

ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ, ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА

С. А. Васильченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

Г. В. Метлина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

И. К. Копман, агроном лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, i.copman@yandex.ru, ORCID ID: 0009-0000-6086-1441;

В. В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Сорго – засухоустойчивая теплолюбивая культура, зерно которой обладает высокой питательностью и широко применяется в животноводстве. В РФ Ростовская область занимает первое место по посевным площадям под эту культуру. Цель исследований – определение влияния норм высева и сроков посева сорго зернового на урожайность, водопотребление и пищевой режим в южной зоне Ростовской области. Исследования были проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2022–2023 годах. В результате проведенных исследований было выявлено снижение содержания доступного растениям сорго зернового азота до 4,1–4,7; 4,1–4,9 и 4,2–4,7 мг/кг почвы по сортам Зерноградское 88, Атаман и Есаул соответственно. К фазе полной спелости содержание подвижного фосфора в почве снижалось до 15,3–17,0; 16,0–17,0; 14,1–15,7 мг/кг почвы соответственно по сортам Зерноградское 88, Атаман, Есаул. В конце вегетации сорго зернового содержание обменного калия находилось на уровне 271–306; 275–295; 261–290 мг/кг почвы соответственно по сортам Зерноградское 88, Атаман, Есаул. Водопотребление находилось на уровне 227,4–277,9 мм/га по сорту Зерноградское 88, 219,6–272,1 мм/га – по сорту Атаман и 222,8–271,5 мм/га – по сорту Есаул. При этом расход влаги на формирование урожайности зерна составил 48,42–70,41; 42,92–69,85; 47,15–83,70 мм/т соответственно по сортам Зерноградское 88, Атаман, Есаул. В среднем за годы исследований урожайность зерна составляла по сорту Зерноградское 88 4,51 т/га, Атаман – 4,66 т/га, Есаул – 4,11 т/га. Наиболее высокие урожайности отмечались в третьем сроке посева (в среднем по сроку посева 4,66 т/га) и при норме высева 0,4 млн шт. всхожих семян/га (в среднем по норме высева 4,94 т/га).

Ключевые слова: сорго зерновое, водопотребление, урожайность, минеральное питание, азот, фосфор, калий.

Для цитирования: Васильченко С. А., Метлина Г. В., Копман И. К., Ковтунов В. В. Пищевой режим, водопотребление и урожайность сорго зернового в условиях южной зоны Ростовской области в зависимости от сроков посева и норм высева // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 6. С. 93–102. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-95-6-93-102.



NUTRIENT STATUS, WATER CONSUMPTION AND PRODUCTIVITY OF GRAIN SORGHUM IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION DEPENDING ON SOWING DATES AND SEEDING RATES

S. A. Vasilchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

G. V. Metlina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

I. K. Kopman, agronomist of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, i.copman@yandex.ru, ORCID ID: 0009-0000-6086-1441;

V. V. Kovtunov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Sorghum is a drought-resistant, heat-loving crop, the grain of which is highly nutritious and widely used in animal husbandry. In the Russian Federation, the Rostov Region ranks first in terms of sowing areas for this crop. The purpose of the current study was to determine the effect of seeding rates and sowing dates of grain sorghum on

productivity, water consumption and nutrient status in the southern part of the Rostov Region. The study was conducted at the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2022–2023. As a result of the study, there has been found a decrease of grain nitrogen available to sorghum plants to 4.1–4.7; 4.1–4.9 and 4.2–4.7 mg/kg of soil for the varieties 'Zernogradskoye 88', 'Ataman' and 'Esaul', respectively. By the complete maturity stage, the mobile phosphorus content in soil decreased to 15.3–17.0; 16.0–17.0; 14.1–15.7 mg/kg of soil, respectively, for the varieties 'Zernogradskoye 88', 'Ataman', and 'Esaul'. At the end of grain sorghum vegetation period, the exchangeable potassium content was at the level of 271–306; 275–295; 261–290 mg/kg of soil, respectively, for the varieties 'Zernogradskoye 88', 'Ataman', and 'Esaul'. Water consumption was at the level of 227.4–277.9 mm/ha for the variety 'Zernogradskoye 88', 219.6–272.1 mm/ha for the variety 'Ataman' and 222.8–271.5 mm/ha for the variety 'Esaul'. At the same time, moisture consumption for the formation of grain productivity was 48.42–70.41; 42.92–69.85; 47.15–83.70 mm/t, respectively, for the varieties 'Zernogradskoye 88', 'Ataman', and 'Esaul'. Over the years of study, the mean grain productivity was 4.51 t/ha for the variety 'Zernogradskoye 88', 4.66 t/ha for the variety 'Ataman', 4.11 t/ha for the variety 'Esaul'. The largest productivity was identified in the third sowing date (4.66 t/ha on average according to a sowing date) and at a seeding rate of 0.4 million germ. pcs. per ha (4.94 t/ha on average according to a seeding rate).

Keywords: grain sorghum, water consumption, productivity, mineral nutrition, nitrogen, phosphorus, potassium.

