

**Г.В. Метлина**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
заведующая лабораторией технологии возделывания пропашных культур;

**В.В. Ковтунов**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
заведующий лабораторией селекции и семеноводства сорго зернового;

**О.А. Лушпина**, старший научный сотрудник;

**С.А. Васильченко**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник,  
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт  
зерновых культур им. И.Г. Калининко  
(347740 г. Зерноград, Научный городок, 3; vniizk30@mail.ru)

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ СОРГО ЗЕРНОВОГО**

Для стабилизации производства фуражного зерна в засушливых регионах Ростовской области необходимо внедрение высокопродуктивных сортов сорго зернового. С помощью этой культуры возможно решить проблемы обеспечения устойчивой продуктивности зерна по годам. Исследования проводили в 2013-2015 гг. на базе Всероссийского НИИ зерновых культур им. И.Г. Калининко с целью определения эффективности возделывания сортов сорго зернового в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения Ростовской области. Агроклиматические условия в годы проведения исследований значительно различались как по количеству осадков, так и по температурному режиму, что позволило объективно оценить изучаемые сорта. В статье приведены результаты изучения урожайности и качества зерна (сбор кормовых единиц, переваримого протеина, содержания обменной энергии в сухом веществе, дана оценка биоэнергетической эффективности возделывания сорго зернового). Представленные сорта (Хазине 28, Зерноградское 53, Лучистое, Орловское, Зерноградское 88, Великан) относятся к ранне- и среднеспелым группам созревания и имеют высокое содержание крахмала (74,1-76,0%). В среднем за годы исследований изучаемые сорта сформировали урожайность зерна на уровне 3,73-4,76 т/га с выходом 4,63-5,85 т/га кормовых единиц и содержанием сырого белка 11,4-12,8%. Технологии возделывания сортов сорго зернового обеспечили чистый энергетический доход на уровне 29,56-40,11 ГДж/га с коэффициентом энергетической эффективности 3,3-3,9. С энергетической точки зрения все изучаемые сорта сорго зернового можно считать эффективными.

**Ключевые слова:** сорт, зерновое сорго, урожайность, качество, энергетическая эффективность, сырой протеин, обменная энергия, кормовая единица.

**G.V. Metlina**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of cultivation technology of plowing crops;  
**V.V. Kovtunov**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of grain sorghum breeding and seed-growing;  
**O. A. Lushpina**, senior research associate;  
**S.A. Vasilchenko**, Candidate of Agricultural Sciences, senior research associate;  
*FSBSI All-Russian Research Institute of Grain Crops after I.G. Kalinenko (347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru)*

## **PRODUCTIVITY AND ENERGETIC EFFICIENCY OF GRAIN SORGHUM CULTIVATION**

To stabilize the production of forage grain in the dry parts of the Rostov region it is necessary to implement highly productive varieties of grain sorghum. With the help of the crop it's possible to solve the problems of maintenance of sustained productivity of grain every year. The researches were carried out in 2013-2015 by the All-Russian RI of Grain Crops named after I.G. Kalinenko to determine the efficiency of cultivation of grain sorghum varieties in the regions of unstable and insufficient humidity of the Rostov region. The agroclimatic conditions in the years of study significantly differed in the amount of precipitations, in the temperature regime, which allowed objectively evaluating the studied varieties. The article gives the results of the study of grain productivity and quality (the yield of fodder units, digestible protein, metabolizable energy content in the dry matter; the bioenergetic efficiency of grain sorghum cultivation has been considered). The varieties 'Khazine 28', 'Zernogradskoe 53', 'Luchistoe', 'Orlovskoe', 'Zernogradskoe 88' and 'Velikan', considered in the article, belong to the early and middle maturing groups of varieties and they have a high content of starch (74.1-76.0%). On average the studied varieties formed the grain productivity of 3.73-4.76 t/ha, with the fodder units of 4.63-5.85 t/ha and the content of raw protein of 11.4-12.8%. The cultivation technologies of grain sorghum produced net energetic profit of 29.56-40.11 GJ/ha with the coefficient of energetic efficiency of 3.3-3.9. According to the energy content all grain sorghum varieties are considered efficient.

