7**	**71,3**	**75,9**	**82,7**	**73,6**
****Азотные**	**Без орошения**		**34,9**	**35,5**	**40,9**	**43,7**	**39,0**
	3 дня	m	68,1	69,7	69,5	75,0	70,6
		0,7 m	69,8	78,7	78,7	77,5	76,2
		среднее	**69,0**	**74,2**	**74,1**	**76,2**	**73,4**
	5 дней	m	73,1	76,7	88,7	76,8	78,8
		0,7 m	72,7	77,5	81,7	83,9	78,9
		среднее	**72,9**	**77,1**	**85,2**	**80,4**	**78,9**
	7 дней	m	72,5	82,3	78,2	73,9	76,7
		0,7 m	61,6	81,6	104,1	90,1	84,3
		среднее	**67,0**	**82,0**	**91,2**	**82,0**	**80,5**
	Среднее	**m**	**71,2**	**76,2**	**78,8**	**75,2**	**75,4**
		0,7 m	**68,0**	**79,3**	**88,2**	**83,8**	**79,8**
Среднее			**64,8**	**71,7**	**77,4**	**74,4**	**72,1**
Действие факторов	дозы удобрений		**64,8**	**71,5**	**76,6**	**78,6**	**72,9**
	Без орошения		**36,5**	**38,9**	**41,2**	**44,9**	**40,5**
	Межполивного периода	3	**68,1**	**75,2**	**80,3**	**90,5**	**78,5**
		5	**71,4**	**78,3**	**82,4**	**81,1**	**78,3**
		7	**68,7**	**77,3**	**85,1**	**80,8**	**78,0**
	Поливной нормы	m	**70,2**	**76,1**	**80,3**	**81,4**	**77,0**
		0,7 m	**68,6**	**77,8**	**85,0**	**86,9**	**79,6**
НСР$_{0,95}$ для фактора: межполивной период – 3,8 т/га поливная норма - 3,8 т/га удобрение - 4,2 т/га взаимодействий - 11,3 т/га							

*Азотно-фосфорные – 1) $N_{150}P_{30}$; 2) $N_{190}P_{45}$; 3) $N_{230}P_{60}$.

** Азотные – 1) N_{150}; 2) N_{190}; 3) N_{230}.

Приложение 3. Развитие томата при различных режимах орошения

Рисунок П 3.1. Томаты без орошения

Рисунок П 3.2. Томаты при капельном орошении с интервалом между поливами в 3 дня

Рисунок П 3.3. Томаты при капельном орошении с интервалом между поливами в 5 дней

Рисунок П 3.4. Поле томатов перед началом уборки

Таблица П 4.1. Приходная часть баланса питательных веществ, кг/га

Вариант			**N**					**P_2O_5**				**K_2O**		
Межп. период	Полив. норма	Доза удобр.	Удобрения	Осадки	Поливная вода	Несимбиотическая фиксация	Всего	Удобрения	Осадки	Поливная вода	Всего	Осадки	Поливная вода	Всего
Без орошения		б/у	-	7	-	7	**14**	-	1	-	**1**	7	-	**7**
		$N_{150}P_{30}$	150	7	-	7	**164**	30	1	-	**31**	7	-	**7**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	-	7	**204**	45	1	-	**46**	7	-	**7**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	-	7	**244**	60	1	-	**61**	7	-	**7**
3 дня	0,7 m	б/у	-	7	3	7	**17**	-	1	1	**2**	7	15	**22**
		$N_{150}P_{30}$	150	7	3	7	**167**	30	1	1	**32**	7	15	**22**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	3	7	**207**	45	1	1	**47**	7	15	**22**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	3	7	**247**	60	1	1	**62**	7	15	**22**
	m	б/у	-	7	4	7	**18**	-	1	1	**2**	7	20	**27**
		$N_{150}P_{30}$	150	7	4	7	**168**	30	1	1	**32**	7	20	**27**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	4	7	**208**	45	1	1	**47**	7	20	**27**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	4	7	**248**	60	1	1	**62**	7	20	**27**
5 дней	0,7 m	б/у	-	7	3	7	**17**	-	1	1	**2**	7	18	**25**
		$N_{150}P_{30}$	150	7	3	7	**167**	30	1	1	**32**	7	18	**25**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	3	7	**207**	45	1	1	**47**	7	18	**25**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	3	7	**247**	60	1	1	**62**	7	18	**25**
	m	б/у	-	7	4	7	**18**	-	1	1	**2**	7	24	**31**
		$N_{150}P_{30}$	150	7	4	7	**168**	30	1	1	**32**	7	24	**31**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	4	7	**208**	45	1	1	**47**	7	24	**31**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	4	7	**248**	60	1	1	**62**	7	24	**31**
7 дней	0,7 m	б/у	-	7	3	7	**17**	-	1	1	**2**	7	17	**24**
		$N_{150}P_{30}$	150	7	3	7	**167**	30	1	1	**32**	7	17	**24**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	3	7	**207**	45	1	1	**47**	7	17	**24**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	3	7	**247**	60	1	1	**62**	7	17	**24**
	m	б/у	-	7	4	7	**18**	-	1	1	**2**	7	22	**29**

