

УДК 635.1/8:631.67

**В. А. Кулыгин**

Донской научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Рассвет, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ**

Целью исследований, проводившихся во ФГУП «Семикаракорское» в 2012-2013 годах, было выявление оптимального сочетания режима орошения (интенсивный, водосберегающий, минимальный), способа основной обработки почвы (отвальная, безотвальная, минимальная) и уровня минерального питания (рекомендуемая полная норма NPK; 0,5 NPK; без удобрений) при возделывании столовой свеклы в аспекте ресурсосбережения. При проведении полевых опытов использовались общепринятые методики. На основании исследований установлено, что при интенсивном орошении на фоне полной нормы минерального питания обеспечивалась наибольшая урожайность свеклы, которая составила при отвальной основной обработке 31,98 т/га, при безотвальной обработке – 32,98 т/га. При водосберегающем режиме орошения, внесении расчетной нормы удобрений и проведении отвальной основной обработки отмечено снижение урожайности в сравнении с интенсивным режимом орошения на 17,3 %, но экономия оросительной воды при этом составила 1260 м<sup>3</sup>/га. Здесь же отмечено наиболее рациональное использование влаги и получен самый низкий коэффициент водопотребления – 65 т/м<sup>3</sup>. Поэтому в условиях дефицита водных ресурсов данный вариант орошения может быть рекомендован для практического применения. Наибольшая прибавка урожайности от удобрений получена при внесении полной нормы (NPK) на фоне разных вариантов орошения и способов основной обработки, по сравнению с участками без удобрений прибавка составила 29,0-37,0 %. Однако эффективность использования 1 кг удобрений на 1 кг дополнительной продукции была выше в ресурсосберегающем варианте (0,5 NPK), равняясь при отвальной обработке и интенсивном орошении 29,9 кг. В условиях дефицита минеральных удобрений данный вариант также может быть рекомендован для практического использования.

Ключевые слова: столовая свекла, режим орошения, основная обработка почвы, урожайность, экономия оросительной воды, ресурсосбережение.

**V. A. Kulygin**

Don Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Rassvet, Russian Federation

## **THE IMPACT OF MANAGEMENT PRACTICE ON THE YIELD AND WATER CONSUMPTION OF RED BEET UNDER IRRIGATION**

The objective of the research is to determine the optimal combination of irrigation regime (intensive, water saving, minimum), method of primary tillage (moldboard, subsurface, minimum), and level of mineral nutrition (recommended full rate NPK, 0.5 NPK, without fertilizing) for red beet growing in terms of resource saving. The research was carried out at the farm "Semikarakorskoye" in 2012-2013 using conventional experimental methods. On the basis of the research it was established that maximum yield of red beet was obtained under intensive irrigation on the background of the full rate of mineral fertilizers, the yield was

31.98 t/ha at moldboard primary tillage, and 32.98 t/ha at subsurface tillage. At water saving irrigation regime along with the full rate of fertilizers and moldboard tillage, the yield decrease was marked by 17.3 % compared with intensive irrigation, but irrigation water saving was 1260 m<sup>3</sup>/ha. The most rational use of soil moisture was also marked here and the lowest coefficient of water consumption, 65 t/m<sup>3</sup>, was received. This variant can be recommended for practical use at water scarcity. The highest yield increase from fertilizers was received at applying the full rate (NPK) on the background of different variants of irrigation and primary tillage. The yield increase in comparison with plots without fertilizing was 29.0-37.0 %. However, the efficiency of fertilizer use was higher at the variant with 0.5 NPK, where one kilogram of fertilizers provided 29.9 kilograms of additional production. This variant also can be recommended for practical use at the deficit of mineral fertilizers.

Keywords: red beet, irrigation regime, primary tillage, yield, irrigation water saving, resource conservation.

