

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

**Б.М. Кизяев, академик РАН, В.В. Бородычев, член-корр. РАН,
ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова**

Показаны основные результаты многолетних полевых опытов по капельному орошению и дозам внесения минеральных удобрений для повышения урожайности овощных культур в условиях крестьянско-фермерских хозяйств Волгоградской области.

Ключевые слова: капельное орошение, фертигация, овощные культуры, удобрения, дозы внесения, урожайность, инвестиции, индекс доходности.

Важным резервом роста сельскохозяйственного производства является развитие фермерских хозяйств в Российской Федерации. Развитие фермерства в России – одно из важнейших звеньев аграрных рыночных преобразований. Сегодня в стране функционирует более 200 тыс. фермерских хозяйств, которые решают основную аграрную задачу – обеспечение продовольственной безопасности страны [1,2]. В Волгоградской области площадь под овощными культурами составляет 29,8 тыс. га. Однако средняя урожайность овощей не превышает 29,96 т/га. Функционирует 12 тыс. крестьянско-фермерских хозяйств, которые производят 38,8 % овощной продукции, тогда как сельскохозяйственные организации около 24,3% [3].

В овощеводческих хозяйствах большое значение придается выбору экологически безопасных технологий и технических средств полива, к которым относится капельное орошение. Это способ позволяет поддерживать в почве благоприятный водно-воздушный режим без поверхностного и глубинного сбросов оросительной воды. Необходимое увлажнение почвы в сочетании с внесением минеральных удобрений в течение вегетационного периода обеспечивает получение планируемых урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе овощных [3-5].

Современные технологии выращивания овощных культур с использованием капельного орошения открывают возможность внесения удобрений с поливной водой (фертигация), что позволяет осуществлять это дробно в дозах, соответствующих потребностям растений на разных стадиях вегетации. Это значительно повышает эффективность использования водных ресурсов и применения минеральных удобрений [3, 6].

Вопросы фертигации при выращивании овощных культур в условиях жаркого климата изучены недостаточно. Знакомясь с материалами исследований зарубежных и российских ученых, опытом производителей, можно наблюдать довольно разноречивые выводы и рекомендации по многим вопросам технологии внесения удобрений с поливной водой. Неоднозначные суждения имеются и по таким вопросам как эффектив-



ность предпосадочного внесения минеральных удобрений, количество элементов питания необходимых для получения единицы продукции, выбор наиболее оптимальных видов минеральных удобрений, планирование схемы распределения элементов минерального питания в процессе онтогенеза. Несовпадение выводов и рекоменда-

ций вполне объяснимо, так как они в значительной степени зависят от таких факторов, как применение той или иной технологии полива, почвенно-климатических условий, биологических особенностей выбранного сорта или гибрида. Последние исследования ученых разных стран говорят о неэффективности применения стартовых удобрений в повышенных дозах. Преобладает тенденция к увеличению доли удобрений, вносимых методом фертигации в период роста и развития растений. В большей степени это касается азотных и калийных удобрений. Рациональное распределение этих элементов по периодам вегетации позволяет снизить дозы удобрений на производство единицы продукции, является важным инструментом получения запланированных урожаев высокого качества и значительной экономии дорогостоящих удобрений, применяемых при капельном орошении. Схема фертигации не может быть универсальной, она должна разрабатываться с учетом конкретных условий производства и биологических особенностей сорта.

Цель наших исследований – разработать современные технологии выращивания овощных культур при капельном орошении в сочетании с минеральным питанием.

Методика. Для определения оптимального уровня минерального питания и рациональной схемы дробного внесения удобрений в институте с 1998 г. проводят исследования в базовых фермерских хозяйствах, расположенных в Волгоградской области – КФХ «Садко» в Дубовском, КФХ «Выборнова В.Д.» в Ленинском и КФХ «Казаченко С.В.» в Городищенском районах.

Все опытные участки оборудованы системами капельного орошения и устройствами для внесения макро- и микроудобрений [10, 11].

Правильный выбор видов удобрений и их потребность зависят не только от предпочтения культуры, обусловленной ее биологией, но и в значительной степени от водно-физических и агрохимических свойств почвы. Почвы опытных участков характеризуются маломощным гумусовым горизонтом (0,15-0,25 м) и низким содержанием гумуса в пахотном слое. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,2-8,1). По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью легкогидролизуемым

азотом (39 мг/кг сухой почвы) и подвижным фосфором (35,6 мг/кг сухой почвы), средней обеспеченностью обменным калием (331,3 мг/кг сухой почвы). По гранулометрическому составу почвы среднесуглинистые.

