امکان تولید بیواتانول از چغندرقند کشت پاییزه

The possibility of bioethanol production from autumn sugar beet

بابک بابائی[1]* و پیمان نوروزی[2]

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۱۳

چکیده

ضرورت استفاده از اتانول به جای سوخت‌های فسیلی، یا اختلاط آن در کاهش آلودگی زیست محیطی موجب شده تا تولید بیواتانول از ۵۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۷ به ۸۵ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۱۲ افزایش یابد. این مطالعه با هدف مقایسه قیمت تمام شده بیواتانول از چغندرقند نسبت به سایر محصولات کشاورزی هم‌چنین مقایسه اقتصادی تولید اتانول از واحد سطح چغندرقند بهاره و پاییزه و برآورد سرمایه لازم جهت احداث واحد صنعتی تولید بیواتانول از چغندرقند انجام شد. مطالعات نشان می‌دهد متوسط هزینه تولید یک هکتار چغندرقند کشت بهاره و پاییزه در کشور ایران به ترتیب ۹۲ و ۸۹ میلیون ریال با متوسط عملکرد ۳۷ و ٤۸ تن در هکتار و عیار۱۷/۵ و ۱۳/۳ می باشد که تولید حدود ۳/۳ - ۳/۲ مترمکعب اتانول در هکتار را امکان‌پذیر می‌سازد. با اجرای توصیه‌های تحقیقاتی در تولید چغندرقند کشت پاییزه و افزایش عیار، می‌توان حجم بیواتانول تولیدی را تا ٥/٤ مترمکعب در هکتار افزایش داد. به‌علاوه با استفاده از تفاله خشک حاصل از چغندرقند نیز می‌توان با راندمان ۰/۲۵ مترمکعب اتانول از یک تن تفاله خشک استخراج کرد. برای تولید حدود ۷٦ هزار مترمکعب اتانول در سال با فرض تولید ۹۰ لیتر اتانول به ازای یک تن چغندرقند با متوسط عیار ۱۵ درصد حدود ۱۱۰۰ تن چغندرقند لازم است و سرمایه لازم برای احداث کارخانه‌ای با این حجم تولید حدود ۱۱۹ میلیون دلار برآورد می‌شود. نهایتاً چنانچه کشت پاییزه چغندرقند با هدف تولید بیواتانول فعال شود علاوه‌بر کاهش آلودگی هوا در اثر اختلاط اتانول با بنزین منبع درآمد و اشتغال مناسبی برای کشاورزان و صنایع وابسته ایجاد خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: ارزش اقتصادی، بیواتانول، چغندرقند، کشت پاییزه

۱- مربی مؤسسه تحقیقات چغندرقند- کرج * - نویسنده مسئول Babak_babaee@yahoo.com
۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات چغندرقند- کرج

