

## МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 631.67:633.63:631.82(476-11)

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ РАЗНЫХ ДОЗАХ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

С. В. НАБЗДОРОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nabzdorov@mail.ru

(Поступила в редакцию 24.09.2021)

*В статье представлены результаты исследований различных режимов орошения сахарной свеклы и оценки экономической эффективности ее возделывания при внесении различных доз минеральных удобрений, обеспечивающих получение высоких урожаев в условиях восточной части Республики Беларусь.*

*Наибольшая средняя за три года урожайность сахарной свеклы (выше на 41,1 т/га, чем на варианте без орошения) была получена при дождевании с нижней границей регулирования почвенных влагозапасов 70 % НВ. Для определения экономической эффективности элементов технологии возделывания сахарной свеклы при орошении, были использованы нормативные технологические карты, по которым были рассчитаны заработная плата с начислениями, стоимость средств защиты, минеральных удобрений, проведение поливов и пр. При этом учитывалась средняя урожайность культуры за три года. Для определения эффективности различных режимов орошения была проведена их экономическая оценка по себестоимости и стоимости реализации валовой продукции, затратам на 1 га, прибыли и уровню рентабельности. Расчеты по результатам опыта представлены в белорусских рублях и долларах США. Экономическая эффективность отражена в сопоставлении стоимости дополнительной продукции, полученной от орошения, со стоимостью всех затрат на ее производство. Наилучшие показатели экономической эффективности получены на варианте орошения с поддержанием влажности почвы в слое 0,4 м в пределах 70–100 % от НВ. В среднем за 2017–2019 гг. на этом варианте при производственных затратах 854,24 долл./га, урожайность корнеплодов составила 102,6 т/га, прибыль – 901,27 долл./га, рентабельность – 105,5 %. Производственные затраты на возделывание сахарной свёклы в опыте с внесением минеральных удобрений в дозе N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> находятся в интервале от 731,30 долл./га до 921,48 долл./га. При внесении минеральных удобрений дозой N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub> – в интервалах от 771,91 долл./га до 959,92 долл./га. Таким образом, по экономическим показателям наиболее предпочтительно вносить удобрения дозами от N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> до N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub> при регулировании влажности почвы в слое 0,4 м в пределах от 70 % до 100 % НВ. При этом прибыль повышается от 1007,15 долл./га до 1074,96 долл./га, а рентабельность – от 113,1 % до 115,8 % соответственно.*

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, орошение, урожайность сахарной свеклы, прибавка урожая, прибыль, рентабельность.

*The article presents results of studies of various irrigation regimes for sugar beet and an assessment of economic efficiency of its cultivation with the introduction of various doses of mineral fertilizers, ensuring high yields in the eastern part of the Republic of Belarus.*

*The highest average yield of sugar beet over three years (higher by 41.1 t / ha than in the option without irrigation) was obtained by sprinkling with a lower limit of regulation of soil moisture reserves of 70 % minimum water holding capacity. To determine the economic efficiency of elements of technology for the cultivation of sugar beet during irrigation, standard flow charts were used, according to which the salary with accruals, the cost of protection means, mineral fertilizers, irrigation, etc. were calculated. The average crop yield for three years was taken into account. To determine the effectiveness of various irrigation regimes, their economic assessment was carried out in terms of prime cost and the cost of selling gross production, costs per hectare, profit and the level of profitability. Calculations based on the results of the experiment are presented in Belarusian rubles and US dollars. Economic efficiency is reflected in the comparison of the cost of additional products obtained from irrigation with the cost of all expenses for its production. The best indicators of economic efficiency were obtained using the irrigation option with the maintenance of soil moisture in a layer of 0.4 m within the range of 70–100 % of minimum water holding capacity. On average for 2017–2019 in this option, with production costs of \$ 854.24 / ha, the yield of root crops was 102.6 t / ha, profit – \$ 901.27 / ha, profitability – 105.5 %. Production costs for the cultivation of sugar beets in the experiment with introduction of mineral fertilizers at a dose of N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> are in the range from \$ 731.30 / ha to \$ 921.48 / ha. When applying mineral fertilizers at a dose of N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub> – in the range from \$ 771.91 / ha to \$ 959.92 / ha. Thus, according to economic indicators, it is most preferable to apply fertilizers in doses from N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> to N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub> while regulating soil moisture in a layer of 0.4 m in the range from 70% to 100% minimum water holding capacity. At the same time, the profit increases from \$ 1,007.15 / ha to \$ 1,074.96 / ha, and the profitability – from 113.1 % to 115.8 %, respectively.*

**Key words:** mineral fertilizers, irrigation, sugar beet yield, yield increase, profit, profitability.

## Введение

Известно, что чем выше темпы роста валовой и товарной продукции, прибыли и производительности труда по сравнению с темпами возрастания затрат, тем эффективнее идет процесс производства. Существенный интерес представляет оценка данных экономических показателей при возделывании сахарной свеклы в условиях орошения на разных уровнях минерального питания, поскольку удовлетворение потребности культуры в воде – важнейшее условие нормального развития растительного организма [1].

