

сов, контролирующих состав α - и β -амилаз зерна пшеницы с какими-либо признаками качества муки в цитируемых работах найдено не было.

ЛИТЕРАТУРА

1. James M., Denyer K., Myers A. Starch synthesis in the cereal endosperm. // *Current Opinion in Plant Biol.* – 2003. – Vol. 6. – P. 215–222.
2. Bechtel D., Zayas I., Kaleikau L., Pomeranz J. Size distribution of wheat starch granules during endosperm development // *Cereal Chem.* – 1990. – Vol. 67. – P. 59–63.
3. Nakamura T., Jamamori M., Hirano H., Hidana S., Nagamine T. Production of waxy (amylase-free) wheat // *Mol. Gen. Genet.* – 1995. – Vol. 248. – P. 253–259.
4. Jamamori M., Selection of wheat lacking a putative enzyme for starch synthesis, SGP-1 // *Proc. 9-th Intl. Wheat Genet. Symp.* – 1998. – Vol. 4. – P. 300–302.
5. Nagamine T., Joshida H., Komae K. Varietal differences and chromosome locations of multiple isoforms of starch branching enzymes in wheat endosperm // *Phytochem.* – 1997. – Vol. 46. – P. 23–26.
6. Chao S., Sharp P., Worland E., Koeber R., Gale M. RELP-based genetic map of wheat homeologous group 7 chromosomes // *Theor. Appl. Genet.* – 1989. Vol. 78. – P. 495–504.
7. Созинов А. А., Копусь М. М. Мутация глиадинокодирующего локуса хромосомы 1D // *Цитология и генетика.* – 1983. – Т.17. – №2. – С.19–24.
8. Копусь М. М. Супермутант компонентного состава глиадина мягкой пшеницы (эффект «пустого» геля). // *Докл. ВАСХНИЛ.* – 1987. – №1. С.5–6.
9. Takata K., Nishio Z., Iriki N., Tabiki T., Funatsuki W., Jamaushi H. Comparison of quality characteristics of Waxy wheat using a near isogenic line // *Breeding Science.* – 2005. – Vol. 55. – P. 87–92.
10. Ainsworth C., Doherty P., Edwards K., Martienssen R., Gale M. Allelic variation of α -amylase loci in hexaploid wheat // *Theor. Appl. Genet.* 1985. – Vol. 70. – P. 400–406.

ИНФОРМАЦИЯ

УДК:633.174:661.72

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА ИЗ СОРГО

С.И. Горпиниченко, В.В. Ковтунов,
Всероссийский научно-исследовательский институт
зерновых культур им. И.Г. Калининко

В статье освещены достижения отечественной и зарубежной науки в области альтернативных источников энергии с использованием возобновляемых ресурсов – растительного сырья.

In the article these are elucidated domestic and foreign science achievements in the field of alternative energy sources with the usage of renewal resources – vegetable raw materials.

Ключевые слова: сорго, зерно, сорт, нефть, энергия, сырьё, топливо, литр, биоэтанол, биогаз, биодизель.

Key words: sorghum, grain, variety, oil, en-

ergy, raw materials, fuel, liter, bioethanol, biogas, biodiesel.

Рост мировых цен на нефть, быстрое истощение её запасов, ухудшение экологической обстановки, особенно в крупных городах мира, уже давно поставили во многих странах проблему создания экологически чистых возобновляемых источников энергии. Различные формы энергии биомассы могут использоваться в качестве автомобильного топлива. Есть несколько видов топлива, которые можно получить из биомассы – биогаз (преимущественно метан), био-

дизель и биоэтанол (зелёный бензин). Считается, что именно топливный этанол имеет наибольший потенциал, учитывая неисчерпаемые источники его получения. Ими могут быть травянистые растения, отходы сельского хозяйства и деревообрабатывающей промышленности [1, 2].

Лидерами потребления автомобильного биотоплива являются Бразилия, где каждая вторая продаваемая машина использует спиртосодержащее топливо из сахарного тростника (в этой стране 1 литр биоэтанола на 45% дешевле 1 литра бензина), и США (табл. 1) [1].

