

На правах рукописи

Бикбулатов Ержан Идрисович

**РЕЖИМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ДОЗЫ УДОБРЕНИЙ ТОМАТОВ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ**

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Автореферат
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2017

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Пронько Нина Анатольевна

Официальные оппоненты: **Бородычев Виктор Владимирович**,
академик РАН, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор,
Волгоградский филиал ФГБНУ
«Всероссийский НИИ гидротехники и
мелиорации им. А.Н. Костякова»,
директор

Шуравилин Анатолий Васильевич
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, ФГАОУ ВО «Российский
университет дружбы народов», кафедра
«Почвоведения, земледелия и
земельного кадастра», профессор
Поволжский НИИ эколого-
мелиоративных технологий – филиал
ФНЦ агроэкологии РАН

Ведущая организация:

Защита состоится «02» марта 2018 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.06 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А.В. Дружкина

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на сайте www.sgau.ru

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл. д. 1, E-mail: dissovet01@sgau.ru.

Автореферат разослан «....» 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дмитрий Анатольевич Маштаков

Актуальность исследования. В настоящее время в России остро стоит проблема импортозамещения. Для уменьшения импорта овощей, который достигает 80%, необходимо значительно увеличить их производство. В условиях засушливого климата черноземной степи Саратовского Правобережья это возможно только при орошении. Поливное земледелие предназначено для выращивания рентабельных культур. Ценной овощной культурой являются томаты. Посевные площади этой культуры и ее валовые сборы занимают в регионе третье место после лука и капусты белокочанной.

В засушливых регионах России для выращивания овощей широко используется капельное орошение. Однако в Саратовской области использование данного перспективного способа полива в овощеводстве значительно уступает другим областям и краям Российской Федерации. Во многом это обусловлено тем, что режимы орошения и дозы удобрений овощей, в том числе и томатов, в Саратовском Правобережье при капельном поливе не разрабатывались. Не были изучены водопотребление, потребление и вынос элементов питания, продуктивность районированных сортов томата при их выращивании в черноземной степи региона.

Степень разработанности темы. Разработке режимов орошения и доз удобрений, выявлению особенностей водопотребления томатов при капельном поливе в Нижнем Поволжье посвящены исследования Григорова М.С., Григорова С.М., Ероновой Е.Н. (2006), Бородычева В.В., Кузнецова Ю.В., Дементьева А.В. (2007), Григорова М.С., Кружилина Ю.И. (2008), Бородычева В.В. (2010), Зволинского В.П., Ионовой Л.П., Шершнева А.А. (2012), Овчинникова А.С., Бочарникова В.С., Азарьевой И.И. (2014), Тютюма Н.В., Кудряшовой Н.И. (2014). Особенности потребления и выноса элементов питания культурой изучал Кузнецов Ю.В. (2006). В тоже время анализ результатов исследований ученых Поволжья показал, что режимы капельного орошения, дозы удобрений высокопродуктивных сортов томатов для условий Саратовского Правобережья не разрабатывались, а особенности

водопотребления и выноса элементов питания культурой не изучались. Это и определило направления исследований.

Цель исследований – повышение продуктивности томатов на основе разработки и применения рациональных режимов капельного орошения и доз минеральных удобрений, обеспечивающих получение не менее 140 т/га товарных плодов на черноземе южном Саратовского Правобережья.

Задачи исследований:

- изучение особенностей водопотребления томатов при разных режимах капельного орошения;
- определение особенностей потребления и выноса элементов питания томатами при изменении условий водного и минерального питания;
- определение урожайности и качества плодов томатов в зависимости от режимов орошения и доз минеральных удобрений;
- разработка рациональных режимов капельного орошения и доз минеральных удобрений томатов для условий Саратовского Правобережья;
- установление зависимостей урожайности томатов от водоподачи и доз удобрений;
- оценка экономической эффективности режимов капельного орошения и доз минеральных удобрений сортов томатов.

Научная новизна. Разработаны режимы капельного орошения томатов и выявлены дозы минеральных удобрений, рациональные для условий Саратовского Правобережья. Для них определены особенности водопотребления, потребления и выноса элементов питания культуры при интенсификации водного и минерального питания. Определены закономерности влияния режимов орошения и доз удобрений на продуктивность сортов томатов. Доказана экономическая эффективность капельного орошения томатов на черноземе южном.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость работы обусловлена тем, что установленные особенности влияния режимов капельного полива и доз

минеральных удобрений на водопотребление, потребление, вынос элементов питания и продуктивность изучавшихся сортов томатов при их выращивании на черноземе южном Саратовского Правобережья вносят определенный вклад в сельскохозяйственную науку.

Практическая значимость работы заключается в том, что установлены биоклиматические коэффициенты и коэффициенты использования элементов питания на 1 тонну плодов томатов, необходимых для разработки эксплуатационных режимов орошения и доз удобрений на планируемую урожайность. Кроме того, применение разработанных рациональных сочетаний режимов капельного полива и доз удобрений перспективных сортов обеспечивает получение урожайности томатов 145-162 т/га в хозяйствах Саратовского Правобережья. Использование капельного орошения позволит обеспечить рентабельность производства культуры свыше 300%.

Методология и методы исследований. Методологической основой принята система методов исследований: водопотребления, потребления, выноса элементов питания, продуктивности, качества сортов томатов, позволившая достичь поставленную цель. Система включала экспериментальные методы – полевые, лабораторные опыты и статистические – дисперсионный и корреляционный анализ.

Положения, выносимые на защиту:

- особенности водопотребления томатов при разных режимах капельного орошения;
- показатели потребления и выноса элементов питания томатов и их структура при изменении условий водного и минерального питания;
- элементы технологии орошения и удобрения томатов с использованием систем капельного полива;
- закономерности влияния на урожайность сортов томатов водоподдачи и доз удобрений.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований подтверждается корректностью принятых методик постановки и проведения полевых и лабораторных опытов; необходимым для краткосрочных опытов периодом исследований, статистической обработкой результатов исследований, апробацией разработанных режимов капельного орошения и доз удобрений в производственных условиях.

