



## ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ТОМАТАМИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ В САРАТОВСКОМ ПРАВОБЕРЕЖЬЕ

**ПРОНЬКО** Нина Анатольевна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**БИКБУЛАТОВ** Ержан Идрисович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Полевые исследования проводили в 2013–2015 гг. Приведены результаты влияния режимов капельного орошения и расчетных доз минеральных удобрений на продуктивность сортов важнейшей овощной культуры томата при выращивании в черноземной степи Саратовского Правобережья. Полевой эксперимент заложен методом расщепленных делянок. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь – 30 м<sup>2</sup>. Доказано, что улучшение водного режима увеличивает по сравнению с контролем урожайность плодов томатов сорта Дар Заволжья на 7,56–55,02 %, питательного режима – на 14,69–78,36 %, сорта Новичок соответственно на 9,78–46,45 и 21,37–79,24 %. Впервые для зоны определены размеры потребления основных элементов питания томатами: азота – до 194,59 кг/га, фосфора – 79,48 кг/га и калия – 373,26 кг/га. Доказано, что внесение удобрений способствовало увеличению доли плодов в общей биомассе томатов на 10,3–11,8 %. Установлены закономерности выноса элементов питания при изменении водного и питательного режимов на черноземе южном: для азота  $V_a = 0,0012D_a^2 + 0,1666D_a + 67,267$ , фосфора  $V_f = 0,0049D_f^2 + 0,0348D_f + 30,98$ , калия  $V_k = 0,0199D_k^2 + 0,9295D_k + 149,44$  ( $R^2 = 0,6; 0,79$  и  $0,79$  соответственно). Лучшим сочетанием урожаеобразующих факторов, способствующим наиболее экономному расходу элементов питания (вынос на 1 т товарной продукции: азота – 0,78, фосфора – 0,40, калия – 1,84 кг), является внесение N100P50K40 и поддержание режима капельного орошения 80 % НВ. Наибольшая урожайность плодов сорта Дар Заволжья (162,53 т/га) и окупаемость удобрений прибавкой урожая (185 кг/кг) получены при внесении минеральных удобрений в дозе N190P80K70 и поддержании режима капельного орошения 80 % НВ в слое 0,3 м до бутонизации, 0,5 м – после. Для сравнения на контрольном варианте, где не применяли удобрений, урожайность составила 74,68 т/га.

Решить важнейшую для сельского хозяйства России проблему повышения производительности независимости невозможно без увеличения производства овощей. Ценной и наиболее распространенной овощной культурой являются томаты. В Саратовском Правобережье выращивать эту культуру можно только при орошении. Практика последних лет показала, что перспективным способом орошения томатов в Нижнем Поволжье является капельный полив [1, 4–8]. Однако для почвенно-климатических условий черноземной степи практически не разработаны рациональные дозы минеральных удобрений этой культуры, не установлены особенности потребления и выноса элементов питания при данном способе полива. Это сдерживает его распространение в регионе.

В связи с вышесказанным цель работы – изучение влияния различных доз минеральных удобрений и режимов капельного орошения на потребление, вынос NPK и продуктивность томатов.

**Методика исследований.** Исследования проводили в Саратовском районе Саратовской области в 2013–2015 гг. Почва опытного участка – чернозем южный, характеризуется средним содержанием гумуса. Обеспеченность доступным фосфором – средняя, обменным калием – высокая. Плотность сложения пахотного слоя почвы составляет 1,24 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 30,33 % от массы абсолютно сухой поч-

вы. Полевой эксперимент заложен методом расщепленных делянок, повторность опыта трехкратная, учетная площадь – 30 м<sup>2</sup>.

Объектом исследования являлись среднеранние сорта томата Дар Заволжья и Новичок. Они обладают хорошими вкусовыми качествами как в свежем виде, так и в консервированном.