		$N_{150}P_{30}$	150	7	4	7	**168**	30	1	1	**32**	7	22	**29**
		$N_{190}P_{45}$	190	7	4	7	**208**	45	1	1	**47**	7	22	**29**
		$N_{230}P_{60}$	230	7	4	7	**248**	60	1	1	**62**	7	22	**29**
Без орошения		б/у	-	7	-	7	**14**	-	1	-	**1**	7	-	**7**
		N_{150}	150	7	-	7	**164**	-	1	-	**1**	7	-	**7**
		N_{190}	190	7	-	7	**204**	-	1	-	**1**	7	-	**7**
		N_{230}	230	7	-	7	**244**	-	1	-	**1**	7	-	**7**
3 дня	0,7 m	б/у	-	7	3	7	**17**	-	1	1	**2**	7	15	**22**
		N_{150}	150	7	3	7	**167**	-	1	1	**2**	7	15	**22**
		N_{190}	190	7	3	7	**207**	-	1	1	**2**	7	15	**22**
		N_{230}	230	7	3	7	**247**	-	1	1	**2**	7	15	**22**
	m	б/у	-	7	4	7	**18**	-	1	1	**2**	7	20	**27**
		N_{150}	150	7	4	7	**168**	-	1	1	**2**	7	20	**27**
		N_{190}	190	7	4	7	**208**	-	1	1	**2**	7	20	**27**
		N_{230}	230	7	4	7	**248**	-	1	1	**2**	7	20	**27**
5 дней	0,7 m	б/у	-	7	3	7	**17**	-	1	1	**2**	7	18	**25**
		N_{150}	150	7	3	7	**167**	-	1	1	**2**	7	18	**25**
		N_{190}	190	7	3	7	**207**	-	1	1	**2**	7	18	**25**
		N_{230}	230	7	3	7	**247**	-	1	1	**2**	7	18	**25**
	m	б/у	-	7	4	7	**18**	-	1	1	**2**	7	24	**31**
		N_{150}	150	7	4	7	**168**	-	1	1	**2**	7	24	**31**
		N_{190}	190	7	4	7	**208**	-	1	1	**2**	7	24	**31**
		N_{230}	230	7	4	7	**248**	-	1	1	**2**	7	24	**31**
7 дней	0,7 m	б/у	-	7	3	7	**17**	-	1	1	**2**	7	17	**24**
		N_{150}	150	7	3	7	**167**	-	1	1	**2**	7	17	**24**
		N_{190}	190	7	3	7	**207**	-	1	1	**2**	7	17	**24**
		N_{230}	230	7	3	7	**247**	-	1	1	**2**	7	17	**24**
	m	б/у	-	7	4	7	**18**	-	1	1	**2**	7	22	**29**
		N_{150}	150	7	4	7	**168**	-	1	1	**2**	7	22	**29**
		N_{190}	190	7	4	7	**208**	-	1	1	**2**	7	22	**29**
		N_{230}	230	7	4	7	**248**	-	1	1	**2**	7	22	**29**

Таблица П 4.2. Расходная часть баланса питательных веществ, кг/га

Вариант			**N**				**P_2O_5**	**K_2O**		
Межп. период	Полив. норма	Доза удобр.	Вынос урожаем	Денитри-	Вымы-вание	Всего	Вынос урожаем	Вынос урожаем	Вымы-вание	Всего
Без орошения		б/у	37	18	3	**58**	**11**	76	5	**81**
		$N_{150}P_{30}$	40	18	3	**61**	**11**	72	5	**77**
		$N_{190}P_{45}$	57	18	3	**78**	**14**	103	5	**108**
		$N_{230}P_{60}$	59	18	3	**80**	**12**	98	5	**103**
3 дня	0,7 m	б/у	77	18	24	**119**	**22**	142	24	**166**
		$N_{150}P_{30}$	84	18	24	**126**	**21**	172	24	**196**
		$N_{190}P_{45}$	83	18	24	**125**	**19**	169	24	**193**
		$N_{230}P_{60}$	96	18	24	**138**	**23**	207	24	**231**
	m	б/у	77	18	24	**119**	**25**	212	24	**236**
		$N_{150}P_{30}$	113	18	24	**155**	**31**	225	24	**249**
		$N_{190}P_{45}$	94	18	24	**136**	**28**	218	24	**242**
		$N_{230}P_{60}$	91	18	24	**133**	**23**	184	24	**208**
5 дней	0,7 m	б/у	77	18	24	**119**	**22**	181	24	**205**
		$N_{150}P_{30}$	116	18	24	**158**	**25**	225	24	**249**
		$N_{190}P_{45}$	118	18	24	**160**	**26**	250	24	**274**
		$N_{230}P_{60}$	117	18	24	**159**	**25**	189	24	**213**
	m	б/у	75	18	24	**117**	**27**	205	24	**229**
		$N_{150}P_{30}$	114	18	24	**156**	**35**	222	24	**246**
		$N_{190}P_{45}$	101	18	24	**143**	**25**	220	24	**244**
		$N_{230}P_{60}$	110	18	24	**152**	**35**	189	24	**213**
7 дней	0,7 m	б/у	77	18	24	**119**	**15**	154	24	**178**
		$N_{150}P_{30}$	78	18	24	**120**	**18**	211	24	**235**
		$N_{190}P_{45}$	109	18	24	**151**	**26**	257	24	**281**
		$N_{230}P_{60}$	119	18	24	**161**	**22**	230	24	**254**
	m	б/у	76	18	24	**118**	**24**	184	24	**208**

