Archive of SID

تحلیل انرژی مصرفی در تولید باگاس و ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید این محصول و تخته فیبر دانسیته متوسط بر پایه آن

سیده معصومه حافظی[۱*]
حمید زارع حسین آبادی[۲]
مظاهر معین الدینی[۳]
کاظم دوست حسینی[٤]

[۱] دانشجوی دکتری فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

[۳] استادیار گروه محیطزیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

[۴] استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
Masoumehhafezi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵

چکیده

این مطالعه به‌منظور ارزیابی مصرف انرژی در تولید باگاس به‌عنوان یکی از محصولات جانبی حاصل از نیشکر و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید باگاس و نیز تولید تخته فیبر دانسیته متوسط بر پایه آن در ایران انجام گرفت. داده‌های این تحقیق، در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش‌نامه از کارکنان و مدیران شرکت کشت و صنعت نیشکر کارون استان خوزستان و شرکت تولید تخته فیبر دانسیته متوسط لوح سبز جنوب جمع‌آوری گردید. ارزیابی میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای توسط نرم‌افزار سیما پرو و ارزیابی انرژی مصرفی با محاسبه میزان مصرف انرژی مستقیم و غیرمستقیم و استفاده از هم‌ارزهای انرژی انجام گرفت. نتایج نشان دادند میزان مصرف انرژی برای تولید یک هکتار باگاس در مزارع پلنت و راتون به ترتیب ۲۴۳۶/۷۵ و ۱۳۶۸/۷۴ مگاژول بر هکتار می‌باشد. آب آبیاری، مصرف سوخت دیزل و کود شیمیایی نیتروژن بالاترین سهم مصرف انرژی را در تولید نیشکر به خود اختصاص دادند. میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید باگاس در یک هکتار نیشکر کاری در مزارع پلنت و راتون به ترتیب معادل ۲۲۱/۸۷ و ۹۹/۱۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل بدست آمد که سوخت دیزل، کود نیتروژن و ادوات و ماشین‌های کشاورزی در مزارع پلنت و سوخت دیزل، کود نیتروژن و فسفات در مزارع راتون بیشترین سهم را در این انتشارات به خود اختصاص دادند. همچنین میزان انتشار گاز گلخانه‌ای در تولید یک مترمکعب تخته فیبر دانسیته متوسط بر پایه باگاس ۷۸۰/۵۳ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن معادل محاسبه شد که مصرف انرژی الکتریسیته، چسب اوره فرمالدهید و گاز طبیعی بالاترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید تخته فیبر دانسیته متوسط بر پایه باگاس دارند.

واژگان کلیدی: تخته فیبر دانسیته متوسط، باگاس، انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای.

مقدمه

با نگاهی به وضعیت جنگل‌های شمال کشور که تنها ۷/۵ درصد مساحت کشور را در برمی‌گیرد، یافتن جایگزین مناسب و اتکا به سایر منابع و مواد مانند پسماند لیگنوسلولزی ازجمله باگاس برای صنعت چوب ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد [۱]. در صورت پیدا کردن جایگزین مناسب به‌عنوان ماده اولیه در کارخانجات تولید فرآورده-

www.SID.ir

Archive of SID

های چوبی به‌جای چوب ماسیو قدم بزرگی در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای که یکی از مهم‌ترین دلایل گرمایش جهانی است، برداشته خواهد شد. این در حالی است که ایران در جایگاه هشتم بیشترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای قرار دارد. با در نظر گرفتن مساحت ۸۴۰۰۰ هکتار اراضی نیشکر و تولید ۷/۴ میلیون تن نیشکر و ۲ میلیون و ۶۸۸ هزار تن باگاس در ایران می‌توان حدود ۱۰۷۵۲۰۰ مترمکعب تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)[1]، ۶۸ /۱۱۶۸۶۹۵ مترمکعب تخته خرده چوب و یا ۳۵۸۴۰۰ تن کاغذ تولید کرد که نشان از ارزش اقتصادی این محصول می‌باشد [۳،۲ و ۴]. یکی از مواردی که نقش به سزایی در مسائل محیط زیستی تولید ماده اولیه دارد، انرژی مصرفی می‌باشد. همچنین مقدار انرژی تولیدی به ازای مقدار انرژی مصرفی یکی از بحث‌های مهم در توسعه پایدار بخش کشاورزی می‌باشد. هر چه نسبت انرژی تولیدی به انرژی مصرفی بیشتر باشد به توسعه پایدار کشاورزی کمک بیشتری خواهد شد و کوچک بودن این نسبت تخریب محیط‌زیست و ناپایداری اکولوژیکی را نشان می‌دهد [۵]. سیستم تولید نیشکر به دو صورت پلنت[2]و راتون[3]می‌باشد. آنچه در سال اول کاشته می‌شود پلنت و کاشت در سال‌های بعدی راتون نام دارد [۳]. باگاس که در آخرین مرحله آسیاب نیشکر در کارخانه تهیه قند و شکر به‌عنوان یکی از محصولات جانبی تولید می‌شود، امروزه به دلیل مشکلات مربوط به کاهش گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان یکی از منابع اولیه در تولید MDF و کاغذ و نیز منبع تجدید پذیر انرژی حاصل از تولید نیشکر در کشورهای تولیدکننده این محصول موردتوجه قرارگرفته است [۴]. همچنین تجربه نشان داده بازیافت ضایعات کارخانجات قند علاوه بر حفظ محیط‌زیست، کمک شایانی به اقتصاد این کارخانه‌ها خواهد کرد [۶]. ارزیابی‌های محیط زیستی و انرژی جهت ارائه راه‌حل برای کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش میزان آلایندگی ضروری است [۷]. همچنین در فرایند تولید از پانل‌های مرکب چوبی متصل شده با چسب‌های شیمیایی، انتشارات مختلف ازجمله فرمالدهید تهدید جدی برای سلامت بشر است. به این منظور روش ارزیابی چرخه زندگی و ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای ارزیابی فشار محیط زیستی و شناسایی نقاط حساس[4]در چرخه زندگی محصولات می‌باشد [۸].

