

**С. Г. Балакай** (ФГБНУ «РосНИИПМ»)

## **ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО НА ВНЕСЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

В статье приводятся данные полевых исследований влияния различных доз минеральных удобрений при орошении черноземов обыкновенных Ростовской области на рост, развитие и урожайность сорго зернового. Установлено, что в условиях орошения внесение минеральных удобрений является основным условием получения высокой урожайности (порядка 14 т/га зерна), так как растения увеличивают такие биометрические показатели, как высоту растений на 29,1 % и биомассу к концу вегетации на 81,4 %, которые оказывают значительное влияние на урожайность. Наибольшая прибавка урожая 18,6 кг на 1 кг д. в. удобрений была в варианте с дозой 436 кг д. в. ( $N_{140}P_{60}K_{61}$ ), снижение дозы удобрений до 261 кг (в варианте с  $N_{140}P_{60}K_{61}$ ) или увеличение дозы до 611 кг (в варианте  $N_{328}P_{140}K_{143}$ ) приводит к снижению прибавки зерна на 1 кг д. в. удобрений. соответственно до 10,0 и 15,7 кг. Анализ данных суммарного водопотребления показал, что оно увеличивается с увеличением доз вносимых удобрений с 6036 в варианте без удобрений до 6511 м<sup>3</sup>/га в варианте с  $N_{328}P_{140}K_{143}$ , однако в связи с повышением урожайности коэффициент водопотребления снижается соответственно с 1193 до 444 м<sup>3</sup>/т. Расчет экономической эффективности показал, что рентабельность возделывания сорго на 236 и 238 % выше при внесении расчетных доз удобрений на планируемую урожайность 10-12 т/га.

Ключевые слова: сорго зерновое, биологические особенности роста и развития, кормовые качества, засухоустойчивость, урожайность.

**S. G. Balakay** (FSBSE “RSRILIP”)

## **RESPONSE OF GRAIN SORGHUM FOR APPLYING OF MINERAL FERTILIZERS**

The article deals with the data of the field study in the effect of different doses of mineral fertilizers at the irrigation of ordinary chernozems in the Rostov region. It is established that irrigation is the main factor for obtaining high crop yields (about 14 t/ha) because the plants increase their biometric indices, either the height of plants by 29.1%, or biomass at the end of vegetation by 81.4 %. The greatest increase of the yield 18.6 kg per 1 kg of the active compound of fertilizers was at the variant with the dose of 436 kg ( $N_{140}P_{60}K_{61}$ ), the decline of the fertilizer dose to 261 kg ( $N_{140}P_{60}K_{61}$ ) or increasing up to 611 kg ( $N_{328}P_{140}K_{143}$ ) lead to the lessening of the increase of the yield per 1 kg of the active compound of fertilizer to 10.0 and 15.7 kg respectively. Data analysis of the water consumption shows that it increases at the increasing of the applied dose of fertilizers from 6036 м<sup>3</sup>/ha at the variant without fertilizing to 6511 м<sup>3</sup>/ha at the application of  $N_{328}P_{140}K_{143}$ , however due to the yield increasing, the coefficient of water consumption decreased from 1193 to 444 м<sup>3</sup>/t. The calculation of economic efficiency revealed that profitability of sorghum growing was by 236 and 238 % higher at applying fertilizer dose rated for the planed yield of 10-12 t/ha.

Keywords: grain sorghum, biological characteristics of growth and development, forage features, drought tolerance, crop yield.

Сорго относится к культурам с мощной корневой системой, способной извлекать из почвы питательные вещества, но вместе с тем отзывчиво на внесение минеральных удобрений, так как выносит с урожаем много питательных веществ. Вынос с 1 т зерна (с учетом побочной продукции) составляет в среднем N (азота) – 23 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10 кг и K<sub>2</sub>O – 34 кг [1]. В условиях орошения, где урожайность возрастает в 2 и более раз, без внесения удобрений невозможно получать планируемую высокую урожайность зерна сорго [2, 3]. Однако в условиях Ростовской области вопросы отзывчивости сорго на внесение удобрений при орошении не изучались, поэтому являются актуальными для производства.