Введение. В районах недостаточного и неустойчивого увлажнения, к которым и относится Ростовская область, необходимо увеличивать посевные площади засухоустойчивых культур и, в частности, сорго зернового. В последние годы в «АНЦ «Донской» выведены новые сорта этой культуры с урожайностью 5–6 т/га и высоким качеством зерна (Алабушев и др., 2017; Алабушев, 2020; Ковтунова и Ковтунов, 2018).

Отличительной особенностью сорго является приспособленность к возделыванию в засушливых условиях, где оно может формировать урожайность зерна более 2,5 т/га даже без применения минеральных удобрений и способно вегетировать на засоленных почвах, экономно расходовать воду и элементы минерального питания (азот, фосфор и калий) (Guo et al., 2017; Ковтунова и Ковтунов, 2019).

В условиях Предуральской степи Республики Башкортостан потенциал урожайности отдельных сортов сорго зернового российской селекции достигает 5,5–6,4 т/га (Биктимиров и Низаева, 2021).

Зарубежный опыт возделывания сорго подтверждает его высокую продуктивность. Так, в условиях Турции и в сухостепной зоне Западного Казахстана наиболее урожайными и засухоустойчивыми являются сорговые культуры (Eren et al., 2021; Nasiyev et al., 2020).

У сорго зернового отмечается высокая положительная корреляционная связь между содержанием продуктивной влаги в метровом слое почвы в фазу выметывания и урожайностью зерна (Бельтюков, 2007).

В зоне неустойчивого увлажнения Ростовской области нормы посева и сроки посева оказывают влияние на показатели зерновой продуктивности и густоту стояния растений (Васильченко и др., 2022).

Цель исследований – определение влияния норм посева и сроков посева сорго зернового на урожайность, водопотребление и пищевой режим в южной зоне Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2022–2023 гг. на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,3 %, pH – 7,0, P_2O_5 – 24,4; K_2O – 360 мг/кг почвы. Предшественник – озимая пшеница. Опыты

проводили на участке, расположенном вблизи города Зерноград (широта: 46°50'42" с.ш.; долгота: 40°18'30" в.д.).

Отбор почвенных образцов осуществляли по ГОСТ Р 58595-2019. Определение содержания нитратного азота проводили по ГОСТ 26488-85, а подвижных соединений фосфора и калия – по ГОСТ 26205-91.

Посев сорго зернового выполняли сеялкой Клен 4.2, и он проводился во второй декаде мая (1 срок); в третьей декаде мая (2 срок); в первой декаде июня (3 срок). Изучались 3 нормы посева: 0,2; 0,3; 0,4 млн шт. всхожих семян/га.

Уборку производили с помощью селекционного комбайна WintershtеigerQuantum в фазе полной спелости зерна с пересчетом на 14 %-ю влажность и 100 %-ю чистоту. Общая площадь делянки – 63 м², учетная – 40 м².

Статистическую обработку полевых опытов выполняли по методике Б. А. Доспехова (2014) с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Исследования проводили на сортах сорго зернового селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» Зерноградское 88, Атаман, Есаул. Годы их включения в Государственный реестр селекционных достижений – 2013, 2018 и 2023-й соответственно. Эти сорта отличаются низким содержанием танинов (0,04–0,21 %) и высоким содержанием крахмала в зерне, что благоприятно отражается на качестве корма, получаемого из зерна сорго.

Метеорологические условия в период проведения исследований представлены в таблице 1.

В годы проведения исследований с июня по сентябрь отмечалось превышение среднесуточной температуры воздуха над среднегодовыми значениями, что положительно отразилось на развитии растений сорго.

В течение вегетации осадки выпадали неравномерно. Более увлажненным был 2023 г., когда за период с мая по сентябрь выпало 254 мм, в 2022 г. их было значительно меньше – 186 мм, что и объясняет разницу в полученной урожайности в опыте. В 2022 г. отмечалась более низкая температура воздуха, когда в среднем за май–сентябрь она составила 54 % против 60 % в 2023 году.

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода сорго зернового (2022–2023 гг.)
Table 1. Weather conditions of grain sorghum vegetation period (2022–2023)

Показатель	Год	май	июнь	июль	август	сентябрь	сумма
температура воздуха, °C	2022	14,8	23,2	24,1	26,7	17,7	21,3
	2023	16,0	20,5	24,0	26,0	19,1	21,1
	среднепогоде	16,5	20,5	23,1	21,9	16,3	19,7
осадки, мм	2022	28	9	65	48	36	186
	2023	116	37	52	20	29	254
	среднепогоде	51	71	58	45	42	268
влажность воздуха, %	2022	61	49	53	47	60	54
	2023	72	69	60	46	53	60
	среднепогоде	64	65	61	60	64	63

Результаты и их обсуждение. В биологическом круговороте элементов питания важная роль принадлежит самим растениям. Потребляя их в процессе вегетационного периода, они изменяют их количество в корнеобитаемом слое и тем самым влияют на его плодородие. При этом для оценки эффективного плодородия почвы, а также для исследования ее пищевого режима под изучаемой культу-

рой первостепенное значение имеют только доступные для растений формы питательных веществ.