**Keywords:** *variety, grain sorghum, productivity, quality, energetic efficiency, raw protein, metabolizable energy, fodder unit.*

**Введение.** Укрепления кормовой базы можно добиться возделыванием высокопродуктивных кормовых растений, биохимический состав которых соответствует зоотехническим нормам, а также расширением ассортимента кормовых культур [1,2]. Среди сельскохозяйственных культур в плане стабилизации производства фуражного зерна в засушливых регионах большие перспективы имеет сорго зерновое. Оно отличается исключительной засухоустойчивостью, высокой урожайностью, стабильностью урожаев

по годам [3]. Высокая продуктивность и кормовые достоинства ставят сорго в ряд наиболее перспективных кормовых культур. Зерно его питательно и служит хорошим концентрированным кормом для всех видов животных [4]. Сорта сорго зернового характеризуются высоким содержанием крахмала (69-83%). По этому показателю большинство сортов не только не уступают кукурузе, но и значительно превосходят её [5]. В условиях, где много тепла, но недостаточно влаги, у сорго среди зерновых и кормовых культур практически нет конкурентов [6]. В засушливых регионах юга России необходимо увеличить посевные площади засухоустойчивого сорго зернового. В зонах недостаточного увлажнения оно должно стать основной культурой, повышающей продуктивность севооборотов [7]. Систематическое изменение цен на материалы и услуги сопровождается постоянной инфляцией. В этой связи невозможно дать объективную экономическую оценку эффективности возделывания той или иной культуры, а также использования технологических приёмов [8, 9]. В последние годы в мировой практике наряду с традиционными методами оценки эффективности производства сельскохозяйственных продуктов посредством денежных и трудовых показателей всё большее значение приобретает метод энергетической оценки, учитывающий как количество энергии, затраченной на производство сельскохозяйственной продукции, так и аккумулированной в ней. Применение этого метода даёт возможность наиболее точно учесть и в сопоставимых энергетических эквивалентах выразить не только затраты энергии живого и овеществлённого труда на технологические процессы и операции, но также энергию, воплощённую в полученной продукции [10, 11].

Целью исследований являлось определение эффективности возделывания допущенных к использованию по РФ сортов сорго зернового селекции ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калининко в условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения Ростовской области.

**Материалы и методы.** Опыты были проведены на полях ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калининко в лаборатории технологии возделывания пропашных культур.

Почва опытных полей представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным, тяжелосуглинистым, с содержанием гумуса в пахотном слое – 3,5%. Почва имеет мелкозернистую структуру, рыхлое сложение, легко поддается обработке, обладает хорошей водопроницаемостью и влагоемкостью, способна накапливать значительные запасы влаги. Содержание общего азота в горизонте А – 0,23-0,26%, а общий запас его равен 20-30 т/га, азота легкогидролизуемого – 80-110 мг на 1 кг почвы, нитрификационного азота – 30-40 мг/кг почвы [12].

Посев сорго зернового проводили в оптимальные сроки широкорядным способом с шириной междурядий 70 см. Предшественник – озимая пшеница. Уход за посевами осуществляли по общепринятой технологии, рекомендованной для зоны исследования. В проведении наблюдений и учётов использовали методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами Ю.К. Новосёлова [13].

Статистическую обработку данных по урожайности проводили методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [14].

Агроклиматические условия в годы проведения исследований значительно различались как по количеству осадков, так и по температурному режиму, что позволило объективно оценить изучаемые сорта.

Так, в 2013 году сумма осадков за вегетационный период составляла 191,5 мм, однако они выпадали неравномерно по месяцам. В 2014 году повышенный температурный режим, недобор осадков в летние месяцы (99,2 мм, что ниже среднемноголетней нормы на 75,0 мм) и высокая почвенная и воздушная засухи отрицательно повлияли на формирование вегетативной массы растений. Метеорологические условия в 2015 году сложились весьма благоприятно для роста и развития растений сорго, большое количество осадков в июне (114,0 мм) способствовало формированию высокой урожайности зерна.

Среднемесячная относительная влажность воздуха в летние месяцы находилась в пределах 54,5-59,5% за годы исследований. В течение летнего периода вегетации отмечалось до 27 суховейных дней, когда относительная влажность воздуха снижалась до 17%.