1. Мировое производство этанола по годам, млн л

| Страна | Годы | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|---------|---------|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| США | 13362 | 16117 | 19946 | 24564,7 | 34776 |
| Бразилия | 15078 | 15978 | 16977 | 18972,6 | 24464,9 |
| Китай | 3643 | 3795 | 3845 | 1837,1 | 1897,18 |
| Индия | 1746 | 1697 | 1897 | 199,58 | 249,48 |
| Франция | 827 | 907 | 948 | – | – |
| Германия | 268 | 430 | 746 | – | – |
| Россия | 748 | 748 | 649 | – | – |
| ЮАР | 415 | 389 | 387 | – | – |
| Великобритания | 400 | 351 | 279 | – | – |
| Испания | 298 | 298 | 463 | – | – |
| Таиланд | 279 | 298 | 352 | 299,37 | 339,4 |
| Колумбия | – | – | 279 | 283,12 | 299,37 |
| Евросоюз | – | – | – | 2155,73 | 2773 |
| Весь мир | – | 45927 | 50989 | 49524,4 | 65527,1 |

Именно на них приходится около 95% всего мирового производства биоэтанола. Невысокая себестоимость производства этанола (0,19 долларов за литр в Бразилии, 0,33 – в США и 0,55 – в ЕС) делает биотопливо дешевле бензина. В 2008 году в США было произведено 34,7 млрд литров этанола, это почти в 2 раза больше, чем в 2006 году, 90% его получают из кукурузы и 8% из сорго. На эти цели идёт уже сейчас до четверти урожая кукурузы и 15% урожая сорго США. Благодаря производству топливного этанола США ежегодно экономит 8,7 млрд долларов на импорте нефтепродуктов. Вторая страна по производству этанола – Бразилия. В 2008 году общее производство этанола в стране достигло 24,5 млрд литров. Сегодня он занимает около 20% обще-

го объёма топливного рынка этой страны. По мнению аналитиков с 2005 по 2010 годы объёмы экспорта этанола из Бразилии вырастут в 2 раза – с 600 млн до 1,3 млрд долларов.

Интенсивное использование растительного сырья в производстве биоэтанола наблюдается в последние годы в странах Евросоюза. Этому способствовало принятие ряда директив Евросоюза и мер государственной поддержки, согласно которым производители обязаны обеспечить производство топлива с содержанием биологических добавок.

К 2010 году долю биоэтанола в общем потреблении нефтяного топлива планируется довести до 5,75%, что потребует дополнительно около 10 млн тонн растительного сырья (табл. 2).

2. Обязательная доля (по закону) биоэтанола в топливе

| Страна | Доля, % | Год достижения |
|----------|---------|----------------|
| Евросоюз | 5,75 | 2008 |
| Китай | 5 | 2010 |
| Бразилия | 2 | 2008 |
| | 5 | 2013 |

| | | |
|----------------|------------|--|
| Индия | 5 | 2010 |
| Таиланд | 10 | 2010 |
| Великобритания | 5 | 2010 |
| США | 5 | 2010 |
| | 30 | 2030 |
| Япония | 5 | 2010 |
| Россия | не менее 5 | разрабатываются стандарты бензина с добавлением биоэтанола |

Россия также имеет все объективные предпосылки для организации производства биоэтанола в больших масштабах. Целесообразность этого будет определяться наличием доступного и дешевого сырья. По мнению Михаила Сутягинского, одного из российских экспертов в сфере использования биоэтанола на транспорте, в ближайшие 5–7 лет в России появятся свои заводы по производству альтернативного топлива. Будет их не менее десятка.

О своём намерении построить предприятия по производству биоэтанола уже сейчас заявили компании Астон, Башнефть-Юг, Югтранзитсервис (ЮТС), Казахстанская «БМ» (в Белокалитвинском районе), предлагая свои собственные экспортно-ориентированные проекты. Планируется открыть крупное биотопливное производство в Татарстане и несколько более мелких в ряде регионов (Омске, Томске, Волгоградской, Липецкой, Пензенской, Ростовской и других областях).

