

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-67-70>
УДК 635.646:631.8:631.674.6

**Д.С. Магомедова,
С.А. Курбанов,
М.Ш. Шабанова**

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»
367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д.180

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи.

Для цитирования: Магомедова Д.С., Курбанов С.А., Шабанова М.Ш. Комплексное действие удобрений и капельного орошения на урожайность баклажана. *Овощи России*. 2021;(2):67-70.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-67-70>

Поступила в редакцию: 21.02.2021

Принята к печати: 15.04.2021

Опубликована: 25.04.2021

**Diana S. Magomedova,
Serazhutdin A. Kurbanov,
Maryam Sh. Shabanova**

FSBEI HE "Dagestan State Agrarian University by M.M. Dzhambulatov"
st. M. Hajiyeva, 180, Makhachkala, 367032, Republic of Dagestan

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article.

For citations: Magomedova D.S., Kurbanov S.A., Shabanova M.Sh. Complex effect of fertilizers and drip irrigation eggplant yield. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(2):67-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-67-70>

Received: 21.02.2021

Accepted for publication: 15.04.2021

Accepted: 25.04.2021

Комплексное действие удобрений и капельного орошения на урожайность баклажана



Резюме

Актуальность. В условиях сухостепной зоны равнинного Дагестана доказано благоприятное воздействие капельного орошения в сочетании с органоминеральными удобрениями на урожайность и качество плодов баклажана сорта Алмаз.

Результаты. Установлено, что из трех изучаемых порогов влажности почвы (70, 80 и 90% НВ), наилучшие условия для роста и развития растений, оптимизации их фотосинтетической деятельности создаются при пороге влажности 80% НВ в сочетании с внесением 40 т/га навоза + $N_{320}P_{120}K_{210}$. Изучаемое сочетание факторов позволяет повысить индекс листовой поверхности в среднем на 24,3%, что способствует росту фотосинтетического потенциала на 15,7% и повышению эффективности использования посевами фотосинтетически активной радиации в 2,5 раза по сравнению с неудобренным фоном при 90% НВ. В условиях дефицита поливной воды капельное орошение в сочетании с фертигацией в виде трех корневых подкормок азотными удобрениями, повышает эффективность ее использования за счет снижения расхода воды на формирование единицы продукции в среднем с 164,8 до 66,4 м³/т. Доказано, что наилучшим сочетанием урожаеобразующих факторов, обеспечивающих получение наибольшей урожайности баклажана – 62,3-63,6 т/га, является применение капельного орошения с поддержанием в активном 0,5 м слое в течение вегетационно-влажностипочвы в пределах 80...100% НВ в комплексе с внесением 40 т/га навоза и $N_{320}P_{120}K_{210}$.

Ключевые слова: баклажан, капельное орошение, пороги влажности, нормы удобрений, фотосинтетическая активность, водопотребление, урожайность, качество плодов

Complex effect of fertilizers and drip irrigation eggplant yield

Abstract

Relevance and methods. In the dry steppe zone of flat Dagestan, the beneficial effect of drip irrigation in combination with organic fertilizers on the yield and quality of Almaz eggplant fruits has been proven. **Results.** It was established that out of the three studied soil moisture thresholds (70, 80 and 90% HB), the best conditions for plant growth and development, optimization of their photosynthetic activity are created at a moisture threshold of 80% HB in combination with the introduction of 40 t / ha manure + $N_{320}P_{120}K_{210}$. The combination of factors under study makes it possible to increase the leaf surface index by an average of 24.3%, which contributes to an increase in the photosynthetic potential by 15.7% and an increase in the efficiency of the use of photosynthetically active radiation by crops by 2.5 times in comparison with the unfertilized background by 90% HB. In conditions of a shortage of irrigation water, drip irrigation in combination with fertigation in the form of three root fertilizing with nitrogen fertilizers increases the efficiency of its use by reducing the water consumption for the formation of a unit of production from on average with 164.8 to 66.4 m³/t. It has been proven that the best combination of yield-forming factors ensuring the highest eggplant yield - 62.3..63,6 t / ha, is the use of drip irrigation with the maintenance of soil moisture in the active 0.5 m layer during the growing season within 80...100% HB in the complex with the introduction of 40 t / ha of manure and $N_{320}P_{120}K_{210}$.