Объектом исследования являлись сорта сорго зернового селекции ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко Хазине 28, Зерноградское 53, Лучистое, Орловское, Зерноградское 88, Великан.

Хазине 28 – раннеспелый сорт (98-100 дней), низкорослый (90-98 см). Зерно округлое, голозёрное, белое. Содержание белка в зерне – 12,0-13,5, крахмала – 72,5-78,0%. Предназначен для получения крахмала и спирта.

Зерноградское 53 – среднеспелый сорт (110-115 дней). Зерно овальное, голозёрное, красное. Содержание белка в зерне – 12,0-13,5, крахмала – 71,0-76,5%. Отличается универсальностью использования (зерно, зернофураж).

Лучистое – раннеспелый сорт (95-98 дней). Зерно округлое, голозёрное, оранжево-красное. Содержание белка в зерне – 11,5-13,0, крахмала – 72,5 -78,0%. Отличается высоким качеством зерна.

Орловское – раннеспелый сорт с вегетационным периодом 85-90 дней. Зерновка светло-коричневая, хорошо вымолачивается. Содержание белка – 12,0-13,0, крахмала – 74,0-78,0%. Отличается пластичностью, холодостойкостью, засухоустойчивостью.

Зерноградское 88 – раннеспелый сорт (92-95 дней) пищевого направления. Зерно эллиптической формы, белое, заметно открытое, вымолачивается умеренно. Содержание белка – 12,0-13,0, крахмала – 72,0-76,0%. Отличается высокой урожайностью, качеством зерна и универсальностью использования (спирт, крахмал, фураж).

Великан – раннеспелый сорт (95-100 дней), пищевого направления. Зерно округло-эллиптической формы, серовато-белое, легко вымолачивается. Содержание белка – 11,5-13,2, крахмала – 75,0-77,5%. Является одним из лучших сортов для производства крахмала и спирта.

**Результаты.** Проведённые исследования показали, что независимо от складывающихся погодных условий новые сорта сорго зернового Зерноградское 88 и Великан в сравнении со стандартом обладают более высокой и стабильной урожайностью по годам.

В среднем за годы исследований при возделывании сорта Зерноградское 88 и Великан было получено 4,76 и 4,51 т/га зерна, что на 27,6 и 20,9% выше, чем при возделывании стандартного сорта Хазине 28. Остальные изучаемые сорта превышали по урожайности зерна стандарт на 4,8-16,4% (табл. 1).

Наибольший сбор кормовых единиц и сырого протеина получен сортом сорго зернового Зерноградское 88 – 5,85 и 0,499 т/га соответственно. Сорт Великан по этим показателям был несколько ниже – 5,55 и 0,465 т/га.

1. Урожайность, питательная ценность и кормовые качества сортов сорго зернового, (2010-2015 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га	Сбор с 1 га, т		Содержание в 1 кг сухого вещества		Содержание крахмала, %
		кормовых единиц	сырого протеина	обменной энергии, МДж	переваримого протеина, г	
Хазине 28, st	3,73	4,63	0,395	13,23	89	74,4
Зерноградское 53	4,25	5,19	0,468	13,18	92	74,1
Лучистое	4,34	5,29	0,455	13,10	88	74,6
Орловское	4,14	5,05	0,406	13,10	82	76,1
Зерноградское 88	4,76	5,85	0,499	13,16	88	75,1
Великан	4,51	5,55	0,465	13,17	86	76,0

НСР <sub>05</sub>	0,21					
-------------------	------	--	--	--	--	--

Изучаемые сорта по содержанию обменной энергии в сухом веществе находились на уровне 13,10-13,23 МДж/кг. Наибольшее содержание переваримого протеина получено по сорту Зерноградское 53 – 92 г/кг сухого вещества. Остальные сорта находились в пределах 82-89 г/кг.

По содержанию крахмала, как одного из основных источников энергии в рационах животных, изучаемые сорта относятся к группе с высоким (71-75%) и очень высоким (>75%) содержанием крахмала.