В ближайшее время ожидается изменение законодательства в отношении биотоплива. Сейчас в России начинает изменяться законодательная база: принимается полный перечень законодательных актов, для того чтобы этанол стал отдельным продуктом именно как топливная составляющая. При этом в России появилось то, чего не было ранее – намерение использовать биотопливо на внутреннем рынке: сейчас в РФ на государственном уровне разрабатываются стандарты бензинов с добавлением биоэтанола.

Достижения различных стран – развитых и развивающихся – в области производства и потребления биотоплива открывают перед Россией значительные перспективы как для решения локальных энергетических проблем на современном этапе, так и в плане выхода нашей страны в качестве крупного поставщика биотоплива на мировые и европейские рынки

(Китай, Индия, Япония, Евросоюз). Экспорт транспортного этанола может стать в перспективе серьёзным источником валюты и экологически чистым энергетическим товаром России на международном топливном рынке. Потенциальный размер рынка российского биоэтанола оценивается экспертами в 650 тыс. тонн. Возможная российская доля в мировом производстве биоэтанола – 10–15%.

В России традиционно для производства этилового спирта в разное время использовались зерновые культуры и картофель. Самую низкую себестоимость имеет биоэтанол из сахаросодержащего материала и зерна кукурузы (табл. 3) [2].

3. Эффективность производства биоэтанола

| Сырьё | Объём производства с площади 1 га, м ³ | Стоимость долл./м ³ |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Сахарная свекла (цена 15 евро/т) | 2,5–3,0 | 300–400 |
| Сахарный тростник | 3,5–5,0 | 160 |
| Кукуруза | 2,5 | 250–400 |
| Пшеница | 0,5–2,0 | 380–400 |
| Картофель | 1,2–2,7 | 800–900 |
| Сорго сахарное | 3,0–5,0 | 200–300 |

Сравнительный анализ различных видов сырья для получения этанола показывает, что наиболее дешевым он получается при использовании сахарного тростника – 160 долл. за 1 м³, сорго сахарного – 200–300 долл. за 1 м³ и зерна кукурузы – 250–400 долл. за 1 м³.

Потенциально с учётом вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель, в России возможно расширение посевов под данными культурами (сорго и кукуруза) до 1,8 млн га, что позволит произвести к 2010 году порядка 1,2 млн тонн биоэтанола без нарушения севооборотов других сельскохо-

зяйственных культур. Это составит порядка 4,4% от общего потребления бензина в России.

Мировая потенциальная потребность в этаноле составляет 2 млрд тонн в год, а современное мировое производство биоэтанола – 35,3 млн тонн в год, прогнозируемое потребление его к 2010 году – 56 млрд литров.

В настоящее время Россия располагает мощностями, применяющими гидролизные технологии, позволяющие вырабатывать технический гидролизный спирт. Однако гидролизные технологии, основанные на использовании серной кислоты, являются экологически вредными. Необходимо разрабатывать современные экологически чистые технологии получения транспортного этанола. Причём с энергетической и экономической точки зрения зерновой этанол превосходит все виды топлива из используемого сырья, а этанол, произведённый из биомассы, – следующий значительный шаг вперёд.

Поэтому необходимо искать новые биологически безопасные сырьевые источники сахарозы и крахмала. В этом плане представляет интерес культура сорго (сорго зерновое и сорго сахарное). Сорго можно возделывать на биоэтанол на юге России и в Поволжье. В ближайшие 10–20 лет сорго можно возделывать в Российской Федерации на площади 1,5–1,8 млн га, особенно в зонах, подверженных острой засухе. Причём, в южной зоне РФ – на площади 500–600, в Поволжье – 600–800 тыс. га.

В настоящее время в Ростовской области площадь, занятая под культурой сорго, не велика и составляет более 50 тыс. га, но в годы, последующие после ряда засушливых, например как 2007 г., интерес к культуре резко возрастает. Поэтому в связи с потеплением климата, дешевизной зерна и острой засухой в период вегетации растений сорго, возможно

расширение посевов на перспективу до 100–150 тыс. га сорго зернового и 150–200 тыс. га на зелёную массу. В условиях Ростовской области сорго – одна из наиболее перспективных культур наряду с пшеницей и подсолнечником. При уровне затрат на возделывание сорго зернового 2,5 тыс. рублей на 1 гектар, урожайности от 3 до 5 т/га зерна и цене реализации зерна 3 тыс. руб. за 1 тонну прибыль составляет 7–10 тыс. рублей с гектара. Учитывая то, что сорго сеют по худшим предшественникам, на засоленных землях и в районах с выпадением осадков менее 300 мм в год, где кукуруза не формирует урожай зерна, использование культуры сорго в качестве альтернативного источника топлива наиболее актуально.