		$N_{150}P_{30}$	102	18	24	**144**	**23**	195	24	**219**
		$N_{190}P_{45}$	117	18	24	**159**	**27**	198	24	**222**
		$N_{230}P_{60}$	85	18	24	**127**	**24**	154	24	**178**
Без орошения		б/у	31	18	3	**52**	**9**	79	5	**84**
		N_{150}	49	18	3	**70**	**10**	108	5	**113**
		N_{190}	44	18	3	**65**	**10**	106	5	**111**
		N_{230}	39	18	3	**60**	**9**	89	5	**94**
3 дня	0,7 m	б/у	77	18	24	**119**	**16**	156	24	**180**
		N_{150}	82	18	24	**124**	**17**	195	24	**219**
		N_{190}	80	18	24	**122**	**19**	197	24	**221**
		N_{230}	81	18	24	**123**	**15**	198	24	**222**
	m	б/у	65	18	24	**107**	**18**	154	24	**178**
		N_{150}	109	18	24	**151**	**26**	199	24	**223**
		N_{190}	126	18	24	**168**	**28**	242	24	**266**
		N_{230}	97	18	24	**139**	**27**	225	24	**249**
5 дней	0,7 m	б/у	64	18	24	**106**	**15**	150	24	**174**
		N_{150}	81	18	24	**123**	**20**	194	24	**218**
		N_{190}	97	18	24	**139**	**24**	229	24	**253**
		N_{230}	81	18	24	**123**	**22**	192	24	**216**
	m	б/у	68	18	24	**110**	**20**	156	24	**180**
		N_{150}	116	18	24	**158**	**31**	236	24	**260**
		N_{190}	117	18	24	**159**	**34**	263	24	**287**
		N_{230}	112	18	24	**154**	**25**	189	24	**213**
7 дней	0,7 m	б/у	65	18	24	**107**	**16**	168	24	**192**
		N_{150}	80	18	24	**122**	**16**	190	24	**214**
		N_{190}	111	18	24	**153**	**25**	221	24	**245**
		N_{230}	93	18	24	**135**	**21**	176	24	**200**
	m	б/у	71	18	24	**113**	**23**	144	24	**168**
		N_{150}	111	18	24	**153**	**24**	231	24	**255**
		N_{190}	118	18	24	**160**	**32**	246	24	**270**
		N_{230}	99	18	24	**141**	**22**	201	24	**225**

Таблица П 4.3. Баланс питательных веществ, кг/га

Вариант			**N**			**P_2O_5**			**K_2O**		
Межп. период	Полив. норма	Доза удобр.	При-ход	Рас-ход	Баланс	При-ход	Рас-ход	Баланс	При-ход	Рас-ход	Баланс
Без орошения		б/у	**14**	**58**	**- 44**	**1**	**11**	**- 10**	**7**	**81**	**- 74**
		$N_{150}P_{30}$	**164**	**61**	**+ 103**	**31**	**11**	**+ 20**	**7**	**77**	**- 70**
		$N_{190}P_{45}$	**204**	**78**	**+ 126**	**46**	**14**	**+ 30**	**7**	**108**	**- 101**
		$N_{230}P_{60}$	**244**	**80**	**+ 164**	**61**	**12**	**+ 49**	**7**	**103**	**- 96**
3 дня	0,7 m	б/у	**17**	**119**	**- 102**	**2**	**22**	**- 20**	**22**	**166**	**- 144**
		$N_{150}P_{30}$	**167**	**126**	**+ 41**	**32**	**21**	**+ 11**	**22**	**196**	**- 174**
		$N_{190}P_{45}$	**207**	**125**	**+ 82**	**47**	**19**	**+ 28**	**22**	**193**	**- 171**
		$N_{230}P_{60}$	**247**	**138**	**+ 109**	**62**	**23**	**+ 39**	**22**	**231**	**- 209**
	m	б/у	**18**	**119**	**- 101**	**2**	**25**	**- 23**	**27**	**236**	**- 209**
		$N_{150}P_{30}$	**168**	**155**	**+ 13**	**32**	**31**	**+ 1**	**27**	**249**	**- 222**
		$N_{190}P_{45}$	**208**	**136**	**+ 72**	**47**	**28**	**+ 19**	**27**	**242**	**- 215**
		$N_{230}P_{60}$	**248**	**133**	**+ 115**	**62**	**23**	**+ 39**	**27**	**208**	**- 181**
5 дней	0,7 m	б/у	**17**	**119**	**- 102**	**2**	**22**	**- 20**	**25**	**205**	**- 180**
		$N_{150}P_{30}$	**167**	**158**	**+ 9**	**32**	**25**	**+ 7**	**25**	**249**	**- 224**
		$N_{190}P_{45}$	**207**	**160**	**+ 47**	**47**	**26**	**+ 21**	**25**	**274**	**- 249**
		$N_{230}P_{60}$	**247**	**159**	**+ 88**	**62**	**25**	**+ 37**	**25**	**213**	**- 188**
	m	б/у	**18**	**117**	**- 99**	**2**	**27**	**- 25**	**31**	**229**	**- 198**
		$N_{150}P_{30}$	**168**	**156**	**+ 12**	**32**	**35**	**+ 7**	**31**	**246**	**- 215**
		$N_{190}P_{45}$	**208**	**143**	**+ 65**	**47**	**25**	**+ 22**	**31**	**244**	**- 213**
		$N_{230}P_{60}$	**248**	**152**	**+ 96**	**62**	**35**	**+ 27**	**31**	**213**	**- 182**
7 дней	0,7 m	б/у	**17**	**119**	**- 102**	**2**	**15**	**-13**	**24**	**178**	**- 154**
		$N_{150}P_{30}$	**167**	**120**	**+ 47**	**32**	**18**	**+ 14**	**24**	**235**	**- 211**
		$N_{190}P_{45}$	**207**	**151**	**+ 56**	**47**	**26**	**+ 21**	**24**	**281**	**- 257**
		$N_{230}P_{60}$	**247**	**161**	**+ 86**	**62**	**22**	**+ 40**	**24**	**254**	**- 230**
	m	б/у	**18**	**118**	**- 100**	**2**	**24**	**- 22**	**29**	**208**	**- 179**
		$N_{150}P_{30}$	**168**	**144**	**+ 24**	**32**	**23**	**+ 9**	**29**	**219**	**- 190**
		$N_{190}P_{45}$	**208**	**159**	**+ 49**	**47**	**27**	**+ 20**	**29**	**222**	**- 193**
		$N_{230}P_{60}$	**248**	**127**	**+ 121**	**62**	**24**	**+ 38**	**29**	**178**	**- 149**
Без орошения		б/у	**14**	**52**	**- 38**	**1**	**9**	**- 8**	**7**	**84**	**- 77**
		N_{150}	**164**	**70**	**+ 94**	**1**	**10**	**- 9**	**7**	**113**	**- 106**
		N_{190}	**204**	**65**	**+ 139**	**1**	**10**	**- 9**	**7**	**111**	**- 104**
		N_{230}	**244**	**60**	**+ 184**	**1**	**9**	**- 8**	**7**	**94**	**- 87**
3 дня	0,7 m	б/у	**17**	**119**	**- 102**	**2**	**16**	**- 14**	**22**	**180**	**- 158**
		N_{150}	**167**	**124**	**+ 43**	**2**	**17**	**- 15**	**22**	**219**	**- 197**
		N_{190}	**207**	**122**	**+ 85**	**2**	**19**	**- 17**	**22**	**221**	**- 199**
		N_{230}	**247**	**123**	**+ 124**	**2**	**15**	**- 13**	**22**	**222**	**- 200**
	m	б/у	**18**	**107**	**- 89**	**2**	**18**	**- 16**	**27**	**178**	**- 151**
		N_{150}	**168**	**151**	**+ 17**	**2**	**26**	**- 24**	**27**	**223**	**- 196**
		N_{190}	**208**	**168**	**+ 40**	**2**	**28**	**- 26**	**27**	**266**	**- 239**
		N_{230}	**248**	**139**	**+ 109**	**2**	**27**	**- 25**	**27**	**249**	**- 222**
5 дней	0,7 m	б/у	**17**	**106**	**- 89**	**2**	**15**	**- 13**	**25**	**174**	**- 149**
		N_{150}	**167**	**123**	**+ 44**	**2**	**20**	**- 18**	**25**	**218**	**- 193**
		N_{190}	**207**	**139**	**+ 68**	**2**	**24**	**- 22**	**25**	**253**	**- 228**
		N_{230}	**247**	**123**	**+ 124**	**2**	**22**	**- 20**	**25**	**216**	**- 191**