Основные результаты работы докладывались на международных научно-практических конференциях: «Вавиловские чтения» (Саратов, 2014); «Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях» (Саратов, 2014), «Экологическая стабилизация аграрного производства» (Саратов, 2015), «Фундаментальные исследования по созданию новых средств химизации и наследие академика Д.Н. Прянишникова» (Москва, 2015), «Основы рационального природопользования» (Саратов, 2016), «Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации» (Волгоград, 2016), «Костяковские чтения» (Москва, 2016), «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения» (Нижний Новгород, 2017), ежегодных конференциях профессорско-преподавательского состава Саратовского ГАУ (Саратов, 2014-2017).

Разработанные рациональные сочетания режимов капельного орошения и доз минеральных удобрений сортов томатов Дар Заволжья и Новичок были внедрены в 2014-2015 гг. в Саратовском (ОВП «Покровское») и Энгельском (ФХ «Семья Жайлауловых») районах Саратовской области. Получен экономический эффект 288 тыс. руб./га.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 печатных работ, 3 из них – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, общим объемом 10,5 п.ч., в т. ч. авторских 3,1 п.л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений. Изложена на 156 страницах и включает 40 таблиц, 17 рисунков и 9 приложений. Список использованной

литературы представлен 222 наименованиями, из них 2 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследований, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов исследований.

В первой главе «Изученность вопроса и обоснование задач исследований» выполнен анализ результатов изучения отечественными и зарубежными учеными биологических особенностей и разработки агротехники выращивания томатов в открытом грунте. Особое внимание уделено особенностям режима капельного орошения, водопотребления и выноса питательных веществ томатами. На основании проведенного анализа сделано обоснование направления исследований.

Во второй главе «Условия, методика и схема проведения исследований» рассматриваются условия, схема опыта и методики проводимых наблюдений и исследований.

Исследования проводились в 2013-2015 гг. в Саратовском Правобережье, в четвертой природно-экономической микронеоне области. Климат микронеоны умеренно-континентальный. Зима умеренно холодная (-8-11°C), лето теплое (19-21°C). Продолжительность безморозного периода 162 дня. Сумма эффективных температур 2500-2800°C. Продолжительность периода активной вегетации сельскохозяйственных культур 140-162 дня. По увлажнению зона засушливая. В среднем за год здесь выпадает 420-450 мм осадков, в том числе в теплую часть года около 270-290 мм. Испаряемость 660-780 мм. Дефицит влаги в метровом слое почвы – 220-240 мм. Суховейных дней в году 80-85. Среди почв преобладают черноземы южные малогумусные и слабогумусные облегченного гранулометрического состава.

Почва опытного участка – чернозем южный среднесуглинистый. Он характеризуется средним содержанием гумуса – 3,37 %. Обеспеченность

доступным фосфором и обменным калием высокая, соответственно 70,7 и 713,7 мг на 1 кг почвы. Плотность сложения пахотного слоя 1,24, подпахотного 1,30 г/см³, наименьшая влагоемкость соответственно 30,88 и 29,44% от массы абсолютно сухой почвы. Годы исследований по степени увлажнения характеризовались следующим образом: 2013 и 2014 гг. были засушливыми, 2015 г. – очень засушливым (ГТК по годам 0,7; 0,8 и 0,52). Сумма эффективных температур за вегетацию томатов составила 2566, 2626, 2495°С, осадков выпало 241,5; 277,2; 221,5 мм.

Объектами исследований были среднеранние сорта Дар Заволжья и Новичок.

Были проведены 2 двухфакторных опыта, схема которых включала три режима капельного орошения (фактор А) и три дозы удобрений (фактор В).

Предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 70, 80 и 90%НВ. Расчетный слой почвы 0,3 м в период «Посадка - бутонизация» и 0,5 м – в период «Бутонизация - спелость».

Изучались расчетные дозы минеральных удобрений на урожай плодов 70 т/га (N100P50K40) и 140 т/га (N190P80K70). Контролем был вариант без удобрений. Для расчета доз удобрений на планируемый урожай применен балансовый метод с использованием коэффициентов возмещения выноса с учетом обеспеченности почвы доступными элементами питания.

Полив осуществляли системой капельного орошения, в которой использованы капельные линии фирмы «Golddrip» со встроенными полукомпенсированными капельницами с расходом – 2,0 л/ч при давлении 0,8 – 2,0 кг/см².

Агротехника на всех вариантах опыта применялась традиционная для данной природно-климатической зоны.

Полевой эксперимент заложен методом расщепленных делянок, повторность опыта трехкратная, учетная площадь 30 м².

Основные и сопутствующие наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами: плотность почвы – по методу

режущих колец Качинского, наименьшая влагоемкость – методом заливаемых площадок, влажность почвы – термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89), нитрификационная способность почвы – по методу Кравкова (ГОСТ 26107-84), содержание подвижного фосфора и обменного калия – по методу Мачигина (ГОСТ 26205-84), масса корневой системы – методом Станкова, содержание в растениях азота – фотометрическим индофенольным методом (ГОСТ Р 50466-93), фосфора – с молибденовым аммонием (ГОСТ 26657-85), калия – методом пламенной фотометрии, фенологические и биометрические исследования, учет урожая – по методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под ред. Белика (1992), математическая обработка опытных данных проведена по методике Доспехова (1985) с помощью программы STATISTIKA5.5 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP, экономическая эффективность – прямым расчетом по технологическим картам с применением действующих нормативов, расценок и цен с использованием «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель» (РД-АПК 3.00.01.003-03).

В третьей главе «Водопотребление томатов при разных режимах капельного орошения» показаны фактические режимы капельного орошения томатов, приведены результаты определения суммарного, среднесуточного водопотребления культуры и его онтогенетических особенностей, эффективности использования влаги и поливной воды.