در سطح دنیا پژوهش‌هایی در زمینه انرژی مصرفی و اثرات محیط زیستی در تولید نیشکر و محصولات جانبی حاصل از آن توسط Karimi و همکاران ۲۰۰۸؛ Renouf و همکاران، ۲۰۱۱؛ Sefeedpari و همکاران،۲۰۱۴، Khatiwadaو همکاران، ۲۰۱۶؛ Haroni و همکاران، ۲۰۱۸؛Kaab و همکاران، ۲۰۱۹ انجام‌شده است [۱۷،۱۵،۱۴،۱۰،۹]، اما در مورد ارزیابی آثار محیط زیستی و میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید MDF بر پایه باگاس تحقیقی صورت نگرفته و مطالعات محدود به MDF بر پایه چوب می‌باشد که توسط Puettmann و همکاران، ۲۰۱۳؛ Kouchaki-Penchah و همکاران،۲۰۱۶؛ Nakano و همکاران، ۲۰۱۸ صورت گرفته است [۱۶،۱۱،۷]. Karimi و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات انجام‌شده در مزارع پلنت دعبل خزاعی استان خوزستان ارزیابی انرژی و شاخص‌های انرژی تولید نیشکر مزارع راتون را بررسی کردند طبق گزارش آن‌ها میزان کل انرژی مصرفی ۱۴۸ گیگا ژول و میزان انرژی خروجی ۱۱۲ گیگا ژول در هر هکتار محاسبه شد که آبیاری با ۴۳ درصد از سهم کل انرژی ورودی بالاترین میزان انرژی را به خود اختصاص می‌دهد [۹]. Renouf و همکاران (۲۰۱۱) در ارزیابی چرخه زندگی تولید نیشکر در استرالیا اعلام کردند که مصرف سوخت‌های فسیلی و همچنین مرحله تولید نیشکر بیشترین نقش در ایجاد انتشارات دی‌اکسید کربن دارد. همچنین تغییرات بالا در داده‌های مربوط مرحله رشد نیشکر با عدم قطعیت در نتایج کار را همراه است [۱۰]. Puettman و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی گهواره تا دروازه تولید MDF میزان انتشارات این فراورده را ۶۳۲ کیلوگرم در هر مترمکعب اعلام کردند [۱۱]. Sefeedpari و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن در مزارع نیشکر هفت‌تپه خوزستان پرداختند. طبق نتایج بیشترین میزان انرژی مصرفی و انتشارات مربوط به مصرف الکتریسیته پمپ آب و آبیاری

[1] MDF (Medium Density Fiberboard)
[2] Plant
[3] Ratton
[4] Hotspot

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد [۱۲]. Taghinezhad و همکاران (۲۰۱۴) در ارزیابی جریان انرژی و ارائه مدل‌های اقتصادی کاشت نیشکر در استان خوزستان بیشترین میزان مصرف انرژی را به ترتیب مربوط به انرژی الکتریسیته، کود شیمیایی، سوخت دیزل و بذر اعلام کردند [۱۳]. Khatiwada و همکاران (۲۰۱۶) انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید اتانول از ملاس نیشکر در اندونزی را بررسی کردند. نتایج نشان داد تولید و استفاده از اتانول از نیشکر ۲۹ گرم دی‌اکسید کربن معادل در هر مگاژول اتانول تولید می‌کند که در مقایسه با انتشارات ناشی از گازوئیل ۶۷ درصد کمتر می‌باشد، همچنین افزوده خالص انرژی[1] و انرژی خالص تجدید پذیر[2] در تولید هر لیتر اتانول به ترتیب ۷- و ۱۷/۷ مگا ژول و نسبت بازده انرژی ۶/۱ محاسبه شد [۱۴].

Kouchaki-Penchah و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی میزان چرخه زندگی تولید MDF بر پایه چوب در ایران میزان انتشارات حاصل از تولید هر مترمکعب این فراورده را ۸۳۴/۴ کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل محاسبه کردند [۷]. Harooni و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی عملکرد و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع نیشکر اظهار داشتند که شبکه عصبی مصنوعی به‌خوبی می‌تواند عملکرد محصول نیشکر و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع نیشکر را پیش‌بینی نماید [۱۵]. Nakano و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی چرخه زندگی MDF بر پایه چوب، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید هر مترمکعب این فراورده را ۸۵۰ کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل محاسبه کردند [۱۶]. Kaab و همکاران (۲۰۱۹) تجزیه تحلیل و بهینه‌سازی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید نیشکر کشت و صنعت امام خمینی را با تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کردند. طبق نتایج این پژوهش در هردو مزارع راتون و پلنت بیشترین سهم ذخیره انرژی مربوط به الکتریسیته، آب آبیاری و سوخت اعلام شد [۱۷]. با توجه به مطالعات قبلی و لزوم ارائه راهکار جهت ارزیابی آثار محیط زیستی و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مدیریت مصرف انرژی در تولید نیشکر به‌عنوان ماده اولیه تولید باگاس مصرفی جایگزین چوب در صنعت MDF و عدم انجام مطالعات مشابه بر روی باگاس و نیز ارزیابی میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید MDF بر پایه باگاس، لزوم انجام این تحقیق با توجه به تأثیر مستقیم مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای در جریان تولید باگاس بر ارزیابی چرخه زندگی تولید MDF، محسوس می‌باشد. قابل‌ذکر است که این تحقیق بخشی از یک تحقیق جامع در زمینه ارزیابی چرخه زندگی تولید MDF با استفاده از باگاس است.

مواد و روش‌ها

مرز سامانه موردتحقیق

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۵ الی ۱۳۹۷ در مزارع تولید نیشکر در اراضی کشاورزی مربوط به کشت و صنعت نیشکر کارون استان خوزستان انجام شد. مرز سامانه در این تحقیق شامل تمام عملیات کشاورزی مربوط به آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت و واحد عملکرد، کیلوگرم باگاس حاصل از کاشت نیشکر در یک هکتار مزارع پلنت و راتون می‌باشد. کشت پلنت کشت اول بوده که معمولاً ۱۲ ماهه است و عملیات کشاورزی بیشتری را شامل می‌شود و کشت راتون هم ۱۶ ماهه می‌باشد. مساحت قابل‌کشت برای نیشکر در این مطالعه ۲۸۰۰۰ هکتار می‌باشد. مقدار کل آبیاری به‌طور متوسط برای هر هکتار ۳۹۰۰۰ مترمکعب برای کشت پلنت و ۲۵۵۰۰ مترمکعب برای کشت راتون می‌باشد. آبیاری در مزارع وابسته به این کشت و صنعت توسط نیروی ثقلی از آب سد تأمین می‌شود. برداشت نیشکر مکانیکی و توسط ماشین برداشت نیشکر[3] انجام می‌شود. راندمان تولید نیشکر برای مزارع راتون و پلنت به ترتیب ۸۵ و ۱۱۵ تن در هکتار می‌باشد. تصویر مرز سیستم موردمطالعه در مرحله تولید زیست‌توده باگاس و مرز تولید در مرحله تولید MDF بر پایه باگاس در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

