

## СОРГО КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА

**Бритвин В.В.**, м.н.с., зав. лаб. селекции сорго

**Болдырева Л.Л.**, к.с.-х.н., доцент

ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет»

*Показаны результаты расчетов выхода спирта при использовании в качестве сырья зерна сорго зернового сорта Крымбел и надземной массы сортов сорго сахарного Крымское 15 и Памяти Шепеля.*

**Ключевые слова:** сорго, сорта, биоэтанол, производство.

**Введение.** В настоящее время лидерами по производству биологического этанола являются сахарный тростник (Бразилия) и кукуруза (Америка). Так как в сахарном тростнике количество сахара и крахмала намного выше, нежели в кукурузе, то и конечная цена топлива в Бразилии значительно ниже. Еще в ряде стран этанол получают из сахарной свеклы, многих зерновых культур, картофеля и даже из риса и целлюлозы.

Украина имеет благоприятные условия для производства биотоплива из выращиваемого сельскохозяйственного сырья. По мнению экспертов, общий объем потенциально производимого «зеленого» дизеля и моторного этанола может достигать 500 тыс. т ежегодно, что позволит обеспечить до 60% общей потребности страны в дизтопливе и до 10% в бензине. В Украине с 2013 г. предусмотрено поэтапное увеличение нормативной примеси биоэтанола в моторном бензине, в частности, в 2013-2015 гг. – 5%, а с 2016 г. – не менее 7%.

Среди множества культур, пригодных для изготовления этанола, одной из наиболее перспективных считается сорго. Как растение  $C_4$  сорго обладает высокой фотосинтетической эффективностью и может за короткий срок формировать мощную биомассу, богатую энергией. При этом в сорго значительная часть энергии заключена в веществах, легко конвертируемых в этанол. В сорго сахарном таким веществом является комплекс сахаров сока стеблей, в сорго зерновом – крахмал зерна [1, 2, 3].

**Методика исследований.** Научные исследования проводились в течение 2007-2009 гг. в специальном селекционном севообороте, который размещён на опытном поле ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет». При закладке опытов руководствовались специальными методами полевого опыта (Б. А. Доспехов, 1985), методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Размещение делянок в предварительном испытании сорго сахарного проводилось систематическим методом. Элементарные делянки двухрядковые, площадью  $14 \text{ м}^2$ , повторность трехкратная. Испытание сорта сорго зернового Крымбел проводилось в конкурсном испытании, повторность четырехкратная, площадь делянки  $21 \text{ м}^2$ .

Учет урожая и содержания сахаров в соке стеблей проводили в фазу полной спелости зерна. Выход сахара с гектара и спирта находили расчетным путем. Биохимический анализ зеленой массы и зерна сорго проводился в Аттестованной испытательной лаборатории экологической безопасности земель и качества продукции (г. Симферополь) по следующим показателям: содержание протеина, клетчатки, жира, БЭВ и золы.

**Объект исследований:** сорта сорго сахарного Крымское 15 и Памяти Шепеля, сорт сорго зернового Крымбел.

**Предмет исследований:** оценка зарегистрированных сортов сорго сахарного и зернового как сырья для производства биоэтанола.

**Обсуждение результатов.** В мире большая часть биоэтанола производится из сока сахарного тростника и зерна кукурузы. Сорго сахарное и зерновое вполне способны стать альтернативой для обоих традиционных видов сырья. Следует отметить, что сорго имеет ряд преимуществ:

- сорго – растение, которое имеет ряд невероятно ценных свойств: оно устойчиво к таким неблагоприятным условиям, как засуха, и может расти при отсутствии искусственного орошения;

- под посевами сорго можно использовать площади, не пригодные для так называемого «классического земледелия» - глинистые или засоленные почвы, а также на землях сельскохозяйственного назначения, где наблюдается загрязнение почвы в результате хозяйственной деятельности предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых. Таким образом, для возделывания этой культуры не требуется высвобождения дополнительных площадей, что повлекло бы повышение цен на продовольствие;

- данная культура имеет короткий вегетационный период и отличается высокой урожайностью. Вес биомассы с одного га на суходоле может составить 30–50 тонн и на орошение 100–150 тонн.

Как показали наши исследования, в среднем за три года испытания зарегистрированные сорта сорго сахарного селекции нашего университета «Крымское 15» и «Памяти Шепеля» сформировали урожайность надземной массы 42,3 и 35,9 т/га. В 1 т зеленой массы у сорта «Крымское 15» содержится 2,25 ГДж энергии, у сорта «Памяти Шепеля» – 2,53 ГДж энергии (табл. 1).