Сахарную свеклу рекомендуется возделывать на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных, подстилаемых моренной почвах. Они обладают хорошей влагоемкостью, воздухопроницаемостью и прогреваемостью. Оптимальная глубина пахотного слоя 20–25 см с плотностью 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>. Для свеклы наиболее благоприятна нейтральная и слабощелочная реакция почвенного раствора (рН 6.5–7.5). А на кислых почвах без предварительной их нейтрализации свекла дает невысокие урожаи [1–3].

Температурный режим также влияет на рост и развитие сахарной свёклы. Сахарная свекла умеренно теплолюбива. Температура прорастания семян находится в пределах 1–8 °С, но при повышении температуры всходы ускоряются. При 3–4 °С всходы появляются через 25–30 дней, при температуре 6–7 °С – на 10-15-й, при 10–11 °С – на 8-10-й день и при 15–25 °С – через 3–4 дня [3]. Сахаристость свеклы сильно зависит от напряженности солнечной радиации во второй половине вегетационного периода. Наиболее интенсивно накопление сахара в корнеплодах происходит, когда ясная солнечная погода чередуется с облачной [4].

Сахарная свекла относится к влаголюбивым мезофильным растениям. Для получения корнеплода массой 500 г за время роста требуется 40–50 л воды, на формирование 20–30 т/га осадков должно быть не менее 300 мм в течение вегетационного периода. Потребность в воде у сахарной свеклы разная по периодам роста. В июле и августе необходимо много воды, а недостаток воды в августе может вызвать сильное увядание листьев, что повлечет снижения урожая [3].

В период интенсивного роста листьев и корнеплода с 15 июня до 15 августа, а также при высоких температурах воздуха, потребление воды сахарной свёклой в сутки достигает в среднем 60 м<sup>3</sup>/га. За это время общее водопотребление составляет 3000–4000 м<sup>3</sup>/га. В период вегетации с 15 августа по 1 октября, среднесуточное водопотребление снижается вдвое, примерно до 30 м<sup>3</sup>/га, а общее – до 1200–1500 м<sup>3</sup>/га. Вместе с тем необходимо всегда заботиться о том, чтобы не только накапливать, но и продуктивно расходовать влагу [5].

## Основная часть

Целью исследований было возделывание сахарной свеклы в условиях орошения при различных дозах минеральных удобрений, обеспечивающих получение высоких урожаев в условиях восточной части Республики Беларусь. опыты проводились на территории опытного поля «Гушково» Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, расположенном в Горечком районе Могилевской области, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Предшественником сахарной свеклы во все годы была редька масличная. Опытная площадь делянки при выращивании сахарной свеклы составляла от 52 м<sup>2</sup> до 65 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. В опытах применяли азотные удобрения в форме карбамид (N – 46 %); фосфорные – аммофос (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 50% и N – 10 %); калийные – хлористый калий (K<sub>2</sub>O – 62 %).

Схема опыта следующая:

*Фактор А*

A<sub>1</sub> – без орошения (контроль).

A<sub>2</sub> – поддержания влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 60 % наименьшей влагоемкости (НВ).

A<sub>3</sub> – поддержания влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 70 % НВ.

A<sub>4</sub> – поддержания влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 80 % НВ.

Сахарная свекла на этих вариантах (фактор А) выращивалась на фоне содержания в почве питательных веществ, который был определен в пахотном слое перед посевом и составил в 2017 году P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>; в 2018 г. – P<sub>70</sub>K<sub>150</sub>; 2019 г. – P<sub>100</sub>K<sub>260</sub>. Азотные удобрения во все годы исследований вносили вручную в дозах, дополняющих содержание азота в почве до одного уровня – N<sub>90</sub>.