Исследования проводили по общепринятым методам [7-9].

В каждом из вариантов исследовали эффективность внесения различных доз минеральных удобрений, рассчитанных в соответствии с результатами анализа почвы. Дозы удобрений устанавливали с учетом коэффициентов усвоения их растениями при фертигации.

1. Внесение минеральных удобрений с поливной водой по периодам роста и развития растений, %

Культура	Посев-цветение			Цветение-завязывание плодов			Рост плодов – первый сбор			Плодоношение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Томат	20	15	15	20	15	20	20	30	35	40	40	30
Перец сладкий	15	25	10	10	10	10	20	20	25	55	45	55
Баклажан	10	30	20	20	20	20	30	30	40	40	20	30
Морковь	20	25	15	20	25	25	60	50	60	-	-	-
Огурец	10	25	15	35	25	25	35	25	40	20	25	20
Капуста краснокочанная	10	25	15	25	35	25	65	40	40	-	-	-
Лук репчатый	20	25	15	30	30	35	50	45	50	-	-	-
Кукуруза сахарная	20	25	15	35	30	35	45	45	50	-	-	-
Соя	20	30	20	30	40	40	30	20	20	20	10	20

Удобрения при капельном поливе вносили в два этапа: основное внесение и с поливной водой (табл. 1). Практически под все овощные культуры в основное внесение удобрений давали 10% азотных, 50 фосфорных и 30% калийных удобрений. Для основного внесения удобрений применяли аммофос, нитроаммофос, суперфосфат. Принимая во внимание схему расположения капельных линий, удобрения вносили ленточным способом в зону будущих рядов овощных культур. При разработке модели фертигации учитывали высокую корреляцию между нарастанием вегетативной массы и количеством потребляемых элементов питания растениями в течение вегетационного периода с учетом особенностей отдельных фаз вегетации. Оросительные поливы проводили при достижении запланированной предполивной влажности почвы. При совпадении графика орошения и фертигации подкормку осуществляли в конце оросительного полива.

Для внесения с поливной водой использовали только растворимые удобрения без вредных примесей, натрия, хлора: аммофос, аммиачную и калийную селитру, сульфат калия, карбамид. В качестве удобрений применяли и ортофосфорную кислоту.

Минеральное питание и водный режим являются основными, легкоуправляемыми факторами. Только применяя удобрение и орошение в соответствии с генетическими потребностями конкретного сорта или гибрида можно гарантированно получать максимальные урожаи. Действие этих агроприемов тесно взаимосвязано. Нельзя достичь наивысшего урожая применяя только удобрения или поливы. Между этими агроприемами существует положительное взаимодействие.

Урожайность стандартных плодов огурца (сорт Конкурент) на уровне 60 т/га можно получить при поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 80-90% НВ или 90-90% НВ в сочетании с N₁₃₀P₅₀K₂₀ или 80-80, 80-90, 90-90% НВ с внесением минеральных удобрений в дозе N₂₀₀P₈₀K₁₁₀. Поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 80-80% НВ обеспечивается проведением 16-19 поливов поливной нормой 115 м³/га, а на уровне 90-90% НВ проведением 47-53 поливов по 50 м³/га. Индекс дисконтированной доходности инвестиций при получении 60 т/га стандартной продукции составляет 2,27 при внутренней норме доходности 78,4%.

Отмечено положительное взаимодействие между удобрениями и поливами при выращивании баклажана. Формирование урожая этой культуры (гибрид Рива F1) на уровне 70 т/га обеспечивается поддержанием предполивного порога влажности почвы 80% НВ в слое 0,3 м (фаза высадка рассады - бутонизация) и 90-80% НВ в слое 0,5 м (фаза бутонизация-последний сбор) при внесении удобрений в дозе N₂₀₅P₁₃₀K₆₀. Порог предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ в слое 0,3 м обеспечивали проведением от 4 до 10 поливов нормой 75 м³/га, а в слое 0,5 м - до 16 поливов нормой 125 м³/га. В период цветения - начало плодоношения повышение влажности почвы до 90% НВ обеспечивалось проведением от 5 до 16 поливов поливной нормой 60 м³/га.