Характеристика поливных режимов и работы системы капельного орошения для поддержания заданных предполивных порогов влажности почвы приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика поливных режимов и работы системы капельного орошения

Период роста и развития	Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.
		Уровень предполивной влажности почвы, % НВ		

		70	80	90	70	80	90	70	80	90
Посадка - начало бутонизаци и	Поливная норма, м ³ /га	340	224	113	340	224	113	340	224	113
	Продолжитель- ность полива, ч	3,2	2,15	3,21	3,2	2,15	2,14	3,2	4,3	4,28
	Количество поливов	1	1	3	1	1	2	1	2	4
Начало бутонизаци и – начало образования плодов	Поливная норма, м ³ /га	580	385	190	580	385	190	580	385	190
	Продолжитель- ность полива, ч	5,5	7,3	7,2	5,5	3,65	5,4	5,5	7,3	10,8
	Количество поливов	1	2	4	1	1	3	1	2	6
Начало образования плодов - начало созревания	Поливная норма, м ³ /га	580	385	190	580	385	190	580	385	190
	Продолжитель- ность полива, ч	11	14,6	12,6	11	18,25	16,2	16,5	14,6	14,4
	Количество поливов	2	4	7	2	5	9	3	4	8
Начало созревания – последний сбор	Поливная норма, м ³ /га	580	385	190	580	385	190	580	385	190
	Продолжитель- ность полива, ч	22	18,25	19,8	16,5	18,25	19,8	16,5	18,25	18
	Количество поливов	4	5	11	3	5	11	3	5	10
За вегетационн ый период	Оросительная норма, м ³ /га	4400	4459	4519	3820	4459	4596	4400	4683	5012
	Общая продолжитель- ность работы системы, ч	41,7	42,3	42,81	36,2	42,3	43,54	41,7	44,45	47,48
	Количество поливов	8	12	25	7	12	25	8	13	28

Заданные режимы орошения были выдержаны. Для поддержания предполивной влажности почвы на уровне 70%НВ в среднем за годы исследований потребовалось провести за вегетацию томатов 7,7, 80%НВ – 12,3 и 90%НВ – 26 поливов. Общая продолжительность работы системы капельного орошения составила соответственно по режимам 39,9; 43 и 44,6 часа.

Суммарное водопотребление в среднем за годы исследований составило: при 70%НВ 6972, при 80%НВ 7148 и при 90%НВ 7330 м³/га (таблица 2).

Таблица 2 – Водопотребление томатов при разных режимах капельного орошения (среднее за 2013-2015 гг.)

Режим орошения	Период роста и развития	Продолжитель-	Водопотребление, м ³ /га	
			суммарное	среднесуточное

		ность, дни		
70% НВ	Посадка – начало бутонизации	15	464	31
	Начало бутонизации - начало образования плодов	18	1164	65
	Начало образования плодов – начало созревания	32	2666	83
	Начало созревания – последний сбор	60	2678	45
	Посадка – последний сбор	125	6972	56
80% НВ	Посадка – начало бутонизации	17	385	23
	Начало бутонизации - начало образования плодов	17	1189	70
	Начало образования плодов – начало созревания	33	2942	89
	Начало созревания – последний сбор	58	2632	45
	Посадка – последний сбор	125	7148	57
90% НВ	Посадка – начало бутонизации	18	427	24
	Начало бутонизации - начало образования плодов	17	1371	81
	Начало образования плодов – начало созревания	34	2806	83
	Начало созревания – последний сбор	57	2726	48
	Посадка – последний сбор	126	7330	58

Изучение водопотребления по периодам роста и развития томатов показало, что наибольшим оно было в период «Начало образования плодов – начало созревания», продолжавшийся в среднем за годы исследований 32-34 дня и составило при режиме 70% НВ 2666, 80% НВ – 2942, 90% НВ – 2806 м³/га.

Основной вклад в суммарное водопотребление культуры при ее возделывании в Саратовском Правобережье вносила оросительная вода. Ее доля колебалась от 60,5 % при режиме орошения 70% НВ до 64,2 % при 90% НВ. Доля атмосферных осадков составляла соответственно 34,5 и 35,3%. Использование исходных запасов влаги было ничтожным. С увеличением засушливости вегетационного периода культуры в ее суммарном водопотреблении доля оросительной воды увеличивалась от 53% в засушливом 2014 г. до 68% в сильно засушливом 2015 г.

Среднесуточное водопотребление было наибольшим в период «Начало образования плодов – начало созревания» и составило по режимам орошения 83; 89 и 83 м³/га. В среднем за вегетацию по изучавшимся режимам орошения 70, 80 и 90%НВ оно было равно 56; 57 и 58 м³/га в сутки.

По результатам исследований были рассчитаны биоклиматические коэффициенты томатов при выращивании в условиях Саратовского Правобережья (таблица 3) и определена эффективность использования культурой влаги и поливной воды (таблица 4).

Таблица 3 - Биоклиматические коэффициенты томатов для условий капельного орошения в Саратовском Правобережье (среднее за 2013-2015 гг.)

Период роста и развития	Режим капельного орошения, %НВ						Среднее по режимам орошения	
	70		80		90			
	Биоклиматический коэффициент							
	мм/мб	мм/°С	мм/мб	мм/°С	мм/мб	мм/°С	мм/мб	мм/°С
Посадка – начало образования плодов	0,45	0,24	0,42	0,23	0,47	0,25	0,44	0,24
Начало образования плодов – начало созревания	0,81	0,38	0,87	0,40	0,80	0,38	0,83	0,39
Начало созревания – последний сбор	0,52	0,22	0,53	0,23	0,57	0,24	0,54	0,23
Посадка – последний сбор	0,58	0,27	0,59	0,28	0,60	0,28	0,59	0,28

Таблица 4 - Эффективность использования влаги и поливной воды при различных режимах орошения (среднее за 2013-2015 гг.)