Проведенные исследования показали, что содержание основных элементов питания под сорго зерновым зависело в основном от фазы развития и в меньшей степени – от сроков и норм посева (рис. 1).

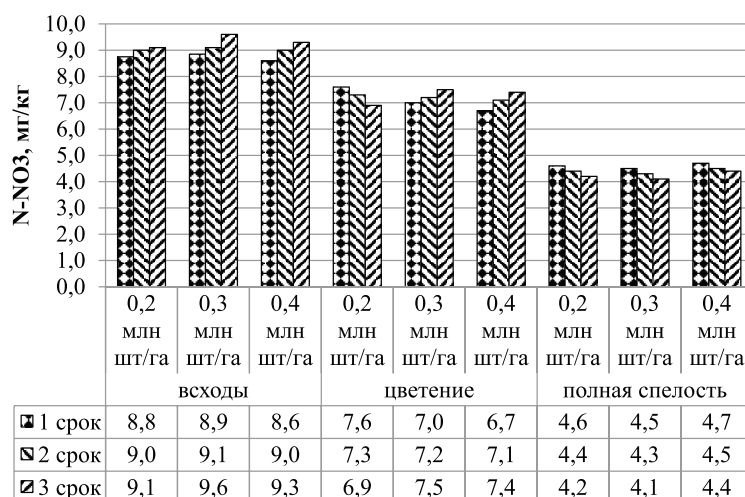


Рис. 1, а. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления азота растениями сорго зернового сорта Зерноградское 88 в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)
Fig. 1, a. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of nitrogen consumption by the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

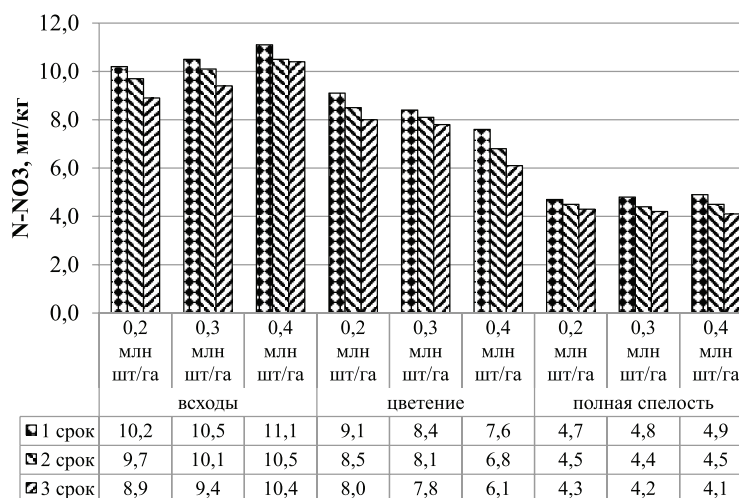


Рис. 1, б. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления азота растениями сорго зернового сорта Атаман в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)
Fig. 1, b. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of nitrogen consumption by the grain sorghum variety 'Ataman' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

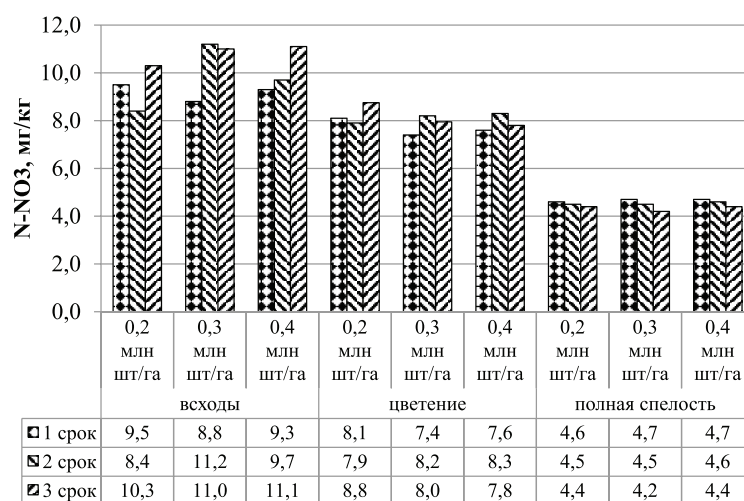


Рис. 1, с. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления азота растениями сорго зернового сорта Есаул в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)

Fig. 1, c. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of nitrogen consumption by the grain sorghum variety 'Esaul' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

По принятой классификации (по Мачигину), содержание нитратного азота в течение всей вегетации было на уровне низкой (5–8 мг/кг почвы) и средней (9–15 мг/кг почвы) обеспеченности для растений сорго и колебалось от 11,2 до 4,1 мг/кг почвы. Это свидетельствует о том, что растения сорго формировали свою продуктивность при недостаточном количестве его в пахотном слое почвы и не смогли дать высокую урожайность – свыше 6 т/га.