Схема двухфакторного опыта включала в себя 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 – биологическая спелость. Полив осуществляли системой капельного орошения, в которой использовали капельные линии фирмы Golddrip со встроенными полукомпенсированными капельницами с расходом 2,0 л/ч при давлении 0,8–2,0 кг/см<sup>2</sup>.

Расчетные дозы минеральных удобрений определяли балансовым методом с использованием коэффициентов возмещения выноса. Основную часть фосфорных и калийных удобрений вносили осенью под зяблевую вспашку почвы. Остальную их часть и все азотные удобрения вносили под предпосевную культивацию и в подкормки.

Основные и сопутствующие наблюдения проводили в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами. Нитрификационную способность определяли по методу Кравкова (ГОСТ 26107–84), содержание подвижного фосфора и

обменного калия – по методу Мачигина (ГОСТ 26205–84), влажность почвы – термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268–89), массу корневой системы – методом Станкова, содержание в растениях азота – фотометрическим индо-фенольным методом (ГОСТ Р 50466–93), фосфора – смолибденовым аммонием (ГОСТ 26657–85), калия – методом пламенной фотометрии. Учет урожая осуществляли по методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [3]. Математическую обработку опытных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [2] с помощью программы STATISTIKA 5.5.

**Результаты исследований.** Проведенные исследования показали, что без удобрений в Саратовском Правобережье при капельном орошении можно получить 56,22–80,97 т/га томатов сорта Новичок и 74,68–99,66 т/га сорта Дар Заволжья (табл. 1).

Внесение удобрений значительно повышает урожайность томатов: сорта Новичок – на 23,00–64,15 т/га и сорта Дар Заволжья – на 10,97–62,94 т/га. Наибольшие урожайность томатов сортов Дар Заволжья (162,53 т/га) и Новичок (145,12 т/га) и окупаемость удобрений прибавкой урожая отмечены при режиме капельного орошения 80 % НВ и дозе N190P80K70.

Применение удобрений и повышение предполивного порога влажности почвы приводит к увеличению в 1,9–2,2 раза потребления элементов питания при формировании урожая томатов (табл. 2).

Внесение удобрений способствовало уменьшению доли корней в общей биомассе томатов при всех изучавшихся режимах капельного орошения в 1,16–1,84 раза, в то время как доля плодов при этом увеличивалась на 10,3–11,8 % (табл. 3).

Применяемые режимы орошения и дозы удобрений слабо влияли на соотношение питательных элементов в урожае. Внесение изучавшихся доз минеральных удобрений приводило к увеличению общего выноса основных элементов питания с отчуждаемой частью урожая – плодами и ботвой (табл. 4). Так, при режиме капельного орошения 70 % НВ общий вынос азота вырос в 1,31–1,97, фосфора – в 1,30–2,00, калия – в 1,30–1,94 раза; 80 % НВ соответственно в 1,50–2,34, 1,49–2,14 и 1,50–2,03; 90 % НВ – в 1,44–1,95, 1,55–2,17 и 1,58–2,31 раза. Внесение удобрений при всех режимах капельного орошения способствовало увеличению выноса элементов питания на 1 т товарной продукции. При капельном орошении и внесении минеральных удобрений наиболее экономный расход элементов питания достигнут при дозах удобрений N100P50K40 и режиме орошения 90 % НВ. При этом вынос на 1 т товарной продукции: азота – 0,78, фосфора – 0,40, калия – 1,84 кг.

Были установлены нелинейные зависимости выноса элементов питания В сортом Дар Заволжья от доз минеральных удобрений Д (рис. 1):