Столовая свекла является важной продовольственной культурой. По хозяйственному и пищевому значению она занимает основное место среди столовых корнеплодов, содержит наибольшее количество фосфора и калия. Свекла является ценным диетическим продуктом, широко используется в медицине. Получение высокой и устойчивой урожайности данной культуры является актуальной задачей, стоящей перед сельскохозяйственным производством. Одним из лимитирующих факторов развития свекловодства на юге России является дефицит влаги в почве в период активной вегетации культуры. В связи с этим производственное возделывание столовой свеклы экономически целесообразно лишь при орошении. В свою очередь, в условиях дефицита водных ресурсов, неблагоприятной для сельхозтоваропроизводителей конъюнктуры цен на материальные ресурсы (удобрения, средства химизации, дождевальную и специальную технику, горюче-смазочные материалы), а также и на саму продукцию растениеводства, актуально рациональное использование оросительной воды, удобрений, энергетических и трудовых затрат при возделывании сельхозкультур.

В связи с вышесказанным целью исследований, проводившихся во ФГУП «Семикаракорское» Семикаракорского района Ростовской области в 2012-2013 гг., было выявление оптимального сочетания способа основной обработки почвы, режима орошения и уровня минерального питания при возделывании столовой свеклы в аспекте ресурсосбережения. Для этого

на опытном стационаре был заложен трехфакторный опыт.

Столовая свекла является влаголюбивой культурой. В послепосевной период высокая влажность почвы необходима для нормального прорастания семян и получения дружных всходов [1]. С этой целью в зоне недостаточного увлажнения обычно проводятся поливы небольшими нормами, однако, как показывает практика, при достаточном количестве атмосферных осадков необходимость в орошении может не возникнуть. Наибольшая потребность в поддержании оптимальной влажности почвы у свеклы наблюдается в период от прорастания семян и появления всходов до фазы 4-5 листа. Однако высокую потребность во влаге свекла испытывает до конца периода вегетации [1].

Исходя из этого, автором изучалось три варианта орошения (фактор А):

- поливы при достижении влажности почвы 75-80 % наименьшей влагоемкости (НВ) в слое 0,6 м в течение всего периода вегетации (интенсивный вариант, контроль);

- поливы при 75-80 % НВ в слое 0,6 м до фазы 4-5 листа (водосберегающий вариант);

- поливы при 75-80 % НВ в слое 0,3 м до появления полных всходов (минимальный вариант орошения).

Кроме вариантов орошения, изучалось три способа основной обработки почвы (фактор В):

- отвальная на глубину 25-27 см (контроль);

- безотвальная на глубину 25-27 см;

- минимальная (дискование на 14-16 см).

Уровни минерального питания были следующими (фактор С):

- норма, рекомендованная для зоны возделывания, –  $N_{120}P_{60}K_{90}$  кг д. в./га (NPK);

- норма, сниженная на 50 %, –  $N_{60}P_{30}K_{45}$  кг д. в./га (0,5 NPK);

- без удобрений (контроль).

Опыт проводился в четырехкратной повторности, применялся сорт Детройт, предшественником свеклы являлась суданская трава. Посев проводился сеялкой точного высева «Агриколо», норма высева 8 кг/га. Во всех вариантах опыта применялась рекомендованная зональными системами земледелия агротехника [2]. При проведении исследований использовались общепринятые методики [3, 4].

Почвы опытного участка представлены черноземами обыкновенными, по гранулометрическому составу они относятся к разряду тяжелых глинистых почв. Средняя величина емкости поглощения 33-39 мг-экв. на 100 г почвы. Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см составляет 3,35 %; элементов питания: N-NO<sub>3</sub> – 5,3; N-NH<sub>4</sub> – 12,7; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 39,0; K<sub>2</sub>O – 550 мг/кг, что указывает на низкую обеспеченность черноземов азотом, повышенную – подвижным фосфором и высокую – обменным калием. Эти черноземы не проявляют солонцовых свойств, реакция их слабощелочная (рН 7,2-7,5).

