



Научная статья
УДК 502/504:631.6(075.8)
doi: 10.55186/25876740_2024_67_2_135

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОСЕВАМИ ЗЕРНОВОГО СОРГО В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КАЛМЫКИИ

Т.В. Папаскири¹, Д.Е. Кучер², Е.А. Пивень², Е.Г. Чернова²,
Н.П. Алексеенко¹, А.И. Тетерюков¹

¹Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия
²Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Аннотация. Изучены пути рационального использования ограниченных естественных водных ресурсов для повышения продуктивности кормовых угодий и стабильности производства зерна и кормов в богарных условиях сухостепной зоны Калмыкии: выбор засухоустойчивых высокопродуктивных кормовых культур и применение водосберегающих технологий их возделывания. Перспективной кормовой сельскохозяйственной культурой для рассматриваемых условий является зерновое сорго, обладающее хорошими кормовыми качествами, хозяйственной универсальностью, высокой жаро- и засухоустойчивостью, неприхотливостью к почвенным условиям, в том числе к засолению почвы. Полевые исследования проведены в 2016-2018 г.г. в Сарпинском районе Республики Калмыкия, где в составе полевого севооборота осуществлен двухфакторный полевой опыт с 5 сортами двух групп спелости зернового сорго на засухоустойчивость (раннеспелые — Орловское, Состав; среднеспелые — Зерноградское 53, Зерста 99, Аюшка) и 3 способами основной обработки почвы (зяблевая вспашка на глубину 0,18...0,20 м, плоскорезная обработка на глубину 0,20...0,22 м, дискование на глубину 0,16...0,18 м). По результатам исследований установлено, что в годы разной тепло- и влагообеспеченности естественные водные ресурсы удовлетворительно обеспечивают суммарное водопотребление зернового сорго для формирования приемлемой урожайности в богарных условиях земледелия. Урожайность зерна сорго на уровне 2,47-2,53 т/га у раннеспелых сортов с наименьшими затратами водных ресурсов 652-667 м³/т обеспечивается при плоскорезной основной обработке почвы. Среднеспелые сорта зернового сорго эффективнее выращивать при основной обработке почвы зяблевая вспашка, которая способствует формированию урожайности зерна на уровне 2,50-3,20 т/га с коэффициентом водопотребления 559-659 м³/т.

Ключевые слова: полупустынная зона Калмыкии, светло-каштановые почвы, полевые опыты, зерновое сорго, технологии обработки почвы, богарные условия, водопотребление, урожайность

Original article

THE EFFICIENCY OF THE USE OF NATURAL WATER RESOURCES BY GRAIN SORGHUM CROPS IN THE RAIN-FED CONDITIONS OF THE DRY STEPPE ZONE OF KALMYKIA

T.V. Papaskiri¹, D.E. Kucher², E.A. Piven², E.G. Chernova²,
N.P. Alekseyenko¹, A.I. Teteryukov¹

¹The State University of Land Use Planning, Moscow, Russia
²Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

Abstract. Ways to manage limited natural water resources to increase the productivity of feedland and the stability of grain and feed production in the unirrigation conditions of the Kalmykia dry-steppe zone have been explored: the choice of drought-tolerant, high-yielding feed crops and the use of water-saving technologies for their cultivation. Perspective forage crop for the conditions under consideration is grain sorghum, which has good forage qualities, economic versatility, high heat and drought resistance, unpretentiousness to soil conditions, including salinity. Field studies were conducted in 2016-2018 in the Sarpin district of the Republic of Kalmykia, where two-factor field experience with 5 varieties of two groups of ripeness on drought resistance of grain sorghum (early ripe — Orlovsky, Sostav; medium-ripe — Zernogradsky 53, Zersta 99, Ayushka) and 3 ways of basic soil processing (syable plowing to a depth of 0.20 m — control, flat-cut processing to a depth of 0.20... 0.22 m, driving processing to a depth of 0.16... 0.18 m). Studies have shown that in years of different heat and moisture supply, natural water resources satisfactorily provide total water consumption of grain sorghum to generate acceptable yields in unirrigation farming conditions. Yield sorghum grain at 2.47-2.53 tons per hectare in early ripe varieties with the lowest water resources 652-667 m³/t is provided by the method of flat-cut processing. Medium-ripe varieties of grain sorghum are more efficient to grow by the method of basic soil processing driving, which contributes to the formation of grain yields at the level of 2.50-3.20 tons per hectare with a water consumption factor of 559-659 m³/tons.