Наибольшее содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см отмечалось в фазе всходов, когда растения еще не имели большой надземной и подземной биомассы, и оно находилось на уровне 8,4–11,2 мг/кг почвы.

К фазе цветения количество $N-NO_3$ при усвоении его растениями сорго снижалось до 6,7–9,1 мг/кг почвы, а минимальных значений 4,1–4,9 мг/кг почвы оно достигало к фазе полной спелости. Это свидетельствует о том,

что потребление $N-NO_3$ на формировании урожайности сорго отмечалось в течение всего периода вегетации.

Существенной разницы в динамике содержания нитратного азота под сорго в зависимости от различных сроков посева и норм высева нами не установлено.

Динамика содержания P_2O_5 в пахотном слое почвы под сорго была аналогичной содержанию $N-NO_3$ и также в большей степени зависела от фазы развития растений и слабо от изучаемых факторов – сроков посева и норм высева. В течение вегетации содержание P_2O_5 под сорго варьировало в пределах от 20,8 до 15,3 мг/кг почвы, что соответствует среднему уровню (16–30 мг/кг) по принятой классификации, то есть растения сорго в течение вегетации формировали свою урожайность не испытывая дефицит подвижного фосфора в почве (рис. 2).

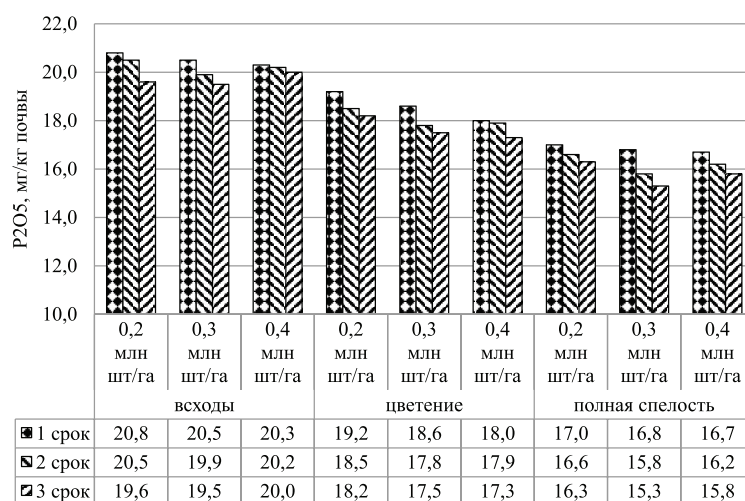


Рис. 2, а. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления подвижного фосфора растениями сорго зернового сорта Зерноградское 88 в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)

Fig. 2, a. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of mobile phosphorus consumption by the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

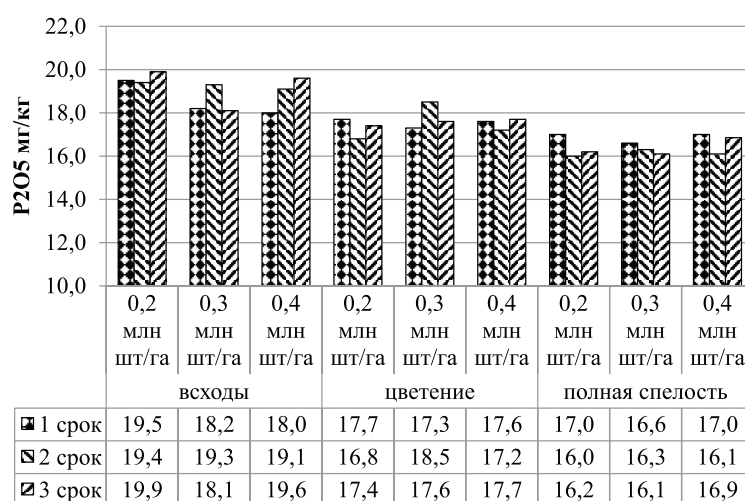


Рис. 2, б. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления подвижного фосфора растениями сорго зернового сорта Атаман в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)

Fig. 2, b. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of mobile phosphorus consumption by the grain sorghum variety 'Ataman' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

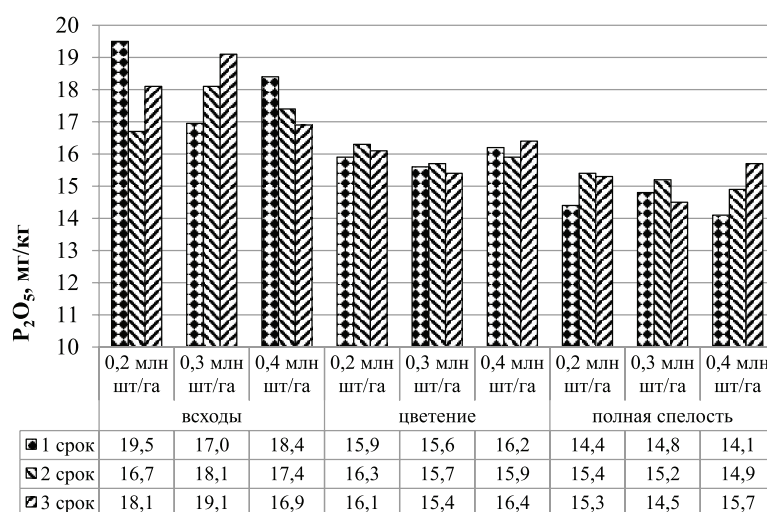


Рис. 2, с. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления подвижного фосфора растениями сорго зернового сорта Есаул в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)