Доза удобрений, кг д.в./га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т			Коэффициент использования оросительной воды, м ³ /т		
	70%НВ	80%НВ	90%НВ	70%НВ	80%НВ	90%НВ
Без удобрений	93,4	71,7	91,3	56,3	45,5	58,6
N100P50K40	81,4	53,8	63,8	49,1	34,2	41,0
N190P80K70	60,2	44,0	51,2	36,3	27,9	32,9

Онтогенетическая кривая биоклиматических коэффициентов томатов при капельном орошении в Саратовском Правобережье имеет одновершинный характер с максимумом в период «Начало образования плодов – начало созревания», в среднем за вегетационный период биоклиматический коэффициент культуры равен 0,59 мм/мб или 0,28 мм/°С.

Наиболее эффективно влага и оросительная вода использовались при режиме капельного орошения 80%НВ и расчетной дозе удобрений на урожай

140 т/га. На данном варианте коэффициент водопотребления составил 44,0 м³/т, а на формирование 1 т плодов томатов расходовалось 27,9 м³ поливной воды.

В четвертой главе «Потребление и вынос элементов питания томатами при разных режимах капельного орошения и дозах минеральных удобрений» представлены результаты исследований по изучению влияния режимов капельного орошения и доз минеральных удобрений на потребление и вынос элементов питания различными сортами томатов.

Общее потребление азота сортом Дар Заволжья колебалось от 63,8 до 194,59; фосфора от 28,56 до 79,48, калия от 140,84 до 373,26 кг на гектар, сортом Новичок соответственно от 34,34 до 111,97; от 14,78 до 55,71 и от 82,64 до 297,36 кг на гектар. При этом наибольшие значения потребления элементов питания томатами отмечены при предполивной влажности почвы 80%НВ и дозе удобрений N190P80K70.

Общий вынос азота сортом Дар Заволжья колебался от 59,81 до 186,04; фосфора от 27,37 до 77,51, калия от 135,19 до 362,92 кг на гектар, сортом Новичок соответственно от 32,93 до 106,32; от 14,39 до 54,32, от 80,4 до 290,63 кг на гектар (таблица 5).

Повышение предполивного порога влажности почвы с 70 до 80%НВ и увеличение доз удобрений способствовало повышению общего выноса элементов питания.

Наибольший общий вынос всех элементов питания изучавшимися сортами томатов отмечен при сочетании режима капельного орошения 80%НВ и расчетной дозы на урожай 140 т/га.

Таблица 5 – Общий вынос элементов питания томатами (среднее за 2013-2015 гг.)

Режимы орошения, % НВ	Дозы удобрений, кг д.в./га	Дар Заволжья			Новичок		
		Общий вынос элементов питания, кг/га					
		азота	фосфора	калия	азота	фосфора	калия
70	Без удобрений	59,81	27,37	135,19	32,93	14,39	80,40
	N100P50K40	78,56	35,69	175,16	56,42	27,42	139,80
	N190P80K70	118,12	54,67	262,44	75,70	40,50	195,01
80	Без удобрений	79,50	36,21	179,14	48,61	21,75	114,27
	N100P50K40	119,31	53,99	268,57	79,46	44,78	201,86
	N190P80K70	186,04	77,51	362,92	106,32	54,32	290,63
90	Без удобрений	62,49	29,36	133,99	49,75	23,21	112,85
	N100P50K40	89,69	45,47	211,48	70,04	33,20	143,39
	N190P80K70	121,79	63,80	310,16	94,14	42,69	217,46

Нашими исследованиями не выявлено заметных различий в структуре потребления элементов питания различными органами томатов при разных режимах орошения и дозах удобрений. И сортом Новичок и сортом Дар Заволжья основное количество элементов питания потреблялось на формирование плодов (рисунок 1). Их доля в потреблении азота составляла 82,7-87,3%, фосфора 88,6-90,6%, калия 91,2-92,2%. Меньше всего потреблялось элементов питания на формирование корневой системы. Также не наблюдалось заметных различий в структуре потребления элементов питания между изучавшимися сортами.

