

УДК 633.174:631.67:631.445.41

UDC 633.174:631.67:631.445.41

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО НА ЧЕРНОЗЕМАХ**EFFICIENCY OF IRRIGATION REGIMES FOR GRAIN SORGHUM ON CHERNOZEMS**

Балакай Софья Георгиевна
аспирант

Balakay Sofya Georgiyevna
postgraduate student

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», Новочеркасск, Россия

Federal State Budget Scientific-Research Establishment "Russian Scientific-Research Institute of Land Improvement Problems", Novocherkassk, Russia

В статье приведены результаты исследований влияния режимов орошения на водопотребление и урожайность сорго на зерно. Установлено, что оптимальные условия роста и развития создаются при поддержании влажности почвы не ниже 80 % от НВ в слое 0,6 м, где урожайность зерна достигает до 14 т/га и получены лучшие показатели по доходности и рентабельности возделывания

The article results the study of irrigation regime impact on water consumption and yield of grain sorghum. It is established that optimal conditions for growth and development are created by maintaining soil moisture content in a soil layer of 0.6 m higher than 80 % of field capacity (FC), where the grain yield reaches 14 t/ha and the best indices of profit and cost-effectiveness are obtained

Ключевые слова: СОРГО ЗЕРНОВОЕ, РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ, ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ, ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ, РАЗВИТИЕ, УРОЖАЙНОСТЬ

Keywords: GRAIN SORGHUM, IRRIGATION REGIME, MOISTURE AVAILABILITY, LINEAR GROWTH, DEVELOPMENT, CROP YIELD

Сорго по сравнению со многими сельскохозяйственными культурами является более устойчивой к недостатку влаги. Эта особенность сформировалась в процессе эволюции. Сорго способно хорошо переносить продолжительные засушливые периоды в почве и формировать высокую урожайность зерна – порядка 2,5-5,0 т/га [1]. Несмотря на высокую засухоустойчивость, сорго прекрасно отзывается на орошение, увеличивая урожай зерна в несколько раз, особенно на плодородных структурных почвах с хорошей водоудерживающей способностью и нейтральной реакцией, что говорит о перспективности возделывания сорго на орошаемых землях [2]. Однако на юге России в условиях орошения сорго практически не выращивается. Одной из причин этого является отсутствие разработанной технологии возделывания сорго при орошении, поэтому вопросы разработки элементов технологии возделывания сорго при орошении (режима орошения и удобрения, способов полива [3], подбор наиболее отзывчивых сортов и гибридов) являются весьма актуальными и востребованными производством.

Исследования по разработке элементов технологии возделывания сорго при орошении проводились в ОАО «Аксайская Нива» Аксайского района Ростовской области. Почвы участка представлены обыкновенными черноземами. Содержание гумуса в пахотном горизонте – 3,6-4,2 %. По гранулометрическому составу черноземы являются глинистыми и тяжело-суглинистыми почвами с преобладанием лессовидной (28,8 %) и илистой (42,2 %) фракций. В пахотном слое плотность сложения почвы в слое 0,6 м составляет 1,21 г/см³. Механический состав почвы – тяжелый суглинок, характеризуется высокой водоудерживающей способностью: наименьшая влагоемкость в слое 0,6 м составляет 28,2 % от массы сухой почвы. Максимальная гигроскопичность равна в слое 0,4 и 0,6 м – 11,1 и 10,8 % соответственно. Все это свидетельствует о благоприятных свойствах почвы для орошаемого земледелия и возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе сорго зернового.

Климат в данной зоне характеризуется неустойчивым умеренно-континентальным климатом с недостаточным увлажнением и большим притоком солнечной энергии. 2011 год был по условиям увлажнения и температурному режиму близким к среднемноголетним показателям. За вегетационный период (от всходов 15 мая и до 17 сентября 2011 года) выпало 238,5 мм осадков. ГТК = 0,77. 2012 год был более влажный – выпало осадков 369,3 мм. ГТК = 1,10. 2013 год был сухим выпало осадков 161,2 и ГТК равен 0,48 .

Годовое испарение составляет в среднем 605 мм. Продуктивные запасы влаги в слое 1,0 м в весенний период составили 137 мм и осадки не могли восполнить дефицит влаги, поэтому проводились поливы.