Fig. 2, c. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of mobile phosphorus consumption by the grain sorghum variety 'Esaul' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

Наибольшее содержание подвижного фосфора находилось на уровне 19,5–20,8 мг/кг почвы в фазе всходов. В дальнейшем, по мере роста и его потребления растениями сорго, его содержание в почве снижалось, достигая минимального значения к фазе «полная спелость» до 15,3–17,0 мг/кг почвы.

В течение вегетационного периода уровень содержания обменного калия колебался в пределах 222–347 мг/кг почвы и соответствовал в начале и середине вегетации сорго повышенному уровню, а к концу вегетационного перио-

да – среднему, то есть растения не испытывали недостаток обменного калия в почве в течение всего роста и развития.

Содержание обменного калия в почве к фазе всходов находилось на уровне 318–347 мг/кг почвы. К полной спелости его содержание снижалось до 222–272 мг/кг почвы. Это также свидетельствует о том, что потребление калия из почвы на создание урожая сорго зернового продолжалось в течение всей вегетации растений (рис. 3).

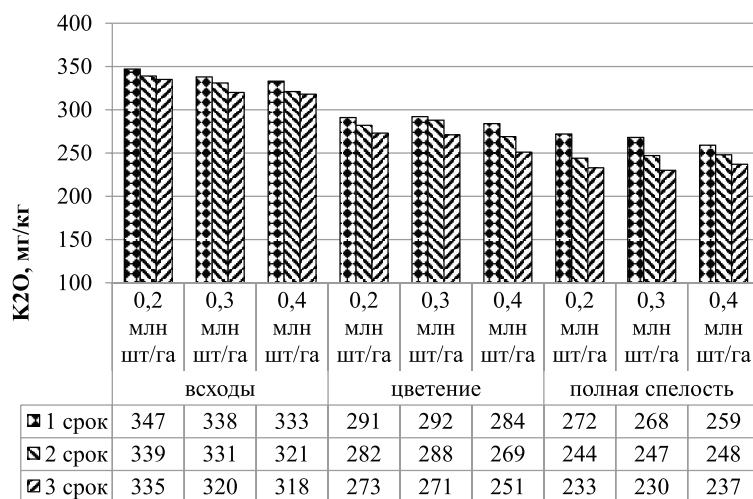


Рис. 3, а. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления обменного калия растениями сорго зернового сорта Зерноградское 88 в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)
Fig. 3, a. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of exchangeable potassium consumption by the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

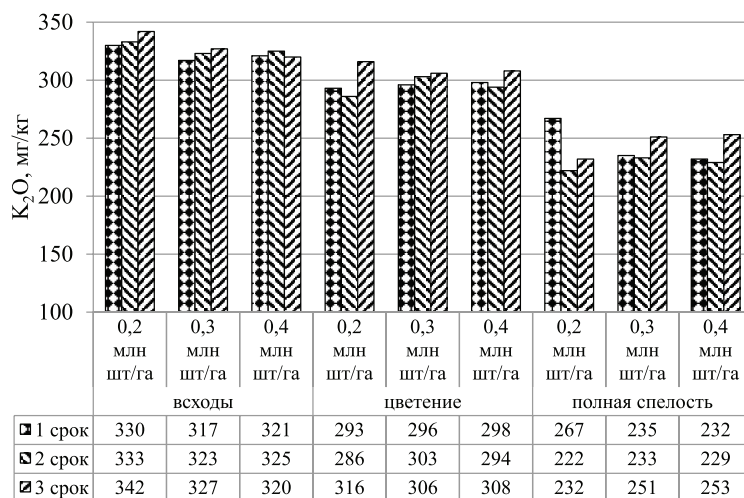


Рис. 3, б. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления обменного калия растениями сорго зернового сорта Атаман в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)
Fig. 3, b. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of exchangeable potassium consumption by the grain sorghum variety 'Ataman' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