Культура сорго является наиболее высокоэнергетической, исходя из следующих показателей.

– высокий фотосинтетический потенциал (в 2 раза выше, чем сахарная свекла, пшеница, соя и др. культуры);

– низкая потребность в воде (значительно ниже, чем кукуруза, ячмень, рис, пшеница). Так на образование единицы сухого вещества сорго расходует 300 частей воды, кукуруза – 388, пшеница – 515, ячмень – 543, горох – 730, подсолнечник – 895;

– высокая устойчивость к засухе (высокая ксерофитность, мощная корневая система с избирательной способностью, плотный эпидермис, белый восковидный налёт на листьях в период высоких температур). Более того, сорго способно приостанавливать рост в период особо неблагоприятных условий для роста и развития, оставаясь в анабиозе до наступления благоприятных условий;

– высокая урожайность (5–6 т/га зерна и 60–80 т/га зелёной массы);

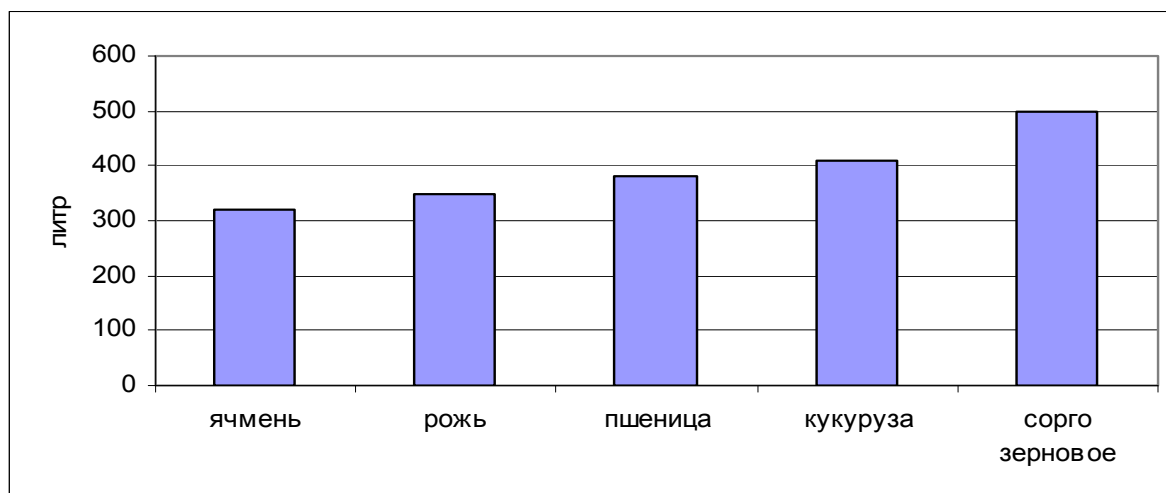


Рис. Выход этанола в литрах из тонны сырья, 90% конверсия крахмала в этанол

– возможность получать 4–5 т этанола с 1 га посевов (выход из одной тонны сорго 0,5 т этанола при содержании крахмала 70% и более, из ячменя – 0,33 т, пшеницы – 0,37 т, кукурузы – 0,41 т) (см. рисунок);

– низкая норма высева (7–10 кг/га);

– выход сахара 5–7 т/га и целлюлозы 15 т/га (сухой багассы) из сорго сахарного, а также 3–5 м³ этанола с 1 га посевов.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте зерновых культур им. И.Г. Ка-

линенко (ВНИИЗК им И.Г. Калининко) создан уникальный генофонд по сорго зерновому и сахарному. В настоящее время институт располагает необходимым набором адаптивных сортов, гибридов и технологий возделывания сорго зернового с высоким содержанием крахмала в зерне выше 70% (72–75%).