Расчёты биоэнергетической эффективности возделывания сортов сорго зернового позволяют установить наиболее энергетически эффективные сорта по выходу энергии (табл. 2).

## 2. Биоэнергетическая эффективность возделывания сортов сорго зернового (2010-2015 гг.)

Сорт	Энергосо- держание урожае, ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Чистый энергети- ческий доход, ГДж/га	Энергоём- кость продукции, ГДж/т	Коэффициент энергетичес- кой эффектив- ности
Хазине 28, st	42,44	12,73	29,56	3,41	3,3
Зерноградское 53	48,17	13,25	34,92	3,12	3,6
Лучистое	48,89	13,34	35,55	3,07	3,7
Орловское	46,64	13,14	33,50	3,17	3,6
Зерноградское 88	53,87	13,76	40,11	2,89	3,9
Великан	51,08	13,51	37,57	3,00	3,8

Чистый энергетический доход у изучаемых сортов находился на уровне 33,50-40,11 ГДж/га, что выше стандарта на 3,94-10,55 ГДж/га. Максимальным этот показатель отмечен у сорта Зерноградское 88 – 40,11 ГДж/га.

Самым энергоёмким был сорт Хазине 28, где затраты энергии на единицу продукции составили 3,41 ГДж/т, остальные сорта по этому показателю были на уровне 3,17-2,89 ГДж/т.

Критерием оценки энергетического анализа служит коэффициент энергетической

эффективности, выражающий отношение энергии, содержащейся в урожае к общим энергетическим затратам, вложенным в производство этого урожая. Коэффициент энергетической эффективности стандартного сорта Хазине 28 составил 3,3. Остальные сорта по этому показателю были выше его –3,6-3,9.

Наиболее рациональным для возделывания в южной зоне Ростовской области является сорт Зерноградское 88, где показатель энергетической эффективности составил 3,9. Остальные изучаемые сорта были энергетически менее эффективные.

### **Выводы**

1. Агроэнергетическая оценка сортов сорго зернового показала, что изучаемые сорта в годы исследований сформировали урожайность зерна на уровне 3,73-4,76 т/га, что обеспечило сбор кормовых единиц и сырого протеина в пределах 4,63-5,85 и 0,395-0,499 т/га соответственно с высокими энергетическими показателями.
2. Наибольшая продуктивность и питательность зерна отмечена по сорту Зерноградское 88, где получены максимальная урожайность (4,76 т/га), наибольший сбор кормовых единиц (5,85 т/га) и сырого протеина (0,499 т/га), с содержанием энергии в урожае 53,87 ГДж/га при наименьшей энергоёмкости продукции 2,89 ГДж/т и при более высоком коэффициенте энергетической эффективности 3,9.

### **Литература**

1. Кукреш, Л.В. Инновационные технологии – основа развития АПК / Л.В. Кукреш, П.П. Казакевич // Научно-инновационная деятельность АПК: матер. 4-й межд. научн.-практ конф. – Минск: БГАТУ, 2010. – С.14-22.
2. Глуховцев, В.В. Интродукция нетрадиционных растений в лесостепи Среднего Поволжья / В.В. Глуховцев, В.Ф. Казарин // Аграрная наука. – 2005. – №4. – С.13-14.
3. Бычкова, В.В. Переваримость *in vitro* и состав крахмала у линий и гибридов F1 зернового сорго / В.В. Бычкова, Л.А. Эльконин // Кукуруза и сорго. – №4. – 2012. – С.11-13.
4. Алабушев, А.В. Эффективность производства сорго зернового / А.В. Алабушев, Л.Н. Анипенко. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга» 2002. – 192 с.
5. Ковтунов, В.В. Селекция сорго зернового на содержание крахмала / В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. – №6(12). – 2010. – С.32-34.