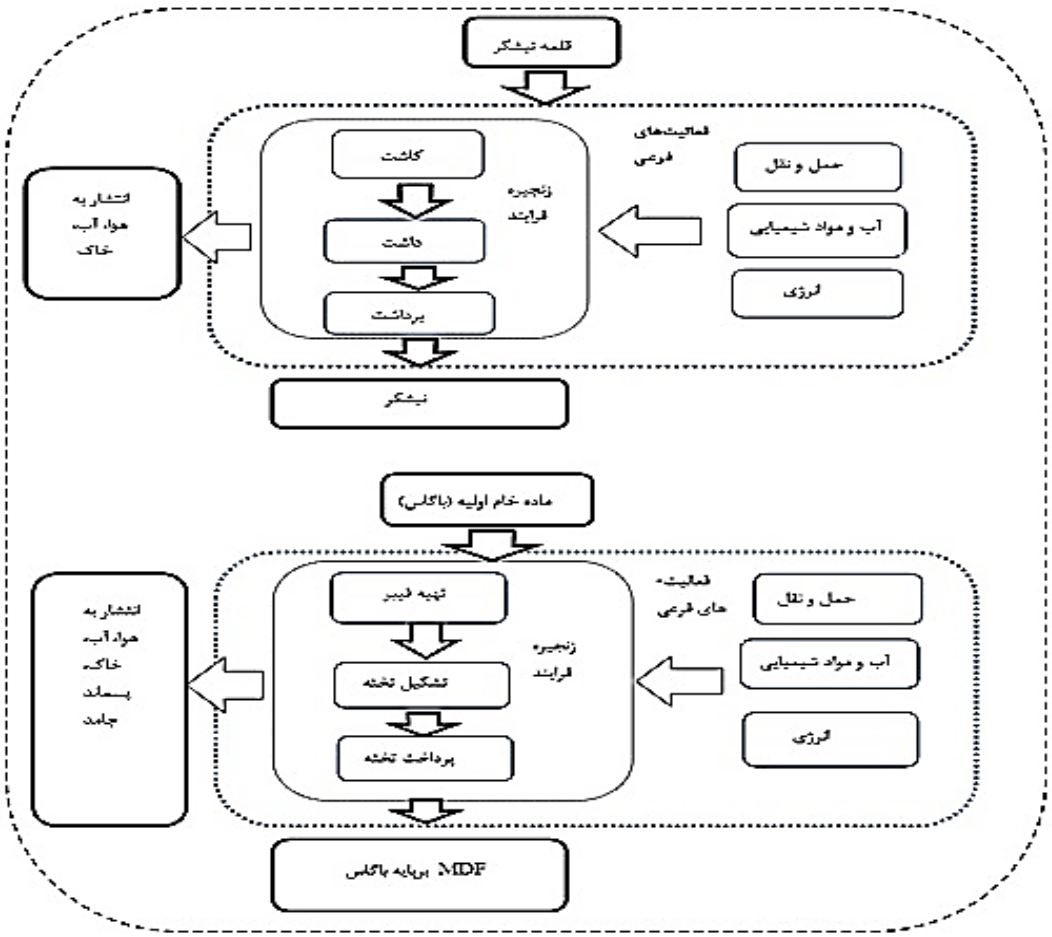
1 Net energy value
2 Energy net renewable
3 Harvester

www.SID.ir

Archive of SID

جمع‌آوری و فرآوری داده‌های پیش‌زمینه:

داده‌های پیش‌زمینه[1] موجودی از طریق تکمیل پرسش‌نامه‌ها توسط کشاورزان و مدیران صنعت نیشکر انجام شد که این اطلاعات شامل ورودی‌ها و خروجی‌ها مانند میزان مصرف انرژی (مدت‌زمان انجام هر عملیات، میزان سوخت مورداستفاده ماشین‌آلات در عملیات کاشت و برداشت نیشکر) و مواد خام (مانند میزان مصرف کود، سموم و علف‌کش‌ها، مقدار قلمه نیشکر ورودی و بازده خروجی نیشکر) و نیروی انسانی بود. معادل انرژی مصرف‌شده برای تولید و مصرف هر یک از نهاده‌های مصرفی و معادل انرژی برای انجام هر یک از عملیات زراعی محاسبه شد. تمام ورودی‌ها با استفاده از ضرایب انرژی به واحدهای انرژی تبدیل شدند. انرژی نهاده‌های مصرفی از ضرب هم‌ارزهای انرژی در میزان مصرف نهاده‌ها بر هکتار محاسبه گردیدند (جدول ۱). این ضرایب از منابع مختلف استخراج‌شده است که بیشترین سازگاری را با شرایط ایران داشته‌اند. پس از آن میزان انرژی مصرفی ورودی و خروجی برای تولید یک هکتار نیشکر و باگاس و نیز بازده انرژی در تولید باگاس محاسبه شد. همچنین اطلاعات مربوط به تولید MDF بر پایه باگاس (شامل میزان مصرف ماده اولیه مانند باگاس، چسب اوره فرمالدهید و مواد افزودنی، میزان مصرف برق، گاز و سوخت مصرفی برای انتقال مواد اولیه و در داخل کارخانه) از طریق تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه با مدیران شرکت تولید MDF لوح سبز جنوب انجام شد.



شکل ۱- مرز سامانه مورد مطالعه

[1] Fore ground inventory

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه و فرآوری داده‌های پس‌زمینه

داده‌های مربوط به پس‌زمینه‌ی موجودی[1] شامل مقدار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید نیشکر و MDF از نرم‌افزار سیما پرو نسخه ۹[2]و از پایگاه داده اکواینونت[3] تهیه شد. برای این منظور انتشارات گازهای گلخانه‌ای مختلف شامل دی‌اکسید کربن، نیتروس اکسید و متان با استفاده از پتانسیل گرمایش جهانی[4] (مجموعه‌ای از گازهای گلخانه‌ای تولیدشده که به‌صورت دی‌اکسید کربن معادل بیان می‌شود)، برای یک بازه زمانی صدساله[5] محاسبه شد [۱۸]. برای محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و انرژی مصرفی حاصل از تولید باگاس به‌عنوان محصول جانبی تولید نیشکر از ضریب تخصیص اقتصادی[6] استفاده شد (فرمول ۱) [۱۹]. قابل‌ذکر است که شکر، باگاس، ملاس[7] فیلتر کیک[8] یا گل صافی از محصولات حاصل از فراوری نیشکر در کارخانجات تولید شکر می‌باشند.

$$\text{تخصیص اقتصادی باگاس} = \frac{\text{مقدار تولید باگاس} * \text{قیمت باگاس}}{\text{مجموع (مقدار تولید هر یک از فراورده‌های حاصل از نیشکر} * \text{قیمت هر یک از فراورده‌های حاصل از نیشکر)}} \quad (۱)$$

جدول ۱- ضرایب استاندارد انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید نیشکر