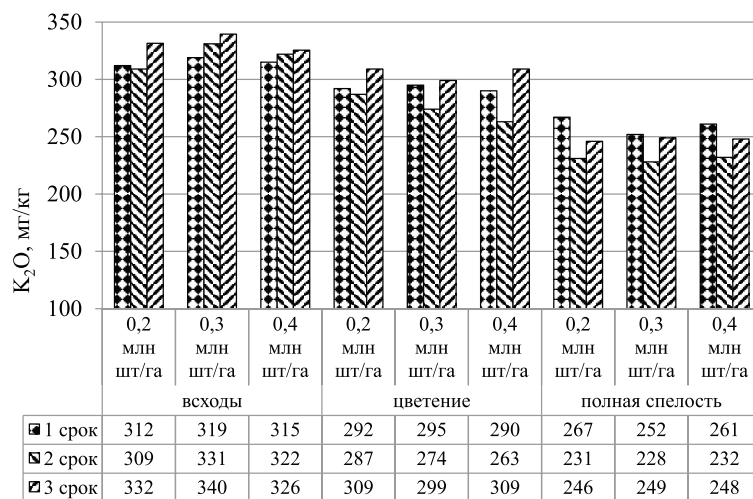


Рис. 3, в. Влияние сроков посева и норм высева на динамику потребления обменного калия растениями сорго зернового сорта Есаул в слое почвы 0–30 см (2022–2023 гг.)
Fig. 3, c. The effect of sowing dates and seeding rates on the dynamics of exchangeable potassium consumption by the grain sorghum variety 'Esaul' in the soil layer of 0–30 cm (2022–2023)

В условиях Ростовской области важнейшим фактором повышения урожайности сорго является влага, поступившая от осенне-зимних и весенних осадков.

От других культур сорго отличается способностью энергично прорастать в полусухой почве, используя для этого 40 % воды от собственного веса. Ранее была установлена положительная связь между запасами продуктивной влаги при посеве и урожайностью сорго зернового, а также определено, что наиболее высокая потребность в продуктивной влаге отмечается в фазу выметывания ($r = 0,750 \pm 0,162$) (Бельтюков, 2002).

Поэтому при оценке продуктивности сорго зернового в засушливой зоне большое значение имеет определение расхода продуктивной влаги на формирование урожайности зерна сорго зернового. Так, в первом сроке посева он находился в пределах 227,4–272,1 мм/га, 221,8–271,5 мм/га во втором сроке посева и 219,6–277,9 мм/га в третьем сроке посева. При этом расход продуктивной влаги на формирование 1 т зерна существенно изменялся и составлял 52,49–83,70 мм в первом сроке посева, 42,92–74,29 мм – во втором сроке посева, 47,06–68,19 мм – в третьем сроке посева (табл. 2).

Таблица 2. Суммарное водопотребление и расход влаги на формирование 1 т зерна сортами сорго (2022–2023 гг.)
Table 2. Total water consumption and moisture consumption to form 1 ton of grain by the sorghum varieties (2022–2023)

Срок посева	Норма высева, млн шт. всхожих семян/га	Суммарный расход влаги, мм/га			Расход влаги на формирование 1 т зерна, мм		
		Зерноградское 88	Атаман	Есаул	Зерноградское 88	Атаман	Есаул
1-й срок	0,2	231,7	246,8	236,4	70,41	69,85	83,70
	0,3	227,4	244,6	244,3	52,50	52,49	60,22
	0,4	251,7	272,1	260,8	53,96	54,31	58,52
2-й срок	0,2	236,3	256,2	262,5	60,80	64,05	74,29
	0,3	251,9	228,9	271,5	50,64	46,90	62,48
	0,4	254,6	221,8	268,9	48,42	42,92	56,51
3-й срок	0,2	268,8	219,6	235,5	68,19	49,94	64,49
	0,3	277,9	243,8	222,8	56,65	47,06	47,15
	0,4	270,4	249,6	244,5	50,94	48,67	52,36
Среднее		–	–	–	56,95	52,91	62,19
Стандартное отклонение		–	–	–	7,90	8,73	11,11

Наиболее высокий расход продуктивной влаги отмечался в первом сроке посева при норме высева 0,2 млн шт. всхожих семян/га, что было связано с тем, что растения сильно кустились и непродуктивно расходовали влагу на формирование зеленой массы подгонов.

При нормах высева 0,3 и 0,4 млн шт. всхожих семян/га отмечалось достоверное снижение расхода влаги во всех сроках посева (σ по сорту Зерноградское 88 составляло 7,90 мм, сорту Атаман – 8,73 мм, сорту Есаул – 11,11 мм).

Корреляционный анализ между суммарным расходом влаги и урожайностью выявил значимую среднюю положительную связь у сорта Зерноградское 88 ($r = 0,57 \pm 0,17$) и незначимую слабую отрицательную у сортов Атаман ($r = -0,09 \pm 0,24$) и Есаул ($r = -0,20 \pm 0,23$). Новые сорта зернового сорго Атаман и Есаул отличались меньшим расходом влаги на формирование урожайности во всех вариантах опыта в сравнении с сортом Зерноградское 88. Самый низкий расход влаги на 1 т зерна по этим сортам был при третьем сроке посева и норме высева 0,3 млн шт. всхожих семян на 1 га и составил соответственно Атаман – 47,06 мм и Есаул – 47,15 мм.

Как показали исследования, наиболее сильное влияние на формирование урожайности зерна сорго зернового оказывали нормы высева, где их доля составляла 59,9 %, а сорт и срок посева оказывали меньшее влияние на урожайность – 10,8 и 11,9 % соответственно.