Keywords: semi-desert zone of Kalmykia, light-chestnut soils, field experiments, grain sorghum, soil processing technologies, unirrigation conditions, water consumption, yields

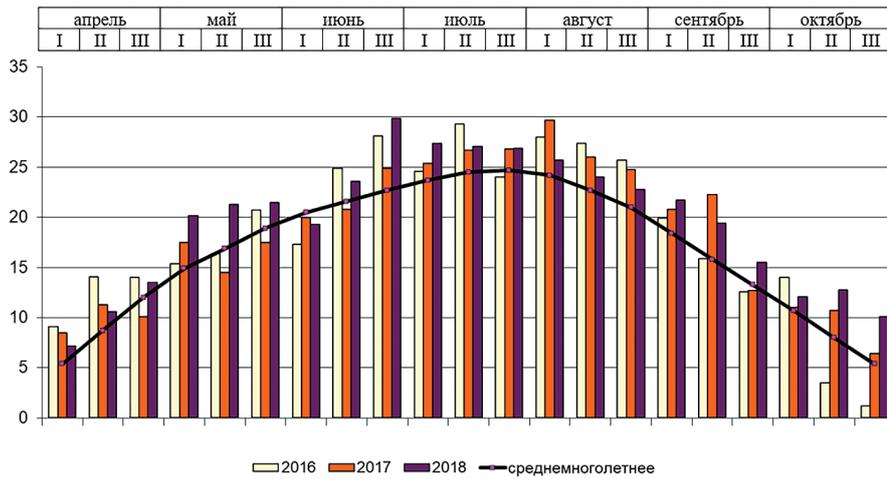
Цель исследования. Изучить пути эффективного использования ограниченных естественных водных ресурсов для повышения продуктивности кормовых угодий и стабильности производства зерна и кормов в богарных условиях Калмыкии. Выбор культуры обусловлен её хорошими кормовыми качествами, хозяйственной универсальностью, высокой жаро- и засухоустойчивостью, неприхотливостью к почвенным условиям, в том числе к засолению почвы.

Эти качества зернового сорго позволяют компенсировать колебания по годам производства зерна и кормов в хозяйствах сухостепной зоны Калмыкии для обеспечения дальнейшего развития животноводства, являющегося исторически сложившимся основным направлением сельского хозяйства этой зоны Калмыкии [1, 2, 3, 4].

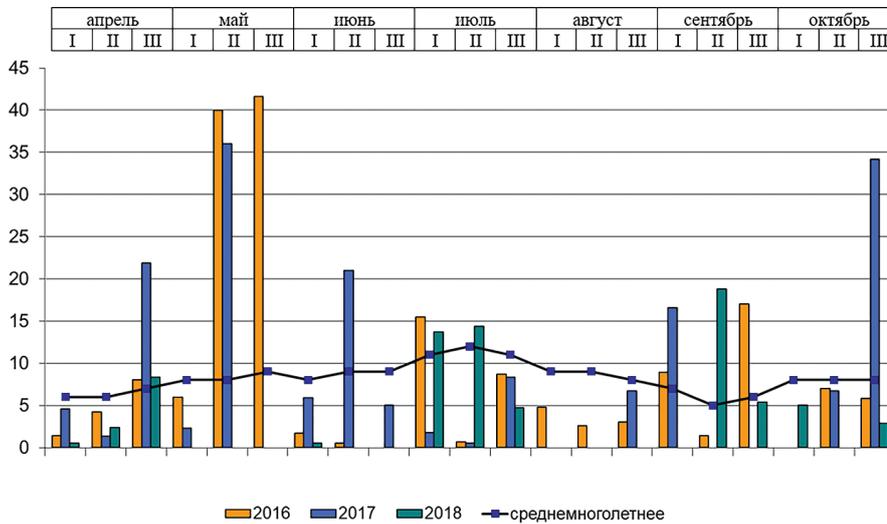
Материалы и методы исследования. Полевые эксперименты проведены в 2016-2018 г.г. на полях крестьянско-фермерского хозяйства

в Сарпинском районе Республики Калмыкия для обоснования выбора засухоустойчивых сортов зернового сорго и оптимальных способов основной обработки почвы, способных обеспечить наилучшее сбережение и рациональное использование естественных осадков и почвенной влаги для формирования урожая в богарных условиях [5, 6, 7, 8].