*Фактор В*

а) Доза удобрения N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>

B<sub>1</sub> – внесение удобрений без орошения (контроль);

B<sub>2</sub> – внесение удобрений при поддержании влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 60 % НВ;

В<sub>3</sub> – внесение удобрений при поддержании влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 70 % НВ;

В<sub>4</sub> – внесение удобрений при поддержании влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 80 % НВ.

б) Доза удобрения N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub>

В<sub>5</sub> – внесение удобрений без орошения (контроль);

В<sub>6</sub> – внесение удобрений при поддержании влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 60 % НВ;

В<sub>7</sub> – внесение удобрений при поддержании влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 70 % НВ;

В<sub>8</sub> – внесение удобрений при поддержании влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования влажности 80 % НВ.

Агротехника в опыте общепринятая для условий зоны. Полив производился широкозахватной дождевальная машиной Lindsay-EuropeOmega «Zimmatik».

Величина урожайности сахарной свеклы по годам исследований (2017–2019 гг.) определялась погодными условиями вегетационного периода, дозами минеральных удобрений и применения орошения.

Анализ метеоусловий показал, что в 2017, 2018 и 2019 гг. наиболее влажным был июль месяц, в котором осадки составили 140,3 мм, 138,6 мм и 135,2 мм соответственно. Причем в 2017 году 85,1 мм осадков выпало за один день, в 2018 году 105,3 мм выпало за шесть дней, а в 2019 году 76,7 мм выпало за два дня. Наиболее засушливыми в 2017, 2018 и 2019 годах были сентябрь, август и сентябрь соответственно.

Вместе с тем следует отметить, что хотя вегетационные периоды по условиям увлажнения 2017–2019 годы можно характеризовать в общем как средневлажные, но в каждом из них наблюдались засушливые периоды, негативно влияющие на формирование урожая сахарной свеклы. Поэтому в каждом году для поддержания почвенной влажности в установленных пределах требовалось проводить орошение культуры.

Количество поливов в годы исследований зависело от количества и сроков выпадения атмосферных осадков. По причине их неравномерного распределения поливы проводились во все годы исследований, хотя по рассчитанным величинам средневегетационных ГТК влагообеспеченность года характеризуется как благоприятная [6, 7].

За три года исследований среднее количество поливов составило: на варианте с нижним пределом регулирования 80 % НВ – 3 полива, на варианте с нижним пределом регулирования 70 % НВ – 2 полива и на варианте с нижним пределом регулирования 60 % НВ – 1 полив. В среднем за три года исследований оросительная норма по вариантам 80 % НВ, 70 % НВ и 60 % НВ равнялась: 666,7 м<sup>3</sup>/га, 500 м<sup>3</sup>/га и 300 м<sup>3</sup>/га соответственно. Засушливые периоды разной степени наблюдались во все годы, что существенно снижало урожайность на неорошаемых участках (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сахарной свеклы при разных дозах внесения минеральных удобрений, т/га

Год	Без орошения	Нижняя граница регулирования 60% НВ	Нижняя граница регулирования 70% НВ	Нижняя граница регулирования 80% НВ
<b>Фактор А</b>				
2017	54,7	72,1	105,2	98,7
2018	58,0	73,8	92,7	87,4
2019	71,8	72,3	109,8	96,1
Средняя	61,5	72,7	102,6	94,1
НСР <sub>05</sub>				0,82
<b>Фактор В (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>)</b>				
2017	61,2	87,1	117,7	107,1
2018	67,4	80,4	102,5	91,1
2019	77,3	84,4	112,4	108,5
Средняя	68,6	84,0	110,9	102,2
НСР <sub>05</sub>				0,92
<b>Фактор В (N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub>)</b>				
2017	74,3	91,9	121,2	111,9
2018	72,7	83,1	111,7	102,5
2019	85,6	90,0	118,3	111,3
Средняя	77,5	88,3	117,1	108,6
НСР <sub>05</sub>				1,00

В среднем за три года при нижней границе регулирования влажности почвы 70 % НВ в слое 0–40 см прибавка урожая составила при дозе минеральных удобрений N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> – 61 %, а при дозе N<sub>150</sub>P<sub>110</sub>K<sub>300</sub> – 51 % по отношению к варианту без орошения. Остальные варианты также дали прибавку, которая составила на варианте с поддержанием влажности почвы в слое 0–40 см от 60 % НВ при

дозах минеральных удобрений  $N_{120}P_{90}K_{180}$  – 22 % и 14 % при дозах минеральных удобрений  $N_{150}P_{110}K_{300}$ . На варианте с поддержанием влажности почвы в слое 0–40 см на уровне 80 % НВ прибавка составила при дозах минеральных удобрений  $N_{120}P_{90}K_{180}$  – 49 % и при  $N_{150}P_{110}K_{300}$  – 40 % [8, 9].