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность по всем изучаемым сортам и нормам высева (4,66 т/га) была получена при третьем сроке посева, что свидетельствует о том, что необходимо заделывать в хорошо прогретую почву, где создаются лучшие условия для роста и развития растений. При посеве во второй срок средняя урожайность снижалась до 4,53 т/га, и самая низкая была получена при первом сроке посева – 4,09 т/га (табл. 3)

В разрезе изучаемых сортов наибольшая средняя урожайность по всем вариантам опыта была получена по сорту Атаман – 4,66 т/га, средняя по сорту Зерноградское 88 – 4,51 т/га и самая низкая по сорту Есаул – 4,11 т/га.

Наименьшая урожайность отмечалась при норме высева 0,2 млн шт. всхожих семян/га, где растения сорго зернового формировали дополнительные непродуктивные побеги, из-за чего неэффективно расходовали пластические вещества, образовавшиеся в процессе фотосинтеза.

Таблица 3. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность зерна сортов сорго зернового, т/га (2022–2023 гг.)
Table 3. The effect of sowing dates and seeding rates on productivity of the grain sorghum varieties (2022–2023)

Сорт (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Норма высева, млн шт. всхожих семян/га (фактор С)	2022	2023	Среднее
Зерноградское 88	1	0,2	3,07	3,52	3,29
		0,3	4,18	4,48	4,33
		0,4	4,54	4,80	4,67
	2	0,2	3,71	4,06	3,89
		0,3	4,69	5,26	4,97
		0,4	4,87	5,64	5,26
	3	0,2	3,80	4,09	3,94
		0,3	4,64	5,17	4,90
		0,4	4,90	5,72	5,31
Среднее по сорту			4,27	4,75	4,51
Атаман	1	0,2	3,61	3,45	3,53
		0,3	4,62	4,70	4,66
		0,4	4,76	5,26	5,01
	2	0,2	3,86	4,14	4,00
		0,3	4,64	5,12	4,88
		0,4	4,87	5,46	5,17
	3	0,2	4,30	4,50	4,40
		0,3	4,98	5,38	5,18
		0,4	4,85	5,40	5,13
Среднее по сорту			4,50	4,83	4,66
Есаул	1	0,2	2,48	3,16	2,82
		0,3	3,55	4,57	4,06
		0,4	4,00	4,91	4,46
	2	0,2	3,39	3,68	3,53
		0,3	4,12	4,57	4,34
		0,4	4,44	5,08	4,76
	3	0,2	3,54	3,77	3,65
		0,3	4,50	4,95	4,73
		0,4	4,37	4,97	4,67
Среднее по сорту			3,82	4,41	4,11
НСР ₀₅ для частных различий			0,37		
НСР ₀₅ по факторам А, В, С			0,12		
Среднее по сроку посева			1-й срок посева – 4,09		
			2-й срок посева – 4,53		
			3-й срок посева – 4,66		
Среднее по норме высева			0,2 млн шт. всхожих семян/га – 3,67		
			0,3 млн шт. всхожих семян/га – 4,67		
			0,4 млн шт. всхожих семян/га – 4,94		

Все изучаемые сорта по всем срокам посева формировали наибольшую урожайность зерна преимущественно при норме высева 0,4 млн шт. всхожих семян/га. Так, средняя урожайность по всем вариантам опыта здесь составляла 4,94 т/га; при норме высева 0,3 млн шт. всхожих семян/га – 4,67 т/га и при норме высева 0,2 млн шт. всхожих семян/га – 3,67 т/га. В этих вариантах опыта отмечалось достоверное превышение над урожайностью, полученной при наименьшей норме высева.

Выводы. Наибольшую урожайность зерна – 4,94 т/га все изучаемые сорта формировали в третьем сроке посева при достаточном прогревании почвы. Снижение урожайности на 0,27 и 1,27 т/га по сравнению с третьим сро-

ком отмечалось соответственно во втором и первом сроках посева. В среднем по всем изучаемым сортам и срокам посева преимущество по урожайности было отмечено при норме высева 0,4 млн шт. всхожих семян/га – 4,66 т/га, при норме 0,3 млн шт. всхожих семян /га урожайность снижалась на 0,15 т/га и при норме 0,2 млн шт. всхожих семян/га – на 0,55 т/га.

Наиболее урожайным сортом по всем вариантам опыта был сорт Атаман – 4,66 т/га, несколько ниже Зерноградский 88 – 4,51 т/га и самая низкая урожайность была получена по сорту Есаул – 4,11 т/га.

Полученную в опытах урожайность сорта сорго зернового формировали при низком уровне содержания нитратного азота в пахот-

ном слое почвы, среднем уровне подвижного фосфора и повышенном – обменного калия.

Содержание элементов питания в слое почвы 0–30 см в большей степени зависело от фазы развития растений и в меньшей – от сроков посева и норм высева. Сортовых различий в усвоении элементов питания растениями сорго из почвы на формирование урожайности нами не установлено.