Таблица 1

**Урожайность томатов при разных дозах удобрений и режимах капельного орошения (среднее за 2013–2015 гг.)**

| Режим орошения, % НВ | Доза удобрений, кг/га д.в. | Урожайность плодов, т/га |         | Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая |         |
|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------|---|---------|
|                      |                            | Дар Заволжья             | Новичок | Дар Заволжья                                | Новичок |
| 70                   | Без удобрений              | 74,68                    | 56,22   | –   | –       |
|                      | N100P50K40                 | 85,64                    | 79,22   | 58  | 121     |
|                      | N190P80K70                 | 115,89                   | 99,10   | 121   | 126     |
| 80                   | Без удобрений              | 99,66                    | 80,97   | –   | –       |
|                      | N100P50K40                 | 132,76                   | 111,63  | 174   | 161     |
|                      | N190P80K70                 | 162,53                   | 145,12  | 185   | 189     |
| 90                   | Без удобрений              | 80,32                    | 71,65   | –   | –       |
|                      | N100P50K40                 | 114,84                   | 86,97   | 182   | 81      |
|                      | N190P80K70                 | 143,26                   | 114,75  | 185   | 127     |
|                      | HCP <sub>05</sub> орош     | 2,60                     | 2,60    |   |         |
|                      | HCP <sub>05</sub> удобр    | 2,23                     | 2,58    |   |         |
|                      | HCP <sub>05</sub> взаимод  | 4,07                     | 4,46    |   |         |

Таблица 2

**Потребление элементов питания томатов при разных режимах капельного орошения и дозах минеральных удобрений**

| Режим орошения, % НВ | Доза удобрений, кг/га д.в. | Потребление элементов питания, кг/га |                               |                  |           |
|----------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|
|                      |                            | N                                    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | суммарное |
| 70                   | Без удобрений              | 63,80                                | 28,56                         | 140,84           | 233,20    |
|                      | N100P50K40                 | 84,13                                | 37,26                         | 182,62           | 304,01    |
|                      | N190P80K70                 | 124,93                               | 56,64                         | 271,85           | 453,42    |
| 80                   | Без удобрений              | 85,35                                | 38,19                         | 187,37           | 310,91    |
|                      | N100P50K40                 | 126,37                               | 55,88                         | 278,06           | 460,31    |
|                      | N190P80K70                 | 194,59                               | 79,48                         | 373,26           | 647,33    |
| 90                   | Без удобрений              | 68,82                                | 30,88                         | 143,10           | 242,80    |
|                      | N100P50K40                 | 96,20                                | 47,29                         | 220,88           | 364,37    |
|                      | N190P80K70                 | 128,48                               | 65,74                         | 318,98           | 513,20    |



## Изменение структуры урожая и соотношения элементов питания в урожае томатов под влиянием режимов капельного орошения и доз удобрений

| Режим орошения, % НВ | Доза удобрений, кг/на д.в. | Структура урожая, % |       |        | Соотношение N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O в урожае |                               |                  |
|----------------------|----------------------------|---------------------|-------|--------|--|-------------------------------|------------------|
|                      |                            | плодов              | ботвы | корней | N  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 70                   | Без удобрений              | 72,9                | 20,4  | 6,7    | 27,36  | 12,25                         | 60,39            |
|                      | N100P50K40                 | 74,3                | 18,8  | 6,9    | 27,67  | 12,26                         | 60,07            |
|                      | N190P80K70                 | 80,4                | 13,8  | 5,8    | 27,55  | 12,49                         | 59,96            |
| 80                   | Без удобрений              | 75,2                | 17,3  | 7,5    | 27,45  | 12,28                         | 60,27            |
|                      | N100P50K40                 | 80,7                | 13,5  | 5,8    | 27,45  | 12,14                         | 60,41            |
|                      | N190P80K70                 | 83,0                | 12,2  | 4,8    | 30,06  | 12,28                         | 57,66            |
| 90                   | Без удобрений              | 70,0                | 21,1  | 9,0    | 28,34  | 12,72                         | 58,94            |
|                      | N100P50K40                 | 76,7                | 16,9  | 6,4    | 26,40  | 12,98                         | 60,62            |
|                      | N190P80K70                 | 82,6                | 12,5  | 4,9    | 25,04  | 12,81                         | 62,16            |

