برآورد انرژی ورودی و خروجی و تحلیل شاخص‌های انرژی در تولید نیشکر

علی کعب [۱]، محمد شریفی [۲،*]، سعید مفتح [۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران (kaab.ali@ut.ac.ir)

۲. دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران (m.sharifi@ut.ac.ir)

۳. دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران (Saeed.mofatteh@ut.ac.ir)

چکیده

در این پژوهش به بررسی انرژی ورودی و خروجی و تحلیل شاخص‌های انرژی محصول نیشکر در مزارع پلنت و راتون پرداخته شده است. اطلاعات لازم برای انجام این تحقیق به صورت پرسشنامه و بررسی حضوری از شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره) استخراج شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان کل انرژی نهاده‌ها در تولید محصول نیشکر به ترتیب در مزارع پلنت و راتون برابر با ۱۷۲۸۸۴/۷۰ و ۱۲۲۸۰۱/۱۵ مگاژول بر هکتار می‌باشد. انرژی خروجی مربوط به مزارع پلنت برابر با ۱۲۰۰۰۰ مگاژول بر هکتار و مزارع راتون برابر با ۹۸۸۵۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. بیشترین میزان مصرف انرژی در مزارع پلنت و راتون متعلق به الکتریسیته، آب آبیاری، سوخت دیزل، کود نیتروژن است. مقادیر شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی، افزوده خالص انرژی و بهره‌وری آب برای تولید نیشکر در مزارع پلنت به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۶ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۷۳ مگاژول برکیلوگرم، ۵۲۸۸۴/۷۰- مگاژول و ۴/۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب و در مزارع راتون به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۶۷ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۴۹ مگاژول برکیلوگرم، ۲۳۹۵۱/۱۵- مگاژول و ۳/۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد.

کلمات کلیدی: *انرژی، بهره‌وری انرژی، مزارع پلنت، مزارع راتون*

*نویسنده مسئول: m.sharifi@ut.ac.ir

برآورد انرژی ورودی و خروجی و تحلیل شاخص‌های انرژی در تولید نیشکر

مقدمه

گردش انرژی یکی از مباحث عمده در بوم شناسی کشاورزی است. انرژی دائماً درون اکوسیستم در یک جهت جریان دارد و به صورت انرژی خورشیدی وارد و به وسیله موجودات فتوسنتز کننده به انرژی پتانسیل تبدیل شده و در پیوندهای شیمیایی مولکول های آلی و بیوماس ذخیره می شود [۴،۶]. لذا یکی از راه کارهای توسعه کشاورزی و پایداری تولید، استفاده از روابط و محاسبات مربوط به جریان انرژی است. در این راستا، آنچه که باید در گام نخست مورد توجه قرار گیرد این است که در شرایط فعلی توجه به تعاملات انرژی و محیط زیست امری ضروری محسوب شود [۸]. در جریان یک فرآیند تولیدی در بخش کشاورزی، همانند بخش‌های صنعتی، نهاده‌های گوناگونی به‌صورت مواد خام یا انرژی مورداستفاده قرار می‌گیرد. هر یک از این نهاده‌ها دارای محتوای انرژی است [۱۶]. مجموعه محتوای انرژی نهاده‌های مصرف‌شده و تولیدشده در طی فرآیند تولید، را انرژی ورودی[1] و خروجی[2] برای یک سامانه تولیدی گویند؛ انرژی ورودی برای انجام عملیات مختلف زراعی یا تولید نهاده‌های مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرد و انرژی خروجی محتوای انرژی محصول است [۱۲] . امروزه یکی از مهمترین بحث‌های مطرح شده در توسعه پایدارکشاورزی مقدار انرژی تولیدی به ازای مقدار انرژی مصرفی می‌باشد. هر چه مقدار انرژی تولیدی نسبت به انرژی مصرفی بیشتر باشد، یا به عبارت دیگر بهره‌وری انرژی بیشتری داشته باشد، در جهت توسعه پایدارکشاورزی بوده و هر چه این نسبت کوچک‌تر باشد، تخریب محیط‌زیست و ناپایداری اکولوژیکی را نشان می‌دهد [۲۳]. استفاده بهینه از منابع انرژی و بهبود بهره‌وری مصرف انرژی یک مسیر ممکن برای کاهش زیان‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف نهاده‌های انرژی در تولید مواد غذایی محسوب می‌شود که صرفه‌جویی مالی، حفظ منابع فسیلی و کاهش آلودگی هوا را به ارمغان می‌آورد. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوءاستفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط‌زیست، ضرورت بررسی الگوهای مصرف انرژی برای استفاده مؤثر از آن را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است [۱۸].