Keywords: eggplant, drip irrigation, moisture thresholds, fertilization rates, photosynthetic activity, water consumption, yield, the quality of the fruit

Введение

Повышение продовольственной независимости страны невозможно без увеличения производства овощей, являющихся незаменимым продуктом питания населения, обеспечивающим в определенной мере здоровье человека. Однако потребление овощей на душу населения из-за недостаточного объема производства составляет 105,7 кг, что не соответствует научно обоснованной норме 140 кг [1]. В структуре производимой овощной продукции основными культурами являются томат – 17,3%, капуста – 16,7%, лук репчатый – 13,0, морковь – 10,4%, огурец – 10,0% и др. [2]. Баклажан – специфический овощ, который используется в переработанном виде. Сравнительно низкая урожайность, продолжительный вегетационный период и повышенные требования к почвенно-климатическим условиям сдерживают его распространение в нашей стране. При этом спрос на плоды баклажана и продукты их переработки постоянно растет и не удовлетворяется собственным производством [3]. Даже в Республике Дагестан, являющейся лидером в России по валовому производству овощей (1,44 млн т), в структуре производства овощей баклажан не входит в число основных возделываемых культур [4].

Баклажан является низкокалорийным продуктом, что делает его диетическим продуктом, который, благодаря наличию соланина М, рекомендуется использовать для профилактики и лечения атеросклероза, желчнокаменной и почечнокаменной болезней, при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, малокровии и других болезнях. В этой связи разработка приемов агротехники, направленных на повышение урожайности культуры, весьма актуальна.

Цель исследований – разработка норм удобрений и рациональных режимов капельного орошения, обеспечивающих получение запланированной урожайности культуры баклажана на уровне 60 т/га.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели в 2013-2015 годах на лугово-каштановых среднесуглинистых почвах учебно-опытного хозяйства Дагестанского ГАУ был заложен двухфакторный полевой опыт по изучению роста, развития и урожайности среднераннего сорта баклажана Алмаз с тремя вариантами по нормам удобрений (фактор А) – без удобрений (контроль), 40 т/га навоза + N₁₄₀P₃₀ (для получения 30 т/га), 40 т/га навоза + N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ (для получения 60 т/га) и тремя вариантами с уровнями пред-

поливной влажности почвы (фактор В) – 70% НВ (контроль), 80% НВ и 90% НВ, поддерживаемыми в слое 0,5 м на протяжении всего вегетационного периода.

Содержание гумуса в активном 0,5 м слое – 1,9%, обеспеченность почвы легкогидролизующим азотом и обменным калием средняя, а фосфором – очень низкая, реакция почвенного раствора – слабощелочная. Плотность сложения активного слоя – 1,25 т/м³, наименьшая влагоемкость – 17,9% от массы абсолютно сухой почвы. Для капельного орошения использовали капельные трубки компании АО «Мушарака» (Республика Дагестан). Расстояние между капельницами на поливных трубопроводах составляло 0,3 м, при расходе капельницы воды 2 л/час. Схема посадки баклажана – 0,7 x 0,3 м. Полевой эксперимент заложен методом расщепленных делянок, повторность опыта четырехкратная.

Агротехника возделывания баклажана, кроме изучаемых приемов, была общепринятой для зоны. Рассадку высаживали в открытый грунт в возрасте 55-60 дней в 1-2 декаде мая по схеме 0,7 x 0,3 м. Методика наблюдений, учетов и анализов общепринятая в овощеводстве с использованием тензиометров для контроля за влажностью почвы [5].

Результаты и обсуждение

Удобрения – один из действенных факторов регулирования продуктивности сельскохозяйственных культур. В современном овощеводстве применение интенсивных технологий возделывания большинства культур предполагает использование сортов и гибридов, отличающихся большим выносом элементов питания с урожаем [6]. Поэтому одной из задач наших исследований было совершенствование системы удобрения баклажана с использованием капельного орошения. Баклажан требователен к почвенному питанию, поэтому культура хорошо отзывается на внесение органических и минеральных удобрений. Внесение под вспашку 40 т/га навоза позволило на 20,5% снизить химическую нагрузку на орошаемый гектар лугово-каштановой почвы, а применение трех корневых подкормок с использованием капельного орошения в начале фаз бутонизации, цветения и плодоношения способствовало росту урожайности баклажана.