Созданы сорта сорго зернового Лучистое, Аист, Орловское, Хазине 28, Зерноградское 53 с потенциалом урожайности 4,5–6,0 т/га и выходом спирта 2,1–3,0 т/га (табл. 4).

4. Урожайность зерна, содержание крахмала и выход спирта из сортов и гибридов сорго зернового, (2006–2008 гг.)

| Сорт, гибрид | Урожайность зерна, т/га | Содержание крахмала, % | Теоретический выход спирта с 1 га, л. |
|------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Лучистое | 5,8 | 75 | 2980 |
| Пищевой 227 – F ₁ | 6,0 | 70 | 2880 |
| Аист | 4,8 | 70 | 2304 |
| Орловское | 4,5 | 68 | 2088 |
| Зерноградское 53 | 5,8 | 69 | 2405 |
| Хазине 28 | 5,4 | 73 | 2700 |

*Примечание: теоретический выход безводного спирта из 1 т крахмала = 71,98 дкл.

Сорт Орловское с вегетационным периодом 80–85 дней отличается холодостойкостью, засухоустойчивостью.

Сорт Лучистое сочетает высокую урожайность 5,8 т/га с высоким содержанием крахмала в зерне (75%).

Для производства этанола необходимо новое поколение белозёрных сортов и гибридов сорго зернового с высокой засухоустойчивостью, высокоурожайных, низкорослых,

солевыносливых с содержанием крахмала в зерне 70–75%, с низкой уборочной влажностью зерна, не требующих дополнительной сушки.

ВНИИЗК располагает уникальным селекционным материалом для создания новых сортов и гибридов сорго сахарного с высоким содержанием моносахаров, отвечающих требованиям производства этанола. И если ранее (в начале работы) содержание сахаров в соке

стеблей не превышало 10–12%, то в настоящее время имеются сорта и селекционный материал с содержанием сахаров в соке стеблей до 16–18%.

Значительная часть земель Южного феде-

рального округа (ЮФО) позволяет возделывать сорта сорго сахарного с содержанием сахаров в соке стеблей 14–15%, вегетационным периодом 110–120 дней, выходом спирта 3,2–6,0 т/га (табл.5).

5. Урожайность зелёной массы, содержание сахаров в соке стеблей и выход спирта из сортов и линий сорго сахарного, (2006–2008 гг.)

| Сорт, образец | Урожайность зелёной массы, т/га | Содержание сахаров в соке стеблей, % | Теоретический выход спирта с 1 га, л |
|----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Зерноградский янтарь | 40 | 14,1 | 3322 |
| Зерноградское 33 | 41 | 13,9 | 3357 |
| Зерноградское 28/49 | 40 | 13,6 | 3204 |
| К 1670 | 64 | 15,0 | 5654 |
| К 470 | 62 | 17,0 | 6208 |
| К 451 | 50 | 17,0 | 5006 |

*Примечание: теоретический выход безводного спирта из 1 тонны инвертного сахара составляет 58,9 дкл.

Наиболее целесообразно размещение сорго сахарного в южной и восточной зонах Ростовской области, так как ареал возделывания сорго сахарного для производства сиропа ограничен. Высокое содержание сахаров в растениях накапливается только в южной зоне России, где среднегодовая сумма активных температур 2800–3000° (субъекты ЮФО). При наборе меньшей суммы температур идёт снижение накопления сахаров.

Для этого необходимы:

– новые высокоурожайные белозёрные сорта и гибриды сорго с высоким содержанием сахаров, крахмала и минимизацией сроков созревания;

– усовершенствование существующих ресурсосберегающих технологий и комплексов машин для производства сырья при получении биоэтанола;

– строительство новых комплексов для выращивания и переработки биомассы сорго в основных районах соргосеяния.

