Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 218-233

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۳۳-۲۱۸

مقایسه تولید ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) از لحاظ مصرف انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در شرایط آب و هوایی گرگان

محمد تقی فیض بخش[1*] و پریسا علی زاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

فیض بخش، م.ت.، و علی‌زاده، پ. ۱۳۹۷. مقایسه تولید ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) از لحاظ مصرف انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در شرایط آب و هوایی گرگان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۳۳-۲۱۸.

چکیده

وجود انرژی فسیلی ارزان و فراوان منجر به‌بهبود رفاه زندگی انسان و افزایش تولید غذا شده است، اما امروزه، مشکلات عمده‌ای در مورد سوخت-های فسیلی به‌وجود آمده است. این مشکلات شامل کمبود سوخت‌های فسیلی برای نسل‌های آینده، افزایش قیمت حامل‌های انرژی و مهم‌تر از همه انتشار گازهای گلخانه‌ای (مانند دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروژن و متان) به اتمسفر ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی می‌باشد. کارآیی استفاده از انرژی یکی از مهمترین عوامل برای کشاورزی پایدار است. استفاده از سوخت‌های فسیلی و مصرف کودهای شیمیایی باعث تهدید محیط زیست گردیده است. مقایسه انرژی گیاهان زراعی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در اولویت‌بندی کشت گیاهان مختلف زراعی در هر منطقه به کار گرفته شود. برای انجام این بررسی دو محصول زراعی (ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)) انتخاب گردید. دلیل انتخاب این دو گیاه تشابهات متعددی (از جمله تاریخ کاشت مشابه، عملیات زراعی و مصرف) است که در این دو گیاه وجود دارد. برهمین اساس، با مصاحبه با کشاورزان مختلف (برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب ۲۰ و ۱۵ کشاورز از طریق تکمیل پرسشنامه) اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو محصول شد. برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آن‌ها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد. پس از آن داده‌های مورد نیاز در سه بخش مصرف سوخت، سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه گردید. بیشترین انرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب با ۲۳/۲ و ۲۴/۷ درصد مربوط به مصرف کود پایه بود. همچنین بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای مربوط به سوخت به‌ترتیب برابر ۲۷/۳ و ۳۱/۴ بود. میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای بیشتر از ذرت سیلویی بود، به‌طوری که میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای ۳۱۵/۵۶ گیگاژول در هکتار بیشتر از ذرت سیلویی بود که مهمترین دلیل این امر عملکرد بیشتر مزارع سورگوم علوفه‌ای است. نسبت انرژی خروجی به ورودی در ذرت بهاره و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب برابر ۴/۳ و ۱۵/۶ محاسبه گردید. به‌عبارتی، راندمان انرژی در مزارع سورگوم علوفه‌ای بیشتر و این امر به‌دلیل عملکرد بالاتر و همچنین مصرف نهاده‌های کمتر در این محصول است. میزان بهره‌وری انرژی در کشت ذرت سیلویی کمتر سورگوم علوفه‌ای است (جدول۶). دلیل این امر عملکرد پایین در واحد سطح (۱۲/۵۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) و میزان انرژی ورودی بیشتر در مزارع ذرت سیلویی است. در هر دو محصول بیشترین پتانسل گرمایش جهانی به‌ترتیب مربوط به کود نیتروژن و سوخت مصرفی بود. بیشترین و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی به‌ترتیب از مزارع ذرت سیلویی بهاره و مزارع سورگوم علوفه‌ای (به‌ترتیب ۱۸۴۵/۹ کیلوگرم CO_2 در هکتار و ۱۷۲۹ کیلوگرم CO_2 در هکتار) به‌دست آمد. دلیل این موضوع مصرف کمتر نهاده‌های کشاورزی از جمله علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در مزارع سورگوم علوفه‌ای است. همچنین در هر دو محصول کمترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود پتاسیم به میزان ۳۹/۵ کیلوگرم معادل CO_2 در هر دو محصول بود. مقایسه مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای نشان می‌دهد که تفاوت بسیار قابل توجه بین دو محصول وجود دارد. به‌طوری‌که در کشت ذرت بهاره سیلویی پتانسیل گرمایش جهانی ۱۲/۱ برابر کشت سورگوم علوفه‌ای است. میزان انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در ذرت بهاره سیلویی بیشتر از سورگوم علوفه‌ای بود که ناشی از عملیات زراعی بیشتر (از جمله علف‌کش‌ها و سموم حشره‌کش) است و از این لحاظ کشت سورگوم علوفه‌ای دارای اثرات زیست‌محیطی کمتری است. در هر دو محصول مصرف سوخت و کود درصد بالایی از انرژی مصرفی

www.SID.ir

Archive of SID

و تولید گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد بنابراین استفاده از ادواتی که باعث کاهش مصرف سوخت شوند توصیه می‌گردد و همچنین لزوم بررسی و تحقیق جهت کشت‌های تناوبی و استفاده از گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند آشکار می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه، انرژی غیرمستقیم، سوخت، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

وجود انرژی فسیلی ارزان و فراوان منجر به بهبود رفاه زندگی انسان و افزایش تولید غذا شده است، اما امروزه، مشکلات عمده‌ای در مورد سوخت‌های فسیلی به‌وجود آمده است. این مشکلات شامل کمبود سوخت‌های فسیلی برای نسل‌های آینده، افزایش قیمت حامل-های انرژی و مهم‌تر از همه انتشار گازهای گلخانه‌ای (مانند دی-اکسیدکربن، اکسیدنیتروژن و متان) به اتمسفر ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی می‌باشد. با توجه به بروز بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد ممکن کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند نظام‌های کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian et al., 2006). برآوردهای اولیه نشان می‌دهد که فعالیت‌های کشاورزی حدود نیمی از منابع انتشار گاز در جهان را شامل می‌شود. از سال ۱۸۶۰ تا کنون سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در حدود ۹۰۰ میلیون هکتار افزایش داشته است که این افزایش با آزاد ساختن ۱۱۶ میلیون گرم کربن از ذخیره ۶۹۶ میلیون گرمی کربن قابل استفاده در سال ۱۸۶۰ باعث گرم شدن گلخانه‌ای کره زمین به‌میزان نه درصد تا سال۱۹۸۰ شده است (Nikkhah et al., 2014). کاهش انرژی از منابع فسیلی در سیستم‌های کشاورزی یکی از مهمترین راه‌های پیچیده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه-ای است و شناسایی روش‌های تولید که راندمان انرژی را بالا برده و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند حیاتی است (Tzilivakis et al., 2005). بررسی سیر انرژی در سیستم‌های تولید کشاورزی مزایای زیادی دارد و محققان جهت بررسی تولید محصولات کشاورزی در ارتباط با انرژی ورودی تحقیقات زیادی انجام داده‌اند (Clements et al., 1995; Franzlubbers & Francis, 1995; Singh et al., 2002; Baruah et al., 2004; Ozkan et al., 2004; Zentner et al., 2004; Soltani et al., 2009; Ghorbani et al., 2011; Yousefi et al., 2012).