Таблица 4

## Вынос элементов питания сортом Дар Заволжья при разных дозах удобрений и режимах капельного орошения

| Режим орошения, % НВ | Доза минеральных удобрений, кг/га д.в. | Общий вынос, кг/га |                               |                  | Вынос на 1 т товарной продукции (плодов) |                               |                  |
|----------------------|--|--------------------|-------------------------------|------------------|--|-------------------------------|------------------|
|                      |  | N                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 70                   | Без удобрений                          | 59,81              | 27,37                         | 135,19           | 0,80                                     | 0,37                          | 1,81             |
|                      | N100P50K40                             | 78,56              | 35,69                         | 175,16           | 0,92                                     | 0,42                          | 2,05             |
|                      | N190P80K70                             | 118,12             | 54,67                         | 262,44           | 1,02                                     | 0,47                          | 2,26             |
| 80                   | Без удобрений                          | 79,50              | 36,21                         | 179,14           | 0,80                                     | 0,36                          | 1,80             |
|                      | N100P50K40                             | 119,31             | 53,99                         | 268,57           | 0,90                                     | 0,41                          | 2,02             |
|                      | N190P80K70                             | 186,04             | 77,51                         | 362,92           | 1,14                                     | 0,48                          | 2,23             |
| 90                   | Без удобрений                          | 62,49              | 29,36                         | 133,99           | 0,78                                     | 0,37                          | 1,67             |
|                      | N100P50K40                             | 89,69              | 45,47                         | 211,48           | 0,78                                     | 0,40                          | 1,84             |
|                      | N190P80K70                             | 121,79             | 63,80                         | 310,16           | 0,85                                     | 0,45                          | 2,17             |

для азота  $V_a = 0,0012D_a^2 + 0,1666D_a + 67,267$   
 $R^2 = 0,6789$ ;

для фосфора  $V_\phi = 0,0049D_\phi^2 + 0,0348D_\phi + 30,98$   
 $R^2 = 0,7902$ ;

для калия  $V_k = 0,0199D_k^2 + 0,9295D_k + 149,44$   
 $R^2 = 0,7886$ .

Зависимости выноса элементов питания  $V$  томатов от оросительной нормы  $M$  и доз удобрений  $D$  описываются уравнениями:

$$V_a = 0,0015 D_a^2 - 0,002252 M^2 + 2,537 \cdot 10^{-4} M D_a - 0,951 D_a + 19,449 M - 41978;$$

$$V_\phi = 0,005 D_\phi^2 - 6,152 \cdot 10^{-4} M^2 + 2,925 \cdot 10^{-4} M D_\phi - 1,254 D_\phi + 5,342 M - 11537,2;$$

$$V_k = 0,02 D_k^2 - 0,003231 M^2 + 0,0018 M D_k - 6,583 D_k + 28,041 M - 60537,06.$$

Коэффициенты Нэша-Сатклиффа в этих уравнениях равны соответственно 54, 99 и 94 %. Поверхности отклика представлены на рис. 2.

**Выводы.** На основании изучения расчетных доз минеральных удобрений и режимов капель-

ного орошения томатов на черноземе южном Саратовского Правобережья установлено:

внесение минеральных удобрений в указанных расчетных дозах приводит к увеличению потребления элементов питания в 1,9–2,2 раза;

увеличение доли плодов в общей биомассе на 10,3–11,8 % достигается при применении удобрений на всех режимах капельного орошения;

общий вынос элементов питания при внесении изучавшихся доз удобрений увеличивается: азота – в 1,31–2,34; фосфора – в 1,30–2,17 и калия – в 1,30–2,31 раза в зависимости от режима капельного орошения;

установлена тесная зависимость между выносом элементов питания, оросительной нормой и дозами минеральных удобрений;

наибольшая урожайность томатов сортов Дар Заволжья (62,53 т/га), Новичок (145,12 т/га) и окупаемость удобрений прибавкой урожая 185 и 189 кг/кг обеспечиваются при режиме капельного орошения 80 % НВ и дозе N190P80K70;

лучшим сочетанием урожаеобразующих факторов, способствующим наиболее экономному расходу элементов питания, является доза минеральных удобрений N100P50K40 и режим капельного орошения 90 % НВ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородычев В.В., Казаченко В.С. Режим орошения и продуктивность репчатого лука // Мелиорация и водное хозяйство – 2011. – № 2. – С. 31–33.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
3. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / НИИ овощного хоз-ва НПО по овощеводству «Россия» / В.Ф. Белик [и др.]; под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.