Изучение влияния режима орошения на рост, развитие и урожайность сорго зернового проводилось в опыте с 6 вариантами, в т. ч.:

- вариант 1. Без орошения;
- вариант 2. Поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже

80 % НВ от всходов до начала созревания (контроль, расчетная поливная норма 1 м);

- вариант 3. Полив уменьшенной на 20 % поливной нормой (0,8 м) в те же сроки, что и по варианту 2;

- вариант 4. Полив уменьшенной на 40 % поливной нормой (0,6 м) в те же сроки, что и по варианту 2;

- вариант 5. Дифференцированный режим орошения по фазам роста: поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 70 % НВ от всходов до фазы начало выметывания, далее не ниже 80 % НВ до фазы начало созревания;

- вариант 6. Дифференцированный режим орошения по фазам роста: поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 60 % НВ от всходов до начала выметывания, далее не ниже 80 % НВ до созревания.

Размер опытных участков $30 \times 35 = 1050 \text{ м}^2$, учетных участков – 240 м^2 . Повторность – трехкратная. Высевался среднеспелый сорт сорго Хазине 28, районированный для условий Ростовской области со средним вегетационным периодом 110-120 суток. За основу принята технология возделывания сорго, рекомендованная зональными системами земледелия для богарного земледелия. Вносились расчетные дозы удобрений на планируемую урожайность 12-13 т/га. Полив производился дождевальными машинами ДДА-100ВХ в соответствии с назначенным режимом орошения. Учет воды производили водоучитывающим прибором ВД-180, установленным на ДДА-100ВХ.

Поливной режим сорго зависит от многих биотических и абиотических факторов. Осадки и влагообеспеченность опытного участка имели большие колебания в течение вегетации и в большинстве времени вегетационного периода недостаточна для эффективного производства сорго.

Сложившийся поливной режим сорго в среднем за 2011-2013 гг. приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Режим орошения сорго 2011 - 2013гг.

Вариант	Поливная норма, м ³ /га	Кратность поливов, шт.	Оросительная норма, м ³ /га
1) Без орошения	-	-	-
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	423	5,3	2240
3) 0,8 м	340	5,3	1813
4) 0,6 м	252	5,3	1333
5) 70-80 % НВ	487	4	1947
6) 60-80 % НВ	490	4	1960

Кратность поливов на контроле составила 5,3, оросительная норма – 2240 м³/га. В 3 и 4 вариантах количество поливов сохранилось, однако оросительная норма снизилась от 20 % на 3 варианте и до 40 % – на 4 варианте. В пятом варианте уменьшились кратность поливов до 4 и оросительная норма с 2240 до 1947 м³/га. В шестом варианте, хотя кратность поливов сократилась, за счет большей поливной нормы (490 м³/га, против 423 м³/га на контроле) оросительная норма была выше, чем на варианте 5.

Исследования показали, что орошение оказывает значительное влияние на все процессы жизнедеятельности растений. При орошении у сорго возрастает устойчивость растений к различным стрессам и они повышают выживаемость, увеличивают линейный рост, темпы нарастания листовой поверхности и накопления сухого вещества, увеличивается длина вегетации и изменяется ход биохимических реакций и, в конечном итоге, изменяется величина и качество урожая.

Наблюдения по влиянию режима орошения на рост и развитие сорго проводились нами по фенологическим фазам роста растений: всходы, 5 листьев, 9-10 листьев, выметывание, цветение, созревание. Продолжительность вегетации по периодам и от всходов до созревания приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Продолжительность периода по фазам роста растений сорго начиная от всходов, среднее за 2011-2013гг.

Вариант	Продолжительность период от всходов, сутки						
	посев	5 лист	9-10 лист	выметывание	цветение	молочная спелость	полное созревание
1) Без орошения	04-07.05	11	21	47	73	94	103
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	04-07.05	11	21	47	73	95	111
3) 0,8 м	04-07.05	11	21	47	73	95	110
4) 0,6 м	04-07.05	11	21	47	73	92	107
5) 70-80 % НВ	04-07.05	11	21	47	73	95	110
6) 60-80 % НВ	04-07.05	11	21	47	73	93	107
Примечание – В 2011 году посев произведен 4 мая, в 2012 году – 5 мая и в 2013 году – 7 мая.							

Данные таблицы 2 показывают, что продолжительность периодов роста растений в начальные фазы (от всходов до выметывания) была одинаковой на всех вариантах, а затем на вариантах 2 и 3 с более высокой обеспеченностью влагой выметывание и цветение наступало на 1-2 суток позже. Наиболее ранние сроки созревания наблюдались на варианте 1 без орошения – 115 суток, и наиболее поздние на вариантах 2 и 5 с более благоприятным режимом орошения – 124 и 122 сутки.

Режим орошения оказал влияние и на линейный рост растений (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние режима орошения на динамику изменения высоты растений, в среднем за 2011-2013гг.