В условиях низкой влагообеспеченности с целью снижения дефицита водопотребления потребовалось восполнение его путем орошения. Приоритетное влияние на режим орошения сельскохозяйственных культур оказывают метеорологические условия в период их вегетации [5, 6]. По степени тепловлагообеспеченности вегетационный период свеклы характеризовался как сухой и очень сухой с коэффициентами природной увлажненности 0,22 и 0,12 (в 2012 и 2013 гг. соответственно).

Различные условия увлажнения культуры в опыте обусловили разный водный режим почвы за счет различия в оросительных, поливных нормах, количестве и сроках проведения поливов (таблица 1).

Для поддержания заданного режима орошения самая высокая оросительная норма – 2010 м<sup>3</sup>/га – потребовалась для интенсивного режима. При водосберегающем и минимальном режимах орошения этот показатель

был существенно меньше, составив, соответственно, 750 и 330 м<sup>3</sup>/га.

**Таблица 1 – Режим орошения сельскохозяйственных культур**

Вариант водного режима	Поливы, шт.	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
Минимальный	2	165	330
Водосберегающий	3	250	750
Интенсивный	6	335	2010

Поливы столовой свеклы, проведенные в послепосевной период, были направлены, прежде всего, на получение дружных всходов. Интенсивный режим орошения свеклы был обеспечен проведением 6 поливов, а динамика влажности почвы при этом изменялась в пределах 77-100 %. Для соблюдения водосберегающего режима орошения потребовалось 3 полива, влажность почвы в течение вегетации растений варьировала от 100 (после поливов) до 58 % НВ, стабильно опустившись ниже уровня 70 % НВ в годы исследований во вторую декаду августа. Для поддержания минимального режима орошения столовой свеклы потребовалось проведение 2 поливов (для получения дружных всходов). При этом в 2012 году влажность почвы изменялась от 96 % после орошения до 52 % НВ в конце вегетации, стабильно опустившись ниже уровня 70 % НВ во второй декаде августа и ниже 60 % НВ – в третьей декаде августа. В 2013 году на данном варианте динамика влажности варьировала от 97 % после дождевых поливов до 48 % НВ перед уборкой, стабильно опустившись ниже уровня 70 % НВ в третьей декаде июля и ниже 60 % НВ – во второй декаде августа. Следует отметить, что при одинаковых режимах орошения способы основной обработки почвы и разные нормы удобрений практически не влияли на изменения показателей динамики влажности почвы.

Разные условия вегетации столовой свеклы, обусловленные изучаемыми факторами, нашли свое отражение в средних показателях урожайности (таблица 2). Отвальная и безотвальная основная обработка почвы оказывали примерно равнозначное воздействие на продуктивность культуры. Разница между этими вариантами составляла от 0,12 до 1,0 т/га при НСР<sub>05</sub>,

равной 2,04 т/га. Минимальная основная обработка в сравнении с отвальной снижала урожайность свеклы на фоне варианта интенсивного орошения на 14,9-19,4 %, в условиях водосберегающего режима – на 22,8-25,1 %, при минимальном орошении – на 24,6-27,8 %.

**Таблица 2 – Влияние приемов возделывания на урожайность столовой свеклы**

В т/га

Вариант водного режима	Фон удобрений		
	Контроль	0,5 NPK	NPK
Отвальная обработка			
Минимальный	15,97	18,04	20,66
Водосберегающий	20,51	23,79	26,46
Интенсивный	24,63	28,67	31,98
Безотвальная обработка			
Минимальный	15,81	18,16	21,02
Водосберегающий	20,01	23,21	25,83
Интенсивный	25,19	29,24	32,98
Минимальная обработка			
Минимальный	11,53	13,20	15,57
Водосберегающий	15,36	18,28	20,42
Интенсивный	19,86	23,84	27,20
НСР <sub>05</sub> = 1,86 т/га;			
НСР <sub>05</sub> : по фактору А – 1,52; по фактору Б – 2,04; по фактору С – 1,98 т/га.			