В табл. 2 приводятся эффективность использования поливной воды при формировании урожая сахарной свеклы.

Таблица 2. Эффективность использования поливной воды при формировании урожая сахарной свеклы

Показатели	Варианты		
	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ
<b>Фактор А</b>			
Прибавка урожая, т/га	11,2	41,1	32,6
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	300	500	667
Расход поливной воды на прибавку урожая, м <sup>3</sup> /т	26,8	12,2	20,5
Прирост прибавки урожая на 1 м <sup>3</sup> поливной воды, кг/м <sup>3</sup>	37,3	82,2	48,9
<b>Фактор В (<math>N_{120}P_{90}K_{180}</math>)</b>			
Прибавка урожая, т/га	15,4	42,3	33,6
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	300	500	667
Расход поливной воды на прибавку урожая, м <sup>3</sup> /т	19,5	11,8	19,9
Прирост прибавки урожая на 1 м <sup>3</sup> поливной воды, кг/м <sup>3</sup>	51,3	84,6	50,4
<b>Фактор В (<math>N_{150}P_{110}K_{300}</math>)</b>			
Прибавка урожая, т/га	10,8	39,6	31,1
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	300	500	667
Расход поливной воды на прибавку урожая, м <sup>3</sup> /т	27,8	12,6	21,4
Прирост прибавки урожая на 1 м <sup>3</sup> поливной воды, кг/м <sup>3</sup>	36,0	79,2	46,6

Одним из основных критериев оптимальности системы удобрения и орошения сельскохозяйственных культур является экономическая эффективность их применения, позволяющая определить, окупаются ли полученная прибавка урожая затраты на применение минеральных удобрений, орошения, на уборку и доработку дополнительной продукции в стоимостном эквиваленте, т.е. оценить чистый доход и рентабельность [8, 9].

Расчет экономической эффективности показал, что все варианты с применением минеральных удобрений и режимов орошения имели высокую рентабельность (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность выращивания сахарной свеклы при использовании минеральных удобрений и орошения

Вид затрат	Режимы орошения			
	Без орошения	60%НВ	70%НВ	80%НВ
<b>Фактор А</b>				
Товарная урожайность с 1 га, т	61,5	72,7	102,6	94,1
Стоимость продукции с 1 га, долл.	1052,28	1243,92	1755,51	1610,08
Производственные затраты на 1 га, долл.	696,22	767,56	854,24	885,51
Затраты труда на 1 т продукции, чел-час.	4,09	3,36	3,34	2,87
Себестоимость 1 т, долл.	11,32	10,56	8,33	9,41
Прибыль на 1 га, долл.	356,06	476,36	901,27	724,57
Рентабельность производства, %	51,1	62,1	105,5	81,8
<b>Фактор В (<math>N_{120}P_{90}K_{180}</math>)</b>				
Товарная урожайность с 1 га, т	68,6	84	110,9	102,2
Стоимость продукции с 1 га, долл.	1173,76	1437,26	1897,53	1748,67
Производственные затраты на 1 га, долл.	731,30	806,32	890,38	921,48
Затраты труда на 1 т продукции, чел-час.	4,20	3,58	3,45	2,99
Себестоимость 1 т, долл.	10,66	9,60	8,03	9,02
Прибыль на 1 га, долл.	442,47	630,95	1007,15	827,19
Рентабельность производства, %	60,5	78,3	113,1	89,8
<b>Фактор В (<math>N_{150}P_{110}K_{300}</math>)</b>				
Товарная урожайность с 1 га, т	77,5	88,3	117,1	108,6
Стоимость продукции с 1 га, долл.	1326,05	1510,84	2003,61	1858,17
Производственные затраты на 1 га, долл.	771,91	842,93	928,65	959,92
Затраты труда на 1 т продукции, чел-час.	4,41	3,66	3,55	3,09
Себестоимость 1 т, долл.	9,96	9,55	7,93	8,84
Прибыль на 1 га, долл.	554,13	667,91	1074,96	898,25
Рентабельность производства, %	71,8	79,2	115,8	93,6

Анализ фактора А (табл. 3) свидетельствует, что максимальных значений показатели экономической эффективности достигли на варианте опыта при поддержании влажности почвы в слое 0,4 м в пределах 70–100 % НВ. В среднем за 2017–2019 гг. при производственных затратах 854,24 долл./га, урожайность корнеплодов составила 102,6 т/га, прибыль – 901,27 долл./га, рентабельность – 105,5 %.