	m	б/у	**18**	**110**	**- 92**	**2**	**20**	**- 18**	**31**	**180**	**- 149**
		N_{150}	**168**	**158**	**+ 10**	**2**	**31**	**- 29**	**31**	**260**	**- 229**
		N_{190}	**208**	**159**	**+ 49**	**2**	**34**	**- 32**	**31**	**287**	**- 256**
		N_{230}	**248**	**154**	**+ 94**	**2**	**25**	**- 23**	**31**	**213**	**- 182**
7 дней	0,7 m	б/у	**17**	**107**	**- 90**	**2**	**16**	**- 14**	**24**	**192**	**- 168**
		N_{150}	**167**	**122**	**+ 45**	**2**	**16**	**- 14**	**24**	**214**	**- 190**
		N_{190}	**207**	**153**	**+ 54**	**2**	**25**	**- 23**	**24**	**245**	**- 221**
		N_{230}	**247**	**135**	**+ 112**	**2**	**21**	**- 19**	**24**	**200**	**- 176**
	m	б/у	**18**	**113**	**- 95**	**2**	**23**	**- 21**	**29**	**168**	**- 139**
		N_{150}	**168**	**153**	**+ 15**	**2**	**24**	**- 22**	**29**	**255**	**- 226**
		N_{190}	**208**	**160**	**+ 48**	**2**	**32**	**- 30**	**29**	**270**	**- 241**
		N_{230}	**248**	**141**	**+ 107**	**2**	**22**	**- 20**	**29**	**225**	**- 196**

Приложение 5. Энергетический баланс технологии возделывания томата безрассадного и критерии оптимизации

Таблица П 5.1. Влияние орошения и удобрений на энергетический баланс

Вид удобрений	Вариант орошения		Вариант удобрений	Урожайность, т/га	Сухие в-ва, %	Выход сухого вещества, т/га	Приход энергии, GJ/га	Затраты, GJ/га						Коэффициент энергетической эффективности
	Межполивной период	Поливная норма						Обработка почвы	Уход за растениями	Вода	Удобрения	Уборка	Всего	
Азотно-фосфорные	Без орошения		б/у	27,9	6,2	1,7	**28,6**	4,0	5,7	-	-	16,0	**25,7**	1,11
			1 доза	33,1	6,0	2,0	**33,6**	4,0	5,7	-	12,6	19,0	**41,3**	0,81
			2 доза	34,5	6,7	2,3	**38,6**	4,0	5,7	-	16,1	19,8	**45,6**	0,85
			3 доза	33,6	6,6	2,2	**37,0**	4,0	5,7	-	19,6	19,3	**48,6**	0,76
	3 дня	m	б/у	58,9	6,0	3,5	**58,8**	4,0	5,7	3,7	-	37,7	**51,1**	1,15
			1 доза	72,5	5,3	3,8	**63,8**	4,0	5,7	3,7	12,6	41,6	**67,6**	0,94
			2 доза	77,1	5,7	4,4	**73,9**	4,0	5,7	3,7	16,1	44,2	**73,7**	1,00
			3 доза	78,6	5,5	4,3	**72,2**	4,0	5,7	3,7	19,6	45,1	**78,1**	0,92
		0,7 m	б/у	54,5	5,6	3,1	**52,1**	4,0	5,7	2,8	-	31,3	**43,8**	1,19
			1 доза	58,2	5,9	3,4	**57,1**	4,0	5,7	2,8	12,6	33,4	**58,5**	0,98
			2 доза	65,2	5,2	3,4	**57,1**	4,0	5,7	2,8	16,1	37,4	**66,0**	0,87
			3 доза	69,9	6,1	4,3	**72,2**	4,0	5,7	2,8	19,6	40,1	**72,2**	1,00
	5 дней	m	б/у	65,2	5,7	3,7	**62,2**	4,0	5,7	4,4	-	37,4	**51,5**	1,21
			1 доза	76,7	5,5	4,2	**70,6**	4,0	5,7	4,4	12,6	44,0	**70,7**	1,00
			2 доза	75,0	5,1	3,8	**63,8**	4,0	5,7	4,4	16,1	43,0	**73,2**	0,87
			3 доза	75,3	5,2	3,9	**65,5**	4,0	5,7	4,4	19,6	43,2	**76,9**	0,85
		0,7 m	б/у	58,0	5,7	3,3	**55,4**	4,0	5,7	3,2	-	33,3	**46,2**	1,20
			1 доза	70,6	5,7	4,0	**67,2**	4,0	5,7	3,2	12,6	40,5	**66,0**	1,02
			2 доза	72,0	5,1	3,7	**62,2**	4,0	5,7	3,2	16,1	41,3	**70,3**	0,88
			3 доза	73,4	5,5	4,0	**67,2**	4,0	5,7	3,2	19,6	42,1	**74,6**	0,90
	7 дней	m	б/у	60,4	5,5	3,3	**55,4**	4,0	5,7	4,0	-	34,7	**48,4**	1,14