عنوان		واحد	محتوای انرژی (مگا ژول بر واحد)	منبع
		نهاده‌ها		
نیروی کارگر		ساعت	۱/۹۶	[۲۰]
ماشین‌آلات		ساعت	۶۲/۷	[۶-۷]
سوخت دیزل		لیتر	۵۶/۳۱	[۷]
سوخت بنزین		لیتر	۴۸/۲۳	[۲۱]
سموم شیمیایی		کیلوگرم	۲۵۰	[۶]
آب آبیاری		مترمکعب	۱/۰۲	[۲۱]
کود شیمیایی	فسفر	کیلوگرم	۱۱/۱	[۲۲]
	نیتروژن	کیلوگرم	۶۰/۶	[۲۲]
قلمه نیشکر		کیلوگرم	۱/۲	[۲۳]
		ستانده		
نیشکر		کیلوگرم	۱/۲	[۲۴]

[1] Back ground inventory
[2] SimaPro version 9
[3] Ecoinvent
[4] Global Warming Potential
[5] GWP 100
[6] Economic allocation Factor
[7] Molasses
[8] Filter mud

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

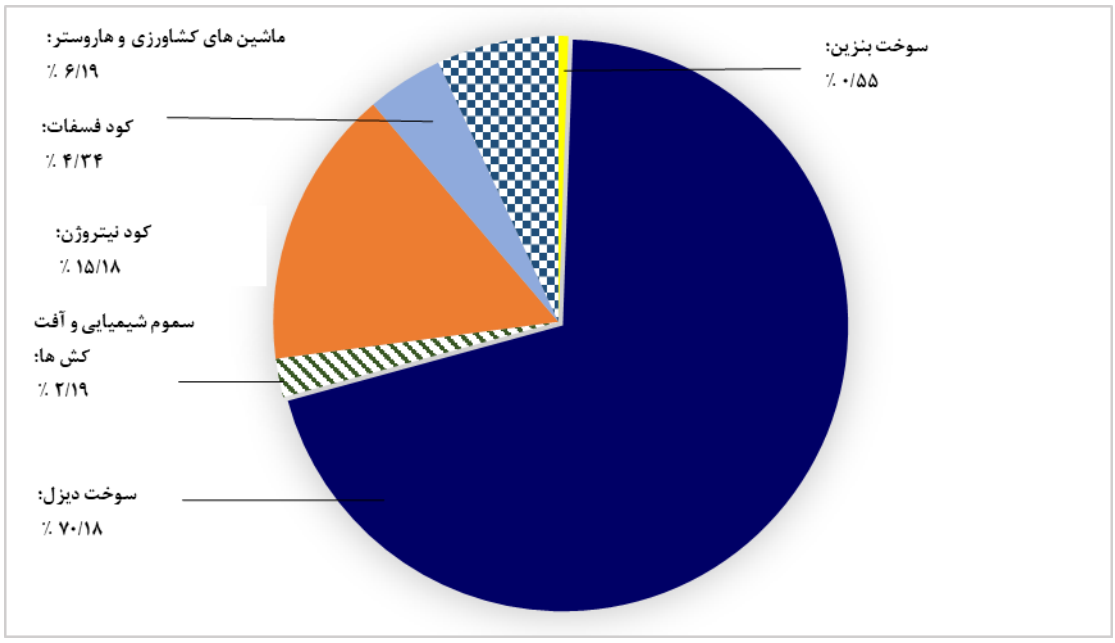
تحلیل انتشارات گازهای گلخانه‌ای

در بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مقدار دی‌اکسید کربن معادل برای تولید یک هکتار نیشکر مزارع پلنت و راتون به ترتیب معادل ۱۰۰۸۵ و ۴۵۰۵ کیلوگرم می‌باشد. قابل‌ذکر است که مقدار دی‌اکسید کربن تولیدشده توسط زیست‌توده در مزرعه در محاسبات در نظر گرفته نشده است. شکل ۲ و ۳ سهم هر یک از نهاده‌ها در انتشار دی‌اکسید کربن معادل یک هکتار نیشکر در مزارع پلنت و راتون را نشان می‌دهد. با اعمال ضریب تخصیص اقتصادی، میزان انتشارات مربوط به باگاس حاصل از یک هکتار نیشکر در مزارع پلنت و راتون به ترتیب معادل ۲۲۱/۸۷ و ۹۹/۱۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل بدست آمد. سوخت دیزل، کود نیتروژن و ادوات و ماشین‌های کشاورزی به ترتیب با مقادیر ۱۵/۷۰،۸۰/۱۸ و ۶/۳۸ درصد بیشترین سهم از انتشار گازهای گلخانه‌ای را در مزارع پلنت (شکل ۲) و سوخت دیزل، کود نیتروژن و کود فسفات به ترتیب با مقادیر ۴۸/۵۴، ۳۳/۶۷ و ۹/۳۹ درصد بیشترین سهم از انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع راتون را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). سوخت دیزل و کود نیتروژن پس از مصرف الکتریسیته ناشی از پمپ آب بالاترین میزان انتشارات را در تولید نیشکر دارا بودند. این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده توسط پژوهشگران قبلی همخوانی دارد [۱۲ و ۱۷]. بالا بودن انتشارات مربوط به مصرف سوخت دیزل به دلیل فرسوده بودن ماشین‌های کشاورزی و نیاز به مصرف انرژی بالا در عملیات خاک-ورزی می‌باشد. همچنین، سوخت دیزل پس از مصرف انرژی الکتریسیته بیشترین نقش را در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشت. این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده توسط کعب و همکاران مطابقت دارد [۱۷ و ۲۵]. عدم استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی پرمصرف در بخش کاشت، داشت و برداشت محصول و استفاده از ماشین‌آلات با عملکرد بالاتر که باعث کوتاه‌تر شدن مدت‌زمان انجام عملیات زراعی می‌شود، کاهش مصرف سوخت فسیلی را در پی دارد. عدم استفاده از پمپ آب (بنزینی، گازوئیلی و الکتریکی) در این کشت و صنعت در مقایسه با مطالعات قبلی باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی شده است. همچنین در بررسی گهواره تا دروازه[1](شامل انتشارات مربوط به تولید زیست‌توده باگاس، حمل‌ونقل ماده خام و فرایند تولید در کارخانه) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به تولید MDF بر پایه باگاس معادل ۷۸۰/۵۳ کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل در هر مترمکعب فراورده محاسبه شد. شکل ۴ سهم هر یک از نهاده‌ها در انتشار دی‌اکسید کربن معادل در تولید یک مترمکعب تخته فیبر دانسیته متوسط بر پایه باگاس را نشان می‌دهد. مصرف انرژی الکتریسیته، چسب اوره فرمالدهید و گاز طبیعی به ترتیب با مقادیر ۳۳/۴۷،۶۶/۴۵ و ۱۰/۹۸ درصد بیشترین سهم از انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص دادند که لزوم مدیریت مصرف انرژی در کارخانه را نشان می‌دهد. مرحله آماده‌سازی فیبر در تولید MDF بیشترین میزان انتشارات را در تولید فراورده دارد که مربوط به انتشارات حاصل از خشک‌کن[2] و پرس می‌باشند [۷]. در تحقیقات مشابه انجام‌شده توسط Nakano و همکاران بیشترین میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای مربوط به انتشارات ناشی از مصرف چسب اوره فرمالدهید و بویلرهای چوب[3]اعلام شد [۱۶]. مصرف سوخت‌های فسیلی و چسب اوره فرمالدهید بیشترین سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید فراورده MDF دارا می‌باشد [۱۱].