Фон удобрений также оказал влияние на урожайность свеклы. Применение половинной нормы удобрений (0,5 NPK) на фоне разных вариантов орошения способствовало повышению урожайности культуры, которая была выше при отвальной обработке на 13,0-16,4 %, безотвальной – на 14,9-16,1 %, минимальной – на 14,5-20,0 %, чем в условиях без удобрений. Применение полной нормы удобрений (NPK) для разных вариантов орошения повышало урожайность свеклы на фоне отвальной обработки на 29,0-29,8 %, безотвальной – на 29,1-30,9 %, минимальной – на 32,9-37,0 % в сравнении с условиями без применения удобрений.

Интенсивное орошение способствовало значительному повышению урожайности в сравнении с вариантом минимального орошения. На фоне отвальной обработки при разных нормах минерального питания урожайность увеличилась в 1,54-1,59 раза. При безотвальной и минимальной об-

работках урожайность соответственно была в 1,57 и 1,72-1,81 раза выше, чем на участках, где поливы проводились до полных всходов культуры.

При водосберегающем режиме снижение урожайности в сравнении с интенсивным орошением на фоне разных уровней минерального питания составило: при отвальной обработке – 16,7-17,3 %; при безотвальной – 20,6-21,7 %; при минимальной – 22,7-24,9 %.

Разные варианты водного режима почвы оказали влияние на показатели эффективности использования оросительной воды, что характеризуют средние данные на фоне отвальной вспашки при полной норме удобрений (таблица 3). Наибольшая урожайность свеклы получена при интенсивном режиме орошения – 31,98 т/га. В водосберегающем варианте урожайность снизилась на 17,3 % в сравнении с интенсивным орошением, но экономия оросительной воды при этом составила 62,7 %. При минимальном режиме орошения урожайность уменьшилась на 35,4 %, экономия оросительной воды составила 1680 м<sup>3</sup>/га.

**Таблица 3 – Эффективность использования оросительной воды столовой свеклой при отвальной вспашке на фоне NPK**

Показатель	Вариант водного режима		
	минимальный	водосберегающий	интенсивный
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	330	750	2010
Экономия оросительной воды, м <sup>3</sup> /га	1680	1260	-
Урожайность, т/га	20,66	26,46	31,98
Прибавка в сравнении с вариантом минимального орошения, т/га	-	5,80	11,32
Расход воды на 1 т прибавки, м <sup>3</sup>	-	129	178
Выход дополнительной продукции на 1 м <sup>3</sup> оросительной воды, кг	-	7,73	5,63

Наибольшая прибавка урожайности, 11,32 т/га, в сравнении с минимальным режимом, отмечена в варианте интенсивного орошения, а в условиях водосберегающего варианта она не превышала 5,80 т/га. Однако наиболее эффективное использование оросительной воды отмечено при водосберегающем режиме орошения, где расход воды на 1 т прибавки урожайности был самым низким, составив 129 м<sup>3</sup>, а выход дополнительной про-

дукции на 1 м<sup>3</sup> оросительной воды оказался самым высоким – 7,73 кг/м<sup>3</sup>. В условиях интенсивного орошения аналогичные показатели составили 178 м<sup>3</sup>/т и 5,63 кг/м<sup>3</sup>.

Суммарное водопотребление ( $E$ ) слагалось из основных составляющих водного баланса: атмосферных осадков ( $X$ ), изменения запасов почвенной влаги ( $\Delta W$ ) и величины оросительной нормы ( $M$ ). Уровень грунтовых вод на опытных полях находился на глубине более 5 м, ввиду чего их участие в водном балансе не учитывалось. При разных способах основной обработки почвы просматривались общие закономерности изменения водного режима почвы. Характерен водный баланс свеклы на фоне основной отвальной обработки почвы при полной норме удобрений (таблица 4). Доля оросительной нормы в суммарном водопотреблении свеклы снижалась по мере уменьшения частоты поливов, составив при интенсивном орошении 73,3 %, при водосберегающем – 43,3 % и при минимальных условиях увлажнения – 22,0 %.