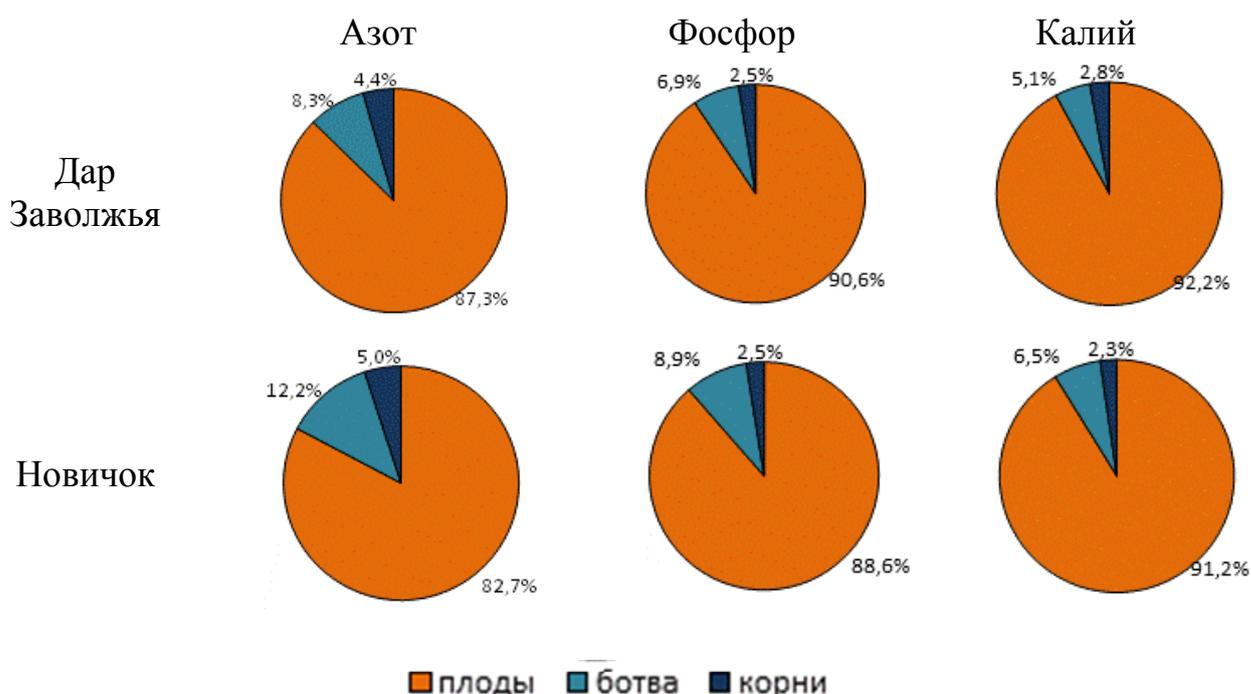


Рисунок 1 - Структура потребления элементов питания различными органами томатов, среднее за 2013-2015 гг.

Важным практическим показателем является вынос элементов питания на единицу товарной продукции и соответствующее количество побочной продукции (таблица 6).

Таблица 6 –Вынос элементов питания на 1 т продукции томатов (среднее за 2013-2015 гг.)

Режимы орошения	Дозы удобрений, кг д.в./га	Сорт Дар Заволжья			Сорт Новичок		
		Вынос на 1 т продукции, кг					
		азота	фосфора	калия	азота	фосфора	калия
70% НВ	Без удобрений	0,80	0,37	1,81	0,59	0,26	1,43
	N100P50K40	0,92	0,42	2,05	0,71	0,35	1,76
	N190P80K70	1,02	0,47	2,26	0,76	0,41	1,97
80% НВ	Без удобрений	0,80	0,36	1,80	0,60	0,27	1,41
	N100P50K40	0,90	0,41	2,02	0,71	0,40	1,81
	N190P80K70	1,14	0,48	2,23	0,73	0,37	2,00
90% НВ	Без удобрений	0,78	0,37	1,67	0,69	0,32	1,58
	N100P50K40	0,78	0,40	1,84	0,81	0,38	1,65
	N190P80K70	0,85	0,45	2,17	0,82	0,37	1,90

Интенсификация поливного режима томатов не оказывала заметного влияния на данный показатель. Внесение минеральных удобрений и увеличение их доз, напротив, приводило к увеличению выноса элементов питания на единицу товарной продукции и соответствующее количество побочной продукции.

Средний по всем вариантам опыта вынос на 1 т плодов у сорта Дар Заволжья составил: азота 0,89, фосфора 0,41, калия 1,98 и был значительно выше, чем у сорта Новичок соответственно 0,71; 0,35 и 1,72 кг действующего вещества.

В пятой главе «Продуктивность и качество плодов томатов при разных режимах капельного орошения и дозах минеральных удобрений» представлены результаты исследования по изучению влияния режимов капельного орошения и доз минеральных удобрений на урожайность и качество изучавшихся сортов томатов.

Интегральным показателем воздействия режимов капельного орошения и доз удобрений является урожайность.

Нами установлено, что повышение предполивного порога влажности почвы достоверно увеличивало урожайность изучавшихся сортов только при переходе от 70 к 80% НВ. Внесение минеральных удобрений и повышение их дозы способствовало увеличению урожайности томатов на всех режимах капельного орошения (таблица 7).

Таблица 7 – Урожайность томатов, т/га, при различных режимах капельного орошения и дозах удобрений

Режим орошения (фактор А)	Дозы удобрений, кг д.в./га (фактор В)	Дар Заволжья				Новичок			
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	Средняя	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Средняя
70 %НВ	Без удобрений	68,93	84,70	70,40	74,68	42,94	69,50	45,88	56,22
	N100P50K40	76,47	103,00	77,46	85,64	73,74	84,70	72,82	79,22
	N190P80K70	113,09	122,40	112,17	115,89	94,09	104,10	93,53	99,10
Средняя по А1		86,16	103,37	86,68	92,07	70,26	86,10	70,74	78,18
80 %НВ	Без удобрений	89,12	118,30	91,56	99,66	59,03	102,90	64,91	80,97
	N100P50K40	111,50	171,50	115,29	132,76	94,06	129,20	106,81	111,63
	N190P80K70	138,48	207,10	142,01	162,53	125,84	164,40	125,92	145,12
Средняя по А2		113,03	165,63	116,29	131,65	92,98	132,17	99,21	112,57
90 %НВ	Без удобрений	68,41	102,10	70,46	80,32	57,80	85,50	58,98	71,65
	N100P50K40	94,44	152,50	97,57	114,84	67,83	106,10	85,18	86,97
	N190P80K70	128,65	171,40	129,74	143,26	98,79	130,70	112,13	114,75
Средняя по А3		97,17	142,00	99,26	112,81	74,81	107,43	85,43	91,12
Средняя по	В1	75,49	101,7	77,47	84,89	53,26	85,97	56,59	69,61
	В2	94,14	142,33	96,77	111,08	78,54	106,67	88,27	92,61
	В3	126,74	167,0	127,97	140,56	106,24	133,07	110,53	119,66
НСР ₀₅ А		3,86	1,67	2,26	2,60	5,31	1,34	1,16	2,60
НСР ₀₅ В		2,95	2,04	1,69	2,23	4,73	1,69	1,33	2,58
НСР ₀₅ АВ		5,64	3,32	3,26	4,07	8,48	2,72	2,19	4,46

Наилучшим сочетанием урожаяобразующих факторов было: режим капельного орошения 80% НВ и расчетная доза удобрений на урожай 140 т/га. В среднем за три года исследований оно обеспечило получение наибольшей урожайности плодов – 162,53 т/га сорта Дар Заволжья и 145,12 т/га сорта Новичок и наивысшую окупаемость удобрений (таблица 8).