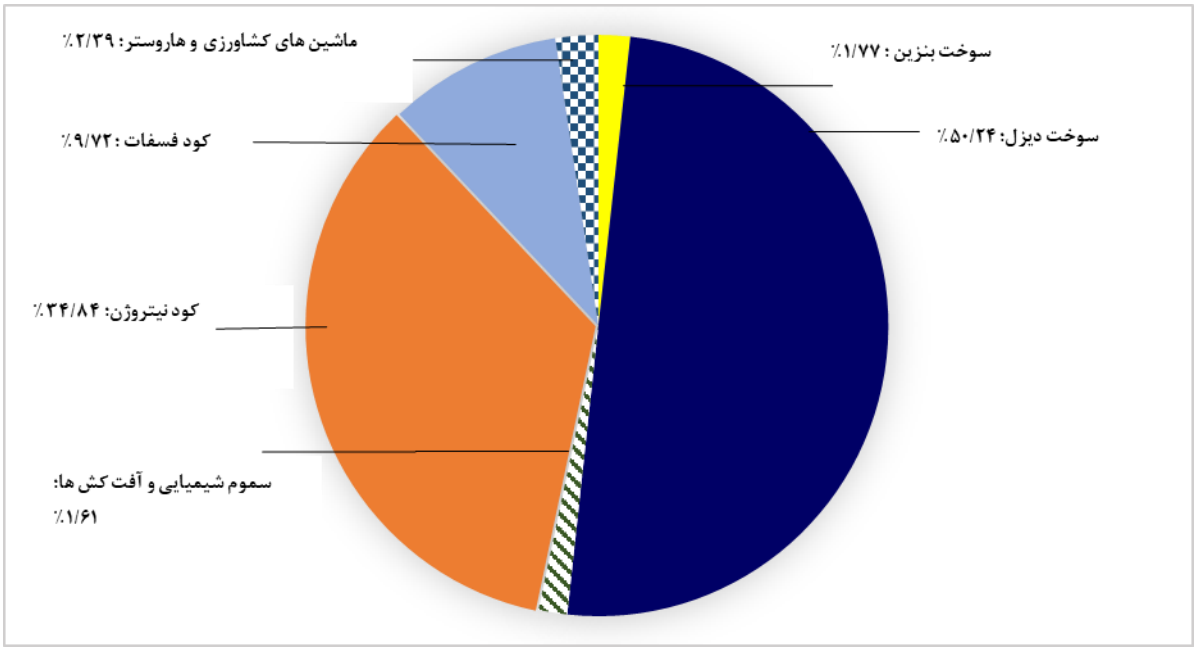
[1] Cradle to gate
[2] Dryer
[3] Wood boilers

www.SID.ir

Archive of SID



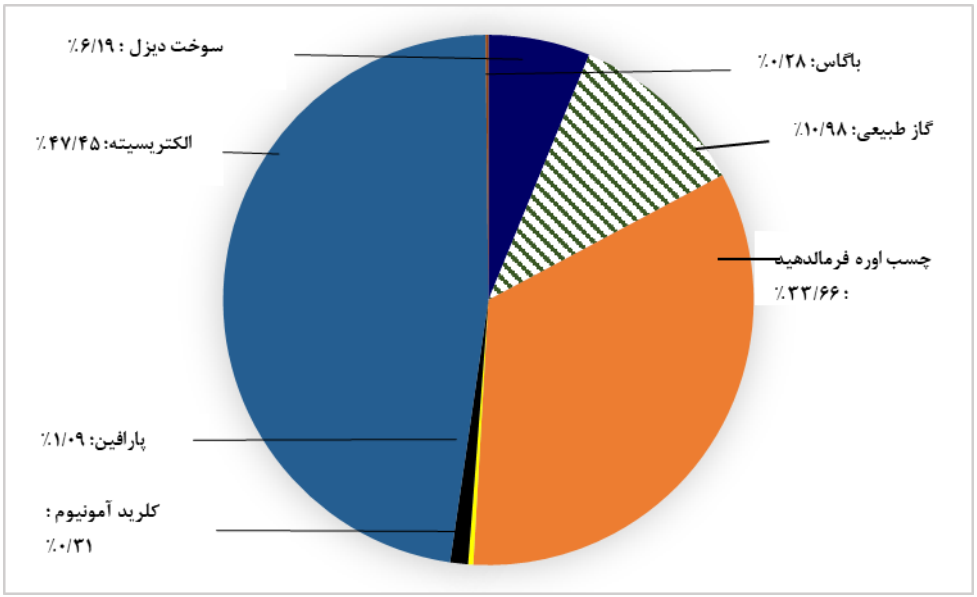
شکل ۲- میزان انتشارات و سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع پلنت



شکل ۳ - میزان انتشارات و سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع راتون

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ – میزان انتشارات و سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید MDF بر پایه باگاس