سفیدپور و همکاران (Sefeedpari et al., 2012) در یک بررسی در مزارع ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) در استان تهران نشان دادند که میزان انرژی ورودی ۱۱/۸ گیگاژول در هکتار بود و بیشترین مصرف انرژی مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی به-ترتیب برابر ۳۲/۳ و ۲۶/۵ درصد بود.

پیشگار کوملە و همکاران (Pishgar Komleh et al., 2011) میزان انرژی ورودی و خروجی در مزارع ذرت سیلویی را به‌ترتیب برابر ۶۸۹۲۸ و ۱۴۸۳۸۰ مگاژول در هکتار برآورد نمودند و نشان دادند که ادوات زراعی با ۴۲ درصد بیشترین مصرف انرژی را داشتند و پس از آن کودهای شیمیایی و سوخت مصرفی در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. امانلو و قاسمی (Amanloo & Ghasemi, 2013) در یک بررسی در مزارع استان زنجان میزان انرژی ورودی را جهت کشت ذرت سیلویی ۷۷۵۸۹ مگاژول در هکتار به‌دست آوردند و نشان دادند که ۶۹ درصد از انرژی ورودی مستقیم و ۳۱ درصد آن غیرمستقیم بود. همچنین بیشترین سهم انرژی مربوط به الکتریسیته (۳۸/۳ درصد) و سوخت (۲۹/۵ درصد) بود. رنا و همکاران (Ren at el., 2012) در استان شاندونگ چین نشان دادند که انرژی ورودی در مزارع سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کمتر از مزارع ذرت است و بهره‌وری انرژی در مزارع سورگوم و ذرت به‌ترتیب برابر ۱۲/۴ و ۸/۴ قرار داشت. همچنین در این بررسی بیشترین انرژی ورودی متعلق به کود نیتروژن در هر دو محصول بود.

سومان و همکاران (Suman et al., 2006) در یک بررسی در هند نشان دادند که میزان انرژی ورودی در مزارع سورگوم دانه‌ای ۸۷۸۸ مگاژول در هکتار بود و میزان انرژی خروجی ۱۱۷۹۰ تا ۱۴۴۱۰۰ مگاژول در هکتار در مدیریت‌های مختلف زراعی بود. در این بررسی بیشترین انرژی ورودی متعلق به مصرف کودهای شیمیایی

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*- نویسنده مسئول: (Email: feyz_54@yahoo.com

DOI:10.22067/jag.v10i1.56517

www.SID.ir

Archive of SID

(۵۶ درصد) بود.

دستان و همکاران (Dastan et al., 2014) انتشار دی‌اکسید-کربن و پتانسیل گرمایش جهانی[1] (GWP) ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری را در شهرستان نکا بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که کمترین انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی برابر با ۱۶۱۰۳ مگاژول در هکتار بود. بیشترین سهم انرژی ورودی در نظام-های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری بود که بالاترین مقدار را از نظر انتشار دی‌اکسیدکربن و پتانسیل گرمایش جهانی نیز به خود اختصاص داد. نیکخواه و همکاران (Nikkhah et al., 2014) در ارزیابی حساسیت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان بیان داشتند که مجموع انرژی‌های ورودی در جریان تولید چای ۳۹۰۶۰ مگاژول بر هکتار و میزان کارایی انرژی ۰/۲۲ است. کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در انرژی‌های مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ترتیب با ۵۹ و ۷۴ درصد در تولید چای به خود اختصاص دادند.

این مطالعه به‌منظور شناخت، بررسی و مقایسه سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید ذرت علوفه‌ای و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این بررسی دو محصول زراعی (ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای) انتخاب گردید. دلیل انتخاب این دو گیاه تشابهات متعددی (از جمله تاریخ کاشت مشابه، عملیات زراعی و مصرف) است که در این دو گیاه وجود دارد. برهمین اساس با مصاحبه با کشاورزان مختلف در محدوده شهرستان گرگان اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شد. برای پیدا کردن حجم نمونه از معادله ۱ استفاده شده است (Sarmad et al., 2009).

معادله (۱)
$$x = \frac{N(t\times s)^2}{Nd^2+(t\times s)^2}$$

که در آن n: حجم نمونه، s: انحراف معیار، N: حجم جامعه، d: دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان)، t: ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به‌دست می‌آید. بدین ترتیب حجم نمونه برای مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب ۲۷ و ۲۱ مزرعه تخمین زده شد.

برای افزایش دقت محاسبات، این رقم به ۳۰ نفر در هر دو محصول افزایش یافت. داده‌های به‌دست آمده شامل ماشین‌آلات و همچنین نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو محصول بود. پس از این مرحله داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ در سه بخش مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسید کربن محاسبه گردید.

برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه زیر بین میزان سوخت بر اساس مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت T و میزان سوخت مصرفی FT تعیین شد (Soltani et al., 2013).

معادله (۲) $FT=T \times FH$

همچنین، با توجه به برقی بودن چاه‌ها، میزان انرژی مصرفی بر اساس مدت زمان کارکرد الکتروپمپ بر حسب ساعت در هکتار به دست آمد و میزان مصرف انرژی در بخش آبیاری بر اساس میزان مصرف الکتریسیته در هر نوبت آبیاری محاسبه گردید.

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آن‌ها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد (جدول ۱).

الف- ذرت سیلویی

ذرت در دامنه وسیعی از تاریخ کاشت (پانزده فروردین تا اواخر تیرماه) در استان گلستان کشت می‌گردد. به کاشت ذرت بعد از محصولاتی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) که در اوایل تیرماه صورت می گیرد کشت تابستانه و قبل از این تاریخ کاشت را کشت بهاره می‌گویند. در این تحقیق با توجه به تاریخ کاشت و همچنین مقایسه بهتر آن با سورگوم علوفه‌ای از داده‌های تاریخ کاشت بهاره استفاده گردید. در کشت بهاره شخم در فصل زمستان انجام می‌شود و در بهار پس از این که درجه حرارت خاک به ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید کشت صورت می‌گیرد. عملیات آماده‌سازی زمین جهت کشت در ذرت بهاره نیاز به دیسک کمتری

1 - Global warming potential

www.SID.ir

Archive of SID

دارد زیرا زمین شخم شده در زمستان تا حدودی نـرم اسـت و آبیـاری قبل از کاشت با توجه به محتوای رطوبتی خاک انجام نمی‌شود.