Целью исследований было изучение отзывчивости сорго зернового на различные дозы внесения минеральных удобрений при орошении. Исследования проводились в ЗАО «Аксайская Нива» Аксайского района Ростовской области в 2011-2013 годах. Почвы – чернозем обыкновенный, обеспеченность азотом средняя, фосфором и калием высокая. Исходя из показателей наличия питательных веществ в почве, коэффициентов их использования, наличия действующего вещества в удобрениях и коэффициента их использования, были рассчитаны дозы удобрений (по Каюмову) [1] на планируемую урожайность сорго от 6 до 14 т/га зерна. Изучалось 6 вариантов с расчетными дозами удобрений для получения урожайности зерна от 6 до 14 т/га (таблица 1).

**Таблица 1 – Расчетные дозы удобрений на планируемую урожайность**

Вариант	Планируемая урожайность, т/га	Расчетная доза удобрений, кг
1(контроль)	3-4	0
2	6	N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>
3	8	N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>
4	10	N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>
5	12	N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>
6	14	N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>

Фосфорные удобрения вносились в виде аммофоса (в 100 кг содержится действующее вещество N<sub>12</sub>P<sub>52</sub>) в два приема: 50 % дозы осенью под основную обработку и 50 % весной под первую весеннюю культивацию.

Азотные удобрения (с учетом внесенного азота с аммофосом) вносились следующим образом: 50 % под предпосевную культивацию, 25 % в виде подкормки с поливной водой с первым поливом (в фазу 10 листьев) и 25 % перед выметыванием.

Высевался районированный сорт зернового сорго Хазине 28 с шириной междурядий 0,7 м. Выдерживалась технология возделывания, рекомендованная зональными системами земледелия. Полив осуществлялся дождевальными машинами ДДА-100 ВХ с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % в слое 0,6 м в течение всей вегетации. По условиям увлажнения 2011 год был близким к среднемноголетнему, ГТК = 0,77 (среднемноголетнее ГТК = 0,71); 2012 год был влажным, ГТК = 1,1, 2013 год был сухим, ГТК = 0,48.

В посевах велись биометрические и фенологические наблюдения по общепринятым методикам. В посевах сорго отмечали следующие фенологические фазы роста растений: всходы, 5 листьев (кущение), 10-12 листьев (стеблевание), выметывание, цветение, созревание (таблица 2).

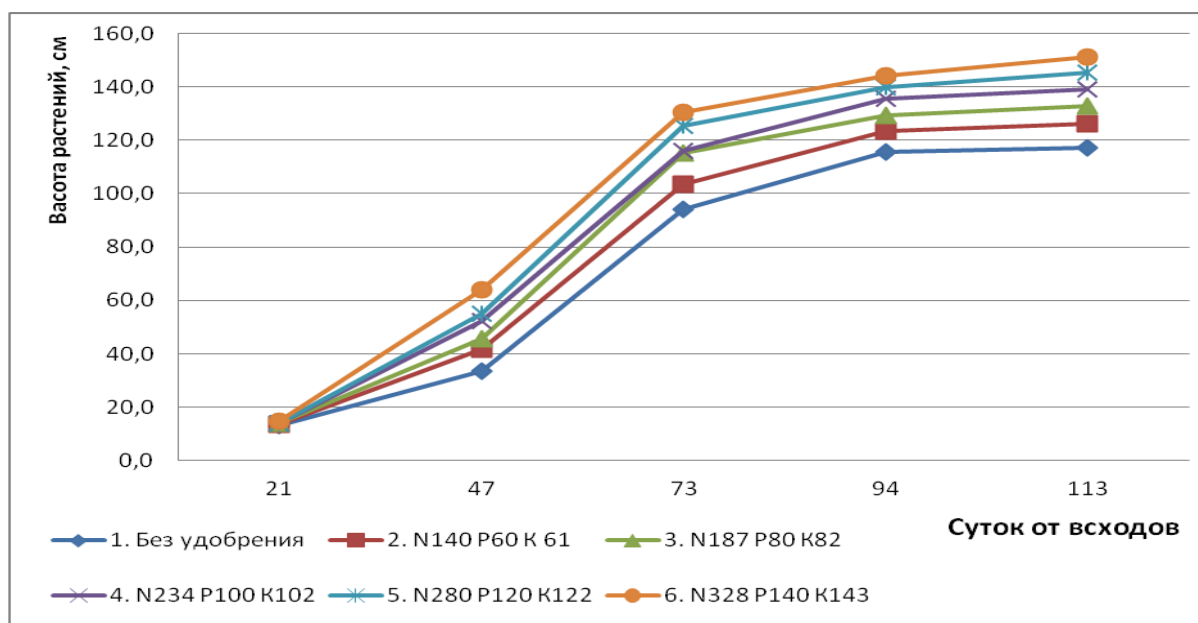
**Таблица 2 – Влияние доз удобрений на продолжительность вегетационного периода сорго зернового, 2011-2013 гг.**

В сут.

Вариант	Период	
	посев – созревание	всходы – созревание
1) Без удобрения	121	114
2) N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>	124	115
3) N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>	125	119
4) N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>	128	121
5) N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>	129	123
6) N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>	131	125

Данные таблицы 2 показывают, что вегетационный период у сорго увеличивался с увеличением доз вносимых удобрений со 114 суток на варианте 1 до 125 суток на варианте 6. Разница в продолжительности вегетации наблюдалась, начиная с фазы 5-9 листьев. На вариантах 4, 5 и 6 с высокими дозами удобрений фаза выметывания наступала на 1-2 дня позже, чем на варианте без удобрений.

Линейный рост растений определялся по основным фазам роста растений. Данные приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Влияние доз удобрений на динамику линейного роста растений сорго, 2011-2013 гг.**

По результатам математической обработки получены кривые, описывающие динамику линейного роста растений:

- для варианта 1 (без удобрений):

$$У \text{ вар.1} = -0,0003x^3 + 0,0427x^2 - 0,0405x;$$

- для варианта 6 (самая большая доза):

$$У \text{ вар.6} = -0,0002x^3 + 0,0397x^2 - 0,4509x.$$

С увеличением доз удобрений высота растений возрастала и в фазу полного созревания равнялась от 117 см на варианте без удобрений до 151 см на варианте 6 с высокими дозами удобрений. Дозы удобрений оказали существенное влияние и на темпы накопления биомассы. Динамику накопления зеленой массы определяли по основным фазам роста (таблица 3).

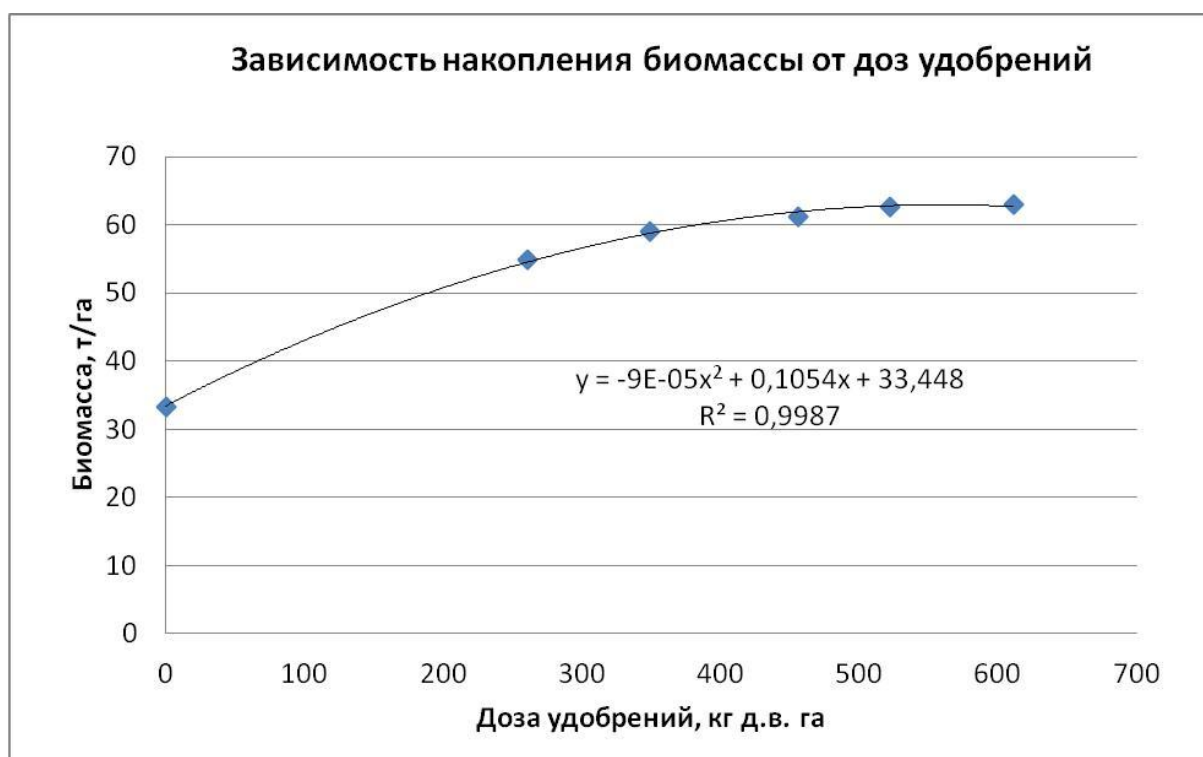
Наименьшая масса растений была на варианте без удобрения, начиная с фазы 5 листьев. Эта же закономерность сохранилась вплоть до созревания. Наблюдается прямая зависимость количества зеленой массы

растений от величины дозы удобрений. Так к концу вегетации разница между вариантом без удобрения и вариантом 6 составила 81,4%.

**Таблица 3 – Динамика накопления зеленой массы сорго, 2011-2013 гг.**

Вариант	Зеленая масса, т/га				
	5 лист	9-10 лист	выметывание	цветение	созревание
Период вегетации от всходов, сут.	21	47	71	100	117
1) Без удобрения	0,42	2,87	8,47	29,73	36,00
2) N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>	0,47	3,16	15,37	42,10	56,07
3) N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>	0,51	3,63	18,07	45,30	59,40
4) N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>	0,55	4,76	21,87	44,87	60,67
5) N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>	0,61	5,42	26,27	49,27	61,07
6) N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>	0,71	5,75	27,90	55,80	65,30

Кривая зависимости показывает, что нарастание массы идет интенсивно до суммарной дозы удобрений 436 кг д. в./га, что соответствует варианту 4 N<sub>234</sub>P<sub>100</sub>K<sub>102</sub> (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Зависимость зеленой массы растений от доз удобрений (в период созревания), 2011-2013 гг.**

Урожайность зерна определялась при созревании сорго. Наиболее ранние сроки созревания наблюдались на варианте 1 без удобрения, наиболее поздние – на вариантах 5 и 6 с большими дозами удобрений, где

создавались более благоприятные условия роста. Об этом свидетельствуют данные по высоте и массе растений. Для возможности сравнения массы растений влажность листостебельной массы приведена к стандартной влажности, а зерно к 14 % влажности (таблица 4).

**Таблица 4 – Продуктивность зернового сорго при различных дозах удобрений, 2011-2013 гг.**

Вариант	Сум. доза удобрений, кг/га д. в.	Масса растения	Масса зерна		Листостебельная масса		Произведено зерна на 1 кг д. в., кг
			т/га	%	т/га	%	
1) Без удобрения	0	36,0	5,1	14,2	30,9	85,8	-
2) N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>	261	56,1	7,7	13,7	48,4	86,3	10,0
3) N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>	349	59,4	10,8	18,2	48,6	81,8	16,3
4) N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>	436	62,3	13,2	21,2	49,1	78,8	18,6
5) N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>	522	67,3	14,4	21,4	52,9	78,6	17,8
6) N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>	611	65,7	14,7	22,4	51,0	77,6	15,7

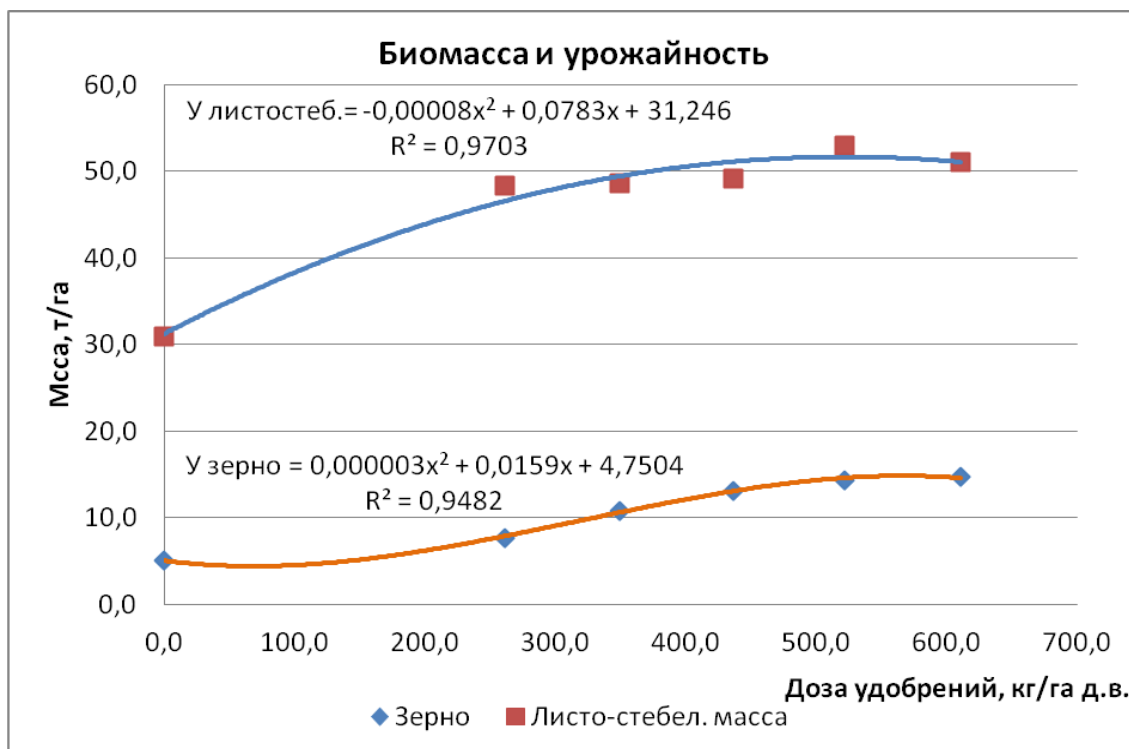
НСР составила по годам от 0,67 до 0,92 т, которая свидетельствует о том, что между вариантами 4, 5 и 6 не наблюдается существенной разницы. Более высокая урожайность зерна сорго (14,6 т/га) была на варианте 6 с самой большой дозой удобрения N<sub>328</sub>P<sub>140</sub>K<sub>143</sub>.

Урожайность возрастает большими темпами с повышением доз удобрений до достижения дозы 400-500 кг/га д. в. (с 1 по 4 варианты), а в дальнейшем возрастает незначительно (рисунок 3).

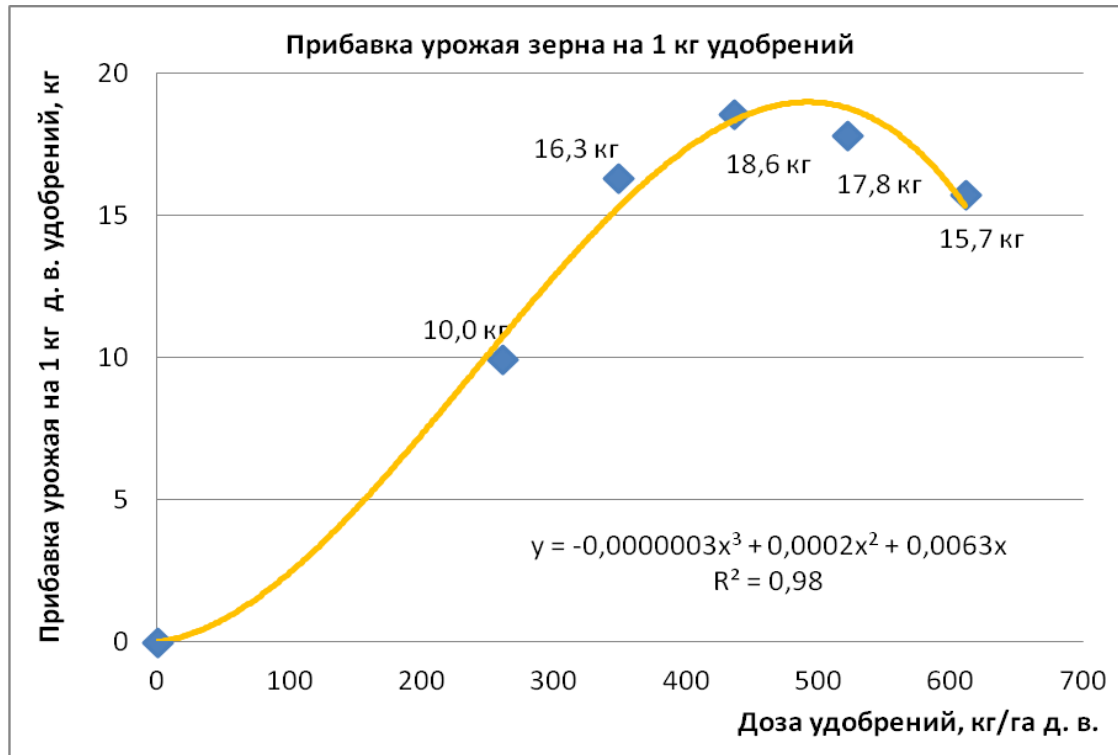
Анализ прибавки урожая показал, что наибольшая прибавка урожая 18,6 кг на 1 кг д. в. удобрений была в 4 варианте с дозой 436 кг д. в. (N<sub>140</sub>P<sub>60</sub>K<sub>61</sub>). Снижение дозы удобрений до 261 кг (2 вариант N<sub>140</sub>P<sub>60</sub>K<sub>61</sub>) или увеличение дозы до 611 кг (6 вариант N<sub>328</sub>P<sub>140</sub>K<sub>143</sub>) приводит к снижению прибавки зерна на 1 кг д. в. удобрений соответственно до 10,0 и 15,7 кг, что наглядно видно на графике (рисунок 4).

Анализ данных суммарного водопотребления показал, что оно увеличивается с увеличением доз вносимых удобрений с 6036 на варианте 1 до 6511 м<sup>3</sup>/га на варианте 6, однако в связи с повышением урожайности коэффициент водопотребления снижается соответственно с 1193 до

444 м<sup>3</sup>/т (таблица 5).



**Рисунок 3 – Зависимость урожайности сорго от суммарной дозы удобрений**



**Рисунок 4 – Дополнительно произведено зерна сорго на 1 кг д. в. удобрений**

**Таблица 5 – Водопотребление сорго при различных дозах удобрения (слой почвы 1,0 м), 2011-2013 гг.**

Вариант	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
1) Без удобрения	6036	1193
2) N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>	6087	788
3) N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>	6207	574
4) N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>	6299	478
5) N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>	6436	448
6) N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>	6511	444

Для расчета экономической эффективности внесения различных доз удобрений были разработаны технологические карты для различных вариантов и рассчитаны прямые затраты по вариантам. Для этого дозы действующего вещества удобрений на вариантах переводились в физическую массу и по стоимости удобрений и затрат на их внесение определялись общие затраты на применение удобрений. Показателем эффективного использования удобрений на вариантах является урожайность, доход и рентабельность.

Расчет экономической эффективности возделывания сорго при изменении доз минеральных удобрений показал, что при увеличении доз минеральных удобрений по сравнению с вариантом без удобрений наблюдалась тенденция повышения затрат на возделывание сорго (таблица 6).

**Таблица 6 – Прямые затраты на возделывание сорго при разных дозах удобрений при орошении, 2011-2013 гг.**

Вариант	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 удобрения	18,04	5,1	8,00	40,80	22,76	126
2) N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>	26,05	7,7	8,00	61,60	35,55	136
3) N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>	28,74	10,8	8,00	86,40	57,66	201
4) N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>	31,42	13,2	8,00	105,60	74,18	236
5) N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>	34,06	14,4	8,00	115,20	81,14	238
6) N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>	36,90	14,7	8,00	117,60	80,70	219

Так, если при внесении удобрений в расчетной дозе на планируемую урожайность зерна 10 т/га затраты на возделывание составили



31,42 тыс. руб. (из них 5,34 тыс. руб. на удобрения), то при расчетной дозе на 14 т/га затраты на возделывание возросли до 36,9 тыс. руб./га, но за счет получения более высокой прибавки урожая доход возрос с 74,18 до 80,70 тыс. руб./га. Остается высоким доход и на вариантах 4-6. Однако рентабельность была выше на вариантах 4 и 5.

#### Выводы

1 Установлено, что в условиях орошения на черноземах Ростовской области внесение минеральных удобрений является основным условием получения высокой урожайности сорго (порядка 14 т/га зерна), так как растения увеличивают биометрические показатели: высоту растений на 29,1 %, биомассу к концу вегетации – на 81,4 %.

2 Наибольшая прибавка урожая 18,6 кг на 1 кг д. в. удобрений была в 4 варианте с дозой 436 кг д. в. ( $N_{140}P_{60}K_{61}$ ), при снижении дозы удобрений до 261 кг (2 вариант,  $N_{140} P_{60} K_{61}$ ) или увеличении дозы до 611 кг (6 вариант,  $N_{328}P_{140}K_{143}$ ) снижается прибавка урожая зерна на 1 кг д. в. удобрений соответственно до 10,0 и 15,7 кг.

3 Расчет экономической эффективности показал, что рентабельность возделывания сорго выше 236 и 238 % при внесении доз удобрений по схеме 4 и 5 варианта.

#### Список использованных источников

1 Каюмов, М. К. Справочник по программированию урожаев / М. К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 190 с.

2 Ключников, Н. А. Продуктивность зернового сорго в зависимости от минерального питания / Н. А. Ключников, Л. П. Бельтюков, Е. В. Агафонов // Кукуруза и сорго. – 2002. – № 2. – С. 18.

3 Балакай, Г. Т. Орошение гарантирует стабильное производство зерна / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 29-31.

**Балакай Софья Георгиевна** – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ»), аспирант.

Контактный телефон: +7-904-509-14-35

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)

**Balakay Sofya Georgiyevna** – Federal State Budget Scientific Establishment “Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems” (FSBSE “RSRILIP”), Postgraduate Student.

Contact telephone number: +7-904-509-14-35.

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)