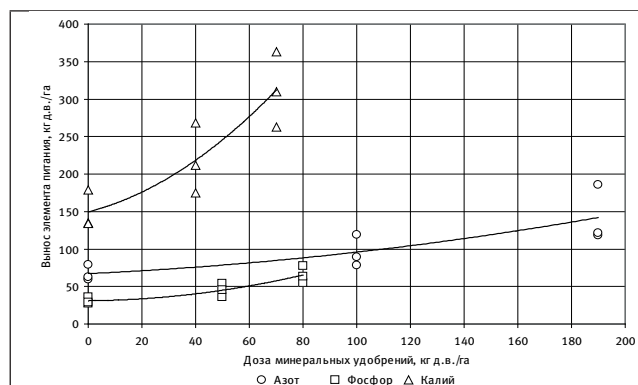


Рис. 1. Зависимости выноса элементов питания томатами от доз удобрений





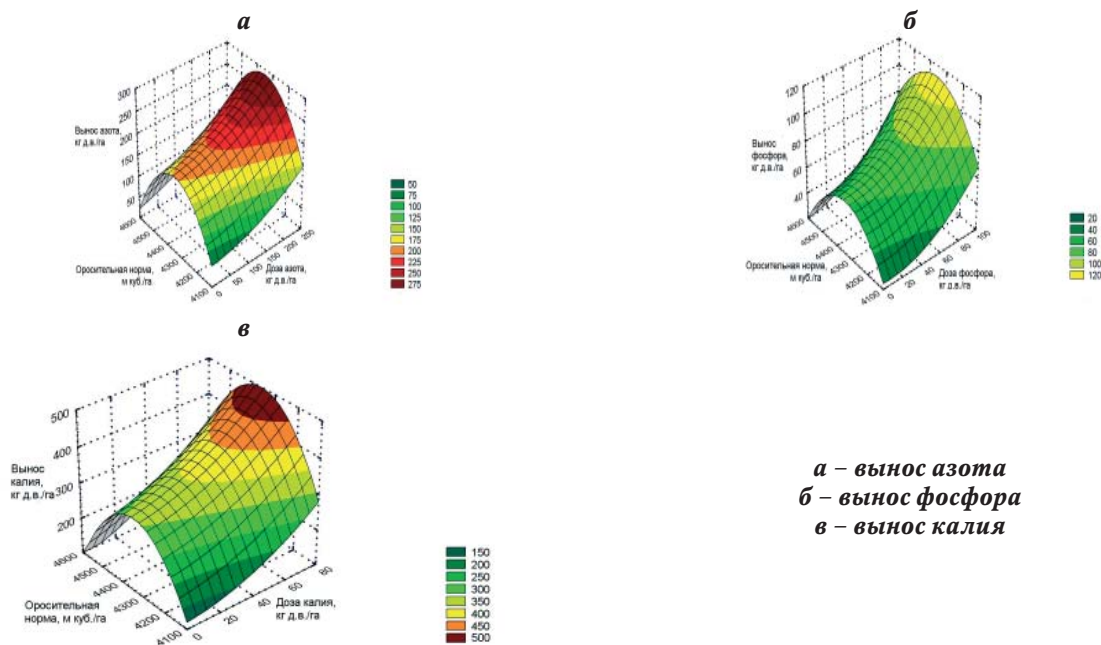


Рис. 2. Зависимости выноса элементов питания томатами сорта Дар Заволжья от оросительной нормы и доз удобрений

4. Пронько Н.А., Корсак В.В., Фалькович А.С. Орошение в Поволжье: не повторять ошибок // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 16–19.