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تغییرات آب و هوایی از ده سال گذشته شروع شده و یکی از مسائل روز دنیا می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد نسبت گرم شدن هوا سالانه ۰/۲ ±۰/۰۵ درجه سانتی‌گراد در سال است (Hansen *et al.* 2006). تغییرات آب و هوایی به‌طور جدی تحت تأثیر گازهای گلخانه‌ای است. مصرف سوخت‌های فسیلی در کلان شهرها موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌باشد، به‌طور مثال وضعیت آلودگی هوای شهری مثل تهران در سال گذشته در ۵۶ درصد موارد در شرایط ناسالم و ۳۱ درصد موارد در شرایط بسیار ناسالم قرار داشته است (Anonymous 2012). بنابراین استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیری توصیه می‌شود که علاوه‌بر نداشتن آلودگی زیست محیطی، محدودیتی در استفاده از آن‌ها وجود نداشته باشد. اتانول یکی ازمنابع انرژی‌های تجدیدپذیر بحساب می‌آید و می‌تواند از موادخام کشاورزی به‌دست آید. سهم محصولات کشاورزی در این خصوص حدود ۹۷ درصد تخمین می‌شود (Vivekanandhan *et al.* 2013). اختلاط اتانول با بنزین به نسبت‌های مختلفی چون ۵ ، ۱۰ و ۸۵ درصد می‌باشد که به شکل E5، E10 و E85 نشان داده می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از سوخت E20 (دارای ۲۰ درصد اتانول) موجب کاهش ۲۳ درصد کربن مونوکسید در هوا و تا ۱۳ درصد سایر هیدروکربن‌ها نسبت به سوخت‌های فاقد اتانول می‌شود (Buddy and Hilton 2009). تولید اتانول در دنیا دارای روند افزایشی بوده به‌طوری که میزان تولید آن در سال ۲۰۱۲ حدود ۸۵ میلیون مترمکعب گزارش شده است (Anonymous 2012). منابع اتانول تولیدی ۳۹ درصد از گیاهان قندی و ملاس، ۴۸ درصد از غلات، ۱۰ درصد از زیست توده و سایر محصولات کشاورزی و سه درصد به صورت سنتتیک است (Vivekanandhan *et al.* 2013). انتخاب محصول کشاورزی جهت تولید بیواتانول در دنیا براساس مازاد تولید و در راستای تنظیم قیمت محصولات کشاورزی در بازار جهانی تنظیم شده است. ایران با توجه به شرایط آب و هوایی گرم و خشک و کمبود آب کشاورزی در اکثر محصولات کشاورزی، که در سایر کشورها به‌عنوان منبع تولید بیواتانول محور می‌شود وارد کننده است. چغندرقند و نیشکر نیز که با هدف تولید شکر کشت می‌شوند کفاف مصرف سالانه شکر کشور را نمی‌دهند و با وجود تولید ۱۱۵۰ هزار تن شکر در سال ۱۳۹۱ حدود ۱۸۰۰ هزار تن شکر خام وارد کشور نموده‌ایم (Anonymous 2010; 2012). با وجود این‌که در شرایط آب هوایی کشور امکان کشت پاییزه چغندرقند در بعضی مناطق وجود دارد (Fatollah Taleghani *et al.* 2010)، ولی در چند ساله اخیر به دلیل پایین بودن عیارقند چغندرقند در کشت پاییزه (حدود ۱۳ درصد) و کاهش سود حاصله نسبت به سایر کشت‌های شیب با کاهش سطح کشت این محصول مواجه شده‌ایم که این امر علاوه‌بر اختلال در تناوب زراعی، موجب کاهش تولید شکر در کشور نیز شده است در حالی‌که با انجام توصیه‌های تحقیقاتی می‌توان متوسط عیار را در این مناطق افزایش داد (Abdollahian Noghabi *et al.* 2013). در این تحقیق با توجه به منابع تحقیقاتی قابل دسترس داخلی و خارجی پتانسیل‌های بالقوه تولید بیواتانول، مؤلفه‌های تأثیرگذار بر قیمت تمام شده تولید بیواتانول، مقایسه اقتصادی تولید اتانول از یک هکتار چغندرقند بهاره و پاییزه و هزینه‌های احداث واحد صنعتی تولید بیواتانول از چغندرقند مورد بررسی قرار گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده تولید بیواتانول

قیمت تمام شده بیواتانول از محصول‌های کشاورزی بستگی به قیمت محصول، روش‌های آماده سازی محصول جهت تخمیر، روش‌های صنعتی تولید بیواتانول و راندمان تولید دارد (Roehr 2001). راندمان تولید بین گیاهان زراعی متفاوت است. متوسط تولید بیواتانول در واحد سطح برای چغندرقند (۶/۶۲)، سیب‌زمینی (۳/۵۵)، ذرت (۳/۵۲)، گندم (۲/۷۶)، ترتیتکاله (۲/۲۳) و چاودار (۲/۰۳) مترمکعب در هکتار می‌باشد. بنابراین از یک کیلوگرم چغندرقند تمیز و تازه یکدهم لیتر (۱۰۰ میلی لیتر) اتانول تولید می‌شود که راندمان مناسبی است (Icoz *et al*. 2008). جدول ۱ قیمت تمام شده بیواتانول را برای برخی محصولات کشاورزی نشان می‌دهد قیمت تمام شده بیواتانول برای محصول‌هایی که دارای ساکارز می‌باشند (مانند نیشکر و چغندرقند) به‌دلیل قابلیت تخمیر مستقیم کمتر است (Grassi 2000).