جدول ۱- معادل های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در سیستم‌های تولید ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای
Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs in silage corn and forage sorghum systems

ورودی ها / خروجی ها Outputs/Inputs	واحد Unit	معادل انرژی (مگاژول برواحد) Energy equivalent ($MJ.unit^{-1}$)	منبع Reference
بذر ذرت Corn seed	کیلوگرم kg	15.19	(Canakci et al., 2005; Rathke et al., 2007)
بذر سورگوم Sorghum seed	کیلوگرم kg	59.5	(Ren et al., 2012)
آبیاری Irrigation	مترمکعب m^3	1.02	(Zahedi & Eshghizadeh, 2014)
نیروی انسانی Human labor	ساعت Hour	1.96	(Akcaoz et al., 2009)
نیتروژن (N) N fertilizers	کیلوگرم kg	60.6	(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)
فسفر (P_2O_5) P fertilizers	کیلوگرم kg	11.1	(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)
پتاسیم (K_2O) K fertilizers	کیلوگرم kg	6.7	(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)
گازوئیل Gasoline	لیتر L	38	(Hydrocarbon balance sheet of Country, 2008)
الکتریسیته Electricity	کیلو وات ساعت kWh	12.1	(Ozkan et al., 2004)
علف‌کش‌ها Herbicide	کیلوگرم ماده موثره kg a.i.b	287	(Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al., 2007)
حشره‌کش‌ها Insecticide	کیلوگرم ماده kg a.i.b	237	(Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al., 2007)
دانه ذرت Corn grain	کیلوگرم kg	14.7	(Canakci et al., 2005)
ساقه و برگ تر سورگوم Fresh shoots of sorghum	کیلوگرم kg	4.56	(Ren et al., 2012)
وزن خشک سیلوی ذرت Dry matter of silage corn	کیلوگرم kg	8	(Robinson, 2001)

همچنین، میزان مصرف سموم حشره‌کش در کشت بهـاره کمتـر است که دلیل آن برداشت محصول، قبل از این‌که جمعیـت آفـات بـه آستانه اقتصادی برسد می‌باشد (فـرار از آفـات). همچنـین، در کشـت بهاره میزان آب مصرفی کمتر است، زیرا گیاه از رطوبت ذخیـره شـده در خاک طی زمستان استفاده می‌نماید (Mokhtarpour, 2011) .

در یک توصیه عمومی جهت کشت بهاره و تابستانه ذرت دانه‌ای، ۳۰۰ کیلوگرم کود فسفات دی‌آمونیـوم و ۱۵۰-۱۰۰ کیلـوگـرم پتـاس قبل از کاشـت و ۴۰۰ کیلـوگـرم اوره (۲۰۰ کیلـوگرم قبـل از کاشـت +۲۰۰ کیلوگرم در دو مرحله آبیاری به صورت سـرک) داده مـی‌شـود (Mokhtarpour, 2011) و این توصیه کودی در اکثر مـزارع رعایـت می‌گردد.

استفاده از فاروئر در ذرت با هدف ایجاد پشـته، کنتـرل مکـانیکی علف‌های هرز و هوادهی پای بوته‌ها انجام مـی‌شـود. سـایر عملیـات زراعی در جدول ۲ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تاریخ عملیات زراعی برای ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای

Table 2- Agricultural operations times for silage corn and forage sorghum

عملیات زراعی Field operations	مزارع Farms	
	ذرت بهاره سیلویی Spring corn silage	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum
شخم (۳۰ سانتی‌متر)	زمستان	ـــــ
Tillage (30 cm)	Winter	
دیسک (۱)	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Disk (1)	Late March	Late April
دیسک (۲)	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Disk (2)	Late March	Late April
دیسک (۳)	ـــ	اوایل اردیبهشت
Disk (3)		Late April
اختلاط کود با خاک*	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Mixing fertilizer with soil	Late March	Late April
نهرکن	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Ditcher	Late March	Late April
فاروئر	اوایل فروردین	اواخر اردیبهشت
Furrower	Late March	Late May
کود پایه	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Basal dressing	Late March	Late April
کاشت بذر	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Planting seeds	Late March	Late April
کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت (۱)	اوایل فروردین	ـــ
Weed control before planting	Late March	
کنترل علف‌های هرز بعد از کاشت و قبل از سبز شدن (۲)	اوایل فروردین	ـــ
Weed control after planting and before emergence	Late March	
کنترل علف‌های هرز بعد از کاشت (۱)	اواسط اردیبهشت	ـــ
Weed control after planting	Early May	
کنترل آفات (۱)	اوایل خرداد	ـــ
Pest control (1)	Late May	
کنترل آفات (۲)	اواسط خرداد	ـــ
Pest control (2)	Early June	
کود سرک (۱)	اواسط اردیبهشت	اواخر اردیبهشت
Top dressing (1)	Early May	Late May
کود سرک (۲)	اواخر اردیبهشت	اواسط تیر
Top dressing (2)	Late May	Late June
کود سرک (۳)	ـــ	اوایل شهریور
Top dressing (3)		Late Aug
آبیاری (۱)	اواسط اردیبهشت	اواخر اردیبهشت
Irrigation (1)	Late May	Late May
آبیاری (۲)	اواخر اردیبهشت	اواخر خرداد
Irrigation (2)	Late May	Early June
آبیاری (۳)	اوایل تیر	اواسط تیر
Irrigation (3)	Late June	Late June
آبیاری (۴)	ـــــ	اواخر مرداد
Irrigation (4)		Late July
آبیاری (۵)	ـــــ	اوایل شهریور
Irrigation (5)		Late Aug
برداشت	اوایل مرداد	اواخر تیر، اواسط تیر و اواخر شهریور
Harvest	Late July	Late June, Early July and Early Sept
حمل و نقل	اوایل مرداد	اواخر مهرماه
Transportation	Late July	Late Oct

www.SID.ir

Archive of SID

ب- سورگوم علوفه‌ای

سورگوم علوفه‌ای یکی از گیاهان علوفه‌ای مناسب در استان گلستان است. رقم مورد استفاده در مزارع کشاورزان هیبرید اسپیدفید[1] است. این هیبرید دارای عملکرد بالا و در سه چین قابل برداشت است. کشت این گیاه موقعی صورت می‌گیرد که درجه حرارت خاک به ۱۲ درجه سانتی‌گراد برسد. این زمان در استان گلستان مصادف با اوایل اردیبهشت فرا می‌رسد. با توجه به حساسیت سورگوم علوفه‌ای به علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها تاکنون هیچ توصیه فنی در این مورد در استان گلستان گزارش نگردیده است و کشاورزان نیز از مبارزه شیمیایی اجتناب می‌نمایند. میزان مصرف کود شیمیایی نیز همانند ذرت سیلویی انجام می‌گردد. سایر عملیات زراعی در جدول ۱ آورده شده است.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای با استفاده از معادلات تعریف شده زیر محاسبه شد (Soltani et al., 2013 & Kazemi, 2014).