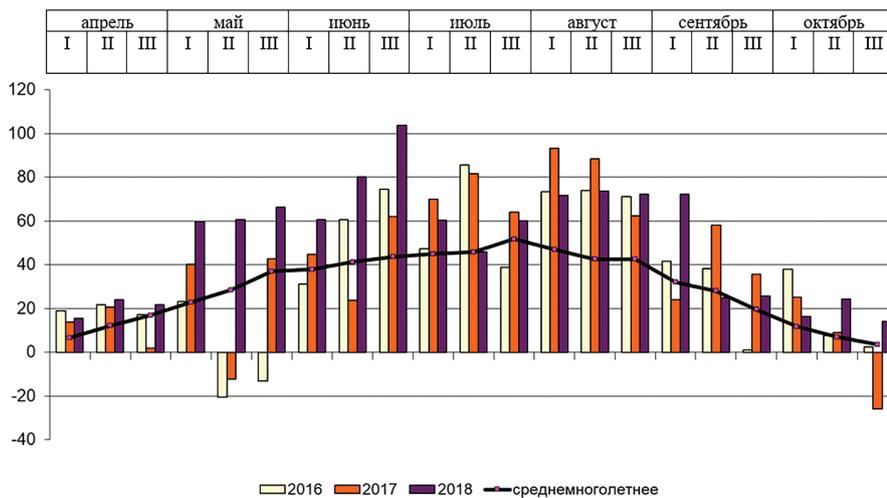
По данным метеостанции поселка Малые Дербеты в Сарпинском районе Республики Кал-



(a)



(b)



(v)

Рисунок 1. Температуры воздуха (а), °С, атмосферные осадки (б), мм, дефициты влажности воздуха (в), мм, по декадам в годы проведения исследований (метеостанция п. Малые Дербеты)
Figure 1. Air temperature (a), °C, precipitation (b), mm, humidity deficiency (v), mm, per decades during the research years (weather station, Small Derbets town)

мыкья среднемноголетние характеристики климатических условий показывают высокую испаряемость (1100...1180 мм/год), низкую влагообеспеченность (осадки 243...278 мм/год), большую сумму активных температур ($\Sigma_{t>10}^0 = 3300...3500^{\circ}\text{C}$), низкий коэффициент увлажнения (0,22...0,28).

На рисунке 1 представлены метеорологические показатели периода вегетации зернового сорго в годы проведения исследований.

Теплообеспеченность вегетационных периодов 2016-2018 г.г. была близка к среднемноголетним значениям и характеризовалась суммой активных температур воздуха 2005-2227°C у раннеспелых сортов и 2434-2750°C у среднеспелых сортов зернового сорго, что обеспечивало формирование продукционного процесса растений [2, 5, 7].

По влагообеспеченности наиболее благоприятным для роста и развития растений зернового сорго был 2016 год, в котором атмосферные осадки за вегетационный период раннеспелых сортов (II декада мая — I декада августа) составили 110 мм, среднеспелых сортов (II декада мая — III декада августа) — 120 мм, что больше среднемноголетних значений соответственно на 28 и 17%. В 2017 г. атмосферные осадки вегетационного периода у раннеспелых сортов меньше среднемноголетних на 8%, у среднеспелых — на 18%.

Самым засушливым годом отмечен 2018 год с атмосферными осадками за вегетационный период 33,3 мм, что на 62-68% меньше среднемноголетних значений. Распределение атмосферных осадков в течение вегетационного периода во все годы исследований было неравномерно.

Температурный режим создает существенный дефицит атмосферной влаги, характерный для климата сухостепной зоны и способствующий повышению как физического испарения, так и транспирации.

В годы исследований наибольшее отклонение среднесуточной температуры воздуха за декаду от среднемноголетней отмечено в III декаде июня 2016 и 2018 г. на 5,4°C и 7,2°C. В отдельные дни температура воздуха в полуденные часы достигала 47°C. Максимальный дефицит атмосферной влаги 105 мм наблюдался в III декаде июня 2018 г.