Одним из важнейших аппаратов взаимодействия растительного агроценоза с внешней средой, посредством которого осуществляется улавливание фотосинтетически активной радиации, является ассимиляционный аппарат. Поэтому одним из главных условий высокой

Таблица 1. Показатели фотосинтетической деятельности баклажана
Table 1. Indicators of photosynthetic activity of eggplant

Нормы удобрений	Предполивной порог, % НВ	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, тыс. м ² -день /га	Содержание сухого вещества, т/га	ЧПФ, г/м ² -сутки	КПД ФАР, %
Без удобрений	70 К	27,7	3047	3,23	1,06	0,42
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		32,3	3618	4,91	1,36	0,64
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		35,7	4070	8,18	2,01	1,06
Без удобрений	80	29,3	3311	3,66	1,11	0,47
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		34,5	3933	5,57	1,42	0,72
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		40,6	4709	9,47	2,01	1,21
Без удобрений	90	30,6	3519	3,77	1,07	0,48
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		35,9	4236	5,80	1,37	0,73
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		41,9	4986	9,51	1,91	1,19

продуктивности посевов является не только создание оптимальной площади ассимиляционной поверхности листьев, но и эффективная ее работа максимально возможное время.

В среднем за годы исследований площадь листьев колебалась от 27,7 до 41,9 тыс. м²/га. Существенное влияние на площадь формирования листьев оказывает улучшение питательного режима почвы, которое повысило площадь листовой поверхности на 34,9%, тогда как изменение в предполивных порогах, только на 13,6%. Максимальная площадь листьев была сформирована при сочетании поддержания 80 и 90% НВ и внесения N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀, что позволяет повысить индекс листовой поверхности в среднем на 24,3% (табл. 1).

Но максимальная площадь листьев – не совсем эффективный показатель их работы. Необходимо знать интенсивность работы листового аппарата в течение всего вегетационного периода, что позволяет оценить фотосинтетический потенциал (ФП). В наших исследованиях ФП был значительно выше при внесении N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ и предполивном пороге 90% НВ – 4986 тыс. м²-день /га, а снижение уровня предполивной влажности до 80% НВ снижало ФП на 5,9%, но на 15,7% выше аналогичного варианта на контроле. Однако качество работы листового аппарата при пороге 80% НВ выше, о чем свидетельствует значения ЧПФ и КПД фотосинтетически активной радиации (ФАР), который является обобщающим показателем оценки реализации возможной продуктивности сельскохозяйственной культуры, почвы и климата.

В частности, при поддержании порога не ниже 80% НВ были получены максимальные значения ЧПФ при всех фонах питательного режима составили в среднем 1,51 г/м²-сутки. Подтверждает более качественную работу листового аппарата и величина накопления сухого вещества, и величина КПД ФАР.

По КПД ФАР оценивают степень оптимальности функционирования посевов, сбалансированности ресурсов питательных веществ и воды с количеством приходящей солнечной энергии. Максимальное значение КПД ФАР отмечено при поддержании предполивного порога влажности в активном 0,5 м слое почвы не ниже 80% НВ и внесении 40 т/га навоза и N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ – 1,21%, что в 2,5 раза выше, чем в варианте без удобрений. В пределах ошибки опыта являются значения показателя КПД ФАР в варианте с порогом влажности 90% НВ. Отмечена прямая коррелятивная связь между фотосинтетическим потенциалом

и КПД ФАР – $y=1903x+2472$ при $R^2=0,856$.

Орошение – один из основных урожаеобразующих факторов в зоне сухих степей, однако дефицит водных ресурсов, особенно в летний период, обязывает к применению ресурсосберегающих технологий орошения. В большей степени реализации этого направления соответствует капельное орошение, которое благодаря нормированной подаче поливной воды с растворенными в ней питательными веществами непосредственно в зону питания каждого растения согласно его биологическим потребностям, дает возможность в два и более раз повысить урожайность сельскохозяйственных культур при одновременном улучшении их качества [7, 8].

Одним из показателей эффективности использования влаги и оросительной воды служат коэффициенты водопотребления и использования поливной воды (КИВ). Анализ коэффициента водопотребления свидетельствует о том, что с повышением уровня влажности с 70 до 90% НВ эффективность использования влаги возрастает на 8,2-9,8%, а наименьший коэффициент водопотребления наблюдается при 80% НВ – в среднем 126,8 м³/т. Применяемые нормы органических и минеральных удобрений оказывают значительно большее влияние на коэффициент водопотребления, который снижается с 190,7 м³/т до 76,8 м³/т при внесении 40 т/га навоза + N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ или почти в 2,5 раза (табл. 2).