تحلیل انرژی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، انرژی ورودی در یک هکتار مزارع نیشکر پلنت و راتون به ترتیب ۱۱۰۷۶۱/۸ و ۶۲۲۱۵/۸ مگا ژول بر هکتار و انرژی خروجی معادل ۱۳۸۰۰۰ و ۱۰۲۰۰۰ مگا ژول بر هکتار محاسبه شد (جدول ۲). در شکل ۴ و ۵ سهم هر یک از نهاده‌ها در مصرف انرژی مزارع پلنت و راتون مشخص‌شده است. در تولید نیشکر، آب آبیاری، سوخت دیزل و کود شیمیایی نیتروژن به ترتیب با ۳۵/۹، ۳۰/۶ و ۱۸/۶۳ درصد بیشترین سهم مصارف انرژی را در مزارع پلنت و آب آبیاری، کود شیمیایی نیتروژن و سوخت دیزل به ترتیب با ۴۸/۸۷، ۳۳/۵ و ۱۷/۴۵ درصد بالاترین سهم مصرف انرژی را در مزارع راتون به خود اختصاص دادند. در مطالعه Kaab و همکاران (۲۰۱۹)، مقدار انرژی مصرفی در مزارع پلنت و راتون به ترتیب ۱۷۲۸۸۴/۷۰ و ۱۲۲۸۰۱/۱۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد. در مزارع پلنت، الکتریسیته، آب آبیاری، سوخت دیزل و کود نیتروژن بیشترین سهم را در بین نهاده‌های مصرفی به خود اختصاص دادند [۲۵]. در بررسی انجام‌شده توسط Harooni و همکاران (۲۰۱۸)، انرژی نهاده‌ها در مزارع پلنت و راتون به ترتیب ۱۷۴۲۸۳/۷۶ و ۱۴۵۱۱۷/۷۹ مگا ژول بر هکتار محاسبه‌شده و الکتریسیته، کودهای شیمیایی و آبیاری بالاترین مقادیر مصرف انرژی را به خود اختصاص داده بودند [۲۶].

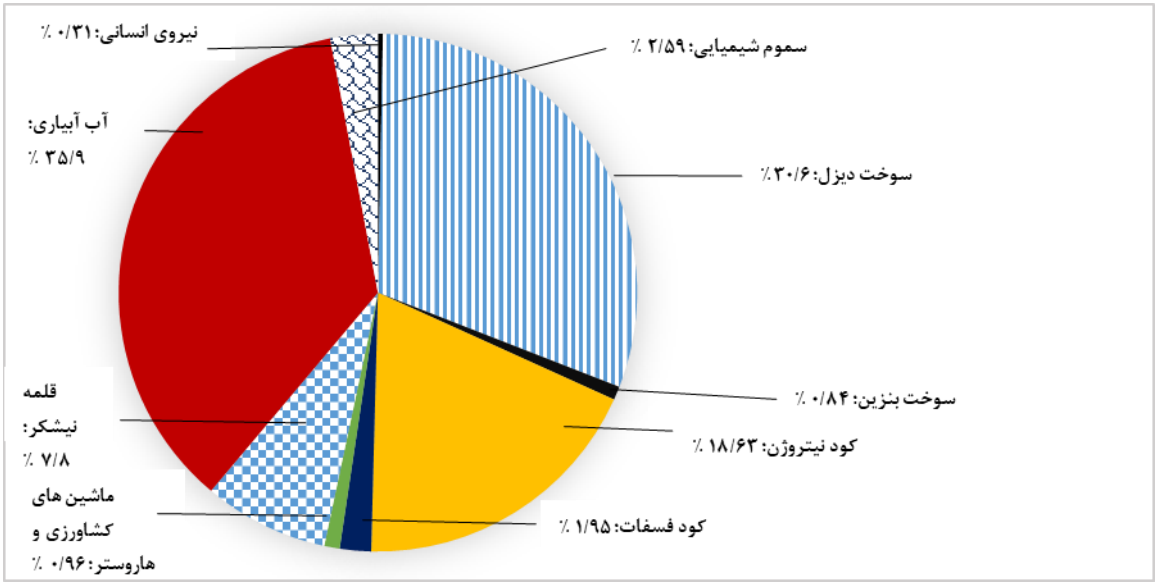
با اعمال ضریب تخصیص اقتصادی، جهت تولید باگاس در یک هکتار مزارع نیشکر پلنت و راتون انرژی ورودی به ترتیب ۲۴۳۶/۷۵ و ۱۳۶۸/۷۴ مگا ژول بر هکتار و انرژی خروجی به ترتیب معادل ۳۰۳۶ و ۲۲۴۴ مگا ژول بر هکتار محاسبه شدند. پایین بودن این مقادیر برای محصول باگاس نشان‌دهنده میزان انرژی مصرفی پایین‌تر برای تولید این فراورده نسبت به نیشکر به دلیل محصول جانبی بودن آن و توجیه اقتصادی استفاده از آن در صنایع دیگر مخصوصاً صنعت تولید MDF می‌باشد. جدول دو مصرف انرژی و سهم نهاده‌های مختلف برای تولید یک هکتار نیشکر پلنت و راتون و ارتباط بین انرژی ورودی و خروجی در سیستم تولید نیشکر و باگاس را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر مصرف انرژی به ازای نهاده‌های مختلف برای تولید یک هکتار نیشکر در مزارع پلنت و راتون

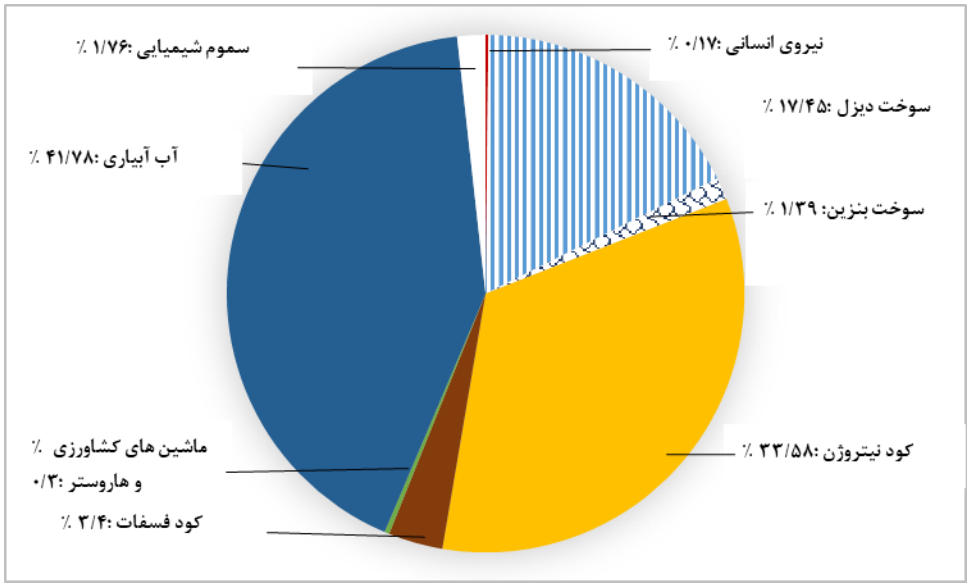
نهاده‌ها	مقدار در واحد سطح در مزارع پلنت (هکتار)	مقدار در واحد سطح در مزارع راتون (هکتار)	مقدار مصرف انرژی در مزارع پلنت (مگا ژول بر هکتار)	مقدار مصرف انرژی در مزارع راتون (مگا ژول بر هکتار)
نیروی انسانی	۱۸۰	۵۴	۳۵۲/۸	۱۰۵/۸۴
سوخت دیزل (لیتر)	۶۰۲	۱۹۳	۳۳۸۹۸	۱۰۸۶۷
سوخت بنزین (لیتر)	۱۹/۴۵	۱۸	۹۳۸	۸۶۸
ماشین‌آلات کشاورزی (ساعت)	۱۷	۳	۱۰۶۶	۱۸۸
کود شیمیایی نیتروژن (کیلوگرم)	۳۴۰	۳۴۵	۲۰۶۴۰	۲۰۹۰۷
کود شیمیایی فسفات (کیلوگرم)	۱۹۵/۵	۱۹۵/۵	۲۱۷۰	۲۱۷۰
سموم شیمیایی (کیلوگرم)	۱۳/۱۱	۴/۴	۳۲۷۷	۱۱۰۰
قلمه نیشکر	۷۲۰۰	_	۸۶۴۰	_
آب آبیاری	۳۹۰۰۰	۲۵۵۰۰	۳۹۷۸۰	۲۶۰۱۰
کل انرژی نهاده‌ها (نیشکر)			۱۱۰۷۶۱/۸	۶۲۲۱۵/۸
کل انرژی خروجی (نیشکر)	۱۱۵۰۰۰	۸۵۰۰۰	۱۳۸۰۰۰	۱۰۲۰۰۰
کل انرژی نهاده‌ها (باگاس)	-	-	۲۴۳۶/۷۵	۱۳۶۸/۷۴
کل انرژی خروجی (باگاس)	۳۶۸۰۰	۲۷۲۰۰	۳۰۳۶	۲۲۴۴