По данным почвенного разреза, заложенного в 2016 г., почвы опытного участка — светлокаштановые среднесуглинистые, автоморфные, солонцового комплекса. Пахотный горизонт 0-18 см состоит из крупно-пылеватого суглинка с фракциями 0,05...0,01 мм, иллювиальный горизонт 18-35 см — из пылеватого суглинка с преобладанием частиц менее 0,01 мм. Плотность сложения почвы увеличивается по глубине от 1,18 до 1,60 т/м³, пористость 51...48%. Наименьшая влагоемкость почвы в пахотном слое 24,85%, в метровом слое 23,89% от массы почвы, максимальная гигроскопичность от 6,36% в слое 0-0,20 м до 8,19% в слое 0-100 см. Реакция почвенного раствора щелочная, pH = 7,9...8,2, содержание гумуса 1,18-1,87%. Грунтовые воды залегают глубоко и не оказывают влияния на влажность корнеобитаемого слоя почвы.

Опытный участок входил в состав полевого севооборота чистый пар — озимая пшеница — сорго зерновое. В соответствии с программой исследований запланирован двухфакторный



опыт, предусматривающий агроэкологическое испытание 5 сортов двух групп спелости на засухоустойчивость (фактор А): раннеспелые — Орловское, Состав; среднеспелые — Зерноградское 53, Зерста 99, Аюшка, и применение 3 способов основной обработки почвы (фактор В): зяблевая вспашка на глубину 0,18...0,20 м, плоскорезная обработка на глубину 0,20...0,22 м, дискование на глубину 0,16...0,18 м. Исследования проводились согласно методикам полевого опыта Б.А. Доспехова и рекомендациям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИКормов им. В.Р. Вильямса [5, 8, 9, 10, 11].

Повторность вариантов опыта четырехкратная, размещение вариантов — рендомизированное. Схема планирования эксперимента приведена на рис.2.

Размеры опытной делянки приняты 7,2x15 м, общая площадь одной повторности 0,16 га, площадь всего опыта с четырехкратной повторностью составляет 0,64 га.

Посевы сорго проводились при прогревании почвы на глубине заделки семян до 12...15°C (12.05.2016г., 09.05.2017г., 04.05.2018г.), ширина междурядий принята 30 см [2, 5, 7].

Плотность сложения почвы определяли методом режущего кольца, влажность почвы — термостатно-весовым методом (ГОСТ 20915-75), наименьшую влагоемкость — методом залива площадок, запасы продуктивной влаги в почве и показатели структуры суммарного водопотребления зернового сорго рассчитывали по А.Н. Костякову.

Определялись также сроки наступления фенологических фаз роста и развития растений, полевая всхожесть, густота стояния и высота растений, формирование листовой поверхности, вес

сырой и сухой массы по фенологическим фазам, урожаи зерна. Математическая обработка данных проводилась методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализов [11].

Анализ результатов экспериментов. Величины суммарного водо-потребления зернового сорго за годы исследований по вариантам опыта составили для раннеспелых сортов 2110...1136 м³/га, для среднеспелых сортов 2253...1160 м³/га в зависимости от метеорологических условий года и способов основной обработки почвы. Наибольшие величины суммарного водопотребления получены во влажном 2016 году (2253,0...2064,6 м³/га) по всем вариантам опыта. В среднем 2017 и сухом 2018 годах суммарное водопотребление было ниже соответственно на 360...448 м³/га и 928...1022 м³/га, что связано с меньшим количеством осадков и пониженной влажностью почвы, причем величины суммарного водопотребления четко отражали водообеспеченность года.

В структуре суммарного водопотребления доля атмосферных осадков изменялась от 55,3% во влажный год до 27,1% в сухой, остальное водопотребление обеспечивалось за счет использования почвенных запасов влаги (44,7...72,9%).