Таблица 8 – Окупаемость удобрений прибавкой урожая томатов, кг/кг, при различных режимах капельного орошения и дозах удобрений

Доза удобрений, кг/га д.в.	Сорт Дар Заволжья			Сорт Новичок		
	70%НВ	80%НВ	90%НВ	70%НВ	80%НВ	90%НВ
N100P50K40	58	174	182	121	161	81
N190P80K70	121	185	185	126	189	127

Нами установлены тесные регрессионные зависимости урожайности сортов томатов от оросительной нормы и суммарной дозы удобрений. Характер зависимости урожайности (Y) культуры от оросительной нормы (M) и суммарной дозы удобрений ($D_{му}$) описывается уравнениями: для сорта Дар Заволжья $Y = 1,726 \cdot 10^{-4} \cdot D_{му}^2 - 0,165 \cdot M^2 + 0,002 \cdot D_{му} \cdot M - 0,74 \cdot D_{му} + 144,995 \cdot M - 31729$, $\eta = 0,97$, для сорта Новичок $Y = 1,745 \cdot 10^{-4} \cdot D_{му}^2 - 0,135 \cdot M^2 + 5,824 \cdot 10^{-4} \cdot D_{му} \cdot M - 0,169 \cdot D_{му} + 117,254 \cdot M - 25328,8$, $\eta = 0,98$. Доверительные интервалы: для M 420-460 мм, для $D_{му}$ 0-340 кг/га д.в.

Формы поверхностей отклика приведены на рисунке 2.

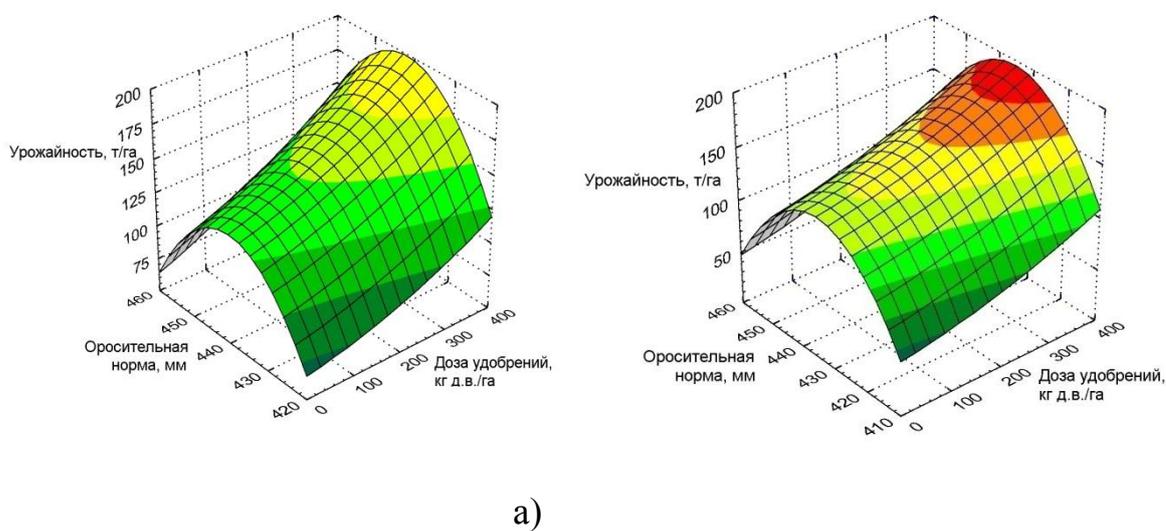


Рисунок 2 - Зависимости урожайности томатов а) сорта Дар Заволжья б) сорта Новичок от оросительной нормы и суммарной дозы удобрений

При использовании изучаемых доз удобрений содержание нитратов в плодах томатов было значительно ниже ПДК.

В шестой главе «Оценка экономической эффективности выращивания томатов при капельном орошении» дана экономическая оценка режимам

капельного орошения и дозам удобрений при выращивании томатов на черноземе южном.

Наиболее экономически эффективным оказалось возделывание томатов при совместном применении режима капельного орошения 80%НВ и расчетной дозы удобрений на урожай 140 т/га (таблица 9).

Таблица 9 - Показатели экономической эффективности возделывания томатов на капельном орошении, в среднем за 2013-2015 гг.

Режим орошения	Доза удобрений, кг д.в./га	Валовый доход, тыс.руб./га	Затраты, тыс.руб./га	Себестоимость, руб./т	Прибыль, тыс.руб./га	Рентабельность, %	Дисконтированный индекс доходности*
Сорт Дар Заволжья							
70% НВ	NOPOK0	896,2	287,69	3852,30	608,51	211,5	0,93/1,40
	N100P50K40	1027,7	352,25	4113,15	675,45	191,8	1,00/1,45
	N190P80K70	1390,7	376,27	3246,79	1014,43	269,6	1,32/1,90
80% НВ	NOPOK0	1195,9	323,26	3243,63	872,64	269,9	1,20/1,76
	N100P50K40	1593,1	382,34	2879,93	1210,76	316,7	1,50/2,16
	N190P80K70	1950,4	407,00	2504,15	1543,4	379,2	1,80/2,56
90% НВ	NOPOK0	963,8	311,36	3876,49	652,44	209,5	0,98/1,45
	N100P50K40	1378,1	376,57	3279,08	1001,53	266,0	1,31/1,89
	N190P80K70	1719,1	405,75	2832,26	1313,35	323,7	1,59/2,26
Сорт Новичок							
70% НВ	NOPOK0	674,6	274,73	4886,70	399,87	145,6	0,71/1,07
	N100P50K40	950,6	322,18	4066,90	628,42	195,1	0,95/1,41
	N190P80K70	1189,2	330,69	3336,93	858,51	259,6	1,18/1,74
80% НВ	NOPOK0	971,6	304,17	3756,58	667,43	219,4	0,99/1,48
	N100P50K40	1339,6	349,04	3126,76	990,56	283,8	1,31/1,90
	N190P80K70	1741,4	374,02	2577,32	1367,38	365,6	1,66/2,39
90% НВ	NOPOK0	859,8	282,90	3948,36	576,9	203,9	0,90/1,35
	N100P50K40	1043,6	362,33	4166,15	681,27	188,0	1,00/1,46
	N190P80K70	1377,0	374,39	3262,66	1002,61	267,8	1,31/1,89

** в числителе на первый год эксплуатации, в знаменателе – на второй

При этом была получена наименьшая себестоимость, наибольшая прибыль, рентабельность и дисконтированный индекс доходности, соответственно по сортам Дар Заволжья и Новичок 2504-2577 руб./т, 1543,4-1367,38 тыс. руб./га, 379-366% и 2,56-2,39.