Совместное применение удобрений и орошения существенно влияет на продуктивность посевов сахарной кукурузы (гибрид Спирит F1, Бонус F1). Внесение минеральных удобрений в дозе N₁₁₀P₆₀K₃₀ и поддержание дифференцированного 70-80% НВ или постоянного 80% НВ порогов предполивной влажности почвы обеспечивают формирование до 25 т/га початков сахарной кукурузы. Зерно сахарной кукурузы с оптимизированным по вкусовым качествам химическим составом формируется при повышенном фоне минерального питания (внесение минеральных удобрений в дозе N₁₁₀P₆₀K₃₀ или N₁₉₀P₁₀₀K₁₅₀) в сочетании с умеренным (70-70% НВ или 70-80% НВ) уровнем водообеспечения.

Наибольшая внутренняя норма доходности потенциальных проектов возделывания сахарной кукурузы 399,3% с использованием систем капельного орошения обеспечивается при поддержании предполивного порога влажности почвы 80% НВ и внесении N₁₉₀P₁₀₀K₁₅₀. Это достигается проведением 12-19 поливов поливной нормой 90 м³/га в период посев-выметывание метелки и 3-7 поливов поливной нормой 160 м³/га в период выметывание метелки-молочная спелость зерна.

Урожайность корнеплодов моркови (сорт Шантенэ 2461) в среднем за годы исследований (2008-2015 гг.) изменялась от 41,3 т/га при поддержании порога предполивной влажности почвы дифференцированно по фазам развития растений на уровне 70-80-70% НВ (посев - начало формирования корнеплодов; начало формирования корнеплодов - техническая спелость; техническая спелость - уборка) и дозе внесения удобрений N₆₀P₃₀K₃₀ до 70,4 т/га при поддержании предполивного

уровня 70-90-80% НВ в сочетании с внесением удобрений в дозе $N_{150}P_{60}K_{180}$. Дополнительный чистый доход

превышает 325 тыс.руб/га.

2. Урожайность репчатого лука гибрид F1 Манас

Доза минеральных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Водный режим почвы (фактор В)		Урожайность, т/га					
	Глубина увлажнения, м	Уровень предполивной влажности, % НВ	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
$N_{80}P_{60}K_{20}$	0,3-0,3	80-85 70-75	63,0	64,8	67,1	67,0	62,5	64,2
$N_{80}P_{60}K_{20}$	0,3-0,4	80-85 70-75	61,2	63,6	65,0	65,3	60,1	63,0
$N_{80}P_{60}K_{20}$	0,3-0,5	80-85 70-75	58,9	62,1	64,5	64,4	57,3	62,7
$N_{80}P_{60}K_{20}$	0,3-0,3	80-85	64,0	65,7	68,8	69,2	63,8	64,5
$N_{150}P_{110}K_{80}$	0,3-0,3	80-85 70-75	81,8	84,5	82,7	84,1	81,5	83,7
$N_{150}P_{110}K_{80}$	0,3-0,4	80-85 70-75	78,5	81,3	78,4	78,3	77,6	77,1
$N_{150}P_{110}K_{80}$	0,3-0,5	80-85 70-75	77,0	79,1	78,8	77,5	76,4	75,6
$N_{150}P_{110}K_{80}$	0,3-0,3	80-85	82,7	87,2	83,6	85,0	82,7	84,8
$N_{230}P_{160}K_{140}$	0,3-0,3	80-85 70-75	95,2	95,7	96,2	96,8	93,3	96,0
$N_{230}P_{160}K_{140}$	0,3-0,4	80-85 70-75	92,4	94,0	92,5	93,4	90,1	93,8
$N_{230}P_{160}K_{140}$	0,3-0,5	80-85 70-75	90,3	90,8	90,0	92,3	89,6	91,7
$N_{230}P_{160}K_{140}$	0,3-0,3	80-85	98,6	98,1	95,4	98,1	95,4	97,0
НСР ₀₅	Фактор А		0,71	0,42	0,32	0,36	0,36	0,43
	Фактор В		0,82	0,48	0,37	0,42	0,41	0,50
	Взаимодействие АВ		1,42	0,84	0,64	0,72	0,72	0,86

Положительные результаты применения минеральных удобрений и технологии капельного орошения получены на посевах сои сорта ВНИИОЗ 31. Комплексная оценка влияния удобрений и орошения на основные показатели роста, развития и урожайности семян этой культуры показала, что экономически целесообразно возделывание сои на экономе с использованием систем капельного орошения при получении урожайности не ниже 4 т/га и сочетании поддержания предполивного порога влажности почвы 70-80% НВ в дифференцированном по фазам роста и развития растений горизонте 0,3-0,5 м и с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{85}P_{80}K_{50}$ или $N_{110}P_{100}K_{70}$. Сальдо денежного потока при таком сочетании факторов составляет, соответственно, 121960 и 167000 руб/га, а срок окупаемости проекта с учетом капитальных вложений на приобретение и монтаж системы капельного орошения не превышает 3 года.