جدول ۱ قیمت تمام شده بیواتانول از برخی محصول‌های کشاورزی و بقایای آن (Grassi 2000)

نوع محصول تولیدی	قیمت اتانول تولیدی برحسب دلار آمریکا در متر مکعب
چغندرقند	۳۰۰
نیشکر	۲۶۰
سورگوم شیرین	۲۰۰–۳۰۰
سیب زمینی	۹۹۰
ذرت (۱۲۰ دلار به ازای تن)	۳۰۰
کاساوا	۷۹۰
ترکیبات سلولزی (هیدرولیز اسیدی)	۴۵۰
ترکیبات سلولزی (هیدرولیز آنزیمی)	۱۸۰
اتانول سنتزی	۵۴۰

جدول دو قیمت تمام شده بیواتانول از گیاهان قندی (چغندرقند و نیشکر) در مناطق مختلف با در نظرگرفتن قیمت محصول وهزینه‌های تولید نشان داده شده است (USDA 2006). بیواتانول تولیدی در آمریکا از ذرت و در برزیل از نیشکر کمتر از سایر محصولات است که این اختلاف قیمت ناشی از پایین بودن قیمت ماده اولیه می‌باشد.

جدول ۲ مقایسه قیمت بیواتانول تولیدی از گیاهان قندی (چغندرقند و نیشکر) برحسب دلار به ازای هر گالن آمریکایی

	منابع تولید بیواتانول								
	ذرت تازه آمریکا	ذرت خشک آمریکا	نیشکر آمریکا	چغندرقند قند آمریکا	ملاس آمریکا	شکر مایع خام آمریکا	شکر مایع تصفیه آمریکا	نیشکر برزیل	چغندرقند اروپا
قیمت محصول	۰/۴	۰/۵۳	۱/۴۸	۱/۵۸	۰/۹۱	۳/۱۲	۳/۶۱	۰/۳	۰/۹۷
هزینه‌های تولید	۰/۶۳	۰/۵۲	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۵۱	۱/۹۲
قیمت الکل تولیدی	۱/۰۳	۱/۰۵	۲/۴۰	۲/۳۵	۱/۲۷	۳/۴۸	۳/۹۷	۰/۸۱	۲/۸۹

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه اقتصادی تولید اتانول از یک هکتار چغندرقند بهاره و پاییزه

هزینه‌های تولید بیواتانول از چغندرقند را می‌توان به دو گروه هزینه‌های تولید ماده اولیه (چغندرقند) و هزینه‌های استخراج تقسیم کرد. متوسط هزینه تولید یک هکتار از محصول زراعی (جدول ۳) به مراحل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، اجاره زمین، میزان و ارزش نهاده‌های مصرفی در یک هکتار (بذر و کودشیمیایی) و نیروی کارگری و سود زارع در انواع عملیات کشت ماشینی یا بستگی دارد (Anonymous 2012).

جدول ۳ هزینه‌های یک هکتار زراعت چغندرقند (هزار ریال)

نام محصول	آماده سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	اجاره زمین	جمع کل (هزار ریال)
چغندر قند بهاره	۳۵۰۰	۱۱۶۰۲	۲۹۳۴۷	۲۲۴۱۷	۲۵۰۰۰	۹۱۸۶۶
چغندر قند پاییزه منطقه خوزستان	۴۴۰۰	۱۱۶۰۲	۲۳۶۲۵	۱۹۲۵۰	۳۰۰۰۰	۸۸۸۷۷

مقایسه عملکرد و عیار قند برای دو کشت بهاره و پاییزه در جدول چهار نشان می‌دهد که چغندر قند کشت پاییزه دارای میانگین عملکرد بیشتر ولی عیار قند کمتر است. با وجود این‌که مقدار شکر موجود در هکتار برای هر دو کشت تقریباً یکسان است ولی هزینه‌های جابجایی و استخراج برای چغندر کشت پاییزه بیشتر است.