**Таблица 4 – Водный баланс столовой свеклы в зависимости от режима орошения на фоне отвальной обработки и NPK**

Вариант водного режима	$\Delta W$ , м <sup>3</sup> /га	$X$ , м <sup>3</sup> /га	$M$ , м <sup>3</sup> /га	$E$ , м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Кв, м <sup>3</sup> /т
Минимальный	783	387	330	1500	20,66	73
Водосберегающий	594	387	750	1731	26,46	65
Интенсивный	345	387	2010	2742	31,98	86

Кв – коэффициент водопотребления.

Атмосферные осадки оказались самой незначительной частью в суммарном водопотреблении культуры, изменяясь от 14,1 % на варианте интенсивного орошения до 25,8 % в условиях минимального орошения. Доля расхода воды из почвы в суммарном водопотреблении свеклы возрастала по мере снижения оросительной нормы, изменяясь от 12,6 % при интенсивном орошении до 52,2 % – при минимальном. Наиболее эффективное использование почвенной влаги отмечено на водосберегающем варианте, где получен самый низкий коэффициент водопотребления свеклы – 65 т/м<sup>3</sup>.



Разные способы основной обработки почвы оказали определенное влияние на продуктивность использования почвенной влаги. Это наглядно просматривается на примере варианта интенсивного орошения при полной норме минеральных удобрений (таблица 5).

**Таблица 5 – Водный баланс и водопотребление столовой свеклы при разных обработках**

Вариант основной обработки	$\Delta W$ , м <sup>3</sup> /га	$X$ , м <sup>3</sup> /га	$M$ , м <sup>3</sup> /га	$E$ , м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Кв, м <sup>3</sup> /т
Отвальная	345	387	2010	2742	31,98	86
Безотвальная	364	387	2010	2761	32,98	84
Минимальная	368	387	2010	2765	27,2	102

Анализ водного баланса показывает, что коэффициенты водопотребления свеклы при отвальной и безотвальной основных обработках были примерно одинаковыми, хотя на фоне безотвального рыхления почвенная влага использовалась несколько лучше, что отражено самым низким коэффициентом водопотребления, составившим 84 м<sup>3</sup>/т.

В оценке эффективности использования минеральных удобрений на посевах столовой свеклы при разных нормах их внесения просматривались общие закономерности на фоне вариантов орошения и способов основной обработки почвы. Характерны данные, полученные при интенсивном орошении на фоне отвальной основной обработки (таблица 6).

**Таблица 6 – Эффективность использования удобрений при возделывании столовой свеклы на фоне интенсивного орошения и отвальной основной обработки**

Норма удобрений	Сумма НРК, кг д. в./га	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности		Произведено дополнительной продукции на 1 кг удобрений, кг
			т/га	%	
Без удобрений	0	24,63	-	-	0
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub>	135	28,67	4,04	16,1	29,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	270	31,98	7,35	29,8	27,2

Наибольшая урожайность получена при внесении рекомендуемой нормы минеральных удобрений, при этом прибавка составила 7,35 т/га, или 29,8 %, по сравнению с вариантом без удобрений. Соответствующие прибавки на фоне применения нормы N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub> кг д. в./га были существен-

но ниже – 4,04 т/га, или 16,1 %.

Однако эффективность использования удобрений оказалась выше на варианте, где вносилась половинная норма (0,5 NPK), за счет которой произведено 29,9 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. Аналогичная дополнительная продукция на фоне применения нормы  $N_{120}P_{60}K_{90}$  кг д. в./га оказалась несколько ниже, составив 27,2 кг.

Таким образом, интенсивное орошение способствовало значительному повышению урожайности столовой свеклы по сравнению с вариантом минимального орошения, которая на фоне разных способов основной обработки и минерального питания была в 1,54-1,81 раза больше.