Несколько ниже (94,1 т/га) была получена урожайность на варианте при нижней границе влажности почвы в слое 0,4 м 80 % НВ. При этом прибыль составила 724,57 долл./га, рентабельность – 81,8 %.

При снижении предполивной влажности до 60 % НВ получен урожай корнеплодов 72,7 т/га. Прибыль от реализации составила 476,36 долл./га, а рентабельность – 62,1 %.

Экономическая эффективность орошения особенно наглядно видна при сопоставлении с вариантом без орошения, где урожайность сахарной свеклы была ниже на 60 % по сравнению с орошаемым вариантом опыта с нижним пределом почвенной влажности 70 % НВ. На контрольном варианте получена самая низкая прибыль – 356,06 долл./га при рентабельности – 51,1 %.

Данные табл. 3 показывают, что производственные затраты на возделывание сахарной свёклы в опыте с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$  находятся в интервале от 731,30 долл./га до 921,48 долл./га. При внесении минеральных удобрений дозой  $N_{150}P_{110}K_{300}$  – в интервалах от 771,91 долл./га до 959,92 долл./га. Обратим внимание, что максимальные производственные затраты были на варианте не с максимальной урожайностью.

На варианте с дозой минеральных удобрений  $N_{120}P_{90}K_{180}$  и при поддержании влажности почвы в слое 0,4 м в от 60 % НВ урожайность сахарной свеклы составила в 84 т/га, прибыль – 630,95 долл./га, рентабельность – 78,3 %, а при дозе удобрений  $N_{150}P_{110}K_{300}$  кг/га прибыль составила 667,91 долл./га, а рентабельность – 79,2 %. На варианте опыта с повышенной влажностью в слое 0,4 м – от 80 % НВ урожайность составила 102,2 т/га и 108,6 т/га (табл. 3), а прибыль от реализации – 827,19 долл./га и 898,25 долл./га при рентабельности – 89,8 % и 93,6 % соответственно. Самые низкие экономические показатели были отмечены на варианте без орошения при всех дозах удобрений: соответственно урожай – 68,6 т/га и 77,5 т/га, прибыль – 442,74 долл./га и 554,13 долл./га, рентабельность – 60,5 % и 71,8 %. Таким образом, по экономическим показателям предпочтительно вносить удобрения дозами  $N_{120}P_{90}K_{180}$ ,  $N_{150}P_{110}K_{300}$  и при этом поддерживать влажность почвы в слое 0,4 м от 70 % НВ. При этом прибыль достигает 1007–1075 долл./га, рентабельность – от 51–72 % до 113–116 % соответственно.

#### **Заключение**

В условиях восточной части Республики Беларусь орошение в комплексе с внесением минеральных удобрений в среднем за 2017–2019 гг. обеспечивали стабильную прибавку урожая сахарной свеклы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Экономические расчеты показали, что возделывание сахарной свеклы при орошении по сравнению с контролем (без орошения) увеличило прибыль более чем вдвое – от 356–554 до 1007–1075 долл./га, при росте средней рентабельности от 48,4 до 92,8 %.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2005. – 392 с.
2. Коломец, А. П. Агрофизические свойства, режимы и продуктивность сахарной свеклы / А. П. Коломец // Сахарная свекла. – Киев: Урожай, 1979.
3. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2011. – 364 с.
4. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://biofile.ru>.
5. Зеленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Зеленский, Я. У. Яроцкий. – Минск: 2004. – 10 с.
6. Набздоров, С. В. Влияние режимов орошения и удобрений на урожай и содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы / С. В. Набздоров // Научно-практический журнал Земледелие и Растениеводство – Минск, 2021. – №3 (136) – 14–17 с.
7. Желязко, В. И. Научно-практические и экологические аспекты орошения земель в Беларуси / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – №2 – 36–41 с.
8. Набздоров, С. В. Динамика роста и урожай сахарной свеклы, возделываемой при разных режимах влагообеспеченности на суглинистых почвах в условиях востока Беларуси / С. В. Набздоров // Вестник БГСХА. – 2020. – №1. – 140–144 с.
9. Набздоров, С. В. Зависимость динамики роста корнеплодов сахарной свеклы от удобрительного фона и орошения / С. В. Набздоров // Земледелие и растениеводство. – 2020. – №6 (133). – С. 28–32.