شکل ۵- سهم نهاده‌های مختلف در مصرف انرژی در مزارع پلنت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- سهم نهاده‌های مختلف در مصرف انرژی در مزارع راتون

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، میزان مصرف انرژی و انتشارات گازهای گلخانه‌ای در سامانه‌ی تولید باگاس به‌عنوان محصول جانبی حاصل از تولید نیشکر جهت تأمین ماده اولیه صنعت MDF در کشت و صنعت نیشکر کارون در دو نوع کشت راتون و پلنت پرداخته شد و نتایج زیر به دست آمد. مصرف انرژی به‌طور متوسط برای تولید باگاس حاصل از یک هکتار کاشت نیشکر در منطقه موردمطالعه در مزارع پلنت و راتون به ترتیب ۲۴۳۶/۷۵ و ۱۳۶۸/۷۴ و نیز مقدار انرژی ستانده ۳۰۳۶ و ۲۲۴۴ مگا ژول بر هکتار می‌باشد. همچنین در تولید این ماده اولیه، آب آبیاری، سوخت دیزل و کود شیمیایی نیتروژن به ترتیب با ۳۵/۹، ۳۰/۶ و ۱۸/۶۳ درصد بیشترین سهم مصارف انرژی را در مزارع پلنت و آب آبیاری، کود شیمیایی نیتروژن و سوخت دیزل به ترتیب با ۴۸/۸۷، ۳۳/۵ و ۱۷/۴۵ درصد بالاترین سهم مصرف انرژی را در مزارع راتون به خود اختصاص دادند. همچنین میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید باگاس حاصل از یک هکتار کاشت نیشکر در مزارع پلنت و راتون معادل ۲۲۱/۸۷ و ۹۹/۱۱ گزارش شد. مدیریت مصرف و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی به‌طور عمده نیتروژن و فسفات باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش میزان آلایندگی منابع طبیعی خواهد شد. علاوه بر این با استفاده از سیستم‌های جدیدتر و روش‌های نوین آبیاری و کشاورزی می‌توان میزان مصرف انرژی و نیز میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داد. درنهایت مشخص گردید کشت راتون به دلیل کمتر بودن عملیات کشاورزی نسبت به کشت پلنت و استفاده از میزان آفت‌کش کمتر، میزان مصرف انرژی کمتر و انتشارات گاز گلخانه‌ای پایین‌تری دارد. به دنبال آن، باگاس حاصل از این نوع کشت نیز میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای پایین‌تری داشته و آثار محیط زیستی کمتری طی چرخه زندگی MDF تولیدشده از آن ایجاد خواهد کرد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به تولید MDF بر پایه باگاس معادل ۷۸۰/۵۳ کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل در هر مترمکعب فراورده می‌باشد که مصرف انرژی الکتریسیته، چسب اوره فرمالدهید و گاز طبیعی بیشترین سهم انتشارات دارند. استفاده از سیستم‌های کنترل مصرف انرژی الکتریسیته در بخش‌های مختلف تولید در کارخانه‌های تولید فراورده‌های صفحه‌ای چوبی، کاهش مسافت حمل‌ونقل در تهیه ماده خام و نیز کنترل و کاهش میزان مصرف چسب اوره فرمالدهید می‌تواند نقش مؤثری در کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. روی‌هم‌رفته استفاده مؤثر از باگاس به‌عنوان محصول جانبی حاصل از تولید نیشکر و افزایش ارزش‌افزوده آن با تولید فرآورده‌های مختلف ازجمله MDF

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه بر سودآوری اقتصادی برای تولیدکنندگان این محصول، بهره‌وری انرژی را نیز افزایش خواهد داد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب رساله دکتری با حمایت مالی معاونت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران با شماره گرنت ۲۹۹۷۱/۶/۴ و نیز تحت حمایت مالی وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری ایران در دانشگاه Radboud هلند انجام‌شده است. همچنین نویسندگان مقاله از همکاری ارزشمند و صمیمانه مدیریت و کارکنان شرکت کشت و صنعت نیشکر کارون و شرکت MDF لوح سبز جنوب که مقدمات اجرای این پژوهش را فراهم آوردند، نهایت تقدیر و تشکر را ابراز می‌دارند.

منابع

[1] Chavoosh, A., Bahmani, A., Darijani, A., Mootab Saeii, A., Mehrabi, E and Gholipour, M., 2012. The role of wood and paper industries management of Iran in sustainable development. Iranian Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources, 1(3): 95-79. (In Persian).

[2] Moazami, v., Najafian ashrafi, M., Nazerian, M., MoheBbi gargari, R., 2015. Prioritizing Effective Indicators on Unit of Wood and Paper Industries in Khuzestan Province Using Bagasse as Raw Material. Iranian Journal of Bio system engineering, 68(2): 329-346. (In Persian).

[3] Mohammadi, F., Roedl, A., Abdoli, M. A., Amidpour, M., & Vahidi, H., 2020. Life cycle assessment (LCA) of the energetic use of bagasse in Iranian sugar industry. Renewable Energy, 145: 1870-1882.

[4] Mohammadi, F., Abdoli, M. A., Amidpour, M., Vahidi, H., & Gitipour, S., 2020. Environmental-economic evaluation of sugar cane bagasse gasification power plants versus combined-cycle gas power plants. Global Journal of Environmental Science and Management, 6(1): 73-84.