Коэффициент использования воды с повышением уровня предполивной влажности почвы также снижается, но в меньшей степени – на 5,5-8,4%, а с повышением норм вносимых удобрений – с 164,8 до 66,4 м³/т. Самое эффективное использование поливной воды отмечено при сочетании предполивного уровня предполивной влажности 80% НВ и внесения минеральных удобрений N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ – 63,3 м³/т.

Интегральным показателем воздействия норм вносимых органических и минеральных удобрений и режимов орошения является урожайность. Внесение изучаемых норм удобрений приводило к увеличению урожайности сорта Алмаз при всех уровнях предполивной влажности почвы. Прибавка урожая от внесения N₁₄₀P₃₀K₀ при режиме орошения 70% НВ по сравнению с контролем составила 10,4 т/га, а при внесении N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ – 31,7 т/га, при режиме орошения 80% НВ – 11,8 и 37,4 т/га соответственно, а при режиме орошения 90% НВ – 12,6 и 38,3 т/га (табл. 3).

Интенсификация водного питания путем повышения

Таблица 2. Коэффициенты водопотребления и использования оросительной воды в зависимости от уровня предполивной влажности почвы и норм вносимых удобрений
Table 2. Coefficients of water consumption and use of irrigation water depending on the level of pre-irrigation soil moisture and the rate of applied fertilizers

Нормы удобрений	Предполивной порог, % НВ	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Коэффициент использования поливной воды, м ³ /т
Без удобрений	70 К	4455	3796	201,6	171,7
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		4455	3796	137,1	116,8
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		4455	3796	82,8	70,5
Без удобрений	80	4560	3942	183,1	158,3
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		4560	3942	124,2	107,4
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		4560	3942	73,2	63,3
Без удобрений	90	4740	4161	187,3	164,5
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		4740	4161	125,1	109,8
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		4740	4161	74,5	65,4

Таблица 3. Урожайность баклажана в зависимости от уровня предполивной влажности почвы и норм вносимых удобрений
Table 3. Eggplant yield depending on the level of pre-irrigation soil moisture and the rate of applied fertilizers

Нормы удобрений	Предполивной порог, % НВ	Урожайность, т/га	Прибавка от удобрений		Прибавка от уровня предполивной влажности почвы	
			т/га	%	т/га	%
Без удобрений	70 К	22,1	-	-	-	-
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		32,5	10,4	47,1	-	-
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		53,8	31,7	143,4	-	-
Без удобрений	80	24,9	-	-	2,8	12,7
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		36,7	11,8	47,4	4,2	12,9
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		62,3	37,4	150,2	8,5	15,8
Без удобрений	90	25,3	-	-	3,2	14,5
40 т + N ₁₄₀ P ₃₀		37,9	12,6	49,8	4,2	12,9
40 т + N ₃₂₀ P ₁₂₀ K ₂₁₀		63,6	38,3	151,4	8,5	15,8
НСР ₀₅ A		1,8				
НСР ₀₅ B		1,8				
НСР ₀₅ AB		3,2				

предполивного порога влажности почвы с 70 до 80% НВ приводила к существенному, но менее значительному, по сравнению с внесением норм удобрений, росту урожайности на 2,8-8,5 т/га в зависимости от норм удобрений. Дальнейшее повышение предполивной влажности почвы с 80 до 90% НВ также было эффективно и обеспечило дополнительную прибавку в 3,2-9,8 т/га, но по сравнению с порогом влажности 80% НВ – всего 1,6-2,4%.

При всех уровнях предполивной влажности почвы были получены запланированные уровни урожайности, кроме порога 70% НВ и внесении N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀, где недобор урожая составил 10,3%. Наилучшим сочетанием урожайнообразующих факторов и является поддержание в течение вегетации в слое 0,5 м влажности почвы не ниже 80% НВ и внесение 40 т/га навоза + N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀, обеспечивающее наибольшую, экономически и энергетически обоснованную урожайность плодов – 62,3 т/га.