معادله (۳) $ER = EO/EI$

که در آن ER: نسبت یا کارآیی انرژی عددی است بدون واحد، EO: مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

معادله (۴) $EP = GY/EI$

که در آن، EP: بهره‌وری انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

معادله (۵) $SE = EI/GY$

که در آن، SE: انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

معادله (۶) $NEY = EO - EI$

که در آن، NEY: عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO: مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی در مرحله اول از نتایج محاسبه انرژی در قسمت قبل برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در هر یک از عملیات زراعی انجام شده استفاده شد. سپس با به‌کار-گیری ضرایب تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2، کل گازهای گلخانه‌ای به‌صورت معادل CO_2 محاسبه شدند (Soltani et al., 2013).

از پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر مقدار تولید دانه بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید هر تن دانه یا به‌عبارتی معدل وزنی به‌دست می‌آید. به‌همین ترتیب از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر انرژی خروجی برحسب گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO_2 برحسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده به‌دست می‌آید.

نتایج و بحث

مقادیر ورودی‌های مختلف جهت تولید ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در یک هکتار زمین در شرایط آب و هوایی گرگان در جدول ۳ ارائه شده است. این دو گیاه از نظر مدیریت زراعی و نهاده‌های ورودی با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند که در جدول ۳ نشان داده شده است. مصرف سوخت در کشت سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب برابر ۲۳۵ و ۲۱۸ لیتر در هکتار بود که مهمترین دلیل این اختلاف ناشی از عملیات زراعی متفاوت از جمله برداشت (در سورگوم و ذرت برداشت به‌ترتیب در سه و یک نوبت با استفاده از چاپر صورت می‌گیرد) است. میزان مصرف کود در هر دو محصول مشابه بوده و اختلافی مشاهده نشد. همچنین جهت کشت سورگوم علوفه‌ای نیاز به دیسک بیشتری است که دلیل این امر ریز بودن بذر آن نسبت به ذرت است. در کشت سورگوم علوفه‌ای از مصرف علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها اجتناب می‌گردد که دلیل آن نبود توصیه فنی در این زمینه است. میزان مصرف آب در ذرت سیلویی کمتر از سورگوم علوفه‌ای است که مهمترین دلیل آن طول دوره رشد و نمو طولانی‌تر آن نسبت به ذرت سیلویی بود (جدول ۳).

1- Speed feed

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- مقادیر ورودی‌های مختلف برای تولید ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 3- Inputs used for silage corn and forage sorghum in Gorgan region

ورودی Input	واحد Unit	ذرت سیلویی Silage corn	اشتباه استاندارد Standard error	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum	اشتباه استاندارد Standard error
سوخت Fuel	لیتر در هکتار $L.ha^{-1}$	218	2.2	235	1.9
بذر Seed	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	35	0.1	25	0.7
کود Fertilizer					
نیتروژن Nitrogen	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	157	2.3	157	1.7
فسفر Phosphorus	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	138	1.3	138	1.5
پتاسیم Potassium	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	72	0.7	72	0.4
آفت‌کش Pesticides	گرم ماده مؤثره در هکتار $g\ a.i.b.ha^{-1}$	96.2	0.8	---	---
علف کش Herbicide	گرم ماده موثره در هکتار $g\ a.i.b.ha^{-1}$	682	6.1	---	---
نیروی انسانی Human labor	ساعت Hour	147.9	4.3	222.2	3.5
عملیات زراعی Agricultural operations					
شخم Plow	مرتبه Time	1	0.1	1	0.1
دیسک (تهیه بستر و اختلاط کود با خاک) Disk (bed preparing and mixing (fertilizer with soil	مرتبه Time	3	0.1	4	0.2
پخش کود Fertilizer distribution	مرتبه Time	2	0.02	2	0.03
کاشت با ردیف‌کار Planting with row planter	مرتبه Time	1	0.03	1	0.03
نهرکن Ditcher	مرتبه Time	1	0	1	0
فاروئر Furrower	مرتبه Time	1	0	1	0
سم پاشی (آفت‌کش و علف‌کش) Spraying (pesticides and herbicides)	مرتبه Time	6	0.2	0	0
برداشت Harvest	مرتبه Time	1	0.01	3	0.02
آب آبیاری Irrigation water	مترمکعب در هکتار $m^3.ha^{-1}$	6000	150	8000	189

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نتایج منـدرج در جـدول ۴ بیشـترین انـرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفـه‌ای بـه‌ترتیـب بـا ۲۳/۲ و ۲۴/۷ درصد مربوط به مصرف کود پایه بـود. همچنـین در هـر دو محصـول کمترین انرژی ورودی مربوط به بذر جهت کشت بود.

جدول ٤- مقادیر انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای
Table 4- Energy inputs (MJ^{-1} ha) dividing farming group in silage corn and forage sorghum

سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum				ذرت بهاره سیلویی Silage corn			
عملیات زراعی Field operations	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	
شخم Plow	1465.8	44.0	4.8	1465.8	14.7	5.1	
دیسک Disk	2001	60.0	6.5	2618.3	78.5	9.1	
نهرکن Ditcher	538.6	4.3	1.7	538.4	4.8	1.9	
کود پایه Basal dressing	7050.7	211.5	23.2	7050.7	141	24.7	
بذر Seed	3500	42.0	11.5	1497.5	11.4	5.2	
ردیف کار Row planter	1193	35.8	3.9	593.5	7.1	2.08	
فارو Furrower	715.4	7.2	2.3	715.4	21.5	2.5	
حشره‌کش Pesticides	1728.2	10.4	5.6	---	---	---	
علف‌کش Herbicides	2767	55.3	9.1	---	---	---	
کود سرک Top dressing	5613.2	168.4	18.4	5632.8	56.3	19.7	
آبیاری Irrigation	2227.7	22.3	7.3	3704.7	14.8	13.01	
برداشت Harvest	1546.3	35.6	5	4654.5	46.5	16.3	
کل Total	**30347.9**	**819.4**	**100**	**28472.6**	**711.8**	**100**	

سـفیدپری و همکـاران (Sefeedpari et al., 2012) نیـز در مطالعات خود در مزارع ذرت در استان تهران به نتایج مشابهی دسـت یافتند و مهمترین انرژی ورودی در مزارع تحت کشت را کود معرفـی کردند.