Связь между суммарным водопотреблением и средневзвешенными значениями влажности почвы за вегетацию (с учетом продолжительности фаз) в слое 0-100 см описывают эмпирические уравнения:

$$E_{\text{рсп}} = 1,56 \cdot (W_{\text{срвег}})^2 - 87,2 \cdot W_{\text{срвег}} + 508,$$

$$E_{\text{срсп}} = 1,56 \cdot (W_{\text{срвег}})^2 - 74,7 \cdot W_{\text{срвег}} - 165,$$

где $E_{\text{рсп}}$ и $E_{\text{срсп}}$ — суммарное водопотребление зернового сорго ранне- и среднеспелых сортов, м³/га; $W_{\text{срвег}}$ — средняя за вегетацию влажность в метровом слое почвы, % НВ. Для полученных

зависимостей коэффициенты детерминации составили соответственно 0,76 и 0,78.

Суточное водопотребление растениями зернового сорго в среднем за вегетационный период варьировало по вариантам опыта от 10,4 до 23,8 м³/га. Наибольшие его величины наблюдались в период “посев-кущение” — 12,2...48,7 м³/га, что связано с высокой испаряемостью с поверхности почвы в периоды посев-всходы и всходы-кущение из-за низкого проективного покрытия. Наименьшие величины отмечены в 2018 году у среднеспелых сортов зернового сорго в варианте “зяблевая вспашка”, что согласуется с условиями обеспеченности растений влагой.

В течение вегетации под воздействием различных факторов наблюдались существенные колебания величины водопотребления, произошла изреженность посевов, но благодаря высокой засухоустойчивости зернового сорго, сохранность растений в среднем за три года составила 58,7...71,9%, что обеспечило получение урожая близкого к ожидаемому: по всем вариантам опыта получено в 2016 году — 1,75...3,23 т/га, в 2018 году — 1,42...2,94 т/га, т.е. в сухой году по сравнению с влажным урожай снизился в среднем на 17...19%, что выгодно отличало зерновое сорго от других зернофуражных культур [12] (табл. 1).

Урожайность сорго зернового зависела как от метеорологических условий вегетационного периода, так и от способов обработки почвы, так как они обеспечивали разные условия сбережения влаги в почве.

В среднем за годы исследований лучшим вариантом для формирования урожая зерна сорго у раннеспелой группы сортов являлся способ плоскорезной основной обработки почвы.

I повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h= 0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Орловское (st)		Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Зерста 99		Зерноградское 53 (st)	Зерста 99		Аюшка
II повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h= 0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав		Орловское (st)
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Зерста 99		Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Зерста 99
III повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h= 0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Орловское (st)		Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Зерноградское 53 (st)		Зерста 99	Аюшка		Зерста 99	Аюшка		Зерноградское 53 (st)
IV повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h= 0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав		Орловское (st)
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Зерста 99		Зерноградское 53 (st)	Зерста 99		Аюшка

Рисунок 2. Схема полевого опыта
Figure 2. Field experiment scheme



Таблица 1. Урожайность (У) зерна различных сортов сорго в зависимости от способов основной обработки почвы, т/га
Table 1. Yield (Y) of different types of sorghum, depending on the methods of the basic soil cultivation, tonne/ha

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	У, т/га 2016 г.	У, т/га 2017 г.	У, т/га 2018 г.	У, т/га 2016-2018 г.г.
Раннеспелые сорта					
Орловское (st)	вспашка	2,63±0,20	2,58±0,38	1,97±0,18	2,39±0,25
	плоскорез	2,72±0,16	2,64±0,13	2,05±0,16	2,47±0,15
	дискование	2,36±0,43	2,37±0,21	1,74±0,17	2,16±0,27
Состав	вспашка	2,72±0,20	2,61±0,20	1,89±0,07	2,41±0,16
	плоскорез	2,77±0,12	2,68±0,25	2,13±0,14	2,53±0,17
	дискование	2,40±0,23	2,43±0,22	1,76±0,21	2,20±0,23
Среднеспелые сорта					
Зерноградское 53 (st)	вспашка	2,94±0,27	2,85±0,50	2,67±0,14	2,82±0,30
	плоскорез	2,19±0,12	2,31±0,26	2,08±0,17	2,19±0,18
	дискование	1,84±0,12	1,78±0,11	1,54±0,10	1,72±0,11
Зерста 99	вспашка	3,23±0,23	3,02±0,25	2,94±0,18	3,06±0,22
	плоскорез	2,56±0,07	2,45±0,15	2,23±0,29	2,41±0,17
	дискование	1,91±0,05	1,82±0,11	1,67±0,19	1,80±0,11
Аюшка	вспашка	2,78±0,26	2,58±0,17	2,41±0,12	2,59±0,18
	плоскорез	2,02±0,07	1,90±0,12	1,78±0,13	1,90±0,11
	дискование	1,75±0,04	1,64±0,18	1,42±0,09	1,60±0,10
НСР ₀₅ по фактору А		0,13	0,21	0,14	0,12
НСР ₀₅ по фактору В					0,16
НСР ₀₅ по факторам АВ		0,23	0,35	0,24	0,27