Нормы удобрений и количество доступной влаги существенно влияют на качество плодов баклажана. В результате исследований установлено, что при увеличении норм удобрений повышается содержание сухого веще-

ства на 4,5-11,3%, сахаров – 7,3-11,6%, витамина С – 3,1-8,9%, нитратов – 17,4-34,1%. При увеличении предполивного порога влажности почвы содержание сухого вещества также повышалось, но более существенно – на 9,5-18,8%, витамина С – 9,7-15,2%, а содержание сахара снижается на 6,5-11,5%, нитратов – 7,3-12,1%. Во всех вариантах опыта содержание нитратов в плодах баклажана было ниже предельно допустимых значений (ПДК=300 мг/кг с.м.) в 1,5-2 раза.

Выводы

Таким образом, на орошаемых лугово-каштановых почвах равнинного Дагестана максимальную урожайность обеспечивает сочетание органических и минеральных удобрений на фоне капельного орошения. Внесение 40 т/га навоза и N₃₂₀P₁₂₀K₂₁₀ с тремя подкормками в начале бутонизации (дозой N₄₀), начале цветения и плодоношения (дозой по N₆₀) с поддержанием предполивного порога влажности в активном 0,5 м слое не ниже 80-90% НВ с поливными нормами 146 и 73 м³/га обеспечивает получение 62,3-63,6 т/га плодов баклажана.

Об авторах:

Диана Султановна Магомедова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации, mds-agro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7559-2456>

Серажутдин Аминович Курбанов – доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой земледелия, почвоведения и мелиорации, kurbanovsa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9390-5180>

Марьям Шабановна Шабанова – аспирант кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации, marina.shabanova.18@mail.ru

About the authors:

Diana S. Magomedova – Doc. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Agriculture, Soil Science and Melioration, mds-agro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7559-2456>

Serazhutdin A. Kurbanov – Doc. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Agriculture, Soil Science and Melioration, kurbanovsa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9390-5180>

Maryam Sh. Shabanova – postgraduate student of the Department of Agriculture, Soil Science and Melioration, marina.shabanova.18@mail.ru

Литература

1. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Мещерякова Р.А., Шатилов М.В., Иванова М.И., Тактарова С.В., Разин О.А. Экономика овощеводства: состояние и современность. *Овощи России*. 2018;(5):63-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-63-68>
2. Минаков, И.А. Решение проблемы обеспечения населения овощной продукцией в условиях международных санкций. *Вестник Мичуринского ГАУ*. 2017;(3):133-141.
3. Огнев В.В., Гераскина Н.В. Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России. *Картофель и овощи*. 2020;(9):35-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.22.99.004>
4. Гусейнов, А.А. В пятерке лидеров. *Картофель и овощи*. 2020;(10):3-4.
5. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Изд-во ВНИИО, 2011. 648 с.
6. Борисов, В.А. Система удобрений овощных культур. М.: Росинформротех, 2016. С.181-183.
7. Магомедова, Д.С., Курбанов С., Рамазанов Д.М. Интенсивная технология возделывания сладкого перца при капельном орошении в условиях Дагестана. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2020;(5):12-16.
8. Щетина, С.В. Урожай баклажана в зависимости от возраста рассады. *Збірник Наукових Праць Уманського Національного Університету Садівництва*. 2011;1(75):316-323.

References

1. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Meshcheryakova R.A., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Taktarova S.V., Razin O.A. The economy of vegetable growing: the state and the present. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):63-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-63-68>
2. Minakov, I. A. Solution of the problem of providing the population with vegetable products in the conditions of international sanctions. *Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University*. 2017;(3):133-141. (In Russ.)
3. Ognev V.V., Geraskina N.V. Source material and prospects of eggplant breeding in the South of Russia. *Potatoes and vegetables*. 2020;(9):35-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.22.99.004> (In Russ.)
4. Huseynov, A.A. In the top five leaders. *Potatoes and vegetables*. 2020;(10):3-4. (In Russ.)
5. Litvinov, S.S. Methodology of field experience in horticulture. M.: Izd-vo VNIIO, 2011. 648 p. (In Russ.)
6. Borisov V.A. System fertilizer vegetable crops. M., 2016. P.181-183. (In Russ.)
7. Magomedova D.S., Kurbanov, S.A., Ramazanov M.D. Intensive technology of cultivation of sweet pepper under drip irrigation in Dagestan. *Melioration and water management*. 2020;(5):12-16. (In Russ.)
8. Shchetina, S.V. Урожай баклажана залежно від віку розсади. *Збірник Наукових Праць Уманського Національного Університету Садівництва*. 2011;1(75):316-323. (In Ukrainian)