در جدول ۵ انرژی مصرفی در روش‌های مختلـف بـه دو بخـش انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی شده و برآورد گردید. در بخش انرژی مصرفی مسـتقیم، انـرژی سـوخت مصـرفی عملیـات زراعی، نیروی انسانی و انرژی مورد نیاز برای آبیاری (الکتریسیته) ارائه شد (Feyzbakhsh & Soltani, 2013).

انرژی سوخت مصرفی برای عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، دیسک، تسطیح، بذرکاری و کودپاشی، ایجاد فارو و سمپاشی بود. در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم، انرژی مـورد نیـاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، کود پتاسیم، علـف‌کـش، بذر و وزن ماشین آلات مورد استفاده قرار گرفت. جـدول ۵ نشـان داد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع ذرت سیلویی و سـورگوم علوفه‌ای مربوط به سوخت به‌ترتیب برابر ۲۷/۳ و ۳۱/۴ بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در گرگان

Table 5- Direct and indirect energy inputs for silage corn and forage sorghum in Gorgan

انرژی‌های ورودی Energy inputs	ذرت سیلویی Silage corn			سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum		
	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total
مستقیم Direct						
سوخت برای عملیات زراعی Fuel for field operations	8284	82.8	27.3	8962	268.9	31.4
الکتریسیته Electricity	1815	41.7	5.9	3025	90.8	10.6
نیروی انسانی Human labor	291	7.9	0.95	435.6	3.5	1.5
غیر مستقیم Indirect						
کود نیتروژن N fertilizers	9477.8	113.7	31.2	9477	284.3	33.2
کود فسفر P fertilizers	1531.8	46.0	5	1531.8	46.0	5.3
کود پتاسیم K fertilizers	482.4	4.8	1.6	482.4	3.9	1.6
بذرSeed	3500	21.0	11.5	1498	44.9	5.2
علف‌کش‌ها Herbicide	1634	32.7	5.3	---	---	---
حشره‌کش‌ها Pesticides	304.4	9.1	1.01	---	---	---
ماشین‌آلات Machinery	1866.4	18.7	3.83	1395.8	14.0	4.8
حمل‌ونقل Transportation	1645.2	37.8	6.1	1666.2	10.0	5.8
جمع کل Total	30832	819.4	100	28472.6	569.5	100

محققان زیادی از جمله سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2012)، فیض بخش و سلطانی (Feyzbakhsh & Soltani, 2013) و پیشگارکومله و همکاران (Pishgar Komleh et al., 2011) در زمینه به نتایج مشابهی دست یافتند.

لورزده و همکاران (Lorzdeh et al., 2012) نیز استفاده از انواع ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت در مزارع مکانیزه را عامل اصلی افزایش مصرف سوخت معرفی کردند.

انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف از نظر مقدار و نوع سوخت متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی و زراعی متفاوت این کشورهاست. اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم‌خاک‌ورزی از جمله کاهش شدت خاک‌ورزی، استفاده از گاوآهن‌های قلمی و کاهش تعداد عملیات دیسک در مزرعه، می‌تواند از راهکارهای کاهش مصرف بالای سوخت درکشاورزی باشد (Kazemi, 2014).

بیشترین انرژی غیرمستقیم در هر دو محصول مربوط به کود نیتروژن بود (جدول ۵). بسیاری از کشاورزان معتقدند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد شده و بنابراین بدون در نظر گرفتن سایر شرایط اقدام به مصرف کود نیتروژن می‌نمایند. این در حالی است که باید بر اساس آزمون خاک کود نیتروژن مصرف گردد. جو و همکاران (Guo et al., 2010) بیان نمودند از سال ۱۹۸۰ میلادی کود اوره به‌طور وسیعی در مزارع کشاورزی استفاده می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از کود اوره زیاد باعث اسیدی خاک می‌گردد (Vitousek et al., 2009; Guo et al., 2010).

مقدار انرژی ورودی مستقیم در بخش سوخت برای عملیات زراعی، الکتریسیته و نیروی انسانی در سورگوم علوفه ای نسبت به ذرت سیلویی بیشتر بود و این امر باعث شد که مقدار کل انرژی ورودی مستقیم در سورگوم علوفه‌ای ۱۶ درصد بیشتر ذرت سیلویی شود. از نظر انرژی غیرمستقیم باتوجه به اینکه در سورگوم علوفه‌ای علف‌کش و آفت‌کش استفاده نمی‌شود مقدار کل انرژی غیرمستقیم در سورگوم علوفه‌ای ۲۱ درصد کمتر از ذرت سیلویی بود. در مجموع، انرژی ورودی در سورگوم علوفه‌ای (۲۸۴۷۲ مگاژول) کمتر از ذرت سیلویی (۳۰۸۳۲ مگاژول) بود (جدول ۶).

میزان انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی و انرژی بذر) و غیرتجدیدپذیر (سوخت، الکتریسیته، کود، ماشین‌آلات، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و حمل و نقل) نشان داد که بیشترین انرژی در هر دو محصول مربوط به انرژی غیرتجدیدپذیر بود (جدول ۵). محققان زیادی از جمله رن و همکاران (Ren et al., 2012) و فیض بخش و سلطانی (Feyzbakhsh & Soltani, 2013) نیز گزارش نمودند که سهم انرژی‌های غیرقابل تجدید در مزارع کشاورزی بیشتر از انرژی-های قابل تجدید است. بنابراین لازم است تحقیقاتی در زمینه افزایش سهم انرژی‌های قابل تجدید صورت گیرد تا سهم انرژی‌های ورودی در تولید گازهای گلخانه‌ای کاهش یابد.

میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای بیشتر از ذرت سیلویی بودف به‌طوری که میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای ۳۱۵/۵۶ گیگاژول در هکتار بیشتر از ذرت سیلویی بود که مهمترین دلیل این امر عملکرد بیشتر مزارع سورگوم علوفه‌ای است. رن و همکاران (Ren et al., 2012) در چین در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

میزان انرژی ورودی و خروجی دو فاکتور مهم برای تعیین کارایی انرژی و اثرات زیست‌محیطی در تولید محصولات است و در محصولات مختلف، سیستم‌های تولید و شدت مدیریت بسیار متفاوت است (Rathke et al., 2007).

نسبت انرژی خروجی به ورودی در ذرت و سورگوم علوفه‌ای به-ترتیب برابر ۴/۳ و ۱۵/۶ محاسبه گردید. به عبارتی، راندمان انرژی در مزارع سورگوم علوفه‌ای بیشتر بود و این امر به دلیل عملکرد بالاتر و همچنین مصرف نهاده‌های کمتر در این محصول بود (جدول ۶).

سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2012) نسبت انرژی خروجی به ورودی در مزارع ذرت سیلویی در شهرستان شهرری را ۳/۴۴ به‌دست آورند که دلیل این اختلاف این نسبت در شهرستان گرگان و شهرری عملکرد مزارع یا میزان انرژی خروجی در واحد سطح است.

در کشور آمریکا در سال ۱۹۴۵ نسبت برآورد شده انرژی تولیدی به انرژی مصرفی در ذرت ۵/۵–۳/۵ بود. این نسبت در سال ۱۹۸۳ به ۲/۳ کاهش یافت (Pimentel, 1992). در عصر حاضر با افزایش سطح مکانیزاسیون کشاورزی و توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی ضمن افزایش مصرف روزافزون انرژی، کارآیی انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی به‌شدت کاهش می یابد. کارآیی انرژی برای محصولات مختلف زراعی به تغییرات فناوری وساختاری بوم نظام های کشاورزی بستگی داشته و دو عامل اساسی شامل میزان وابستگی سامانه به مصرف انرژی‌های صنعتی و عملکرد محصول در واحد سطح بیشترین تأثیر را بر کارآیی انرژی سیستم‌های تولید کشاورزی دارد (Rahimizadeh et al., 2007).

میزان بهره‌وری انرژی در کشت ذرت سیلویی کمتر از سورگوم علوفه‌ای است (جدول ۶). دلیل این امر عملکرد پایین در واحد سطح (۱۲/۵۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) و میزان انرژی ورودی بیشتر در مزارع ذرت سیلویی نسبت به سورگوم علوفه‌ای است. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) نیز یکی از دلایل افزایش راندمان در سیستم‌های کشاورزی را مصرف کمتر نهاده‌ها معرفی کردند.

سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2012) میزان انرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی در استان تهران را ۱۱/۸ گیگاژول در هکتار برآورد نمودند، در حالی‌که آمالو و همکاران (Amanloo & Ghasemi, 2013) میزان انرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی در مزارع استان زنجان را ۷۷۵۸۹ مگاژول در هکتار به‌دست آوردند.

تفاوت کارایی انرژی یک گیاه در دو منطقه به‌دلیل تفاوت در عملکرد، تغییر اقلیم، عملیات زراعی، نهاده‌های مصرفی، تناوب زراعی و سیستم کشت (آبی یا دیم) است (Franzluebbers & Francis, 1995). در مقایسه انرژی ویژه کشت ذرت سیلویی مقدار انرژی بیشتری را برای تولید یک تن محصول مصرف می‌کند، به‌طوری که این نسبت برای مزارع ذرت سیلویی ۲/۳۸ و در مزارع سورگوم علوفه-ای ۰/۲۹ به‌دست آمد (جدول ۶). جدول ۷ مقادیر GWP بر حسب

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار ناشی از فعالیت‌های مختلف در سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی را نشان می‌دهد. بیشترین سهم از GWP کل در ذرت سیلویی مربوط به کود نیتروژن (۶۹۰/۱ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار) بود، اما در سورگوم علوفه‌ای بیشترین سهم مربوط به سوخت (۶۹۹/۳ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار) مشاهده شد. کمترین GWP در ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای مربوط به کود پتاسیم (۳۹/۵ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار) بود. در مجموع، مقدار کل GWP در سورگوم علوفه‌ای ۱۷۲۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار و در ذرت سیلویی ۱۸۴۵/۹کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بود. کاهش GWP کل در سورگوم علوفه‌ای نسبت به ذرت سیلویی به‌دلیل مصرف کمتر نهاده‌های کشاورزی از جمله علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در مزارع سورگوم علوفه‌ای بود. بین سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی از لحاظ GWP برای کودهای مصرفی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). مقایسه مقادیر GWP بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار برای هر یک از گیاهان مورد بررسی نشان داد که تفاوت قابل توجه بین این دو گیاه وجود داشت (جدول ۸). به‌طوری‌که مقدار GWP در ذرت سیلویی (۱۴۴/۷۷ کیلوگرم CO_2 در تن) ۸/۲۱ برابر سورگوم علوفه‌ای (۱۷/۶۴ کیلوگرم CO_2 در تن) بود. مقدار GWP در واحد سطح سورگوم علوفه‌ای نسبت به ذرت سیلویی هفت درصد کمتر بود (جدول ۸).

جدول ٦- شاخص‌های مختلف انرژی در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 6- Different energy indices in silage corn and forage sorghum in Gorgan

شاخص‌های انرژی Energy indices	ذرت بهاره سیلویی Silage corn	اشتباه استاندارد Standard error	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum	اشتباه استاندارد Standard error
ورودی‌ها Inputs		Error		Error
انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار) Direct input energy ($GJ.ha^{-1}$)	10.39	0.1	12.4	0.15
انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار) Indirect input energy ($GJ.ha^{-1}$)	19.95	0.3	16.05	0.4
انرژی ورودی کل (گیگاژول در هکتار) Total input energy ($GJ.ha^{-1}$)	30.3	0.8	28.4	1.1
انرژی غیرقابل تجدیدپذیر (گیگاژول در هکتار) Non-renewable energy ($GJ.ha^{-1}$)	26.5	0.8	26.5	0.6
انرژی تجدیدپذیر (گیگاژول در هکتار) Renewable energy ($GJ.ha^{-1}$)	3.8	0.1	1.9	0.1
خروجی‌ها Outputs				
انرژی خروجی علوفه (گیگاژول در هکتار) Forage output energy ($GJ.ha^{-1}$)	131.3	3.9	446.8	2.7
انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار) Total output energy ($GJ.ha^{-1}$)	131.3	3.9	446.8	2.7
نسبت انرژی خروجی به ورودی Ouput/input ratio	4.3	0.0	15.6	0.5
انرژی ویژه (گیگاژول بر تن) Specific energy ($GJ.t^{-1}$)	2.38	0.1	0.29	0.0
بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول) Energy productivity ($t.GJ^{-1}$)	0.42	0.0	3.4	0.1
بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار) Net energy ($GJ.ha^{-1}$)	100.9	3.0	418.4	11.3

از نظر انرژی خروجی ذرت سیلویی سبب انتشار۱۴/۰۵کیلوگرم CO_2 در گیگاژول پتانسیل گرمایش جهانی شد در حالی که سورگوم

www.SID.ir

Archive of SID

علوفه‌ای۳/۸۶ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول پتانسیل گرمایش جهانی تولید کردند. همچنین، از نظر مقادیر GWP بر اساس واحد انرژی ورودی بین سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۸).

جدول ۷- پتانسیل گرمایش جهانی (GWP بر حسب معادل کیلوگرم CO_2 در هکتار) برای تولید ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 7- GHG emissions (kg equiv. CO_2 .ha^{-1}) for silage corn and forage sorghum in Gorgan

عملیات Operations	ذرت سیلویی Silage corn			سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum		
تولید و حمل‌ونقل Production and transportation	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total
نیتروژن Nitrogen	690.1	20.7	37.4	690.1	8.3	39.9
فسفر Phosphorus	125.6	3.8	6.8	125.6	3.8	7.3
پتاسیم Potassium	39.5	0.3	2.1	39.5	0.4	2.2
آفت‌کش Pesticides	199.27	6.0	10.8	---	---	---
سوخت Fuel	646.1	7.8	35	699.3	14.0	40.4
تولید، حمل و نقل و نگهداری ادوات و ماشین‌آلات Production, transportation and maintenance equipment and machinery	145.4	4.4	7.9	174.5	5.2	10.09
کل GWP Total GWP	1845.9	18.5	100	1729	51.9	100

جدول ۸- پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 8- GHG emissions in per unit area, per unit weight, per unit energy input and per unit energy output in spring corn silage and forage sorghum in Gorgan

	ذرت بهاره سیلویی Spring corn silage	اشتباه استاندارد Standard error	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum	اشتباه استاندارد Standard error
در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار) per unit area (kg equiv. CO_2 .ha^{-1})	1845.9	55.4	1729	51.9
در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در هرتن محصول) per unit weight (kg equiv.CO_2 .t^{-1})	144.77	4.3	17.64	0.5
در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO_2 درگیگاژول) per unit energy input (kg equiv. CO_2 .GJ^{-1})	60.92	0.5	60.88	1.4
درواحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) per unit energy output (kg equiv. CO_2 .GJ^{-1})	14.05	0.4	3.86	0.1

نتیجه‌گیری

کل انرژی ورودی در سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب ۲۸/۴ و ۳۰/۳ گیگاژول در هکتار و کل انرژی خروجی به‌ترتیب ۴۴۶/۸۸۰ و ۱۳۱/۳۲ گیگاژول در هکتار بود. مقدار بهره‌وری انرژی در سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب ۳/۴۴ و ۰/۴۲ تن بر

www.SID.ir

Archive of SID

گیگاژول بود. مقدار پتانسیل گرمایش جهانی کل برای سورگوم علوفه‌ای ۱۷۲۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار و ۱۸۴۵/۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار برای ذرت محاسبه شد. همچنین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی برای سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب ۳/۸۶ و ۱۴/۰۵ کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول بود. بیشتر بودن کل انرژی ورودی و همچنین اثرات زیست محیطی کمتر سورگوم علوفه‌ای به‌دلیل عملیات زراعی کمتر (از جمله علف‌کش‌ها و سموم حشره‌کش) در این گیاه نسبت به ذرت سیلویی می‌باشد.

در مجموع با توجه به عملکرد بیشتر در سورگوم علوفه‌ای و نیز مقدار انرژی ورودی و اثرات زیست محیطی کمتر ناشی از تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای نسبت به ذرت سیلویی توصیه می‌شود که کشت این گیاه در این منطقه گسترش یابد.

منابع

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 475-480.

Amanloo, A., and Ghasemi Mobtaker, H. 2013. Energy balance and sensitivity analysis of inputsfor forage maize production in Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(4): 377-384.

Broumand, A, Aghkhani, M., and Sadrnia, H. 2014. A comparison of utilization systems in terms of energy consumption of soybean production in Moghan region. Journal of Agroecology 6: 905-915. (In Persian with English Summary)

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655-666.

Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stonehouse, D.P., Hume, D.J., and Swanton, C.J. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 52: 119-128.

Dastan, S., Soltani, A., Noormohamadi, G., and Madani, H. 2014. CO_2 emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems. Journal of Agroecology 6: 823-835. (In Persian with English Summary)

Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). Electronic Journal of Crop Production 6(2): 89-107. (In Persian with English Summary)

Franzluebbers, A.J., and C.A, Francis. 1995. Energy output-input ratio of maize and sorghum management systems in Eastern Nebraska. Agriculture, Ecosystems and Environment 53: 271-278.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88: 283-288.

Guo, J.H., Liu, X.J., Zhang, Y., Shen, J.L., Han, W.X., and W.F., Zhang. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. Science 3: 1008-1010.

Hydrocarbon Balance Sheet of Country. 2008. Department of Energy Management Institute for International Studies. http://www.iies.org.

Kazemi, H. 2014. Energy flow evaluation of soybean fields in Golestan province. Iranian Journal of Oilseed Plants 3(1): 13-27. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A. 1994. Agriculture and Energy. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 145 pp. (In Persian)

Lorzadeh, S.H., Mahdavidameghani, A., Enayatgholizadeh, M.R., and Yousefi, M. 2012. Reasearch of energy use efficiency for maize production system in Izeh, Iran. Acta Agriculturae Slovenica 99: 137-142.

Mokhtarpour, H. 2011. Impact of planting date and density on growth of maize in northern Iran. PhD thesis. Serdang: University Putra Malaysia Publications 268 pp.

Nasirian, N., Almasi, M., Minaee, S., and Bakhoda, H. 2006. Study of energy flow in sugercan production in an agro-industry unit in south of Ahvaz. In: Proceeding 4th National Congress of Agricultural Machines. Tabriz, Iran, 11-14 March. (In Persian)

Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanian, F., and Hamzeh-Kalkenari, H. 2014. Energy sensitivity analysis and greenhouse

www.SID.ir

Archive of SID

gas emissions for tea production in Guilan province. Journal of Agroecology 6: 622-633. (In Persian with English Summary)

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renew. Energy 29: 39-51.