			1 доза	65,4	5,7	3,7	**62,2**	4,0	5,7	4,0	12,6	37,5	**63,8**	0,97
			2 доза	66,6	5,7	3,8	**63,8**	4,0	5,7	4,0	16,1	38,2	**68,0**	0,94
			3 доза	67,8	5,0	3,4	**57,1**	4,0	5,7	4,0	19,6	38,9	**72,2**	0,79
		0,7 m	б/у	59,9	5,5	3,3	**55,4**	4,0	5,7	3,0	-	34,4	**47,1**	1,18
			1 доза	61,5	5,9	3,6	**60,5**	4,0	5,7	3,0	12,6	35,3	**60,6**	1,00
			2 доза	70,1	5,9	4,1	**68,9**	4,0	5,7	3,0	16,1	40,2	**69,0**	1,00
			3 доза	66,5	5,8	3,9	**65,5**	4,0	5,7	3,0	19,6	38,2	**70,5**	0,93
Азотные	Без орошения		б/у	27,0	5,9	1,6	**26,9**	4,0	5,7	-	-	15.5	**25,2**	1,07
			1 доза	31,6	6,4	2,0	**33,6**	4,0	5,7	-	12,0	18.1	**39,8**	0,84
			2 доза	32,0	6,5	2,1	**35,3**	4,0	5,7	-	15,2	18.3	**43,2**	0,82
			3 доза	31,6	6,3	2,0	**33,6**	4,0	5,7	-	18,4	18.1	**46,2**	0,73
	3 дня	m	б/у	57,9	5,6	3,2	**53,8**	4,0	5,7	3,7	-	33.2	**46,6**	1,15
			1 доза	64,1	5,9	3,8	**63,8**	4,0	5,7	3,7	12,0	36.8	**62,2**	1,03
			2 доза	71,2	5,7	4,1	**68,9**	4,0	5,7	3,7	15,2	40.8	**69,4**	0,99
			3 доза	71,3	5,7	4,1	**68,9**	4,0	5,7	3,7	18,4	40.9	**72,7**	0,95
		0,7 m	б/у	56,4	5,6	3,2	**53,8**	4,0	5,7	2,8	-	32.3	**44,8**	1,20
			1 доза	58,6	5,7	3,3	**55,4**	4,0	5,7	2,8	12,0	33.6	**58,1**	0,95
			2 доза	62,4	6,1	3,8	**63,8**	4,0	5,7	2,8	15,2	35.8	**63,5**	1,00
			3 доза	58,4	5,7	3,3	**55,4**	4,0	5,7	2,8	18,4	33.5	**64,4**	0,86
	5 дней	m	б/у	64,8	5,3	3,4	**57,1**	4,0	5,7	4,4	-	37.2	**51,3**	1,11
			1 доза	74,0	5,4	4,0	**67,2**	4,0	5,7	4,4	12,0	42.4	**68,5**	0,98
			2 доза	82,5	5,5	4,5	**75,6**	4,0	5,7	4,4	15,2	47.3	**76,6**	0,99
			3 доза	74,6	5,6	4,2	**70,6**	4,0	5,7	4,4	18,4	42.8	**75,3**	0,94
		0,7 m	б/у	58,8	5,8	3,4	**57,1**	4,0	5,7	3,2	-	33.7	**46,6**	1,23
			1 доза	65,9	5,9	3,9	**65,5**	4,0	5,7	3,2	12,0	37.8	**62,7**	1,04
			2 доза	72,6	5,5	4,0	**67,2**	4,0	5,7	3,2	15,2	41.6	**69,7**	0,96
			3 доза	65,2	5,7	3,7	**62,2**	4,0	5,7	3,2	18,4	37.4	**68,7**	0,91
	7 дней	m	б/у	63,4	5,3	3,4	**57,1**	4,0	5,7	4,0	-	36.4	**50,1**	1,14
			1 доза	68,2	5,2	3,5	**58,8**	4,0	5,7	4,0	12,0	39.1	**64,8**	0,91
			2 доза	71,6	5,6	4,3	**72,2**	4,0	5,7	4,0	15,2	41.1	**70,0**	1,03

			3 доза	69,9	5,4	3,8	**63,8**	4,0	5,7	4,0	18,4	40.1	**72,2**	0,88
		0,7 m	б/у	53,7	5,8	3,1	**52,1**	4,0	5,7	3,0	-	30.8	**43,5**	1,20
			1 доза	61,6	5,7	3,5	**58,8**	4,0	5,7	3,0	12,0	35.3	**60,0**	0,98
			2 доза	70,3	6,0	4,2	**70,6**	4,0	5,7	3,0	15,2	40.3	**68,2**	1,04
			3 доза	65,0	5,8	3,8	**63,8**	4,0	5,7	3,0	18,4	37.3	**68,4**	0,93