Варианты	Высота растений по фазам роста, см				
	5 лист	9-10 лист	выметывание	цветение	созревание
Период вегетации от всходов, сут.	21	47	73	95	122
1) Без орошения	14	55	115	125	130
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	14	55	121	135	144
3) 0,8 м	14	55	121	131	137
4) 0,6 м	14	55	117	124	132
5) 70-80 % НВ	14	55	118	134	138
6) 60-80 % НВ	14	55	115	132	135

Данные таблицы 3 показывают, что высота растений между вариантами начала различаться после начала проведения поливов и в фазу выметывания уже наблюдается разница в высоте растений на 3-6 см и в дальнейшем возрастает до 14 см. Так после начала поливов уже в фазу выметывания на вариантах 2 и 3 растения имели высоту, на 6 см большую по сравнению с вариантом без орошения, где она составила 115 см, а в фазу цветения соответственно на 10 см, т. е. 135 см против 125 см на варианте без орошения. От фазы цветения до созревания высота растений изменялась незначительно за исключением варианта 5, где повышение нижнего порога увлажнения с 70 до 80 % НВ способствовало увеличению высоты растений на 16 см против 10 см на контроле.

Динамика нарастания массы растений, приведенная в таблице 4, показывает, что масса растений начинает нарастать большими темпами после достижения листовой поверхности более 40 тыс. м²/га, что по времени приходится на фазу выметывание и длится до начала цветения растений с 47 по 95 сутки от всходов, а затем постепенно темпы нарастания массы уменьшаются.

Таблица 4 – Динамика накопления зеленой массы сорго в среднем за 2011-2013 гг., т/га

Варианты	Динамика накопления зеленой массы					
	5 лист	9-10 лист	выметывание	цветение	созревание	
					молочная спелость	полная спелость
Период вегетации от всходов, сут.	21	47	71	95	106	115-124
1) Без орошения	0,06	5,4	29,1	36,8	42,1	43,4
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	0,06	5,4	32,5	57,1	65,4	68,4
3) 0,8 м	0,06	5,4	31,4	53,0	61,2	65,0
4) 0,6 м	0,06	5,4	29,9	46,3	52,7	56,4
5) 70-80 % НВ	0,06	5,4	30,8	52,4	62,5	66,5
6) 60-80 % НВ	0,06	5,4	30,1	45,3	55,6	62,6

Наиболее высокие показатели массы растения имели в фазу созревания. Надземная зеленая масса растений 68,4 т/га, приведенная к единой влажности (70 %) была на 2 варианте, против 43,4 т/га на варианте без орошения. Пропорционально общей массе растений изменялась и урожайность зерна сорго (таблица 5).

Таблица 5 – Масса растений и урожайность зерна сорго, 2011-2013гг.

Варианты	Масса растений, т/га	Масса зерна		Листостебельная масса	
		т/га	%	т/га	%
1) Без орошения	44,7	6,5	15,2	38,2	84,7
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	65,8	13,9	21,1	51,9	78,9
3) 0,8 м	63,2	12,2	19,4	51,0	80,6
4) 0,6 м	54,3	8,4	15,4	46,0	84,6
5) 70-80 % НВ	64,1	12,7	19,8	51,4	80,2
6) 60-80 % НВ	60,5	11,5	19,1	49,0	80,9
НСР _{0,05}		от 1,1 до 1,4		от 2,9 до 4,1	

Анализ доли зерна в надземной массе растений показывает, что при орошении доля зерна возрастает с 15,2 % на варианте без орошения до 21,1% на варианте 2. Более высокая урожайность зерна сорго (13,9 т/га) была на варианте 2 с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м, против 6,5 т/га на варианте без орошения. Урожайность увеличилась в 2,2 раза по сравнению с вариантом без орошения. Снижение влагообеспеченности в вариантах 3, 4 и 5 привело к снижению урожая зерна соответственно до 12,2, 8,4, и 12,7 т/га.

Для определения эффективности использования влаги нами рассчитывались показатели суммарного водопотребления и коэффициент водопотребления сорго (таблица 6).

Суммарное водопотребление складывается из суммы влаги поступившей из запасов влаги в почве, оросительной нормы и осадков. К моменту созревания влажность почвы в слое 0,6 м на варианте 1 (без орошения) и варианте 4 (0,6 м) оказалась самой низкой – 14,3 и 14,9 % от абсолютно сухой почвы, т. е. приближалась к влажности завядания растений, равной 13,8 %. На этих вариантах в среднем за 2011-2013 годы влаги из почвы использовалось 1457 и 1321 м³/га.

Таблица 6 – Водопотребление сорго при различных режимах орошения, слой почвы 1,0 м, 2011-2013 гг.