Таблица 1

**Биоэнергетическая оценка сортов сорго сахарного (среднее 2007-2009 гг.)**

Показатели	Сорт Крымское 15	Сорт Памяти Шепеля
Урожайность надземной массы, т/га	42,3	35,9
Содержание обменной энергии, ГДж/га	95,5	90,9
Содержание обменной энергии в 1 т надземной массы, ГДж	2,25	2,53

Выход листостебельной массы составил 34,7 и 28,4 т/га, при отжиме которой получили расчетный выход сахара 2,69 (содержание сахаров в соке

стеблей 14,8%) и 2,21 (содержание сахаров в соке стеблей 16,4%) т/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2

**Расчетные показатели выхода спирта из сока сорго сахарного (среднее за 2007-2009 гг.)**

Название сорта	Выход сока, т/га	Количество сбраживаемых углеводов, т/га	Выход спирта, дал/га	Выход спирта, дал/1 т сырья
Крымское 15	18,2 (урожайность надземной массы 42,3 т/га)	2,69 (содержание сахаров в соке 14,8%)	159,2	8,8 (в пересчете на сок), 3,8 (в пересчете на надземную массу)
Памяти Шепеля	13,5 (урожайность надземной массы 35,9 т/га)	2,21 (содержание сахаров в соке 16,4%)	130,8	9,7 (в пересчете на сок), 3,6 (в пересчете на надземную массу)

При переработке такого количества сахара получили выход спирта 159,2 дал/га (сорт Крымское 15) и 130,8 дал/га (сорт Памяти Шепеля).

Оставшийся после отжима сорговый жом (багасса) также обладает большим энергетическим потенциалом – в ней сосредоточено 2/3 общего запаса энергии. Багассу можно использовать для изготовления биоэтанола, биобутанола, топливных брикетов и пеллет, биогаза и др.

Не следует забывать и о зерновой части. Расчеты показывают, что при урожайности сорта сорго зернового сорта «Крымбел» (содержание крахмала 70%) в среднем за 2007-2009 гг. 2,8 т/га, переработка такого количества зерна обеспечивает 125,8 дал (44,9 дал/1 т сырья) спирта (табл. 3).

Таблица 3

**Расчетные показатели выхода спирта из зерна сорго сахарного и зернового (среднее за 2007-2009 гг.)**

Название сорта	Урожайность зерна, т/га	Количество сбраживаемых углеводов, т/га	Выход спирта, дал/га	Выход спирта, дал/1 т сырья
Крымбел (сорго зерновое)	2,8	2,04 (содержание крахмала 70%)	125,8	44,9
Крымское 15 (сорго сахарное)	2,4	1,65 (содержание крахмала 69%)	101,7	42,3
Памяти Шепеля (сорго сахарное)	2,2	1,36 (содержание крахмала 62%)	83,8	38,1

Зерно сорго сахарного менее ценно, чем зернового. При урожайности зерна сорта сорго сахарного «Крымское 15» (содержание крахмала 69%) 2,4 т/га, выход спирта составил 101,7 дал/га (42,3 дал/1 т сырья). При урожайности зерна сорта «Памяти Шепеля» 2,2 т/га (содержание крахмала 62%), выход спирта составил 83,8 дал/га (38,1 дал/1 т сырья).

Следовательно, только при переработке сока и зерновой части с урожая надземной массы на спирт сорт «Крымское 15» в среднем за 2007-2009 гг.

обеспечил расчетный выход 260,9 дал/га и сорт «Памяти Шепеля» – 214,6 дал/га биоэтанола.

В настоящее время лаборатория селекции сорго ЮФ НУБ и П Украины занимается созданием форм сорго сахарного характеризующиеся не только высоким потенциалом урожайности надземной массы и содержащие в соке стеблей свыше 22% сахаров, но и формирующие высокий урожай безтанинового зерна с высоким содержанием крахмала.

#### **Выводы:**

1. В результате проведенных исследований установлено, что при переработке 1 т зерна сорго зернового сорта Крымбел получается выход спирта 45,0 дал (при урожайности 2,8 т/га получили выход спирта 125,8 дал/га).

2. Наиболее перспективнее на производство биоэтанола использовать сорго сахарное в сравнении с зерновым, так как в качестве сырья применяется не только зерновая часть, но и сок, содержащийся в стеблях.

#### **Список использованных источников:**

1. Кадыров С. В. Сорго в ЦЧР (научное издание) / С. В. Кадыров, В. А. Федотов, А. З. Большаков и др. – Ростов н/Д : ЗАО «Ростиздат», 2008. – 80 с.
2. Шепель Н. А. Сорго / Н. А. Шепель. – Волгоград, 1994. – 448 с.
3. Wortmann C. S. Dryland Performance of Sweet Sorghum and Grain Crops for Biofuel in Nebraska / C. S. Wortmann, A. J. Liska, R. B. Ferguson, D. J. Lyon, R. N. Klein and I. Dweikat // *Agronomy Journal*. – Washington, 2010. – №102. – P. 60–70.

**Бритвин В.В., Болдырева Л.Л.**  
**Сорго як сировина для виробництва біоетанолу.**

Показані результати розрахунків виходу спирту при використанні як сировина зерна сорго зернового сорту Крымбел і надземної маси сортів сорго цукрового Кримське 15 і Пам'яті Шепеля.

**Ключові слова:** сорго, сорти, біоетанол, виробництво.

**Britvin V.V., Boldyreva L.L.**  
**Sorghum as raw material for the production of bioethanol.**

The results of calculations of exit of alcohol are shown at using as raw material of grain of sorghum of grain-growing sort of Krimbel and above-ground mass of sorts of sorghum saccharine Crimean 15 and to Pamyati Shepelya.

**Keywords:** sorghum varieties, bioethanol production.