Наименьший расход влаги на формирование 1 т зерна изучаемых сортов сорго был при посеве их в третий срок – 47,06–68,19 мм, средним он был при втором сроке – 42,92–74,26 мм и самым большим при первом сроке – 52,49–83,70 мм, что особенно важно в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области.

Библиографический список

1. Алабушев, А. В. Достижение в селекционной работе по созданию сортов и гибридов сорго в «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2(68). С. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-44-48
2. Алабушев А. В., Ковтунов В. В., Кравченко Н. С., Лушпина О. А., Игнатьева Н. Г. Оценка новых сортов сорго зернового при использовании в хлебопечении // Вестник Воронежского государственного университета. 2017. № 3(54). С. 144–150.
3. Бельтюков, Л. П. Сорт, технология, урожай. Ростов/Д.: ООО «Терра Принт», 2007. 160 с.
4. Биктимиров Р. А., Низаева А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов зернового сорго в условиях Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-39-43
5. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ковтунов В. В. Влияние сроков, способов посева и норм высева на продуктивность сорго зернового сорта Зерноградское 88 // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96
6. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В. Биоразнообразие сорго // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5(59). С. 49–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-49-52
7. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В. Использование сорго сахарного в качестве источника питательных веществ для человека (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3(63). С. 3–9. DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-3-9
8. Guo Y. Y., Tian S. S., Liu S. S., Wang W. G., Sui N. Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress // Photosynthetica. 2017. Vol. 56, P. 861–872. DOI: 10.1007/s11099-017-0741-0
9. Eren Ö., Huseyin H., Tatlı Ö. Sorgum (Sorghum Bicolor (L)) Biyokütlesinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi // European Journal of Science and Technology Special. 2021. Vol. 22(1), P. 195–203. DOI: 10.31590/ejosat.852286
10. Nasiyev B., Zhanatalapov N., Shibaikin V., Yancheva H. Adaptation of elements of Sudan grass cultivation technology to the conditions of dry steppe zone // Turkish Journal of Field Crops. 2020. Vol. 25(1), P. 57–65. DOI: 10.17557/tjfc.743681

References

1. Alabushev, A. V. Dostizhenie v selektsionnoi rabote po sozdaniyu sortov i gibridov sorgo v «ANTs «Donskoi» [Achievement in breeding work on developing sorghum varieties and hybrids in the «ARC «Donskoy»] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 2(68). S. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-44-48
2. Alabushev A. V., Kovtunov V. V., Kravchenko N. S., Lushpina O. A., Ignat'eva N. G. Otsenka novykh sortov sorgo zernovogo pri ispol'zovanii v khlebopechenii [Estimation of new grain sorghum varieties for use in bread baking] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. № 3(54). S. 144–150.
3. Bel'tyukov, L. P. Sort, tekhnologiya, urozhai [Variety, technology, yield]. Rostov n/D.: ООО «Terra Print», 2007. 160 s.
4. Biktimirov R. A., Nizaeva A. A. Otsenka ekologicheskoi stabil'nosti i plastichnosti sortov zernovogo sorgo v usloviyakh Respubliki Bashkortostan [Estimation of environmental stability and adaptability of grain sorghum varieties in the Republic of Bashkortostan] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-39-43
5. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V., Kovtunov V. V. Vliyanie srokov, sposobov poseva i norm vyseva na produktivnost' sorgo zernovogo sorta Zernogradskoye 88 [The effect of sowing dates and methods, and seeding rates on productivity of the grain sorghum variety 'Zernogradskoye 88'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 4. S. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96
6. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V. Bioraznoobrazie sorgo [Sorghum biodiversity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 5(59). S. 49–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-49-52
7. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V. Ispol'zovanie sorgo sakharnogo v kachestve istochnika pitatel'nykh veshchestv dlya cheloveka (obzor literatury) [The use of sweet sorghum as a source of nutrients for humans (literature review)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 3(63). S. 3–9. DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-3-9
8. Guo Y. Y., Tian S. S., Liu S. S., Wang W. G., Sui N. Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress // Photosynthetica. 2017. Vol. 56, P. 861–872. DOI: 10.1007/s11099-017-0741-0
9. Eren Ö., Huseyin H., Tatlı Ö. Sorgum (Sorghum Bicolor (L)) Biyokütlesinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi // European Journal of Science and Technology Special. 2021. Vol. 22(1), P. 195–203. DOI: 10.31590/ejosat.852286

10. Nasiyev B., Zhanatalapov N., Shibaikin V., Yancheva H. Adaptation of elements of Sudan grass cultivation technology to the conditions of dry steppe zone // Turkish Journal of Field Crops. 2020. Vol. 25(1), P. 57–65. DOI: 10.17557/tjfc.743681

Поступила: 17.07.24; доработана после рецензирования: 17.09.24; принята к публикации: 24.09.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Васильченко С. А. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Метлина Г. В. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Копман И. К. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Ковтунов В. В. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.