جدول ٤ مقایسه عملکرد و عیار قند کارخانه‌های قند چغندری کشت بهاره و کشت پاییزه و اتانول تولیدی

نام محصول	متوسط عملکرد (تن در هکتار)	میانگین عیار (درصد)	مقدار شکر (تن در هکتار)	اتانول تولیدی (مترمکعب در هکتار)	تولید اتانول بازاء یک تن چغندرقند(لیتر)
کارخانه های قند کشت بهاره *	۳۶/۷۴	۱۷/۵۵	۶/۴۵	۳/۳	۹۰
کارخانه قند اهواز در زمان فعالیت **	۴۷/۶۴	۱۳/۳۴	۶/۳۵	۳/۲	۶۷
چغندرقند تولیدی در مرکز تحقیقات دزفول***	۶۷/۵۸	۱۵/۸۸	۱۰/۷۳	۵/۴	۸۰

* متوسط عملکرد و عیار کارخانه های چغندر قند از سال ۱۳۸۶–۱۳۹۰ ** متوسط عملکرد و عیار کارخانه قند اهواز از سال۱۳۸۲–۱۳۸۶ *** متوسط عملکرد و عیار قند چغندرقند تولیدی در مرکز تحقیقات دزفول ۱۳۸۷–۱۳۹۱

هزینه‌های احداث واحد صنعتی تولید بیواتانول از چغندرقند

سرمایه گذاری برای تولید بیواتانول از چغندرقند شامل دو بخش هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر است. به‌طوری که برای تولید حدود ۷۵/۶ میلیون لیتر (۲۰ میلیون گالن) اتانول در سال با فرض تولید ۹۰ لیتر اتانول به ازای یک تن چغندرقند با عیار متوسط ۱۷ حدود ۸۴۰ هزار تن چغندرقند لازم است و هزینه‌های احداث کارخانه ایی با حجم تولید ۷۵/۶ میلیون لیتر در سال، حدود ۱۲۰ میلیون دلار برآورد می‌شود. هزینه‌های فرآوری بیواتانول از چغندرقند شامل حمل از مزرعه، نیروی کار، سوخت، موادشیمیایی، برق، مواداولیه، تجهیزات، تعمیرات،

Archive of SID

www.SID.ir

نگه‌داری و مدیریت می‌باشد. با توجه به عوامل اشاره شده هزینه تولید اتانول از چغندرقند به ازای ۳/۷۵ لیتر (یک گالن) در ایالات متحده حدود ۲/۳۵ دلار تخمین می‌شود. طبق محاسبه به عمل آمده ۱/۳۵ دلار از کل ۲/۳۵ دلار قیمت تمام شده مربوط به هزینه تهیه ماده اولیه (چغندرقند) است (Yoder 2009).

مراحل صنعتی تولید اتانول از چغندرقند شامل خاک‌گیری، حذف برگ‌های اضافی، حذف علف‌های هرز، شستشو، خلال کردن، انتقال به مخزن دیفوزیون، تهیه شربت خام، تخمیر، الکل رقیق، تغلیظ و نگه‌داری الکل تولیدی است. (Yoder 2009).

استفاده از تفاله چغندرقند یکی دیگر از منابع تولید بیواتانول است. سوتون و دوران پیترسون در سال ۲۰۰۱ با انجام آزمایشاتی توانستند با استفاده از سویه کلیبسیلااکسی توکا (*klebsiella oxytoca strain*) تفاله خشک چغندرقند را به اتانول تبدیل کنند. نسبت تبدیل را ۰/۲ گرم اتانول از یک گرم تفاله خشک یعنی راندمان ۲۰ درصد گزارش کردند (Sutton and Doran-peterson 2001).

بحث و نتیجه‌گیری

مقدار تولید اتانول از چغندرقند کشت پاییزه با عملکرد متوسط ۴۸ تن در هکتار، متوسط عیار ۱۳/۳۵ درصد و تولید ۴/۸ تن شکرسفید در هکتار، حدود ۳/۲ مترمکعب اتانول در هکتار برآورد می‌شود که با اجرای توصیه‌های تحقیقاتی انتظار می‌رود عملکرد تا ۶۸ تن در هکتار، متوسط عیار به حدود ۱۶ درصد و قابلیت تولید شکرسفید به حدود نه تن و تولید اتانول تا شش مترمکعب در هکتار افزایش یابد.

در حال حاضر قیمت شکر فله ۲۲۵۰ تومان به ازای یک کیلوگرم و قیمت مصوب بیواتانول ۹۹/۵ درصدی در ۹۰۰۰ تومان هر لیتر از طرف انجمن صنفی قیمت‌گذاری شده است (Anonymous 2013; Anonymous 2015). که تقریباً چهار برابر کمتر از قیمت یک لیتر اتانول است. باتوجه به این که از هر کیلو شکر نیم لیتر بیواتانول استخراج می شود، لذا در وضع موجود توجیه دارد.