Вариант	Использовано влаги из почвы		Осадки		Ороситель- ная норма		Суммарное водопо- требление, м ³ /га	Коэффициент водопотреб- ления, м ³ /т
	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%		
1) Без орошения	1457	35	2701	65	0	0	4158	643
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	935	16	2701	46	2240	38	5876	424
3) 0,8 м	1074	19	2701	48	1813	32	5588	457
4) 0,6 м	1321	25	2701	50	1337	25	5358	640
5) 70-80 % НВ	1020	18	2701	48	1947	34	5667	447
6) 60-80 % НВ	1102	19	2701	47	1960	34	5762	500

Суммарное водопотребление было наибольшим на вариантах 2 и 6 (соответственно 5876 и 5762 м³/га) за счет более высокой оросительной нормы, составившей 2240 и 1960 м³/га. На варианте без орошения оно составило 4158 м³/га, что связано с недостаточным количеством осадков.

Анализ эффективности использования влаги показывает, что наименьший коэффициент водопотребления (424 м³/т) был на варианте 2, где орошение позволило создать более благоприятные условия увлажнения для роста и развития растений, и наибольший на варианте без орошения – 643 м³/т.

Экономический анализ возделывание сорго при различных режимах орошения (таблица 7) позволил установить, что наибольшие прямые затраты (31,42 тыс. руб./га) были на варианте 2. Затраты на варианте без орошения составили 26,82 тыс. руб./га.

Таблица 7 – Затраты на возделывание сорго на зерно при разных режимах орошения, 2011-2013 гг.

Вариант	Прямые затраты на возделывание, тыс. руб./га	Урожайность, т/га	Реализационная стоимость урожая		Доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
			тыс. руб./т	тыс. руб./га		
1) Без орошения	26,82	5,6	8	44,8	17,98	67
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	31,42	14,5	8	116,0	84,58	269
3) 0,8 м	30,52	12,8	8	102,4	71,88	235
4) 0,6 м	29,58	7,6	8	60,8	31,22	106
5) 70-80 % НВ	30,77	13,8	8	110,4	79,63	259
6) 60-80 % НВ	30,87	12,1	8	96,8	65,93	214

За счет более высокой урожайности на варианте 2 доход тоже был самым высоким (84,58 тыс. руб./га) и рентабельность составила 269 % против соответственно 17,98 тыс. руб./га и 67 % на варианте без орошения. На

всех вариантах орошения доход и рентабельность также были выше, чем на варианте без орошения.

Выводы

1 Более благоприятные условия увлажнения для роста и развития растений сорго создавались на орошаемых вариантах 2, 3 и 5, где растения имели большую высоту растений на 9-11 %, зеленой массы было больше на 47-52 %, листовая поверхность на 14 % больше, чем на варианте без орошения.

2 Наиболее благоприятные условия увлажнения для формирования высокой урожайности зерна сорго создаются при поддержании влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м, где урожайность составила 13,9 т/га, что на 114 % выше, чем на варианте без орошения.

3 Наибольшее суммарное водопотребление 5876 м³/га было на варианте 2 с поддержанием влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 80 % НВ от всходов до начала созревания, против 4158 м³/га на варианте без орошения, но вместе этим на этом варианте влага использовалась более экономно, коэффициент водопотребления был наименьший 424 м³/т, против 643 м³/т на варианте без орошения.

4 Экономический анализ возделывания сорго при различных режимах орошения позволил установить, что наибольший доход и рентабельность сорго имело при поддержании влажности почвы не ниже 80 % от НВ в слое 0,6 м.

Список использованных источников

1. Балакай Г.Т., Балакай Н.И., Балакай С.Г. Орошение гарантирует стабильное производство зерна // Земледелие. 2011. №5. С.29-31.
2. Балакай С.Г. Режимы орошения и водопотребление сорго зернового // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд., 2012. № 3(11). 12 с.

3. Балакай Г.Т. Устройство и технология внутрисочвенного струйного полива высеваемых семян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд, 2011. №3(03). 11 с.

References

1. Balakaj G.T., Balakaj N.I., Balakaj S.G. Oroshenie garantiruet stabil'noe proizvodstvo zerna // Zemledelie. 2011. №5. S.29-31.

2. Balakaj S.G. Rezhimy oroshenija i vodopotreblenie sorgo zernovogo // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii: jelektron. periodich. izd., 2012. № 3(11). 12 s.

3. Balakaj G.T. Ustrojstvo i tehnologija vnutripochvennogo strujnogo poliva vysevaemyh semjan // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii: jelektron. periodich. izd, 2011. №3(03). 11 s.