На протяжении 2010-2015 гг. урожайность репчатого лука при равных факторах А и В для данных лет практически не изменяется (табл. 2). С увеличением глубины увлажнения урожайность снижается. Высокие урожаи получены при глубине увлажнения 0,3 м и водном режиме 80-85% НВ в период от посева семян до формирования луковицы и 70-75% НВ в период от формирования луковицы до технической спелости. Доза внесения минеральных удобрений - $N_{230}P_{160}K_{140}$.

Овощные пасленовые культуры (томат, перец, баклажан) довольно требовательны к условиям питания, высокие урожаи получают на среднесуглинистых почвах при совмещении основного внесения удобрений и фертигации.

Разработанные технологии капельного орошения и минерального питания основных овощных культур для условий Нижнего Поволжья внедрены на площади 1820 га с экономическим эффектом свыше 300 млн рублей в год. Таким образом, проведенные исследования спо-

собствуют повышению эффективности агропромышленного комплекса, продуктивности мелиорируемых земель, сохранению благоприятного экологического состояния природной среды.

Литература

1. Сидоренко В., Михайлушкин П., Баталов Д. Состояние и перспективы обеспечения продовольственной безопасности и импортозамещение в России/ В. Сидоренко, П. Михайлушкин, Д. Баталов//Международный сельскохозяйственный журнал.- № 4. – 2016. – С. 38-41.
2. Россия в цифрах: краткий статистический сборник.- М.: Росстат, 2014. – 558 с.
3. Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения сельскохозяйственных культур[Текст]: научное издание/В.В. Бородычев .- Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с.
4. Кизяев Б.М. Инновационные технологии в мелиорации - основа возрождения отрасли и продовольственной безопасности страны/Б.М. Кизяев//Материалы Международной научно-практической конференции (Костяковские чтения), ВНИИГиМ. – М., 2011.- С.3-8.
5. Кизяев Б.М., Бородычев В.В., Гуренко В.М., Майер А.В. Перспективные разработки в области капельного орошения/Б.М. Кизяев, В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, А.В. Майер//Пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях аридного земледелия. Сб. научных трудов, ПНИИАЗ, 2012. – С. 78-86.
6. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник. – М.: Росинформагротех, 2015. – 264 с.
7. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве/С.С. Литвинов//Россельхозакадемия.- М., 2011. – 648 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985.
9. Виленский П.Л. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов/П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
10. Кизяев Б.М., Бородычев В.В., Гуренко В.М., Майер А.В., Салдаев А.М. и др. Система капельного полива. Патент РФ № 2322047 по заявке № 2006131067/12 (033773). Опубликовано 20.04.2006 г.
11. Кизяев Б.М., Салдаев А.М., Бородычев В.В., Дубенок Н.Н., Шенцева Е.В. и др. Устройство для внесения с поливной водой микроэлементов, химелиорантов, гербицидов, пестицидов и макроудобрений в системах капельного орошения, мобильных дождевальных машин кругового и фронтального действия и многоопорных дождевальных машин позиционного действия фронтального перемещения/Б.М. Кизяев, А.М. Салдаев, В.В. Бородычев, Н.Н. Дубенок, Шенцева Е.В. и др./Патент РФ № 2343681. Приоритет от 08.08.2007 г. Опубликовано 20.01.2009 г.

EFFICIENCY OF MINERAL NUTRITION OF VEGETABLE CROPS UNDER DRIP IRRIGATION

B.M. Kizyaev, V.V. Borodychev

***All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
ul. B. Akademicheskaya 44a, Moscow, 127550 Russia***

The effect of drip irrigation and application rates of mineral fertilizers on the yield of vegetable crops has been studied in long-term field experiments under farm conditions in Volgograd oblast.

Keywords: drip irrigation, fertigation, vegetable crops, fertilizers, application rates, crop yield, investments, profitability index.