Pimentel, D. 1992. Energy inputs in production agriculture. In: R.C. Fluck, Energy in World Agricultur 6: 13-29.

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

Rahimizadeh, M., Madani, H., Rezadust, S., Mehraban, S., and Marjani, A. 2007. Energy analysis of agricultural ecosystem and Strategies to increase energy efficiency. 6th National Conference on Energy, Tehran, Iran, 10-13 June. (In Persian)

Rathke, G.W., Wienhold, B.J., Wilhelm, W.W., and Diepenbrock, W. 2007. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. Soil and Tillage Research 6: 245-261.

Ren, T.L., Liu, Z.X., Wei, T.Y., and Xie, G.H. 2012. Evaluation of energy input and output of sweet sorghum grown as a bioenergy crop on coastal saline-alkali land. Energy 47: 166-173.

Robinson, P.H. 2001. Estimating the energy value of corn silage and other forages. Science 45: 1519-20.

Sefeedpari, P., Rafiee, S., and Pishgar Komleh, S.H. 2012. A source-wise and operation-wise energy use analysis for corn silage production, a case study of Tehran province, Iran. International Journal of Sustainable Built Environment 1: 158-166.

Sarmad, Z., Hejazi, E., and Bazargan, A. 2009. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publication, Tehran, Iran 120 pp. (In Persian)

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 3: 201-218. (In Persian with English Summary)

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy 50: 54-61.

Suman, M., Singh, M., and Suman, B.L. 2006. Source of energy input and output for sustainable sorghum cultivation. Indian Journal of Crop Science 1(1-2): 135-137.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agriculture System 85: 101-119.

Vitousek, P.M, Naylor, R, and Crews, T. 2009. Nutrient imbalances in agricultural development. Science 324: 1519-1520.

Yousefi, M., Darijani, F., and Alipour Jahangiri, A. 2012. Comparing energy flow of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran. African Journal of Agricultural Research 7: 624-628.

Zahedi, M., and Eshghizadeh, H.R. 2014. Energy use efficiency and economical analysis in cotton production system in an arid region: A case study for Isfahan province, Iran. International Journal of Energy Economics and Policy 4: 43-52.

Zentner, R.P., Lafond, G.P., Derksen, D.A., Nagy, C.N., Wall, D.D., and May, W.E. 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. Soil and Tillage Research 77: 125-136.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 218-233

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۳۳-۲۱۸

Comparison of Silage Corn (*Zea mays* L.) and Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Productions in Terms of Energy Consumption and Global Warming Potential in Gorgan Region

M.T. Feyzbakhsh[1*] and P. Alizadeh[2]

Submitted: 27-08-2016
Accepted: 22-02-2017

Feyzbakhsh, S., and Alizadeh, P. 2018. Comparison of silage corn (*Zea mays* L.) and forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) production in terms of energy consumption and global warming potential in Golestan region. Journal of Agroecology 10(1): 218-233.

Introduction

Cheap and plentiful fossil energy causes human's life welfare to improve and increase food production, but today, major problems have been created in fossil fuels. These problems include: scarcity of fossil fuels for future generations, increase in energy prices, and the most importantly, greenhouse gas emissions (such as carbon dioxide, nitrous oxide and methane) from the use of fossil fuels to the atmosphere.

Energy productivity is one of the most important factors for sustainable agriculture. The use of fossil fuels and chemical fertilizers are threatening the environment. The comparing energy consumption by crops is one of the ways to prioritize various agronomic productions in each area.

Materials and Methods

To conduct this study, two crops (silage corn and sorghum) were selected. The reason for this choosing was the numerous similarities of these two plants (including similar planting date, farm operation and consumptions). Accordingly interviews with various farmers (15 and 20 farmers was selected to filling in questionnaire for silage corn and sorghum in Gorgan suburb, respectively) required data of machinery and consumables inputs, including seeds, fertilizers, fuel and pesticides were collected.

To estimate the energy consumption of inputs such as fertilizers, pesticides, insecticides amount of energy per gram of active ingredient was multiplied in related coefficients and their density. Other input and output calculations of energy used in production and field operations for each of the methods was calculated using coefficients obtained from various references. After that it was analyzed in three parts, fuel consumption, and consumed fuel and global warming potential based on the carbon dioxide equivalent.

Results and Discussion

The most input energy in silage corn and silage sorghum was 23.2 and 24.7 percent respectively based on fertilizer consumption. Also, the highest direct input energy in corn silage and forage sorghum was 27.3 and 31.4 respectively, related to fuel. The output energy in silage sorghum was more than silage corn, such that the output energy in forage sorghum was 315.56 GJ/ha more than silage corn. The main reason for this observation was the high yield of forage sorghum fields. The ratio of output to input energy in spring corn and forage sorghum were calculated 4.3 and 15.6 respectively. In other words, energy efficiency was higher in silage sorghum farms and this was due to the higher yield and lower inputs in the crop. The energy efficiency in corn silage was less than silage sorghum, the reason was low yield per unit area (12.500 kg of dry matter per hectare) and more energy input in silage corn farms. In both crop the highest global warming potential (GWP) was related to nitrogen fertilizer and fuel consumption. The highest and the lowest global warming potential respectively observed in silage corn and forage sorghum (with 1845.9 kg CO_2/ha and 1729 kg CO_2/ha). Consumption of agricultural inputs such as herbicides and pesticides was lower in silage sorghum farms. In both the least amount of greenhouse gas emissions related to fertilizer potassium was 39.5 kg CO_2 equivalent.

1 and 2- Assistant Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Center, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan and PhD student, Deparment of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: feyz_54@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.56517

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusions

The energy input and greenhouse gas emissions in spring corn were higher than forage sorghum due to more agricultural operations (such as herbicides and pesticides consumption), in this respect the cultivation of forage sorghum had minimal environmental impacts. In both crops the consumption of fuel and fertilizer constitute the high percentage of energy consumption and greenhouse gas emissions. Therefore, the use of devices that reduce fuel consumption is recommended, also need for research and investigation on crop rotation and nitrogen fixing plants was revealed. Comparison of the global warming potential (GWP) based on the unit weight yield per hectare of silage sorghum and silage corn showed that there are very significant differences between the two crops, so that global warming potential of the spring corn planting was 12.1 times higher than that of silage sorghum.

Keywords: Fuel, Greenhouse gas, Indirect energy, Specific energy.

www.SID.ir