Таблица П 5.2. Критерии оптимизации

Вид удобрений	Вариант орошения		Вариант удобрений	Урожайность, т/га	Коэффициенты			Чистый доход, тыс. $/га	Себестоимость, $/т	Рентабельность, %	Коэффициент энергетической эффективности
	Межполивной период	Поливная норма			Суммарного испарения, $м^3/т$	Эффективности орошения, $кг/м^3$	Эффективности удобрений, кг/ кг д.в.				
Азотно-фосфорные	Без орошения		б/у	27,9	101	-	-	2,9	43,4	141	1,11
			1 доза	33,1	85	-	5,2	3,5	42,4	149	0,81
			2 доза	34,5	82	-	6,6	3,6	42,3	150	0,85
			3 доза	33,6	84	-	5,7	3,5	44,4	133	0,76
	3 дня	m	б/у	58,9	74	17	-	6,4	39,5	175	1,15
			1 доза	72,5	60	21	13,6	8,2	35,0	223	0,94
			2 доза	77,1	57	23	18,2	8,8	33,9	236	1,00
			3 доза	78,6	**55**	24	**19,7**	9,0	34,0	236	0,92
		0,7 m	б/у	54,5	71	19	-	5,9	40,6	165	1,19
			1 доза	58,2	66	18	3,7	6,2	41,1	160	0,98
			2 доза	65,2	59	22	10,7	7,2	38,3	187	0,87
			3 доза	69,9	**55**	**26**	15,4	7,8	36,9	201	1,00
	5 дней	m	б/у	65,2	71	17	-	7,3	35,8	213	1,21
			1 доза	76,7	60	20	11,5	8,8	33,7	239	1,00
			2 доза	75,0	62	19	9,8	8,5	34,8	225	0,87
			3 доза	75,3	62	19	10,1	8,5	35,3	220	0,85
		0,7 m	б/у	58,0	75	19	-	6,3	38,8	182	1,20
			1 доза	70,6	61	23	12,6	7,9	35,5	217	1,02
			2 доза	72,0	60	23	14,0	8,1	35,6	216	0,88
			3 доза	73,4	59	25	15,4	8,2	35,6	215	0,90
	7 дней	m	б/у	60,4	75	16	-	6,7	37,9	191	1,14
			1 доза	65,4	69	16	5,0	7,2	37,9	190	0,97
			2 доза	66,6	68	16	6,2	7,3	38,0	190	0,94
			3 доза	67,8	67	17	7,4	7,4	38,1	188	0,79
		0,7 m	б/у	59,9	71	21	-	6,6	37,8	192	1,18

			1 доза	61,5	70	19	1,6	6,7	39,4	175	1,00
			2 доза	70,1	61	24	10,2	7,8	36,2	208	1,00
			3 доза	66,5	64	22	6,6	7,3	38,4	186	0,93
Азотные	Без орошения		б/у	27,0	105	-	-	2,8	44,6	132	1,07
			1 доза	31,6	90	-	4,6	3,3	43,0	143	0,84
			2 доза	32,0	88	-	5,0	3,3	44,6	132	0,82
			3 доза	31,6	90	-	4,6	3,2	45,0	128	0,73
	3 дня	m	б/у	57,9	75	17	-	6,3	39,0	179	1,15
			1 доза	64,1	68	18	6,2	7,1	37,9	190	1,03
			2 доза	71,2	61	21	13,3	8,0	35,4	218	0,99
			3 доза	71,3	61	22	13,4	8,0	35,8	213	0,95
		0,7 m	б/у	56,4	68	21	-	6,1	39,5	175	1,20
			1 доза	58,6	66	19	2,2	6,3	40,3	167	0,95
			2 доза	62,4	62	22	6,0	6,8	38,9	180	1,00
			3 доза	58,4	66	19	2,0	6,2	41,5	156	0,86
	5 дней	m	б/у	64,8	72	17	-	7,3	36,0	211	1,11
			1 доза	74,0	63	19	9,2	8,4	34,2	233	0,98
			2 доза	82,5	56	23	17,7	**9,6**	**31,9**	**264**	0,99
			3 доза	74,6	62	20	9,8	8,4	34,8	225	0,94
		0,7 m	б/у	58,8	74	20	-	6,4	38,4	186	**1,23**
			1 доза	65,9	66	21	7,1	7,3	36,9	201	1,04
			2 доза	72,6	60	25	13,8	8,2	34,8	226	0,96
			3 доза	65,2	66	21	6,4	7,2	38,2	187	0,91
	7 дней	m	б/у	63,4	71	18	-	7,1	36,5	206	1,14
			1 доза	68,2	66	18	4,8	7,6	36,2	208	0,91
			2 доза	71,6	63	20	8,2	8,1	35,4	219	1,03
			3 доза	69,9	65	19	6,5	7,8	36,5	206	0,88
		0,7 m	б/у	53,7	80	18	-	5,7	41,1	160	1,20
			1 доза	61,6	69	20	7,9	6,7	38,9	181	0,98
			2 доза	70,3	61	25	16,6	7,9	35,6	216	1,04
			3 доза	65,0	66	22	11,3	7,1	38,3	187	0,93