Произведенные капитальные вложения окупались в первый же год после внедрения практически большинства вариантов, о чем свидетельствуют рассчитанные значения дисконтированного индекса доходности больше единицы. Только при возделывании сорта Дар Заволжья без удобрений и при режиме орошения 70 и 90% НВ, а сорта Новичок – без удобрений при всех

режимах орошения, индекс доходности на первый год эксплуатации был меньше единицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выращивании томатов в черноземной степи Саратовского Правобережья с использованием систем капельного орошения для поддержания предполивной влажности почвы на уровне 70%НВ в среднем за годы исследований потребовалось провести за вегетацию томатов 7,7 поливов, 80%НВ – 12,3 и 90%НВ – 26 поливов. Общая продолжительность работы системы капельного орошения составила соответственно по режимам 39,9; 43 и 44,6 часов.

Суммарное водопотребление томатов в среднем за годы исследований составило 6972 при 70%НВ, 7148 при 80% НВ и 7330 м³/га при 90%НВ. Основной вклад в суммарное водопотребление культуры вносила оросительная вода (60,5–64,2%), доля атмосферных осадков составляла 34,5–35,3%. С увеличением засушливости вегетационного периода в суммарном водопотреблении доля оросительной воды увеличивалась от 53 в засушливом 2014 г. до 68% в очень засушливом 2015 г. В онтогенезе наибольшее водопотребление культуры 2666-2942-2806 м³/га отмечено в период «Начало образования – начало созревания плодов». Среднесуточное водопотребление в среднем за вегетацию составило 56-58 м³/га в сутки, наибольшим оно было в период «Начало образования – начало созревания плодов» и составило по режимам орошения 83; 89 и 83 м³/га в сутки.

Определены биоклиматические коэффициенты (K_6) томатов при выращивании в Саратовском Правобережье на черноземах южных. Их максимальные значения приходятся на период «Начало образования – начало созревания плодов» и составляют 0,81-0,87 мм/мб или 0,38-0,40 мм/°С. В среднем за вегетационный период K_6 культуры равен 0,59 мм/мб или 0,28 мм/°С.

Самое эффективное использование влаги 44 м³/т и оросительной воды 27,9 м³/т достигалось при сочетании режима капельного орошения 80% НВ и расчетной дозы удобрений на урожай 140 т/га.

На среднегумусированном черноземе южном с высокой обеспеченностью доступным фосфором и обменным калием общее потребление томатами азота достигает 194,59, фосфора 79,48, калия 373,26 кг/га; общий вынос соответственно 186,04, 77,51 и 362,92 кг/га. Сорт Дар Заволжья выносит азота больше в 1,49 фосфора в 1,40, калия в 1,36 раза по сравнению с сортом Новичок.

Внесение расчетных доз удобрений увеличивало общий вынос азота сортом Дар Заволжья в 1,3-2,0, фосфора – в 1,5-2,3, калия – в 1,4-1,9 раз; сортом Новичок соответственно в 1,7-2,3; 1,6-2,2 и 1,4-1,9 раз. Повышение предполивного порога влажности с 70 до 80% НВ также увеличивало общий вынос элементов питания.

Режимы капельного орошения и дозы удобрений не оказывали заметного влияния на структуру потребления элементов питания различными органами растений: основное их количество –82,7-87,3% азота, 88,6-90,6% фосфора, 91,2-92,2% калия шло на формирование плодов, наименьшее – корневой системы. Не выявлено заметных различий в структуре потребления элементов и между изучавшимися сортами.

Вынос элементов питания на 1 т товарной продукции у сорта Дар Заволжья составил: азота 0,89, фосфора 0,41, калия 1,98 и был значительно выше, чем у сорта Новичок соответственно 0,71; 0,35 и 1,72 кг действующего вещества. Интенсификация режима орошения томатов не оказывала заметного влияния на вынос NPK на 1 т продукции, при применении удобрений наиболее экономно элементы питания расходовались при расчетной дозе на урожай 70 т/га.

Повышение предполивной влажности почвы с 70 до 80%НВ и внесение изучаемых доз минеральных удобрений достоверно повышало урожайность томатов. Наибольшая урожайность плодов 162,53 т/га сорта Дар Заволжья и 145,12 т/га сорта Новичок и наивысшая окупаемость удобрений получены при режиме капельного орошения 80% НВ и расчетной дозе на 140 т/га.

Установлены тесные зависимости урожайности томатов от оросительной нормы и суммарной дозы удобрений: для сорта Дар Заволжья

$$Y = 1,726 \cdot 10^{-4} \cdot D_{\text{му}}^2 - 0,165 \cdot M^2 + 0,002 \cdot D_{\text{му}} \cdot M - 0,74 \cdot D_{\text{му}} + 144,995 \cdot M - 31729,$$

сорта Новичок $Y = 1,745 \cdot 10^{-4} \cdot D_{\text{му}}^2 - 0,135 \cdot M^2 + 5,824 \cdot 10^{-4} \cdot D_{\text{му}} \cdot M - 0,169 \cdot D_{\text{му}}$
 $+ 117,254 \cdot M - 25328,8$

Возделывание томатов при капельном орошении в Саратовском Правобережье экономически выгодно. Произведенные затраты на внедрение системы капельного орошения окупаются при внесении удобрений в первый же год после ввода в эксплуатацию. По совокупности показателей – наименьшей себестоимости, наибольших прибыли, рентабельности и дисконтированного индекса доходности (соответственно по сортам Дар Заволжья и Новичок 2504-2577 руб./т, 1543,4-1367,38 тыс. руб./га и 379-366%, 2,56 и 2,39) наиболее экономически эффективным являлось выращивание томатов при режиме орошения 80% НВ и расчетной дозы удобрений на 140 т/га.