6. Лушпина, О.А. Увеличение производства фуражного зерна в засушливых регионах Северного Кавказа / О.А. Лушпина, Н.А. Беседа, В.В. Ковтунов // Кормопроизводство. – №10. – 2009. – С. 11-13.
7. Рекомендации по возделыванию сорго зернового / А.В. Алабушев, С.И. Горпиниченко, Г.В. Метлина, В.В. Ковтунов, С.А. Васильченко, О.А. Лушпина, О.Д. Шарова. – Ростов- на-Дону: ЗАО «Книга», 2013. – 32 с.
8. Посыпанов, Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур/ Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – М.: МСХА, 1995. – 32 с.
9. Метлина, Г.В. Агроэнергетическая эффективность возделывания новых сортов и гибридов сорго сахарного / Г.В. Метлина, С.И. Горпиниченко, Н.А. Ковтунова, С.А. Васильченко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ.–2015. – №114. – С.288-297.
10. Базаров, Е.И. Агроэнергетика / Е.И. Базаров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 156 с.
11. Булаткин, Г.А. Энергетическая эффективность удобрений / Г.А. Булаткин // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – №8. – С.31-38.
12. Бельтюков, Л.П. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону / Л.П. Бельтюков, А.А. Гриценко. – Зерноград, 1993. – 226 с.
13. Новосёлов, Ю.К. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Новосёлов, Г.Д. Харьков, Н.С. Шеховцова. – М.: Полиграфия ВИК, 1983. – 198 с.
14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 335 с.

#### **Literature**

1. Kukresh, L.V. Innovative technologies as a basis of the development of AIC / L.V. Kukresh, P.P. Kazakevich // Science-innovative activity of AIC: materials of the 4-th intern. sc.-pract. confer. – Minsk: BSAU, 2010. – PP.14-22.
2. Glukhovtsev, V.V. Introduction of non-traditional plants in the forestry steppe of the Middle Povolzhie / V.V. Glukhovtsev, V.F. Kazarin // Agrarian Science. – 2005. – №4. – PP.13-14.
3. Bychkova, V.V. Digestion ‘in vitro’ and the content of starch in the lines and hybrids F<sub>1</sub> of grain sorghum/ V.V. Bychkova, L.A. Elkonin. – Maize and sorghum.– 2012. – №4. – PP.11-13.
4. Alabushev, A.V. Efficiency of grain sorghum production / A.V. Alabushev, L.N. Anipenko. – Rostov-on-Don: ZAO ‘Kniga’, 2002. – 192 p.
5. Kovtunov, V.V. Grain sorghum breeding on starch content / V.V. Kovtunov, S.I. Gorpnichenko. Grain Economy of Russia. – №6(12). – 2010. – PP.32-34.

6. Lushpina, O.A. Increase of forage grain production in the dry regions of the Northern Caucasus / O.A. Lushpina, N.A. Beseda, V.V. Kovtunov. – Fodder production. – №10. – 2009. – PP. 11-13.
7. Recommendations on the cultivation of grain sorghum / A.V. Alabushev, S.I. Gorpichenko, G.V. Metlina, V.V. Kovtunov, S.A. Vasilchenko, O.A. Lushpina, O.D. Sharova. – Rostov-on-Don, ZAO 'Kniga', 2013. – 32 p.
8. Posypanov, G.S. Energetic assessment of cultivation technology of field crops / G.S. Posypanov, V.E. Dolgodvorov. – M.: MAA, 1995. – 32 p.
9. Metlina G.V. Agroenergetic efficiency of the cultivation of new varieties and hybrids of sweet sorghum / G.V. Metlina, S.I. Gorpichenko, N.A. Kovtunova, S.A. Vasilchenko // Poly thematic e-journal KubSAU, 2015. – №114. – PP. 288-297.
10. Bazarov, E.I. Agroenergetics / E.I. Bazarov. – M.: Agropromizdat, 1987. – 156 p.
11. Bulatkin, G.A. Energy efficiency of the fertilizers / G.A. Bulatkin // Use of chemicals in agriculture. – 1990. – №8. – PP. 31-38.
12. Beltyukov, L.P. Use of the fertilizers for grain crops on Don / L.P. Beltyukov, A.A. Gritsenko. – Zernograd, 1993. – 226 p.
13. Novoselov, Yu.K. Methodical recommendations on the conducting field trials with fodder crops / Yu.K. Novoselov, G.D. Kharkov, N.S. Shekhovtsova. – M.: Poligraphiya VIK, 1983. – 198 p.
14. Dospikhov, B.A. Methods of field trials/ B.A. Dospikhov. – M.: Kolos, 1985. – 335p.