Таблица П 5.3. Коэффициенты критериев оптимизации

Вид удобре-ний	Вариант орошения		Вариант удобрений	Урожай-ность, т/га	Коэффициенты			Чистый доход	Себесто-имость	Рента-бель-ность	Энер-гетика	Среднее
	Межпо-ливной период	Полив-ная норма			Суммар-ного ис-парения	Эффекти-вности орошения	Эффекти-вности удобре-ний					
Азотно-фосфорные	Без орошения		б/у	0,34	0,54	0	0	0,30	0,74	0,53	0,90	**0,42**
			1 доза	0,40	0,65	0	0,26	0,36	0,75	0,56	0,66	**0,46**
			2 доза	042	0,67	0	0,34	0,38	0,75	0,57	0,69	**0,48**
			3 доза	0,41	0,65	0	0,29	0,36	0,72	0,50	0,62	**0,44**
	3 дня	m	б/у	0,71	0,74	0,65	0	0,67	0,81	0,66	0,93	**0,65**
			1 доза	0,88	0,92	0,81	0,69	0,85	0,91	0,84	0,76	**0,73**
			2 доза	0,93	0,96	0,88	0,92	0,92	0,94	0,89	0,81	**0,91**
			3 доза	0,95	**1,00**	0,92	**1,00**	0,94	0,94	0,89	0,75	**0,92**
		0,7 m	б/у	0,66	0,77	0,73	0	0,61	0,79	0,62	0,97	**0,64**
			1 доза	0,71	0,83	0,69	0,19	0,65	0,78	0,61	0,80	**0,66**
			2 доза	0,79	0,93	0,85	0,54	0,75	0,83	0,71	0,71	**0,76**
			3 доза	0,85	**1,00**	**1,00**	0,78	0,81	0,86	0,76	0,81	**0,86**
	5 дней	m	б/у	0,79	0,77	0,65	0	0,76	0,89	0,81	0,98	**0,71**
			1 доза	0,93	0,92	0,77	0,58	0,92	0,95	0,91	0,81	**0,85**
			2 доза	0,91	0,89	0,73	0,50	0,89	0,92	0,85	0,71	**0,80**
			3 доза	0,91	0,89	0,73	0,51	0,89	0,90	0,83	0,69	**0,79**
		0,7 m	б/у	0,70	0,73	0,73	0	0,66	0,82	0,69	0,98	**0,66**
			1 доза	0,86	0,90	0,88	0,64	0,82	0,90	0,82	0,83	**0,83**
			2 доза	0,87	0,92	0,88	0,71	0,84	0,90	0,82	0,72	**0,83**
			3 доза	0,89	0,93	0,96	0,78	0,85	0,90	0,81	0,73	**0,86**
	7 дней	m	б/у	0,73	0,73	0,62	0	0,70	0,84	0,72	0,93	**0,66**
			1 доза	0,79	0,80	0,62	0,25	0,75	0,84	0,72	0,79	**0,70**
			2 доза	0,81	0,81	0,62	0,31	0,76	0,84	0,72	0,76	**0,70**
			3 доза	0,82	0,82	0,65	0,38	0,77	0,84	0,71	0,64	**0,70**
		0,7 m	б/у	0,73	0,77	0,81	0	0,69	0,84	0,73	0,96	**0,69**

			1 доза	0,75	0,79	0,73	0,08	0,70	0,81	0,66	0,81	**0,67**
			2 доза	0,85	0,90	0,92	0,52	0,81	0,88	0,79	0,81	**0,81**
			3 доза	0,81	0,86	0,85	0,34	0,76	0,83	0,70	0,76	**0,74**
Азотные	Без орошения		б/у	0,33	0,52	0	0	0,29	0,72	0,50	0,78	**0,39**
			1 доза	0,38	0,61	0	0,23	0,34	0,74	0,54	0,68	**0,44**
			2 доза	0,39	0,62	0	0,25	0,34	0,72	0,50	0,67	**0,44**
			3 доза	0,38	0,61	0	0,23	0,33	0,71	0,48	0,59	**0,42**
	3 дня	m	б/у	0,70	0,73	0,65	0	0,66	0,82	0,68	0,93	**0,65**
			1 доза	0,78	0,81	0,69	0,31	0,74	0,84	0,72	0,84	**0,72**
			2 доза	0,86	0,90	0,81	0,68	0,83	0,90	0,83	0,80	**0,83**
			3 доза	0,86	0,90	0,85	0,68	0,83	0,89	0,81	0,77	**0,82**
		0,7 m	б/у	0,68	0,81	0,81	0	0,64	0,81	0,66	0,98	**0,67**
			1 доза	0,71	0,83	0,73	0,11	0,66	0,79	0,63	0,77	**0,65**
			2 доза	0,76	0,89	0,85	0,30	0,71	0,82	0,68	0,81	**0,58**
			3 доза	0,71	0,83	0,73	0,10	0,65	0,77	0,59	0,70	**0,64**
	5 дней	m	б/у	0,79	0,76	0,65	0	0,76	0,89	0,80	0,90	**0,69**
			1 доза	0,90	0,87	0,73	0,47	0,88	0,93	0,88	0,80	**0,81**
			2 доза	**1,00**	0,98	0,88	0,90	**1,00**	**1,00**	**1,00**	0,80	**0,94**
			3 доза	0,90	0,89	0,77	0,50	0,88	0,92	0,85	0,76	**0,81**
		0,7 m	б/у	0,71	0,74	0,77	0	0,67	0,83	0,70	**1,00**	**0,68**
			1 доза	0,80	0,83	0,81	0,36	0,76	0,86	0,76	0,85	**0,75**
			2 доза	0,88	0,92	0,96	0,70	0,85	0,92	0,86	0,78	**0,86**
			3 доза	0,79	0,83	0,81	0,32	0,75	0,84	0,71	0,74	**0,72**
	7 дней	m	б/у	0,77	0,77	0,69	0	0,74	0,87	0,78	0,93	**0,69**
			1 доза	0,83	0,83	0,69	0,24	0,79	0,88	0,79	0,74	**0,72**
			2 доза	0,87	0,87	0,77	0,42	0,84	0,90	0,83	0,84	**0,79**
			3 доза	0,85	0,85	0,73	0,33	0,81	0,87	0,78	0,72	**0,74**
		0,7 m	б/у	0,65	0,69	0,69	0	0,59	0,78	0,61	0,98	**0,62**
			1 доза	0,75	0,80	0,77	0,40	0,70	0,82	0,69	0,80	**0,72**
			2 доза	0,85	0,90	0,96	0,84	0,82	0,90	0,82	0,85	**0,87**
			3 доза	0,79	0,83	0,85	0,57	0,74	0,83	0,71	0,76	**0,76**

Приложение 6. Акт внедрения

«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. директора по
научной работе ПНИИСХ
Гороховский В.Ф.
«__» _____ 2017 г.