نیشکر مهم‌ترین محصولی است که برای تولید شکر کشت می‌شود. حدود ۶۰ درصد شکر جهان از نیشکر و حدود ۴۰ درصد آن از چغندرقند تولید می‌شود. علاوه بر تولید شکر، مواد دیگری نیز مانند علوفه، فیبر، خوراک دام، ملاس از نیشکر تولید می‌شود [۲۷].

در پژوهشی به محاسبه شاخص‌های انرژی مصرفی و تجزیه‌وتحلیل انتشار کربن دی‌اکسید در مزارع نیشکر پرداختند. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی در مزارع پلنت و راتون به ترتیب ۱۹۸ و ۱۴۴ گیگا ژول بر هکتار بود و ۴۳٪ انرژی مستقیم و ۵۷٪ انرژی غیرمستقیم در مزارع پلنت محاسبه شد. ۳۳٪ و ۶۷٪ به ترتیب انرژی مستقیم و غیرمستقیم در مزارع راتون به دست آمد که بیشترین مصرف انرژی مربوط به الکتریسیته و آب آبیاری که به ترتیب ۳۹٪ و ۲۸٪ بود و ۸/۲ و۶/۴ تن کربن دی‌اکسید به ترتیب در مزارع پلنت و راتون به دست آمد [۲۶]. تحقیقی در مورد سامانه‌های عملیات تراکتور در تولید نیشکر انجام دادند. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی در مزارع راتون ۲۰/۰۲ گیگاژول و در مزارع پلنت ۴۹/۲۴ گیگاژول بوده و کل انرژی خروجی در مزارع پلنت ۳۰۹/۰۹ گیگاژول و در مزارع راتون ۲۶۱/۵۳ گیگاژول بوده است [۱۵].

مطالعه‌ای روی بهره‌وری اقتصادی تولید نیشکر انجام شد که نتایج نشان داد انرژی ورودی ۸۶/۶ گیگاژول در هکتار می‌باشد که در بین نهاده‌های مصرفی انرژی الکتریکی با حدود ۸۱ درصد از کل انرژی‌های مصرفی به‌عنوان اولین نهاده انرژی بر در تولید نیشکر شناخته شد و پس ازآن به ترتیب آبیاری ۲۲/۹۴ درصد، سوخت ۱۵/۶۳ درصد، کود شیمیایی ۱۲/۵۴ درصد، قلمه مصرفی ۱۰/۵۲ درصد، ماشین‌ها ۴/۶۵ درصد، سموم شیمیایی ۴/۱۶ درصد و نیروی انسانی ۰/۶۹ درصد سهم را در انرژی‌های ورودی داشتند. انرژی خروجی نیز ۳۸۶/۳۶ گیگا

1. Input energy
2. Output energy

ژول در هکتار به دست آمد [۲]. در تحقیقی به بررسی انرژی مصرفی برای تولید نیشکر در مزارع پلنت و راتون در اندازه‌های کوچک و بزرگ پرداختند. نتایج نشان داد کل انرژی ورودی ۶۴/۰۹ و ۴۷/۸۳ گیگا ژول به ترتیب در مزارع بزرگ و کوچک به دست آمد [۲۰]. پژوهشی در خصوص تعیین بازده انرژی تولید نیشکر انجام دادند. نتایج نشان داد انرژی معادل سوخت مورد استفاده با مصرف ۲۶/۸۹ گیگا ژول بر هکتار بیشترین سهم از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. بعد ازآن کود شیمیایی با مصرف ۱۶/۱۸ گیگا ژول بر هکتار در ردیف دوم و ماشین‌های کشاورزی، قلمه نیشکر، الکتریسیته، نیروی انسانی و سموم شیمیایی به ترتیب با مصرف ۸/۲۴، ۳/۶۵، ۲/۰۱، ۱/۴و ۱/۳۸ گیگا ژول بر هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. به‌طور متوسط در دوره مورد مطالعه مجموع انرژی ورودی، سالانه ۶۰/۰۷ گیگا ژول بر هکتار محاسبه گردید که ۴۸/۱۰ درصد آن انرژی مستقیم، ۴۹/۵۸ درصد آن شامل انرژی غیرمستقیم و ۲/۳۲ درصد آن مربوط به انرژی نیروی انسانی بوده است. نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی در دوره هفت‌ساله به ترتیب ۱/۷، ۱/۴۱ کیلوگرم بر مگاژول، ۴۰/۵۰ گیگا ژول بر هکتار تعیین شد [۱]. بررسی سیر انرژی در تولید کلزا در استان مازندران نشان داد که مهم ترین انرژی‌های ورودی برای تولید این محصول کودهای شیمیایی و سوخت دیزل بود [۲۷].

در این تحقیق اهدافی که در نظر گرفته شده است شامل:

- تعیین میزان سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی انرژی در تولید نیشکر.
- برآورد انرژی ورودی و خروجی در تولید نیشکر.
- بررسی شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی، افزوده‌ی خالص انرژی و بهره‌وری مصرف آب با در نظر گرفتن انرژی‌های ورودی و خروجی در مراحل تولید.
- ارائه راهکارها و توصیه‌های مدیریتی به منظور بهبود کارایی مصرف انرژی.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرکت کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره) به‌عنوان یکی از شرکت‌های هفت‌گانه وابسته به شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان می‌باشد، انجام شد. این شرکت در موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرارگرفته است [۷].کل سطح زیر کشت این شرکت ۱۲۰۰۰ هکتار که حدود ۲۰۰۰ (۱۶٪) هکتار مربوط به مزارع پلنت و به دنبال آن مزارع راتون حدود ۱۰۰۰۰ (۸۴٪) هکتار می‌باشد.

با توجه به گسترده بودن جامعه آماری در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای تعیین حجم نمونه استفاده شد. حجم نمونه مورد نیاز برای محصول نیشکر با استفاده از رابطه کوکران (رابطه ۱) برابر با ۹۲ نمونه در این تحقیق برآورد گردید. جهت تکمیل آمار و اطلاعات مربوط به وضعیت کشاورزی در منطقه مورد مطالعه در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۰، سعی گردید در مراحل مختلف تحقیق با کارشناسان کشت و صنعت، مصاحبه به عمل آید و نظرات آن‌ها نیز لحاظ گردد.

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \qquad (۱)$$

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}}$$

که در آن N اندازه جامعه آماری یا تعداد مزارع منطقه موردمطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول تی استیودنت به دست می‌آید، S_2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه؛ d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است [۵].

انرژی ورودی و خروجی در تولید نیشکر

انرژی نهاده‌های تولید در کشاورزی را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم نمود: انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم. منظور از انرژی مستقیم نوعی از انرژی است که به‌صورت مستقیم و بی‌واسطه منجر به انجام کار یا فعالیت در داخل مزرعه می‌شود. به بیان دیگر منظور از انرژی غیرمستقیم نوعی از انرژی است که قبل از مزرعه برای تولید نهاده‌ها مصرف شده است؛ مانند انرژی مصرفی برای تولید کود شیمیایی، سموم شیمیایی و کود دامی. مصرف غیرمستقیم عمده انرژی در تولیدات کشاورزی برای کودها و به‌ویژه کودهای نیتروژن است [۱۹]. از طرفی نیروی انسانی، محتوای انرژی سوخت‌ها و همچنین الکتریسیته و انرژی آبیاری جزء منابع انرژی مستقیم به شمار می‌روند [۱۱]. تراکتور و سایر ماشین‌های مزرعه‌ای و همچنین سوخت دیزل، آب آبیاری، قلمه نیشکر، الکتریسیته، کودهای شیمیایی مثل نیتروژن و فسفات، سموم شیمیایی یا علف‌کش‌ها. از طرف دیگر ستانده شامل نیشکر می‌باشد. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد. که در جدول (۱) ارائه‌شده‌اند. بنابراین، انرژی معادل نهاده‌های قلمه نیشکر، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، نیروی انسانی، سوخت دیزل و الکتریسیته مصرفی از ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده طبق رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$E_{input} = I_{consumption} \times ec_{input} \qquad (۱)$$

که در آن E_{input} انرژی معادل نهاده‌های مصرفی برحسب مگاژول، $I_{consumption}$ میزان نهاده مصرفی(نیروی انسانی، سوخت دیزل و غیره) برحسب واحد آن و واحد ec_{input} محتوای انرژی نهاده برحسب مگاژول بر واحد می‌باشد.

انرژی مربوط به نهاده‌های ماشینی یکی از مهم‌ترین اقلام انرژی مصرفی در کل فرآیند موازنه انرژی تولیدات کشاورزی است. در محاسبه انرژی ماشین‌های کشاورزی چند مرحله مهم وجود دارد:

- انرژی استفاده‌شده در تهیه مواد خام.
- انرژی موردنیاز در فرآیند تولید.
- انرژی موردنیاز جهت حمل‌ونقل ماشین تا رسیدن به دست مصرف‌کننده.
- انرژی مصرفی در تعمیر و نگهداری.

جهت برآورد انرژی نهاده برای ماشین‌ها و تجهیزات در هکتار باید وزن ماشین‌های استفاده‌شده در مزرعه، مدت ساعات کاری در هکتار، هم‌ارز انرژی و عمر مفید هر ماشین برحسب سال منظور شود و انرژی ماشین‌ها و ادوات را مطابق رابطه (۲) به دست آورد [۲۶].

$$ME = \frac{G \times M_P \times t}{T} \qquad (۲)$$

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح (مگاژول بر هکتار)، G جرم ماشین (کیلوگرم) ، M_P انرژی ماشین (مگاژول بر کیلوگرم)، t زمان استفاده‌شده از ماشین در واحد سطح (ساعت) و T عمر مفید ماشین (ساعت) است.

نیشکر در خوزستان در سطح وسیع کشت شده و آبیاری آن به روش جوی و پشته‌ای با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم دریچه دار صورت می‌گیرد. این گیاه در طول دوره رشد به آب فراوان احتیاج دارد و نسبت به کم‌آبی حساس می‌باشد و درعین‌حال به غرقاب شدن دراز مدت ریشه سازگاری ندارد. در رابطه با مصرف آب نیشکر جز گیاهان پرمصرفی است که ضریب زهکشی بسیار بالائی دارد. دستگاه‌های زهکشی زیرزمینی در اغلب اوقات، مقدار زیادی آب از خاک خارج می‌کنند بنابراین بررسی انرژی مصرفی پمپ‌های زهکشی ضرورت پیدا می‌کند.

انرژی موردنیاز برای تأمین آب موردنیاز برای آبیاری و انرژی لازم برای زهکشی و آبیاری در طی فصل رشد شامل انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم می‌باشد.

انرژی مستقیم شامل مصرف انرژی جهت بالا آوردن و ایجاد فشار متناسب با نیاز سیستم آبیاری می‌باشد. از رابطه (۳) محاسبه می‌شود [۱۰].

$$DE = \frac{\rho g H Q}{\eta_1 \eta_2} \qquad (۳)$$

DE: انرژی مستقیم آبیاری (ژول بر هکتار) ، ρ: چگالی آب (۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)، g: شتاب جاذبه (۹/۸ متر بر مجذور ثانیه)، Q: دبی کل آب مصرفی در فصل زراعی (متر مکعب بر هکتار)، H : کل ارتفاع دینامیکی بعلاوه افت اصطکاکی فشار (متر).

η_1: بازده پمپ، تابعی از ارتفاع عمودی بالابر، سرعت و جریان آب معمولاً معادل ۰/۷ – ۰/۹ در نظر گرفته می‌شود.

η_2: بازدهی کل تبدیل انرژی و توان، برای پمپ‌های برقی معمولاً معادل ۰/۱۸–۰/۲۰ در نظر گرفته می‌شود.

انرژی غیرمستقیم آبیاری شامل انرژی تجهیزات مورداستفاده در عملیات پمپاژ آب، آبیاری و حفر چاه و به‌طورکلی شامل انرژی مواد خام مصرفی و همچنین ساخت و انتقال کلیه عواملی که در آبیاری دخالت دارند، می‌باشد که با توجه به طول عمر سامانه محاسبه می‌شود [۱۵].

شاخص‌های انرژی

در این قسمت شاخص‌های انرژی در سامانه‌های تولیدی مورد نظر، بررسی شد که یکی از مهم‌ترین اقدامات در فرایند تحلیل انرژی محسوب می‌شود. در این راستا از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. بعضی از این شاخص‌ها که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را آماده می‌کنند، شامل نسبت انرژی[۳]، بهره‌وری انرژی[۴]، انرژی ویژه[۵]، افزوده خالص انرژی[۶] و بهره‌وری آب[۵] طبق روابط(۴ تا ۸) محاسبه شد [۱۳].

1.Energy Ratio (ER)
2. Energy Productivity (EP)
3.Specific Energy (SE)
4.Net Energy Gain (NEG)
5.Water Productivity (WP)

جدول ۱- ضریب‌های استاندارد انرژی نهاده‌ها و ستانده برای تولید نیشکر

عنوان	واحد	محتوای انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
نهاده‌ها			
۱-نیروی انسانی	h	۱/۹۶	[۲۱]
۲-ماشین‌ها	kg		[۱۶]
تراکتور و ادوات خودگردان		۹-۱۰	[۱۶]
هاروستر		۸-۱۰	[۱۶]
سایر ماشین‌ها		۶-۱۰	[۱۶]
۴-سوخت دیزل	L	۵۶/۳۱	[۲۴]
۵- سموم شیمیایی	kg	۲۵۰	[۲۳]
۶-کودهای شیمیایی	kg		
نیتروژن		۷۸/۱	[۱۶]
فسفر		۱۷/۴	[۱۶]
۷- آب آبیاری	m^3	۱/۰۲	[۱۷]
۸- الکتریسیته	kwh	۱۲	[۱۶]
۹- قلمه نیشکر	kg	۱/۲	[۲۲]
ستانده			
۱-نیشکر	kg	۱/۲	[۲۲]

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگا ژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگا ژول بر هکتار)}} \quad (۴)$$

$$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد (کیلو گرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگا ژول بر هکتار)}} \quad (۵)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگا ژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلو گرم بر هکتار)}} \quad (۶)$$

$$\text{افزوده خالص انرژی} = \text{انرژی ورودی (مگا ژول بر هکتار)} - \text{انرژی خروجی (مگا ژول بر هکتار)} \quad (۷)$$

$$\text{بهره وری آب} = \frac{\text{عملکرد (کیلو گرم بر هکتار)}}{\text{مصرف آب (متر مکعب بر هکتار)}} \quad (۸)$$

نسبت انرژی بیانگر نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید است؛ فاقد واحد می‌باشد و مقدار انرژی به‌دست‌آمده به ازای هر واحد مصرف انرژی برای تولید را نشان می‌دهد. شدت انرژی بسته به نوع محصول کشاورزی، موقعیت و زمان، متفاوت است و می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کارایی مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف تولید محصول

موردنظر باشد. شدت انرژی نشان‌دهنده مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول است. واحد شدت انرژی مگاژول بر کیلوگرم است.

بهره‌وری انرژی عکس شدت انرژی است و بیان‌کننده مقدار تولید محصول به ازای هر واحد انرژی مصرف‌شده است.

افزوده خالص انرژی یا انرژی خالص، تفاضل بین انرژی ناخالص تولیدشده و کل انرژی موردنیاز برای تولید است. واحد افزوده خالص انرژی مگاژول بر هکتار است. بهره‌وری آب بیان‌کننده‌ی مقدار تولید محصول به ازای هر مترمکعب آب مصرف‌شده و واحد آن کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

انرژی نهاده‌های تولیدشده در کشاورزی در اولین تقسیم‌بندی خود به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی می‌شوند. انرژی غیرمستقیم شامل نهاده‌های قلمه مصرفی، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی و انرژی مستقیم شامل نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، آب آبیاری و الکتریسیته مصرفی می‌باشد. در تقسیم‌بندی دیگر این انرژی به دودسته‌ی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تقسیم می‌شوند. نیروی انسانی، قلمه مصرفی و آب آبیاری جزء انرژی تجدید پذیر و سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی و الکتریسیته جزء انرژی تجدید ناپذیر می‌باشند.

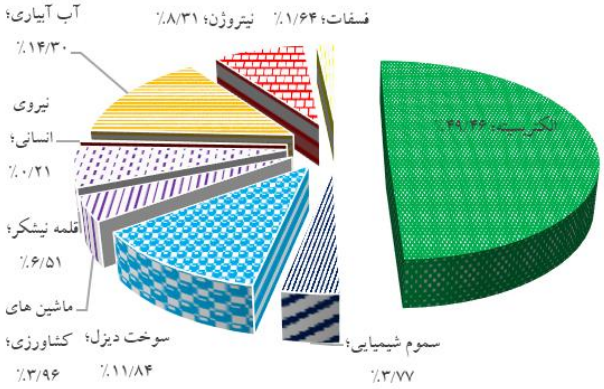
نتایج و بحث

تحلیل انرژی ورودی و خروجی در مزارع نیشکر

در جدول (۲) میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده در مزارع پلنت ارائه شده است. نتایج نشان داد متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای کشت یک هکتار نیشکر در منطقه موردمطالعه به ترتیب ۱۷۲۸۸۴/۷۰ و ۱۲۰۰۰۰ مگاژول بود. سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نیشکر در مزارع پلنت در شکل (۱) به نمایش درآمده است. بدین ترتیب که الکتریسیته بیشترین سهم از کل نهاده‌ها به میزان ۴۹/۴۸ درصد را به خود اختصاص داده است و پس‌ازآن آب آبیاری با ۱۴/۳ درصد، سوخت دیزل و نیتروژن به ترتیب به میزان ۱۱/۸۵ و ۸/۳۲ درصد از کل نهاده‌ها را به خود اختصاص دادند. و نیروی انسانی و کود فسفات به ترتیب برابر با ۰/۲۱ و ۱/۶۲ درصد کمترین میزان مصرف انرژی را داشتند.

جدول ۲- انرژی مصرفی نهاده‌ها و ستانده در مزارع پلنت

عنوان	مقدار(مگاژول بر هکتار)	درصد
الف) نهاده‌ها		
۱- ماشین‌ها	۶۷۸۹/۳۴	۳/۹۳
۲- سوخت دیزل	۲۰۴۷۲/۸۰	۱۱/۸۵
۳-نیروی انسانی	۳۶۱/۶۹	۰/۲۱
۴- الکتریسیته	۸۵۵۰۷/۱۷	۴۹/۴۸
۵-کود شیمیایی		
الف) نیتروژن	۱۴۳۷۲/۱۰	۸/۳۲
ب) فسفات	۲۸۳۰/۳۴	۱/۶۴
۶-سموم شیمیایی	۶۵۲۵/۰۸	۳/۷۸
۷-آب آبیاری	۲۴۷۱۵/۳۷	۱۴/۳
۸-قلمه نیشکر	۱۱۲۴۵/۸۳	۶/۵۱
کل انرژی نهاده‌ها	۱۷۲۸۸۴/۷۰	۱۰۰
ب) ستانده		
۱-نیشکر	۱۲۰۰۰۰	

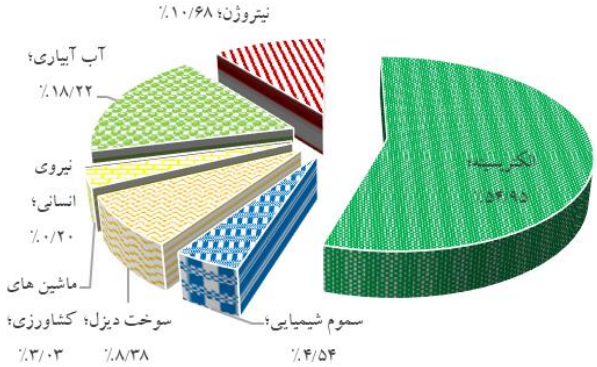


شکل ۱- سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نیشکر در مزارع پلنت

در جدول (۳) میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده در مزارع راتون ارائه شده است. نتایج نشان داد متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای کشت یک هکتار نیشکر در منطقه موردمطالعه به ترتیب ۱۲۲۸۰۱/۱۵ و ۹۸۸۵۰ مگاژول بود. سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نیشکر در مزارع راتون در شکل (۲) به نمایش درآمده است. بدین ترتیب که الکتریسیته بیشترین سهم از کل نهاده‌ها به میزان ۵۴/۹۵ درصد را به خود اختصاص داده است و پس ازآن آب آبیاری با ۱۸/۲۲ درصد، نیتروژن و سوخت دیزل به ترتیب به میزان ۱۰/۶۸ و ۸/۳۸ درصد از کل نهاده‌ها را به خود اختصاص دادند. نیروی انسانی و ماشین‌های کشاورزی به ترتیب برابر با ۰/۲ و ۳/۰۳ درصد کمترین میزان مصرف انرژی را داشتند.