5. Пронько Н.А., Новикова Ю.А. Продуктивность перца сладкого, вынос и потребление им элементов питания при капельном орошении на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья // Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 7. – С. 27–31.

6. Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И., Новикова Ю.А. Способ повышения эффективности капельного полива овощей в Нижнем Поволжье // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 27–30.

7. Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И. Повышение эффективности капельного орошения томатов в Саратовском Правобережье // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2015. –

№ 7 (7). – С. 163–166.

8. Пути решения проблемы борьбы с деградацией орошаемых земель Саратовской области / Н.А. Пронько [и др.] // Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 4. – С. 38–45.

**Пронько Нина Анатольевна**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Инженерные изыскания, природообустройство и водопользование», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Бикбулатов Ержан Идрисович**, аспирант кафедры «Инженерные изыскания, природообустройство и водопользование», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410600, г. Саратов, ул. Советская, 60.  
Тел.: (8452) 74-96-58.

**Ключевые слова:** томаты; капельное орошение; дозы удобрений; режимы орошения; потребление и вынос элементов питания; урожайность; окупаемость удобрений.

## THE REMOVAL OF NUTRIENTS BY TOMATOES UNDER DRIP IRRIGATION ON THE CIS-VOLGA DISTRICTS OF SARATOV REGION

**Pronko Nina Anatolyevna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Engineering Surveys, Environmental Engineering and Water Management", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Bikbulatov Erzhan Idrisovich**, Post-graduate Student of the chair "Engineering Surveys, Environmental Engineering and Water Management", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Keywords:** tomato; drip irrigation; doses of fertilizers; irrigation regimes; nutrient consumption; nutrient removal; yield; profitability of fertilizers.

The following thesis presents the results of the field studies that were carried out in 2013–2015 by the method of split plots with triple replication at the area of 30 m<sup>2</sup>. The results of the effect of drip irrigation and estimated doses of mineral fertilizers on the productivity of different breeds of the tomatoes when grown in the Chernozem steppes of the Cis-Volga districts of Saratov Region. It is proved that the improvement of the water regime increases the yield of tomato breed "Dar Zavolzhye" by 7.56–55.02 %, nutritional – 14.69–78.36 %, breed "Novichok" respectively by 9.78–46.45 and 21.37–79.24 % comparatively to the control. For the first time in the Cis-Volga districts of Saratov Region

it was determined the consumption of major nutrients by tomato: nitrogen – up to 194.59 kg/ha, phosphorus – 79.48 kg/ha and potassium – 373.26 kg/ha. It was proved that the application of fertilizers contributed to the increase in the share of fruits in total biomass of tomatoes 10.3 to 11.8 per cent. The thesis presents the regularities of nutrient removal due to changes of water and nutrient regimes on the ordinary chernozem of the Cis-Volga districts of Saratov Region:  $B_n = 0.0012Dn^2 + 0.1666Dn + 67.267$  for nitrogen,  $B_p = 0.0049Dp^2 + 0.0348Dp + 30.98$  for phosphorus and  $B_k = 0.0199Dk^2 + 0.9295Dk + 149.44$  for potassium with determination coefficients 0.6; 0.79 and 0.79 respectively. The best combination of factors influencing the harvest contributing to the most efficient consumption of nutrients (the carryover of: 0.78 kg nitrogen, 0.40 kg phosphorus, 1.84 kg potassium per 1 t of commercial products) is introducing N100P50K40 and maintenance of drip irrigation regime that provide 80% of the least moisture capacity. The highest yield of fruits 162.53 t/ha and increase in yield due to fertilizer of 185 kg/kg, obtained by cultivation of "Dar Zavolzhye" cultivar, the introduction of mineral fertilizers in the dose of N190P80K70 and maintenance of drip irrigation regime that provide 80% of the least moisture capacity in the 0.3 m layer before budding and 0.5 m after that. The control variant yield without fertilizer make up 74.68 t/ha.