Таблица 2. Коэффициенты водопотребления различных сортов зернового сорго в зависимости от способа основной обработки почвы
Table 2. Water use ratio of different types of sorghum crops, depending on the methods of the basic soil cultivation

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	Коэффициент водопотребления, м³/т			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
Раннеспелые сорта					
Орловское	вспашка	794,7±61,1	655,0±97,2	560,9±56,8	670,2
	плоскорез	775,7±44,4	654,9±31,8	572,7±49,8	667,8
	дискование	875,0±16,2	719,4±67,0	653,4±67,7	749,3
Состав	вспашка	768,4±58,7	647,5±50,2	584,7±22,9	666,9
	плоскорез	761,7±34,0	645,1±62,5	551,2±34,8	652,7
	дискование	860,4±8,3	701,6±62,5	646,0±75,2	736,0
Среднеспелые сорта					
Зерноградское 53	вспашка	760,2±68,4	628,4±112,6	434,5±23,5	607,7
	плоскорез	1028,8±48,2	781,4±94,0	591,8±48,4	800,7
	дискование	1214,1±82,6	1015,7±61,9	781,8±50,4	1003,9
Зерста 99	вспашка	692,0±49,1	593,0±48,2	394,6±25,0	559,9
	плоскорез	880,1±40,6	736,7±57,6	552,0±36,2	722,9
	дискование	1169,6±33,6	993,4±65,4	721,0±78,7	961,3
Аюшка	вспашка	804,0±75,9	694,2±46,6	481,3±23,3	659,8
	плоскорез	1115,3±37,6	950,0±58,9	691,6±51,5	919,0
	дискование	1276,6±32,1	1102,4±118,3	847,9±52,8	1075,6
НСР ₀₅ по фактору А		43,01	62,02	41,24	52,33
НСР ₀₅ по фактору В		33,31	48,04	31,95	71,44
НСР ₀₅ по факторам АВ		74,49	107,43	71,44	90,64

У сорта Состав урожайность составила 2,13-2,77 т/га, что выше стандартного сорта Орловское на 2,5-4,0%. Вариант плоскорезная обработка по урожайности превосходил варианты зяблевая вспашка и дискование соответственно на 0,08-0,12 т/га и 0,31-0,33 т/га, вариант зяблевая вспашка превосходил вариант дискование на 9-12%.

Из среднеспелых сортов сорго более продуктивным за годы исследований оказался сорт Зерста 99 с урожаями зерна от 1,80 до 3,06 т/га, что выше контрольного варианта Зерноградское 53 на 0,08-0,24 т/га и выше сорта Аюшка 0,20-0,47 т/га. Наилучшим вариантом основной обработки почвы оказалась зяблевая вспашка, наименьшая урожайность получена в варианте дискование.

Таким образом, в богарных условиях на светло-каштановых почвах Калмыкии обеспечивается получение наибольшей урожайности зерна у раннеспелого сорта сорго Состав на уровне 2,0-2,7 т/га при плоскорезной обработке почвы. Среднеспелые сорта сорго Зерноградское 53 и Зерста 99 формируют урожайность зерна на уровне 2,8-3,2 т/га на фоне основной обработки почвы зяблевой вспашкой.

Эффективность использования водных ресурсов агрофитоценозом характеризует коэффициент водопотребления (табл. 2).

Результаты полевых исследований показали, что коэффициент водопотребления варьировал в широких пределах от 394,6 до 1276,6 м³/т, т.е. эффективность использования водных ресурсов растениями сильно зависит от сорта сорго и способа основной обработки почвы.