[5] Komleh, S. P., Keyhani, A., Rafiee, S. H., & Sefeedpary, P., 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy, 36(5): 3335-3341.

[6] Silva, D. A. L., Lahr, F. A. R., Garcia, R. P., Freire, F. M. C. S., & Ometto, A. R., 2013. Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(7): 1404-1411.

[7] Kouchaki-Penchah, H., Sharifi, M., Mousazadeh, H., & Zarea-Hosseinabadi, H., 2016. Life cycle assessment of medium-density fiberboard manufacturing process in Islamic Republic of Iran. Journal of cleaner production, 112:351-358.

[8] Lopes Silva, D., Rocco Lahr, F., Donizeti Varanda, L., Luis Christoforo, A and Roberto Ometto, A., 2015. Environmental performance assessment of the melamine-urea formaldehyde (MUF) resin manufacture: a case study in Brazil. Journal of Cleaner Production 96: 299 -307.

[9] Karimi, M., RajabiPour, A., Tabatabaeefar, A., & Borghei, A., 2008. Energy analysis of sugarcane production in plant farms a case study in Debel Khazai Agro-industry in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 4(2): 165-171.

[10] Renouf, M. A., Pagan, R. J., & Wegener, M. K., 2011. Life cycle assessment of Australian sugarcane products with a focus on cane processing. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16(2): 125-137.

[11] Puettmann, M., 2013. Cradle to Gate Life Cycle Assessment of US Medium Density Fiberboard Production.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] Sefeedpari, P., Shokoohi, Z., Behzadifar, Y., 2014. Energy use and carbon dioxide emission analysis in sugarcane farms: a survey on Haft-Tappeh Sugarcane Agro-Industrial Company in Iran. Journal of cleaner production. 83: 212-219.

[13] Taghinezhad, J., Alimardani, R., and Jafari, A., 2014. Energy consumption flow and econometric models of sugarcane production in Khouzestan province of Iran. Sugar Tech, 16(3):.277-285.

[14] Khatiwada, D., Venkata, B. K., Silveira, S., & Johnson, F. X., 2016. Energy and GHG balances of ethanol production from cane molasses in Indonesia. Applied energy, 164: 756-768.

[15] Haroni, S., Shiekhdavoodi, M.G., Kiani, M., 2015. Modeling of energy consumption and greenhouse gas emissions in the sugarcane production process in ratoon farms using artificial neural networks. A case study in Debel Khazai Agro-industry in Iran. Iranian Journal of Agricultural Machinery, 8(2): 11-19 (In Persian).

[16] Nakano, K., Ando, K., Takigawa, M., & Hattori, N., 2018. Life cycle assessment of wood-based boards produced in Japan and impact of formaldehyde emissions during the use stage. The International Journal of Life Cycle Assessment, 23(4): 957-969.

[17] Kaab, A., Sharifi, M and Mobli, H., 2019. Analysis and Optimization of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Sugarcane Production Using Data Envelopment Analysis. Iranian Journal of Bio system engineering, 50(1): 19-30. (In Persian).

[18] Steubing B, Wernet G, Reinhard J, Bauer C, Moreno-Ruiz E (2016) The ecoinvent database version 3 (part II): analyzing LCA results and comparison to version 2. Int J Life Cycle Assessment, 21(9), 1269-1281.

[19] Heidari, M. D., Lawrence, M., Blanchet, P., & Amor, B., 2019. Regionalised Life Cycle Assessment of Bio-Based Materials in Construction; the Case of Hemp Shiv Treated with Sol-Gel Coatings. Materials, 12(18): 2987.

[20] Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, SH., Taromi, K., 2014. Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce greenhouse gas emission of rice production. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 7(4):155-162.

[21] Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, S., & Keyhani, A., 2012. Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. Energy, 44(1): 211-216.

[22] Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghosh, P. K., Hati, K. M., & Bandyopadhyay, K. K., 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass and Bioenergy, 23(5): 337-345.

[23] Ricaud, R., 1980. Energy input and output for sugarcane in Louisiana. In: Pimentel, D. (Ed.), Handbook of Energy Utilization in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 135-136.

[24] Kitani, O., & Jungbluth, T., 1999. CIGR handbook of agricultural engineering. Energy and biomass engineering, 5, 330.

[25] Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. W., 2019. Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. Science of the Total Environment, 664: 1005-1019.

[26] Haroni, S., Shiekhdavoodi, M.G., Kiani, M., 2018. Application of Artificial Neural Networks for Predicting the Yield and GHG Emissions of Sugarcane Production. Iranian Journal of Agricultural Machinery, 8(2): 389-401. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Energy Consumption Analysis in Production of bagasse and greenhouse gas emission (GHG) assessment from this product and Medium Density Fiberboard based on it

Abstract

This study was performed to analyze the energy consumption in bagasse production as one of the byproducts from sugarcane and greenhouse gas emissions (GHG) amounts from bagasse production and its bagasse based Medium Density Fiberboard in Iran. Related data for this study was collected by direct interview and filling out questionnaires using company managers and staffs in Karoon Sugarcane Agro-Industrial Company and LooheSabz Jonoob bagasse based MDF Factory for the years 2016 to 2019. Greenhouse gas emissions were assessed by SimaPro software and energy consumptions amounts were calculated by direct and indirect energy consumptions and energy equivalents. Total energy consumptions for bagasse production were 2436.75 and 1368.74 MJ ha^{-1} in plant and ratoon farms, respectively. Water for irrigation, diesel fuel consumption and nitrogen fertilizer had the largest share of energy consumption in sugarcane production. The total amounts of greenhouse gas emissions for bagasse production were attained as 221.87 and 99.11 $KgCO_2eq$ ha-1 in plant and ratoon farms respectively. Diesel fuel consumption, agricultural machineries and nitrogen fertilizer in plant farms and diesel fuel, phosphate and nitrogen fertilizers in ratoon farms had the highest share of emissions, respectively. Furthermore, the amount of greenhouse gas emissions for bagasse based - MDF production was gained as 780.53 $KgCO_2eq$ m^3-1. Electrical energy consumption, urea formaldehyde resin and natural gas had the main share in total GHG emissions in bagasse based - MDF production.

Keywords: Medium density fiberboard, Bagasse, Energy, Greenhouse gas emissions.

S. M. Hafezi[1*]
H. Zarea Hosseinabadi[2]
M. Moienaddini[3]
K. Doosthoseini[2]

[1] PhD student, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Associate Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[3] Assistant professor Department of environmental Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[4] Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
masoumehhafezi@ut.ac.ir

Received: 2020/02/12
Accepted: 2020/04/03

www.SID.ir