Учитывая ситуацию в мире с производством энергии из ископаемых источников, достижения отечественной и зарубежной науки в области альтернативных источников с возобновляемыми ресурсами и результаты нашей селекции сортов и гибридов сорго зернового и сахарного можно сделать следующее заключение, что технология получения биоэтанола из зерна сорго зернового и биомассы сорго сахарного (естественного сахароноса) экономич-

чески целесообразна. Затраты на производство зерна сорго в 2 раза ниже затрат на производство зерна пшеницы, а выход спирта из 1 тонны зерна сорго при содержании крахмала более 70% составляет 45, у пшеницы – 37, у кукурузы – 38 дкл. Сорго – уникальная засухоустойчивая и высокоурожайная культура, с простой технологией возделывания. Новые сорта и гибриды сорго формируют на 1 га урожайность зерна от 3–4 тонн в засушливые годы и до 5–6 тонн в благоприятные по увлажнению годы, а также биомассы сорго сахарного от 30–40 до 50–60 т соответственно. При этом расчётное производство этанола составляет от 2,5–3,0 т из сорго зернового до 3,3–5,0 т из сорго сахарного в зависимости от почвенно-климатических зон. Оценивая перспективы производства биоэтанола, следует отметить, что при действующих ценах на бензин его производство экономически выгодно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лачуга Ю.Ф. Нетрадиционная энергетика в сельском хозяйстве / Ю.Ф. Лачуга // Перспективы, опыт производства и использования альтернативных видов топлива в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. – Зерноград: ВНИИПТИМЭСХ, 2007. – С. 9–14.

2. Малиновский Б.Н. Проблемы и перспективы производства и использования новых энергетических технологий в сельскохозяйственном производстве России / Б.Н. Малиновский // Перспективы, опыт производства и использования альтернативных видов топлива в сельском хозяйстве. – Сб.

науч. тр. – зерноград: ВНИИПТИМЭСХ, 2007. – С. 81–86.

Пшеница твердая озимая

АМАЗОНКА

Создан Всероссийским научно-исследовательским институтом зерновых культур им. И.Г. Калиненко. Включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Северо-Кавказскому региону с 2009 года.

Авторы: Белобородова Т.В., Дубинина О.А., Иличкина Н.П., Ионова Е.В., Ковтун В.И., Ковтун Л.Н., Самофалова Н.Е.

Происхождение. Выведен методом внутривидовой ступенчатой гибридизации с использованием в скрещиваниях двух сортов тургидной озимой пшеницы селекции ВНИИЗК (Донской янтарь и Терра).

Общая характеристика. Разновидность – валенсия. Колос пирамидальный, белый, опушенный, короткий (6,4 см), среднеплотный. Ости белые, длинные, параллельные длине колоса, грубые, зазубренные. Колосковая чешуя ланцетная, на 2/3 прикрывает цветочную. Зубец короткий (1,5–2 мм) слегка изогнутый. Киль выражен сильно. Плечо отсутствует или очень узкое. Зерно белое, удлиненное, крупное (масса 1000 зерен – 45,9 г, стандарт – 42,6 г), бороздка глубокая, основание зерна – редкие волосики. Формула глиадина – 54Г12.

Урожайность. Средняя урожайность за годы конкурсных испытаний по пару (2004–2008) – 6,43 т/га, средняя прибавка к стандартному сорту Дончанка – 1,03 т/га. Максимальная урожайность – 8,13 т/га.

Макаронно-крупяные свойства. Сорт макаронно-крупяного использования. Отвечает требованиям ГОСТа на твердую пшеницу. Зерно стекловидное от 90 до 100%, содержание белка 14,32–15,78 %, клейковины второй – третьей группы качества – 30,8–34,8%, натура – до 820 г/л. цвет макарон кремовый, общая их оценка – 4,1 балла.

Устойчивость к болезням и климатическим условиям. Короткостебельный (высота растений до 95 см), склонен к полеганию в годы избыточного увлажнения и при загущении. Морозостойкость на уровне Дончанки или несколько выше. Засухоустойчивость, особенно в период налива и созревания зерна на уровне стандарта. Выделяется высокой устойчивостью к желтой, бурой ржавчинам, пыльной головне и мучнистой росе.

Зоны возделывания и предшественники. Допущен к использованию по восточной, южной и приазовской зонам Ростовской области по предшественнику черный пар. Сроки сева – вторая половина оптимальных для зоны сроков. Норма высева – 4-4,5 млн всхожих семян на 1 га.

Основные достоинства. Интенсивный, морозозимостойкий сорт, имеет крупное, выполненное зерно. Устойчив к поражению бурой и желтой ржавчинам, мучнистой росой, пыльной головне.