Самая высокая эффективность использования естественных водных ресурсов обеспечивается у раннеспелых сортов зернового сорго при выращивании по плоскорезной обработке, а у среднеспелых сортов — при зяблевой вспашке, о чём свидетельствуют коэффициенты водопотребления соответственно 652-667 м³/т и 559-659 м³/т. Самый высокий коэффициент водопотребления при наименьшей урожайности зерна сорго получен в варианте дискование — 961-1075 м³/т.

Связь между урожайностью и коэффициентом водопотребления описывается зависимостями:

$$Y_{\text{рсп}} = 61,9 * K_{\text{в}}^{-0,5}, Y_{\text{срсп}} = 61,73 * K_{\text{в}}^{-0,5},$$

где $Y_{\text{рсп}}$, $Y_{\text{срсп}}$ — урожайности ранне- и среднеспелых сортов зернового сорго, т/га; $K_{\text{в}}$ — коэффициент водопотребления, м³/т; (погрешности расчетов составили 2,5 и 9,4%, НСР₀₅ равны 0,06 и 0,21).

Полученные зависимости применимы при обосновании выбора сорта зернового сорго и технологии основной обработки почвы в разных условиях естественной водообеспеченности растений [13, 14]

Выводы. Для укрепления кормовой базы животноводства в хозяйствах сухостепной зоны Калмыкии предполагается компенсировать колебания по годам производства зерна и кормов путем выбора засухоустойчивых высокопродуктивных кормовых культур и применения технологий, способствующих рациональному использованию естественных водных ресурсов.

Обобщение опыта кормопроизводства в республике показало существенные достоинства зернового сорго — хорошие кормовые качества, хозяйственную универсальность, высокую



жаро- и засухоустойчивость, неприхотливость к почвенным условиям. Для обеспечения рационального расходования естественных водных ресурсов посевами зернового сорго исследованы его сорта по группам спелости и агротехнологические приемы основной обработки почвы в составе полевого севооборота чистый пар — озимая пшеница — зерновое сорго.

Результаты наших полевых исследований доказали, что агроклиматические и почвенные условия сухостепной зоны Калмыкии позволяют реализовать биологический потенциал зернового сорго в годы разной тепло- и влагообеспеченности и получать приемлемую урожайность в богарных условиях земледелия.

Формирование урожайности зерна сорго на уровне 2,47-2,53 т/га у раннеспелых сортов Орловское и Состав обеспечивается при плоскорезной основной обработке почвы с затратами водных ресурсов 652-667 м³/т.

Среднеспелые сорта зернового сорго Зерноградское 53 и Зерста 99 эффективнее выращивать при основной обработке почвы зяблевым вспашкой, которая способствует формированию урожайности зерна на уровне 2,50-3,20 т/га с экономичным коэффициентом водопотребления 559-659 м³/т.

Список источников

1. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий по районам Республики Калмыкия. Бюллетень Росстата по Астраханской области и Республике Калмыкия. Элиста, 2018.
2. Горпиниченко С.И. Сорго — культура для засушливых территорий / С.И. Горпиниченко, Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов и др. // Проблемы развития АПК региона. 2017. № 3 (31). С. 5-9.
3. Чернова Е.Г., Дедов А.А. Состояние и перспективы возделывания сорго зернового в Республике Калмыкия. Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального

природопользования. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», с. Солёное Займище, 2019. С.370-374. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-075.

4. De Souza Miranda R. Ammonium improves tolerance to salinity stress in Sorghum bicolor plants // Plant Growth Regulation. 2016. V. 78. № 1. P. 121-131.

5. Дедов А.А. и др. Опыт возделывания сорго зернового на светло-каштановых почвах Республики Калмыкия // Научная жизнь. 2019. Т. 14, вып. № 4. С. 430-437.

6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 504 с.

7. Васильченко С.А. и др. Влияние метеословий на продуктивность сорго зернового в южной зоне Ростовской области // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06). С. 744-754.

8. Матюк Н.С. Агроэкологические основы севооборотов: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. 226 с.

9. Ресурсосберегающая технология производства зернового сорго. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 40 с.

10. Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Современные проблемы применения различных систем и способов основной обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 1. С. 3-6.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

12. Пигорев И.Я., Ишков И.В. Выживаемость и сохранность растений сорго в условиях лесостепи // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 4. С. 23-25.

13. Алабушев А.В. и др. Корреляционные связи количественных признаков сорго зернового // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 28 (04). С. 32-941.

14. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебник. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

References

1. Planting areas, gross harvests and crop yields in all categories of farms in Kalmykia. *Rosstat Bulletin for Astrakhan Region and the Republic of Kalmykia*. Elista, 2018.

2. Gorpinichenko S.I. (2017). Sorgho — culture for arid territories, etc. Problems of the development of the region's agricultural sector, no. 3 (31), p. 5-9.

3. Chernova E.G., Dedov A.A. (2019). State and prospects for the cultivation of grain sorghum in the Republic of Kalmykia. The modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of environmental management, *PAFNC RAS*, p.370-374. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-075.

4. De Souza Miranda R. (2016). Ammonium improves tolerance to salinity stress in Sorghum bicolor plants. *Plant Growth Regulation*, vol. 78, no. 1, p. 121-131.

5. Dedov A.A. (2019). Experience of cultivating sorghum on light-chestnut soils of the Republic of Kalmykia. *Scientific life*, vol. 14, no. 4, p. 430-437.

6. The State Register of Breeding Achievements Admitted to Use, vol. 1, «Plant Varieties», Moscow, *Rosinformagrotech*, 2016, 504 p.

7. Vasilchenko S.A. (2016). Effect of weather conditions on the productivity of grain sorghum in the southern zone of the Rostov region, *Scientific Journal of KubGAU*, no. 120 (06), p. 744-754.

8. Matyuk N.S. (2011). *Agroecological Fundamentals of Crop rotation: Educational Tutorial*, Moscow, *Publishing house RGAU- MAA named after K.A. Timiryazev*, 226 p.

9. Resource-saving grain sorghum production technology, Moscow, *Rosinformagrotech*, 2012, 40 p.

10. Pykhtin I.G., Gostev A.V. (2012). Contemporary problems of the application of different systems and methods of basic soil treatment. *Advances in science and technology of the AIK*, no. 1, p. 3-6.

11. Dosphehov B.A. (1985). *Field Experience Technique*, Moscow, *Agropromizdat*, 352 p.

12. Pigorev I.Y., Ishkov I.V. (2017). Survival and preservation of sorghum plants in the forest steppe. *Messenger of Kursk GKHA*, no. 4, p. 23-25.

13. Alabuchev A.V. (2017). Correlational ties of quantitative signs of grain sorghum. *Scientific journal KubSAU*, no. 128 (04), p. 932-941.

14. Kayumov M.K. (1989). *Programming yields of agricultural crops: textbook*, Moscow, *Agropromizdat*, 320 p.

Информация об авторах:

Папаскири Тимур Валикович, доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Кучер Дмитрий Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7919-3487>

Пивень Елена Анатольевна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4688-0926>, piven-ea@rudn.ru

Чернова Елизавета Геннадьевна, аспирант агробиотехнологического департамента, Аграрно-технологический институт, Российский университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Elizaveta.ch@inbox.ru

Алексеенко Николай Петрович, аспирант, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-3337-8179>, alekseenko.ni@mail.ru

Тетерюков Александр Игоревич, аспирант, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-7418-3734>, vip.alekasnder.tt@mail.ru

Information about the authors:

Timur V. Papaskiri, doctor of economic sciences, candidate of agricultural sciences, associate professor, acting rector, State University of Land Use Planning ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Dmitry E. Kucher, candidate of technical sciences, associate professor, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7919-3487>, dmitr004@gmail.com

Elena A. Piven, candidate of medical sciences, associate professor, associate professor of the department of public health, health and hygiene, medical institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4688-0926>, PivenEl@mail.ru

Elizaveta G. Chernova, post graduate of the agrobiotechnological department, the agrarian and technological institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Elizaveta.ch@inbox.ru

Nikolay P. Alekseyenko, post graduate, The State University of Land Use Planning, alekseenko.ni@mail.ru

Alexander I. Teteryukov, post graduate, The State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-7418-3734>, vip.alekasnder.tt@mail.ru