АКТ
внедрения законченных научно-исследовательских работ

1. Наименование работы

Регулирование водного и пищевого режимов почвы при возделывании безрассадного томата в открытом грунте на капельном орошении.

2. Кем предложено и кем принято решение о проведении проверки.

Предложено лабораторией орошаемого земледелия (Градинар Д.Г. и Гуманюк А.В.), решение принято методической комиссией отдела технологий.

3. Место, сроки проведения и ответственные за внедрение.

ООО «Плантатор», апрель – сентябрь 2017 г., директор ООО «Плантатор» Мартын И.И., агроном-овощевод Гроза О.М., зав. отделом технологий Гуманюк А.В., зав лабораторией орошения Градинар Д.Г.

4. Краткая методика

Площадь поля 5 га. Площадь контрольного и двух внедряемых вариантов по 1,5 га. На контроле орошение проводили методом дождевания с поддержанием предполивной влажности почвы не ниже 80% от НВ на фоне внесения $N_{150}P_{60}$ кг д.в./га. Испытуемые варианты: 1) Поливы капельным способом один раз в 5 дней уменьшенными на 30% поливными нормами на фоне внесения $N_{150}P_{30}$; 2) Поливы капельным способом через каждые 5 дней полной нормой на фоне внесения N_{190} кг д.в./га.

5. Результаты внедрения

Показатель	Контроль	Вариант 1	Вариант 2
Урожайность, т/га	60,3	78,4	83,0
Количество поливов, шт	7	10	10
Оросительная норма, $м^3$/га	3150	1600	2100
Экономия оросительной воды, $м^3$/га	-	1550	1050
Стоимость воды, $ (1 $м^3$ = 0,04 $)	-	62	42
Стоимость дополнительной продукции, $/га (1т = 120 $)	-	2172	2724
Чистый доход, $/га	-	2234	2766

6. Заключение

Рекомендовать к широкому внедрению в производстве разработанного в институте способа регулирования водного и пищевого режимов почвы при возделывании безрассадного томата в открытом грунте на капельном орошении.

Директор ООО «Плантатор» Мартын И.И.

Агроном-овощевод ООО «Плантатор» Гроза О.М.

Зав. отделом Технологий ПНИИСХ Гуманюк А.В.

Зав. лабораторией орошаемого земледелия ПНИИСХ Градинар Д.Г.

ДЕКЛАРАЦИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Я нижеподписавшийся, Градинар Дмитрий, заявляю под личную ответственность, что материалы, представленные в докторской диссертации, являются результатом личных научных исследований и разработок. Осознаю, что в противном случае, буду нести ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Градинар Дмитрий

Подпись

_____

(дата)

CV

Фамилия, имя

Дмитрий Градинар

Дата рождения

30 марта 1954 г.

Место рождения

с. Дезгинжа Комратского р-на

Место проживания

г. Тирасполь, пер. Западный, дом 21/1 кв. 59

Образование

В 1971 г. окончил среднюю школу в с. Дезгинжа.

1971-1975 гг. Тираспольский совхоз-техникум им. М.В. Фрунзе, агроном – овощевод, диплом Ш № 872028.

1983-1989 – Кишиневский сельскохозяйственный институт им. М.В. Фрунзе, ученый агроном, диплом ПВ № 612838.

Работа

1975 – агроном «Молдплодовощ» г Тирасполя.

1978 – зав. отделом овощеводства колхоза им. Ленина, с. Парканы, Слободзейский район.

1980 – главный агроном «Сортсемовощ» г. Тирасполя.

1988 – главный анроном НПО «Днестр», г. Тирасполь.

1992 – зав. тепличным комбинатом колхоза им. Ленина, с. Парканы, Слободзейский район.

2007 – главный агроном ЗАО «Квинт».

2010 – главный агроном, зам. директора ООО «Каменский колос», г. Каменка.

2012 – директор Приднестровского НИИ Сельского Хозяйства.

Область работы

Орошение и удобрение сельскохозяйственных культур. Плодородие почв.

Участие в национальных и международных конференциях

Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы инновационного развития сельского хозяйства». – Тирасполь. – 2015.

Международной научно-практической конференция. № 3. «Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом» – г. Новосибирск, 2016.

Международной научно-практической конференции. «Элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошения»– г. Астрахань, 2016.

II Міжнародної науково-практичної конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку» (3 листопада 2016 р., м. Київ) Вінниця Нілан-ЛТД. - 2016.

Materialele conferinței științifice internaționale (ediția a VI) «Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor». – Chişinău, 2017.

III Міжнородна науково-практична конференція «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку». Український інститут експертизи сортів рослин, Киев, 2017.

Al IV Simpozion naţional cu participare internaţională «Biotehnologii avansate – realizări şi perspective». – Chişinău, 2016.

Научные работы.

Опубликованы 17 статей, из них 2 в рецензионных журналах и 15 в соавторстве.

Знание языков

Русский – родной язык

Гагаузский - хорошо

Немецкий - удовлетворительно

Персональные данные

Женат, 2 детей

E-mail: pniish@yandex.ru

Тел. домашний 00373-533-75221

Моб. 00-373-77713250