در خاتمه با توجه به مطالب ارائه شده نتیجه‌گیری می‌شود تولید بیواتانول از چغندرقند کشت پاییزه، توجیه اقتصادی بالاتری نسبت به تولید شکر از این محصول دارد. با این جایگزینی علاوه‌بر اجرای تناوب زراعی، افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف آب، در کلان شهرها در اثر جایگزینی اتانول تولیدی از چغندرقند کشت پاییزه با بخشی از سوخت‌های فسیلی آلودگی هوا کاهش خواهد یافت.

منابع مورد استفاده:

References:

Abdollahian Noghabi M, Sharifi H, babaei B and Bahmani, GA. Introduction of new formula for determination of autumn sugar beet purchase. Journal of Sugar Beet, 2013, Vol. 29, 2, 215-227.

Anonymous, Stats of sugar factories. Iranian sugar factory sendicate, 2008 http://www.isfs.ir/amalkard1.htm

Archive of SID

www.SID.ir

Anonymous, Stats of sugar factories. Iranian sugar factory sendicate, 2012 http://www.isfs.ir/amalkard1.htm

Anonymous. Guaranteed purchase prices for crops in 2013-2014. Iranian Agriculture News Agency, 2012, http://www.iana.ir/keshavarzi/item/8147-1.html.

Anonymous. The price of ethanol confirmed in Iranian factories. Ethanol Manufacturers Association Iran, 2013, www.epa-iran.ir/farsi/news/prices.html

Anonymous. Suggested price for the sugar beet crop in 2013-2014. Deputy of Ministry of Agriculture crop production 2013, www.agri-es.ir/Portals/0/rava-ettelaeieh-aban.doc.

Anonymous. The economic feasibility of ethanol production from sugar in the united state. U.S. Department of Agriculture (USDA). 2009.

Anonymous. Iran Top imports. 2010, http://faostat.fao.org

Anonymous. World Fuel Ethanol Outlook to 2020. Market Evaluation Consumption and World Fuel Ethanol Statistics Committee (Mecas) 2012, 12 (19).

Anonymous. sugar price. 2015, http://www.iranjib.ir/showgroup

Buddy B and Hilton B. The effect of E20 ethanol fuel on vehicle emissions. Journal of Automobile Engineering. 2009; 223 (12): 1577

Dunne W. Energy Res. Internationa Journal, 1994, 18, 71.

Fatollah Taleghani D, Sadeghzadeh Hemayati S and Mesbah M. strategic framework for sugar beet research. 2010. Sugar beet seed institute 98/849, 520 pp.

Grassi G. Bioenergy Complex for commercial production of bioethanol towards large potential markets. 1st world conference of biomass for energy and industry 2000, pages 2131-2134.

Hansen j, Sato M, Ruedy R, LO K, Lea D and Medina – Eliza dM. Global Temperatur change. Proccding of the national academy of Sciences, 2006, volume 3(39), 14288, doi: lo.1073.

Icoz E, Mehmet Tugrul K, Soral A and Icoz E, Research on ethanol Production and use from sugar beet in turkey 2008.

Mistry PB. Energy from Biomass and Wastes. Washington DC, 1991, 16th IGT Conf, 669.

Roehr M. The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications. Wiley-Vch Verlag GmbH, Weinheim, 2001, ISBN: 3-527-30199-2.

Archive of SID

www.SID.ir

Sutton MD and Doran-peterson. Fermentation of sugar beet pulp for ethanol production using bioengineered klebsiella oxytoca strain p_2.jornal of Apllied Microbiology 2001, 100, 407-414.

Vivekanandhan S, Zarrinbakhsh N, Misra M and Mohanty AK. Coproducts of Biofuel Industries in Value-Added Biomaterials Uses: A Move towards a Sustainable Bioeconomy, 2013, Intech, chapter 17, 491-541.

Yoder, j Potential for a Sugar Beet Ethanol Industry in Washington State. Report to the Washington treatment of Agriculture, 2009.

Archive of SID

www.SID.ir