Рекомендации производству

В Саратовском Правобережье на черноземах южных среднесуглинистых для получения 145-160 т/га плодов томатов, окупаемости удобрений свыше 180 кг/кг д.в., рационального расходования оросительной воды 31-28 м³/т, получения прибыли 1367-1543 тыс. руб./га и рентабельности 366-379% рекомендуется: использовать системы капельного орошения, выращивать среднеранние сорта Новичок и Дар Заволжья; вносить расчетные дозы удобрений, учитывающие обеспеченность полей элементами питания, и поддерживать предполивную влажность почвы 80% НВ в слое 0-30 см до бутонизации и 0-50 см в последующие фазы путем проведения 12-13 поливов поливной нормой 224-385 м³/га. Для проектирования эксплуатационных режимов орошения и доз удобрений на планируемый уровень урожайности использовать установленные биоклиматические коэффициенты и вынос элементов питания на 1 т плодов томатов.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Разработка дифференцированных по предполивному порогу влажности режимов орошения, изучение особенностей водопотребления расширенного состава районированных сортов томатов, уточнение коэффициента, учитывающего долю увлажняемой при поливе площади при разных поливных нормах на черноземе южном.

Список опубликованных работ

В изданиях рекомендованных ВАК РФ

1. Пронько, Н.А. Способ повышения эффективности капельного полива овощей в Нижнем Поволжье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов**, Ю.А. Новикова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 27-30.
2. Пронько, Н.А. Использование воды и удобрений при капельном поливе томатов / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Научная жизнь. – 2015. – №6. – С. 78-85.
3. Пронько, Н.А. Вынос элементов питания томатами при капельном поливе в Саратовском Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 4. – С. 40-43.

В прочих изданиях

4. Пронько, Н.А. Влияние режимов капельного орошения на урожайность томатов на черноземе южном Нижнего Поволжья / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях: сб. докладов междунар. научно-практ. конф., посвящ. 140-летию со дня рожд. А.Г. Дояренко, ГНУ НИИСХ Юго-Востока – Саратов: Изд-во ООО Ракурс, 2014. – С. 474-478.
5. Пронько, Н.А. Влияние доз минеральных удобрений на урожайность томатов при выращивании на черноземе южном с использованием капельного орошения / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях: сб. докладов междунар. научно-практ. конф., посвящ. 140-летию со дня рожд. А.Г. Дояренко, ГНУ НИИСХ Юго-Востока – Саратов: Изд-во ООО Ракурс, 2014. – С. 325-329.
6. Пронько, Н.А. Рекомендации по эксплуатации систем капельного полива овощных культур в условиях Саратовской области / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов**, Т.Г. Рябцева, Ю.С. Шушков, Д.А. Степанченко, К.С. Голик, О.Ю. Холуденева - Саратов // ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2014, 40 с.
7. Пронько, Н.А. Рекомендации по режимам капельного орошения овощных культур в условиях Саратовской области / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов**, Т.Н. Рябцева, Ю.С. Шушков, Д.А. Степанченко, Голик К.С // Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2014, 26 с.
8. Пронько, Н.А. Продуктивность томатов при капельном орошении на черноземе обыкновенном / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Вавиловские чтения – 2014: сб. докладов межд. науч.-практ. конф., посвященной 127-й годовщине со дня рождения Н.И. Вавилова. – Саратов, Буква, 2014. – С. 67-70.
9. Пронько, Н.А. Особенности водопотребления томатов при капельном орошении в Саратовском Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** //

Экологическая стабилизация аграрного производства: сб. докл. межд. науч.-практ. конф. г. Саратов, НИИСХ Ю-В, 2015. – С. 53-58.

10. Пронько, Н.А. Повышение эффективности капельного орошения томатов в Саратовском Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2015. – № 7 (7). – С. 163-166.

11. Пронько, Н.А. Окупаемость удобрений при выращивании томата в условиях капельного орошения в Саратовском Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Фундаментальные исследования по созданию новых средств химизации и наследие академика Д.Н. Прянишникова: международная научно-практическая конференция, посвященная 150-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова, г. Москва, РАН, МСХ РФ, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – С. 246-249.

12. Пронько, Н.А. Использование влаги и поливной воды томатом при капельном орошении в черноземной степи / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов** // Основы рационального природопользования: сб. докладов V межд. конф., ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет, 2016. – С. 146-150.

13. Пронько, Н.А. Выращивание овощей при капельном орошении в Саратовском Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов**, К.С. Голик // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: сб. докладов межд. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВолжНИИГиМ, 2016. – С. 53-58.

14. Пронько, Н.А. Повышение эффективности микроорошения в Саратовском Заволжье и Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов**, Ю.С. Шушков // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: материалы межд. научно-практ. конф, посвященной 85-летию создания Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2016. – С. 499-503.

15. Бикбулатов, Е.И. Капельное орошение томатов в Саратовском Правобережье / Е.И. Бикбулатов // «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» (Костяковские чтения): сб. ст. межд. научно-практ. конф. – Москва: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», 2016. – С. 163-168.

16. Пронько, Н.А. Эффективность минеральных удобрений при выращивании овощных культур при капельном поливе на черноземе южном в Саратовском Правобережье / Н.А. Пронько, **Е.И. Бикбулатов**, К.С. Голик // «АГРОХИМИКАТЫ в XXI веке: теория и практика применения»: сб. ст. межд. научно-практ. конф. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 19-112.