На водосберегающем варианте снижение урожайности по сравнению с интенсивным орошением на фоне разных уровней минерального питания равнялось: при отвальной обработке 16,7-17,3 %; при безотвальной – 20,6-21,7 %; при минимальной – 22,7-24,9 %. При этом экономия оросительной воды составила 1260 м<sup>3</sup>/га. Здесь же отмечено наиболее эффективное использование оросительной воды: самый низкий расход воды на 1 т прибавки урожайности – 1,29 м<sup>3</sup> – и самый высокий выход дополнительной продукции на 100 м<sup>3</sup> – 7,73 кг/м<sup>3</sup> – по сравнению с вариантом минимального орошения.

Отвальная и безотвальная основная обработка почвы оказывали равнозначное воздействие на продуктивность культуры, при этом на фоне интенсивного орошения урожайность при безотвальном рыхлении была на 2-3 % выше. Минимальная основная обработка по сравнению с отвальной снижала урожайность свеклы на фоне разных вариантов орошения и минерального питания на 14,9-27,8 %.

Применение половины расчетной нормы удобрений (0,5 NPK) на фоне разных вариантов орошения и способов основной обработки способствовало повышению урожайности культуры на 13,0-20,0 %, применение полной нормы (NPK) – на 29,0-37,0 % по сравнению с участками без

удобрений. Однако эффективность использования 1 кг удобрений на 1 кг дополнительной продукции была несколько выше на ресурсосберегающем варианте.

Наиболее рациональное использование почвенной влаги отмечено при водосберегающем водном режиме на фоне отвальной обработки и полной нормы удобрений, где получен самый низкий коэффициент водопотребления – 65 т/м<sup>3</sup>.

В целом, при интенсивном орошении на фоне полной нормы минерального удобрения обеспечивалась наибольшая урожайность свеклы, которая составила при отвальной основной обработке 31,98 т/га, при безотвальной обработке – 32,98 т/га. При водосберегающем режиме орошения при полной норме удобрений и отвальной основной обработке отмечено снижение урожайности по сравнению с интенсивным орошением на 17,3 %, но экономия оросительной воды при этом составила 1260 м<sup>3</sup>/га. Поэтому в условиях дефицита водных ресурсов данный вариант орошения, на котором отмечено наиболее рациональное использование влаги, может быть рекомендован для практического применения.

Наибольшая прибавка урожайности от удобрений получена при внесении полной нормы (NPK) на фоне разных вариантов орошения и способов основной обработки, составив 29,0-37,0 %. Однако эффективность использования 1 кг удобрений на 1 кг дополнительной продукции была выше в ресурсосберегающем варианте (0,5 NPK), равняясь при отвальной обработке и интенсивном орошении 29,9 кг. В условиях дефицита минеральных удобрений данный вариант также может быть рекомендован для практического использования.

### **Список использованных источников**

1 Ковалева, Т. Д. Перспективные технологии возделывания овощных культур на Дону / Т. Д. Ковалева, В. М. Назарова. – Ростов-на-Дону, 1988. – 160 с.

2 Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013-2020 гг.): монография / Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН. – Ростов н/Д.: МСХиП РО, 2012. – Ч. 3. – 375 с.

3 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

4 Горянский, М. М. Методика полевого опыта на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев, 1970. – 43 с.

5 Ильинская, И. Н. Расчет экологически безопасных норм водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур / И. Н. Ильинская, В. М. Игнатьев // Вестник РАСХН. – 2003. – № 5. – С. 26-28.

6 Ильинская, И. Н. Моделирование продуктивности агроэкосистем в условиях орошения на Северном Кавказе / И. Н. Ильинская // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 52-54.

---

**Кулыгин Владимир Анатольевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Рассвет, Российская Федерация.

Контактный телефон: 8-951-82-54-382.

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

**Kulygin Vladimir Anatolyevich** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Don Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Rassvet, Russian Federation.

Contact telephone number: 8-951-82-54-382.

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru