

И. Н. Ильинская, В. А. Кулыгин

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ГРУППАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ВОДНОГО РЕЖИМА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель: установление эффективности минеральных удобрений и степени отзывчивости сельскохозяйственных культур по основным группам (зерновых, кормовых, зернобобовых и технических, картофеля и овощных) при орошении в аспекте ресурсосбережения. **Материалы и методы:** исследования проводились в Центральной орошаемой зоне Ростовской области (ФГУП «Семикаракорское»). Объект исследований – разные группы сельскохозяйственных культур, их реакция на фон минерального питания при различном уровне влагообеспеченности. Почвы опытного участка представлены обыкновенными черноземами. Полевые наблюдения, исследования и обработка данных проводились по общепринятым методикам: Б. А. Доспехова, А. Н. Костякова, М. М. Горянского. **Результаты:** в результате исследований выявлено, что расчетный водный режим способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур независимо от фона удобрений в среднем в 1,6–3,2 раза по сравнению с богарными условиями. Расчетный водный режим почвы способствовал значительному повышению эффективности удобрений относительно богарных условий выращивания. При разных фонах минеральных удобрений максимальный эффект от их применения возрастал: в группе зерновых культур (яровой ячмень) в 3,09 раза, кормовых (люцерна прошлых лет) в 2,93 раза, зернобобовых (горох) в 2,86 раза и картофеля в 4,25 раза. **Выводы:** наибольший эффект от применения удобрений в условиях орошения показал картофель, овощные и зерновые культуры. Наивысшая окупаемость удобрений прибавкой урожая отмечена при возделывании люцерны (12,67–13,83 кг) и суданской травы (22,00–23,44 кг), а также картофеля (26,37–24,22 кг) и овощных культур (22,6–33,4 кг). Жесткий водный режим при незначительном снижении урожайности сельскохозяйственных культур способствует экономии оросительной воды до 1050–1580 м³/га, что весьма актуально в условиях дефицита водных ресурсов.

Ключевые слова: сельскохозяйственные культуры; фон питания; орошение; урожайность; прибавка урожая; экономия воды; эффективность применения удобрений.

I. N. Ilinskaya, V. A. Kulygin

Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russian Federation

EFFICIENCY OF FERTILIZER APPLICATION IN GROUPS OF AGRICULTURAL CROPS DEPENDING ON THE LEVEL OF WATER REGIME IN THE ROSTOV REGION

Purpose: to determine the efficiency of mineral fertilizers and the agricultural crops response degree for the main groups (cereals, fodder, legumes and industrial crops, potatoes and vegetables) during irrigation in the aspect of resource saving. **Materials and methods:** the research was carried out in the Central irrigated zone of Rostov region (FSUE “Semikarakorskoe”). The object of research is different groups of agricultural crops, their reaction to



the nutrient status at different levels of moisture supply. The soils of the experimental site are represented by ordinary chernozems. Field observations, research and data processing were carried out according to generally accepted methods: B. A. Dospikhov, A. N. Kostyakov, M. M. Goryanskiy. **Results:** as a result of the research, it was revealed that regardless the fertilizer status, the calculated water regime contributes to the agricultural crops yield increase by an average of 1.6–3.2 times in comparison with dry conditions. The calculated soil water regime contributed to a significant increase in the efficiency of fertilizers relative to rainfed growing conditions. Under different mineral fertilizers backgrounds, the maximum effect from their use increased: in the group of grain crops (spring barley) by 3.09 times, fodder (alfalfa of previous years) by 2.93 times, legumes (peas) by 2.86 times and potatoes by 4.25 times. **Conclusions:** the greatest effect from the fertilizers application under irrigation conditions was shown by potatoes, vegetables and grain crops. The highest return on fertilizers by an increase in yield was noted in the cultivation of alfalfa (12.67–13.83 kg) and Sudanese grass (22.00–23.44 kg), as well as potatoes (26.37–24.22 kg) and vegetable crops (22.6–33.4 kg). A severe water regime with a slight decrease in the yield of agricultural crops contributes to the irrigation water saving up to 1050–1580 m³/ha, which is very urgent under conditions of water scarcity.

Key words: agricultural crops; nutrient status; irrigation; yield; yield increase; water saving; the efficiency of fertilization.

Введение. Возделывание сельскохозяйственных культур в засушливой зоне Ростовской области имеет свои особенности. Тепловые ресурсы, характерные для региона, обеспечивающие длительный период возможного произрастания широкого набора культурных растений, в сочетании с относительно высоким плодородием почв создают благоприятные возможности для ведения земледелия. При этом характерные для местных условий частые засухи, усиление аридности климата и, как следствие, дефицит почвенной влаги в периоды активной вегетации большинства выращиваемых культур остаются ограничивающими факторами достижения высоких и устойчивых урожаев, снижая продуктивность сельскохозяйственного производства [1–3]. Усиливающиеся негативные метеорологические факторы в сочетании с реалиями современного рынка обуславливают экономическую целесообразность возделывания многих сельскохозяйственных культур лишь в условиях орошения [1–5]. В свою очередь, как отмечают В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай [2], на оросительных системах бассейна р. Дон с характерным дефицитом водных ресурсов повышение продуктивности сельскохозяйственных культур возможно прежде всего за счет ресурсосберегающих технологий орошения при высоком уровне агротехники.

Одним из основных приемов интенсивного земледелия является применение минеральных удобрений. Эффективность их действия во многом обуславливается влагообеспеченностью растений: чем выше ее уровень, тем больше эффект от применения минерального питания. Многолетняя практика показывает, что в районах с достаточной естественной влагообеспеченностью удобрения используются значительно лучше, чем в засушливых условиях. Орошение способствует наиболее эффективному использованию удобрений. При этом удобрения значительно повышают эффективность использования оросительной воды. Эффект совместного действия орошения и удобрений существенно превосходит результаты их раздельного применения [6–8]. Это объясняется оптимизацией режима влажности почвы за счет орошения и, соответственно, оптимизацией влагообеспеченности растений. На поливных землях обеспечиваются благоприятные условия для применения подкормок, которые при богарном выращивании сельскохозяйственных культур недостаточно эффективны.

Проблема эффективности применения минеральных удобрений на орошаемых землях в настоящее время переведена в чисто экономическую плоскость. Одним из условий оптимального решения данного вопроса является получение максимальной прибавки урожайности конкретной культуры на единицу внесенных удобрений в условиях богары и орошения [1].

Эффективность использования удобрений на посевах сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от сроков и способов их внесения, влагообеспеченности растений в течение вегетации, водно-физических и агрохимических свойств почв, погодных условий, агротехнических приемов [6–10]. Исследования, посвященные определению норм удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения, показали, что рост прибавки урожайности при повышении уровня минерального питания идет до определенного уровня, после которого интенсивность прироста урожая снижается [7, 11].

Известно, что различные группы культур по-разному реагируют на применение удобрений в условиях орошения [3]. Поэтому в условиях дефицита ресурсов выявление эффективности минеральных удобрений при возделывании различных групп сельскохозяйственных культур, обеспечивающих высокую отдачу от вложенных затрат природных и материальных ресурсов, остается актуальным.

В связи с этим целью исследований, проведенных в Центральной орошаемой зоне Ростовской области, являлось установление эффективности применения удобрений в основных группах сельскохозяйственных культур при орошении в свете ресурсосбережения.

Материалы и методы. Исследовались три уровня минерального питания разных групп культур: 1) зональная норма (NPK); 2) сниженная на 50 % норма удобрений (0,5 NPK); 3) контроль – без удобрений (б/у) (таблица 1).

Таблица 1 – Уровень минерального питания сельскохозяйственных культур

Культура	Фон минерального питания		
	б/у	0,5 NPK	NPK
Зерновые культуры			
Озимая пшеница	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀
Яровой ячмень	–	P ₂₀ K ₂₀	P ₄₀ K ₄₀
Кукуруза на зерно	–	N ₆₀ P ₂₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₄₀ K ₆₀
Кормовые культуры			
Люцерна прошлых лет	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀
Суданская трава	–	N ₃₀ P ₁₅	N ₆₀ P ₃₀
Зернобобовые и технические			
Горох	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀
Соя	–	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
Подсолнечник	–	N ₂₀ P ₃₀	N ₄₀ P ₆₀
Картофель и овощные культуры			
Картофель	–	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀
Свекла	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀
Морковь	–	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀
Тыква	–	P ₄₅ K ₄₅	P ₉₀ K ₉₀

Фосфорно-калийные удобрения вносились под основную обработку почвы, азотные – в подкормку.

Эти варианты питания изучались на фоне расчетного, жесткого и минимального (богарного) режима влажности почвы:

1) расчетный уровень предусматривал поддержание 75–80 % наименьшей влагоемкости (НВ) в расчетном слое почвы 0,6 м в течение всего периода вегетации культур;

2) жесткий – проведение одного полива в критический период водопотребления культуры поливной нормой, рассчитанной по фактической влажности почвы в том же слое;

3) минимальный уровень увлажнения предусматривал поливы, позволяющие получить всходы овощных культур нормами 120–150 м³/га в условиях дефицита почвенной влаги. Остальные культуры произрастали в богарных условиях.

Критическими периодами водопотребления изучаемых культур определены [12]:

- озимая пшеница и яровой ячмень – колошение – начало молочной спелости;

- кукуруза – выметывание – цветение;

- люцерна прошлых лет – цветение и после укосов;

- суданская трава – выход в трубку – выметывание и после укосов;

- соя и горох – цветение – плодообразование;

- подсолнечник – образование корзинки – цветение;

- картофель – бутонизация – начало цветения;

- столовая свекла – появление всходов – фаза 4–5 листьев;

- морковь – прорастание семян – начало пучковой спелости;

- тыква – всходы – цветение.

Опыт проводился в четырехкратной повторности. Для посева были взяты районированные для зоны сорта сельскохозяйственных культур. Предшественниками изучаемых культур являлись культуры, предусмотренные схемами двух семипольных орошаемых севооборотов. Способ ос-

новой обработки почвы – отвальная вспашка плугом ПЛН-4-35 на глубину 25–27 см. Нормы высева культур составили: для озимой пшеницы – 2,5 ц/га; ярового ячменя (покровного) – 1,5 ц/га; кукурузы на зерно – 0,25 ц/га; суданской травы – 0,5 ц/га; сои – 0,7 ц/га; гороха – 2,2 ц/га; подсолнечника – 0,07 ц/га; столовой свеклы – 0,14 ц/га; моркови – 0,04 ц/га; тыквы – 0,03 ц/га; картофеля – 31 ц/га. Полив осуществлялся дождевальными машинами ДДА-100ВХ. Для всех сельскохозяйственных культур в севооборотах стационара применялась агротехника, рекомендованная зональными системами земледелия [13]. При проведении исследований использовалась общепринятая методика Б. А. Доспехова [14].

Почвы опытного стационара – черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,35 %, нитратного азота – 5,3, аммонийного азота – 12,7, подвижного фосфора – 39,0 и обменного калия – 550 мг/кг. Реакция почвенного раствора слабощелочная (7,2–7,5) [5].

Метеорологические условия вегетационного периода изучаемых культур в 2012–2013 гг. по степени тепловлагообеспеченности (гидротермическому коэффициенту ГТК Г. Т. Селянинова (1972)) охарактеризованы как очень засушливые и сухие: озимая пшеница – 0,25–0,47; яровой ячмень – 0,19–0,35; кукуруза – 0,16–0,38; люцерна прошлых лет – 0,19–0,37; суданская трава – 0,16–0,44; подсолнечник – 0,17–0,39; соя – 0,18–0,39; горох – 0,20–0,65; картофель – 0,15–0,41; тыква – 0,17–0,33; столовая свекла и морковь – 0,12–0,22 (с меньшими значениями в 2013 г.). Из этих характеристик следует, что вегетация культур в приведенные годы происходила в условиях дефицита влагообеспеченности с наибольшей депрессией для поздних яровых и овощных культур.

Результаты исследований и обсуждение. Биологические особенности изучаемых групп сельскохозяйственных культур (продолжительность и сроки вегетационных периодов, особенности водопотребления, засухо-

устойчивость и др.), неодинаковые метеорологические условия в годы исследований обусловили необходимость проведения разного количества поливов при их выращивании, что выразилось в значительных отличиях величины оросительных норм (таблица 2).

Таблица 2 – Режим орошения сельскохозяйственных культур

Культура	Уровень увлажнения			
	расчетный		жесткий	
	Оросительная норма, м ³ /га	Количество поливов, шт.	Оросительная норма, м ³ /га	Количество поливов, шт.
Озимая пшеница	630	1,5	210	0,5
Кукуруза на зерно	2100	5	540	1
Яровой ячмень	840	2	430	1
Люцерна	2120	5	840	2
Суданская трава	2100	5	1050	2,5
Соя	2110	5	530	1
Горох	840	2	420	1
Подсолнечник	1470	3,5	520	1
Картофель	1680	4	540	1
Свекла	2010	6	750	3
Морковь	2190	7	930	4
Тыква	1680	4	540	1

Для поддержания расчетного предполивного порога влажности почвы в годы исследований потребовалось разное среднее количество поливов: наибольшее на посевах моркови (семь) оросительной нормой 2210 м³/га, наименьшее – на посевах озимой пшеницы (1,5) нормой орошения 630 м³/га.

В условиях жесткого водного режима наибольшее количество поливов потребовалось на посевах моркови (четыре), а самая высокая норма орошения отмечена на посевах суданской травы (1050 м³/га). В этом же варианте величина поливной нормы корнеплодов составила: для свеклы – 300 м³/га, для моркови – 330 м³/га.

Влажность почвы в расчетном слое 0,6 м в вариантах расчетного уровня увлажнения в период активной вегетации культур поддерживалась в пределах 75–80 % НВ. В вариантах жесткого водного режима с начала второй половины вегетации для большинства культур она падала до 70 % НВ, а в отдельных случаях и ниже 60 % НВ. В богарных условиях лишь в начале вегетации влажность почвы находилась на уровне 70–80 % НВ, в период

формирования репродуктивных органов сельскохозяйственных культур этот показатель не превышал 70 % НВ. В дальнейшем отмечалось резкое снижение почвенных влагозапасов, которые к концу вегетации растений снижались до уровня разрыва капиллярных связей (54–55 % НВ).

Различные условия обеспеченности влагой и минеральным питанием обеспечили разный уровень продуктивности изучаемых культур (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сельскохозяйственных культур в основных группах в зависимости от фона питания и уровня увлажнения

Культура	Фон питания	Уровень увлажнения			Среднее
		без орошения	жесткий	расчетный	
1	2	3	4	5	6
Зерновые					
Озимая пшеница НСР ₀₅ = 0,20 т/га	Без удобрений	2,70	3,82	4,64	3,72
	N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	2,94	4,29	5,31	4,18
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	3,51	4,98	6,18	4,89
	Среднее	3,05	4,36	5,38	
Яровой ячмень НСР ₀₅ = 0,13 т/га	Без удобрений	2,43	3,15	3,63	3,07
	P ₂₀ K ₂₀	2,54	3,37	3,97	3,29
	P ₄₀ K ₄₀	2,79	3,65	4,42	3,62
	Среднее	2,59	3,39	4,01	
Кукуруза на зерно НСР ₀₅ = 0,17 т/га	Без удобрений	1,75	2,96	4,38	3,03
	N ₆₀ P ₂₀ K ₃₀	2,06	3,46	5,07	3,53
	N ₁₂₀ P ₄₀ K ₆₀	2,42	4,05	6,03	4,17
	Среднее	2,08	3,49	5,16	
Кормовые					
Люцерна прошлых лет НСР ₀₅ = 0,18 т/га	Без удобрений	4,18	6,03	7,05	5,75
	P ₃₀ K ₃₀	4,44	6,33	7,43	6,07
	P ₆₀ K ₆₀	4,76	6,65	7,88	6,43
	Среднее	4,46	6,34	7,45	
Суданская трава НСР ₀₅ = 0,42 т/га	Без удобрений	6,82	8,58	10,95	8,78
	N ₃₀ P ₁₅	7,44	9,31	11,94	9,56
	N ₆₀ P ₃₀	8,02	10,19	13,06	10,42
	Среднее	7,43	9,36	11,98	
Технические, зернобобовые					
Подсолнечник НСР ₀₅ = 0,20 т/га	Без удобрений	1,17	1,72	2,53	1,81
	N ₂₀ P ₃₀	1,33	1,89	2,74	1,99
	N ₄₀ P ₆₀	1,46	2,14	3,13	2,24
	Среднее	1,32	1,92	2,80	
Горох НСР ₀₅ = 0,28 т/га	Без удобрений	1,59	2,31	2,77	2,22
	P ₃₀ K ₃₀	1,73	2,59	3,17	2,50
	P ₆₀ K ₆₀	1,85	2,77	3,41	2,68
	Среднее	1,72	2,56	3,12	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Соя НСР ₀₅ = 0,11 т/га	Без удобрений	0,97	1,36	1,81	1,38
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,07	1,53	1,99	1,53
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,15	1,96	2,20	1,77
	Среднее	1,06	1,62	2,00	
Картофель, овощные					
Картофель НСР ₀₅ = 1,61 т/га	Без удобрений	5,10	12,96	15,38	11,15
	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	5,95	15,39	18,94	13,43
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	6,65	17,90	21,92	15,49
	Среднее	5,90	15,42	18,75	
Столовая свекла НСР ₀₅ = 1,72 т/га	Без удобрений	15,97	20,50	24,63	20,37
	N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅	18,04	23,79	28,67	23,50
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	20,66	26,46	31,98	26,37
	Среднее	18,22	23,58	28,43	
Морковь НСР ₀₅ = 1,53 т/га	Без удобрений	5,17	9,93	15,32	10,14
	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	5,99	11,66	18,37	12,01
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	7,11	13,80	21,58	14,16
	Среднее	6,09	11,80	18,42	
Тыква НСР ₀₅ = 1,47 т/га	Без удобрений	14,16	19,70	29,10	20,99
	P ₄₅ K ₄₅	14,93	20,99	31,95	22,62
	P ₉₀ K ₉₀	16,04	21,97	35,11	24,37
	Среднее	15,04	20,89	32,05	

Влияние разных фона минерального питания и уровня увлажнения на урожайность сельскохозяйственных культур различных групп имело определенные отличия. При возделывании зерновых культур расчетный водный режим независимо от фона питания способствовал повышению урожайности озимой пшеницы в 1,76 раза, ярового ячменя – в 1,55 раза, кукурузы – в 2,48 раза по сравнению с тем же показателем без орошения. Снижение урожайности зерна при жестком водном режиме по сравнению с расчетным составило по озимой пшенице – 18,9 %, ячменю – 15,5 %, кукурузе – 32,4 % при экономии оросительной воды соответственно 420, 430 и 1560 м³/га. Сниженный на 50 % фон минерального питания (0,5 НРК) независимо от уровня увлажнения способствовал повышению урожайности зерновых от 7,2 до 16,4 % по сравнению с вариантом без удобрений. Зональные нормы удобрений (НРК) обеспечивали более высокие прибавки урожайности, лучший показатель получен на посевах кукурузы (1,14 т/га, или 37,6 %).

На посевах кормовых культур регулярное орошение по расчетному режиму обеспечивало увеличение урожайности сена люцерны прошлых лет и суданской травы при разных фонах удобрений в 1,67 и 1,61 раза в сравнении с богарой. Жесткий водный режим по сравнению с расчетным снижал урожайность люцерны на 14,9 %, суданской травы на 21,9 % при экономии поливной воды соответственно 1280 и 1050 м³/га. Сниженный фон удобрений способствовал некоторому повышению урожайности кормовых культур при разных условиях увлажнения (в среднем на 5,6 % (люцерна) и 8,9 % (суданская трава)), а высокий фон обеспечивал аналогичные прибавки в пределах 11,8 и 18,7 % по сравнению с вариантом естественного плодородия.

Заметные отличия влияния фона минерального питания и уровня водного режима на урожайность отмечены при сравнении соответствующих показателей в группе зернобобовых и технических культур. При расчетном режиме орошения урожайность подсолнечника возросла в 2,12 раза по сравнению с вариантом без орошения. При жестком водном режиме отмечалось снижение урожайности по сравнению с расчетным на 0,88 т/га, или на 31,4 %, при экономии воды 950 м³/га. Расчетный вариант орошения способствовал повышению урожайности зернобобовых культур, которая увеличилась в 1,81 и 1,89 раза соответственно, в сравнении с богарой. В водосберегающем варианте с жестким водным режимом отмечено снижение урожайности этих культур на 17,9–19,0 % по сравнению с расчетным. При этом экономия оросительной воды на посевах гороха составила всего 420 м³/га, а при возделывании сои достигла 1560 м³/га, что обусловлено существенными отличиями в продолжительности вегетационного периода этих культур.

Влияние сниженного фона удобрений на увеличение урожайности группы культур варьировало от 9,9 % по подсолнечнику до 12,6 % по го-

роху. На высоком фоне питания аналогичные средние прибавки изменялись от 20,7 % (горох) до 28,3 % (соя).

Более значительные отличия влияния изучаемых факторов на урожайность отмечены при анализе овощных культур и картофеля. Расчетный водный режим по сравнению с вариантом без орошения обеспечивал повышение урожайности картофеля и моркови более чем в 3 раза, бахчевых в 2 раза, свеклы – в 1,56 раза. На посевах моркови и тыквы наблюдалась и самая большая разница в показателях урожайности между вариантами расчетного и жесткого орошения (соответственно 35,9 и 34,8 %), при этом экономия оросительной воды составила 1260 и 1140 м³/га. Меньшая разница в аналогичных показателях получена при возделывании картофеля и столовой свеклы (соответствующие снижения не превысили 17,8 и 17,0 % при той же экономии поливной воды). Наивысшая средняя прибавка урожайности на зональном фоне питания по сравнению с вариантом естественного плодородия отмечена по картофелю (38,9 %) и моркови (39,8 %).

В абсолютном значении самая высокая урожайность изучаемых культур получена в варианте интенсивного орошения и полной нормы удобрений (NPK), составив по культурам: озимая пшеница – 6,18 т/га; яровой ячмень – 4,42 т/га; кукуруза на зерно – 6,03 т/га; люцерна прошлых лет – 7,88 т/га; суданская трава – 13,06 т/га; подсолнечник – 3,13 т/га; горох – 3,41 т/га; соя – 2,20 т/га; картофель – 21,92 т/га; столовая свекла – 31,98 т/га; морковь – 21,58 т/га; тыква – 35,11 т/га.

Для всех рассматриваемых культур отмечена тенденция увеличения прибавки урожайности от применения удобрений по мере оптимизации уровня увлажнения, что подтверждается сравнением показателей эффективности использования удобрений при разных уровнях увлажнения [4].

Анализ приведенных данных показывает закономерное увеличение эффективности применения удобрений при расчетном водном режиме по сравнению с богарными условиями (таблица 4).

Таблица 4 – Эффективность использования минеральных удобрений сельскохозяйственными культурами при орошении

Фон удобрений, кг д. в./га	Прибавка урожайности от удобрений, т/га		Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг		Эффект от удобрений при орошении, раз
	без орошения	расчетный режим	без орошения	расчетный режим	
Озимая пшеница					
N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	0,24	0,67	2,18	6,09	2,79
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	0,81	1,54	3,68	7,00	1,90
Яровой ячмень					
P ₂₀ K ₂₀	0,11	0,34	2,75	8,50	3,09
P ₄₀ K ₄₀	0,36	0,79	4,50	9,88	2,20
Кукуруза на зерно					
N ₆₀ P ₂₀ K ₃₀	0,31	0,69	2,82	6,27	2,22
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₆₀	0,67	1,65	3,04	7,50	2,47
Люцерна прошлых лет					
P ₃₀ K ₃₀	0,26	0,38	4,33	12,67	2,93
P ₆₀ K ₆₀	0,58	0,83	4,83	13,83	2,86
Суданская трава					
N ₃₀ P ₁₅	0,62	0,99	13,78	22,00	1,60
N ₆₀ P ₃₀	1,20	2,11	13,33	23,44	1,76
Подсолнечник					
N ₂₀ P ₃₀	0,16	0,21	3,20	4,20	1,31
N ₄₀ P ₆₀	0,29	0,60	2,90	6,00	2,07
Горох					
P ₃₀ K ₃₀	0,14	0,40	2,33	6,67	2,86
P ₆₀ K ₆₀	0,26	0,64	2,17	5,33	2,46
Соя					
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0,10	0,18	1,11	2,00	1,80
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,18	0,39	1,00	2,17	2,17
Картофель					
N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	0,85	3,56	6,3	26,37	4,19
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	1,55	6,54	5,7	24,22	4,25
Столовая свекла					
N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅	2,07	4,04	15,3	29,9	1,95
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	4,69	7,35	17,4	27,2	1,56
Морковь					
N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	0,82	3,05	6,1	22,6	3,71
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	1,94	6,26	7,2	23,2	3,22
Тыква					
P ₄₅ K ₄₅	0,77	2,85	8,56	31,7	3,70
P ₉₀ K ₉₀	1,88	6,01	10,4	33,4	3,21

При возделывании кукурузы, суданской травы, подсолнечника, картофеля и сои большой эффект от применения удобрений получен на зональном фоне удобрений, на сниженном фоне минерального питания – у зерновых без кукурузы, люцерны, гороха, корнеплодов и бахчевых.

В группе зерновых культур наибольший эффект от применения удобрений получен на посевах ярового ячменя по сниженному фону питания, где окупаемость удобрений в богарных условиях составила 2,75 кг/кг внесенных удобрений, а при расчетном водном режиме – 8,5 кг/кг. Эффект от применения удобрений в условиях орошения независимо от фона питания увеличился по озимой пшенице в 1,90–2,79 раза, по кукурузе на зерно – в 2,22–2,47 раза. При тех же условиях аналогичный эффект на посевах кормовых культур возрос: по люцерне – в 2,86–2,93 раза, по суданской траве – в 1,60–1,76 раза.

Из зернобобовых и технических культур лучшая отдача от применения удобрений наблюдалась при возделывании гороха в условиях расчетного водного режима на сниженном фоне удобрений с получением 6,67 кг продукции на единицу внесенных удобрений, что в 2,86 раза больше, чем в богарных условиях выращивания. На зональном фоне питания разница не превысила 1,46 раза.

Наибольший эффект от применения удобрений на посевах подсолнечника отмечен в условиях расчетного водного режима на зональном фоне питания – 6,0 кг/кг. На этом же фоне в богарных условиях соответствующий показатель составил 2,9 кг/кг, что предопределило разницу в 2,07 раза. Аналогичная разница в эффективности использования удобрений подсолнечником на сниженном фоне питания не превысила 1,31 раза.

Наибольший эффект от применения удобрений в условиях расчетного водного режима достигнут при возделывании овощных культур и картофеля, что позволило на зональном и сниженном фонах минерального питания получить 24,2 и 26,4 кг прибавки урожая на единицу внесенных удобрений, или соответственно в 4,22 и 4,19 раза больше, чем при аналогичных фонах питания без орошения. Высокая разница в окупаемости удобрений прибавкой урожая в условиях расчетного орошения и богары отмечена также при возделывании тыквы независимо от фона питания, со-

ставив 3,21–3,70 раза. Аналогичные отличия между вариантами расчетного и минимального орошения на посевах корнеплодных культур: на моркови – 3,22–3,71 раза, столовой свекле – 1,56–1,95 раза.

Выводы. Расчетный водный режим, направленный на поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 75–80 % НВ, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур независимо от фона удобрений в среднем: зерновых культур в 1,6–2,5 раза, кормовых культур в 1,6–1,7 раза, зернобобовых и технических – в 1,8–2,1 раза, картофеля и овощных культур – в 1,6–3,2 раза.

Жесткий водный режим, направленный на водосбережение, с поливом в критический период водопотребления позволяет сэкономить оросительную воду при некотором снижении урожайности. Наибольшая экономия воды (1280 м³/га) при наименьшем снижении урожайности (14,9 %) отмечена на посевах люцерны прошлых лет. Аналогичные показатели снижения урожайности и экономии оросительной воды составили: на посевах сои – 19,0 % и 1580 м³/га; картофеля – 17,8 % и 1140 м³/га; столовой свеклы – 17,0 % и 1260 м³/га. Наибольшая прибавка урожайности на зонально рекомендованном фоне удобрений получена: в группе зерновых культур – 17,9–37,6 %, кормовых – 11,8–18,7 %, зернобобовых и технических – 20,7–28,3 %, картофеля и овощных (морковь) – 38,9–39,6 %.

Поддержание влажности почвы в оптимальных пределах способствовало значительному повышению эффективности использования удобрений по сравнению с богарными условиями выращивания. Максимальный эффект от уровня минеральных удобрений составил: в группе зерновых культур (яровой ячмень) в 3,09 раза, кормовых (люцерна прошлых лет) в 2,93 раза, зернобобовых (горох) в 2,86 раза и картофеля в 4,25 раза.

В результате исследований установлено, что наибольшую отдачу от применения удобрений в условиях орошения дают картофель, овощные и зерновые культуры. Наивысшая окупаемость удобрений прибавкой уро-

жая отмечена при возделывании люцерны (12,67–13,83 кг) и суданской травы (22,00–23,44 кг), а также картофеля (26,37–24,22 кг) и овощных культур (22,6–33,4 кг).

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиоводинформ, 2004. – 255 с.

2 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=273&id=274>.

3 Ильинская, И. Н. Нормирование орошения и продуктивности агроэкосистем на Северном Кавказе / И. Н. Ильинская; Сев.-Кавк. науч. центр высш. шк. Юж. федер. ун-та. – Ростов н/Д., 2005. – 100 с.

4 Кулыгин, В. А. Эффективность использования оросительной воды при возделывании сельскохозяйственных культур / В. А. Кулыгин, И. Н. Ильинская // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2(18). – С. 1–15. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec772-field12.pdf.

5 Новиков, А. А. Влияние водообеспеченности на формирование урожайности и водопотребление картофеля на черноземных почвах Волгоградской области / А. А. Новиков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2020. – № 3(39). – С. 38–51. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1137>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-38-515.

6 Кулыгин, В. А. Влияние уровней минерального питания и увлажнения почвы на продуктивность овощных культур и картофеля / В. А. Кулыгин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2. – С. 131–142. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec933-field12.pdf.

7 Щедрин, В. Н. Влияние разных доз удобрений на урожайность овощных культур / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, В. А. Кулыгин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 30–32.

8 Effect of fertiliser and irrigation on forage yield and irrigation water use efficiency in semi-arid regions of Pakistan / S. Ul-Allah, A. Khan, T. Fricke, A. Buerkert, M. Wachendorf // *Experimental Agriculture*. – 2015. – Vol. 51, iss. 4. – P. 485–500. – DOI: 10.1017/S001447971400043x.

9 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: монография / Н. А. Кан [и др.]. – Ростов н/Д., 1985. – 120 с.

10 Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М. К. Каюмов. – М., 1989. – 317 с.

11 Шишкин, В. О. Организационно-экономические основы развития мелиорации / В. О. Шишкин. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 164 с.

12 Кружилин, А. С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур / А. С. Кружилин. – М.: Колос, 1977. – 304 с.

13 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. С. Авдеенко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2013. – 375 с.

14 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.

References

1 Shchedrin V.N., 2004. *Oroshenie segodnya: problemy i perspektivy* [Irrigation Today: Problems and Prospects]. Moscow, Meliovodinform Publ., 255 p. (In Russian).

2 Shchedrin V.N., Balakai G.T., 2014. [The State and Prospects of Land Reclamation Development in the South of Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(15), pp. 1-15, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=273&id=274>. (In Russian).

3 Ilyinskaya I.N., 2005. *Normirovanie orosheniya i produktivnosti agroekosistem na Severnom Kavkaze* [Rationing of irrigation and productivity of agroecosystems in the North Caucasus]. *Sev.-Kavk. nauch. tsentr vyssh. shk. Yuzh. feder. un-ta* [North Caucasus Scientific Center of Higher School Southern Federal University]. Rostov-on-Don, 100 p. (In Russian).

4 Kulygin V.A., Il'inskaya I.N., 2015. [Efficiency of irrigation water use in growing of agricultural crops]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(18), pp. 1-15, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec772-field12.pdf. (In Russian).

5 Novikov A.A., 2020. [Influence of water availability on yield and water consumption of potato on chernozem soils of Volgograd region]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(39), pp. 38-51, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1137>, DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-38-515. (In Russian).

6 Kulygin V.A., 2018. [Influence of the levels of mineral nutrition and soil moisture on the productivity of vegetable crops and potato]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2, pp. 131-142, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec933-field12.pdf. (In Russian).

7 Shchedrin V.N., Balakay G.T., Kulygin V.A., 2009. *Vliyanie raznykh doz udobreniy na urozhaynost' ovoshchnykh kul'tur* [Influence of different doses of fertilizers on the yield of vegetable crops]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 30-32. (In Russian).

8 Ul-Allah S., Khan A., Fricke T., Buerkert A., Wachendorf M., 2015. Effect of fertilizer and irrigation on forage yield and irrigation water use efficiency in semi-arid regions of Pakistan. *Experimental Agriculture*, vol. 51, iss. 4, pp. 485-500, DOI: 10.1017/S001447971400043x.

9 Kan N.A. [et al.], 1985. *Programmirovaniye tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na oroshaemykh zemlyakh Severnogo Kavkaza: monografiya* [Programming the Technology of Cultivation of Agricultural Crops on the Irrigated Lands of the North Caucasus: monograph]. Rostov-on-Don, 120 p. (In Russian).

10 Kayumov M.K., 1989. *Programmirovaniye urozhaev sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Programming of Agricultural Crops]. Moscow, 317 p. (In Russian).

11 Shishkin V.O., 2001. *Organizatsionno-ekonomicheskie osnovy razvitiya melioratsii* [Organizational and Economic Bases of Land Reclamation Development]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh. Publ., 164 p. (In Russian).

12 Kruzhilin A.S., 1977. *Biologicheskie osobennosti i produktivnost' oroshaemykh kul'tur* [Biological Characteristics and Productivity of Irrigated Crops]. Moscow, Kolos Publ., 304 p. (In Russian).

13 Avdeenko S.S. [et al.], 2013. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2013–2020 gody* [Zonal farming systems of the Rostov region for 2013–2020]. *M-vo selskogo khozyaystva i prodovol'stviya Rostovskoy oblasti* [Ministry of Agriculture and Food in Rostov Region]. Rostov-on-Don, 375 p. (In Russian).

14 Dospekhov V.A., 1979. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field Experiment Technique (with the Basics of statistical processing of Research Results)]. 4th ed., rev. and add., Moscow, Kolos Publ., 416 p. (In Russian).

Ильинская Изиды Николаевна

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Должность: главный научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: izidaar@mail.ru

Пинская Изиды Nikolayevna

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Position: Chief Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agrarian Scientific Center

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, p. Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: izidaar@mail.ru

Кулыгин Владимир Анатольевич

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Kulygin Vladimir Anatolyevich

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agrarian Scientific Center

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, p. Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Поступила в редакцию 13.08.2020

После доработки 15.10.2020

Принята к публикации 23.10.2020