جدول ۳- انرژی مصرفی نهاده‌ها و ستانده در مزارع راتون

عنوان	راتون ۱	راتون ۲	راتون ۳	راتون ۴	میانگین(مگاژول بر هکتار)	درصد
الف) نهاده‌ها						
۱- ماشین‌ها	۵۱۰۸/۷۳	۲۰۶۶/۹۷	۳۴۶۰/۴۷	۴۲۶۷/۲۵	۳۷۲۵/۸۵	۳/۰۳
۲-سوخت دیزل	۱۰۲۹۲/۳۴	۱۰۲۹۲/۳۴	۱۰۲۹۲/۳۴	۱۰۲۹۲/۳۴	۱۰۲۹۲/۳۴	۸/۳۸
۳-نیروی انسانی	۲۴۹/۷۵	۲۴۹/۷۵	۲۴۹/۷۵	۲۴۹/۷۵	۲۴۹/۷۵	۰/۲
۴- الکتریسیته	۶۷۴۶۱/۹۲	۶۷۴۶۱/۹۲	۶۷۴۶۱/۹۲	۶۷۴۶۱/۹۲	۶۷۴۶۱/۹۲	۵۴/۹۵
۵-کود شیمیایی						
الف) نیتروژن	۱۳۱۱۵/۹۸	۱۳۱۱۵/۹۸	۱۳۱۱۵/۹۸	۱۳۱۱۵/۹۸	۱۳۱۱۵/۹۸	۱۰/۶۸
۶-سموم شیمیایی	۵۷۳۴/۳۵	۵۴۱۷ /۱۲	۵۷۳۴/۳۵	۵۴۱۷/۱۲	۵۵۷۵/۷۳	۴/۵۴
۷-آب آبیاری	۲۲۳۷۹/۵۷	۲۲۳۷۹/۵۷	۲۲۳۷۹/۵۷	۲۲۳۷۹/۵۷	۲۲۳۷۹/۵۷	۱۸/۲۲
کل انرژی نهاده‌ها	۱۲۴۳۴۲/۶۴	۱۲۰۹۸۳/۶۵	۱۲۲۶۹۴/۳۷	۱۲۳۱۸۳/۹۳	۱۲۲۸۰۱/۱۵	۱۰۰
ب) ستانده						
۱-نیشکر	۱۱۱۰۰۰	۱۰۳۸۰۰	۹۴۲۰۰	۸۶۴۰۰	۹۸۸۵۰	



شکل ۲- سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نیشکر در مزارع راتون

میانگین میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده در مزارع پلنت و راتون به ترتیب برابر با ۱۷۲۸۸۴/۷۰ و ۹۸۸۵۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شد.

در مطالعاتی دیگر در زمینه‌ی مصرف انرژی هارونی و همکاران انرژی نهاده‌ها در مزارع پلنت و راتون به ترتیب ۱۷۴۲۸۳/۷۶ و ۱۴۵۱۱۷/۷۹ مگاژول بر هکتار محاسبه شد و سهم الکتریسیته از کل انرژی مصرفی ۵۴ و ۵۲ درصد به ترتیب در مزارع راتون و پلنت به دست آمد. پس از الکتریسیته، کودهای شیمیایی با سهم ۱۹ و ۱۶ درصد به ترتیب در مزارع راتون و پلنت بیشترین سهم از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند و همچنین انرژی مصرفی برای آبیاری بیشترین سهم از نهاده‌های انرژی مصرفی را در عملیات زراعی کشت نیشکر به خود اختصاص داده است [۹]. غدیریان فر و همکاران مطالعه‌ای روی چرخه‌ی کامل انرژی در تولید اتانول از ملاس نیشکر انجام دادند. نتایج نشان داد مقدار انرژی مصرفی برای مزارع پلنت برابر با ۱۹۴۲۸۳ مگاژول بر هکتار به دست آمد. و مقدار انرژی مصرفی در کل بخش کشاورزی از زمان تهیه زمین و کاشت تا انتقال به کارخانه تولید شکر در یک هکتار برابر ۲۰۸۳۴۴ مگاژول می‌باشد. و از بین نهاده‌های مصرفی، قلمه نیشکر با ۱۱/۵۳ در صد، پس از آبیاری و سوخت به ترتیب با ۶۷/۸۱ و ۱۱/۷۹ درصد، بیشترین سهم را از نهاده‌های انرژی در مزرعه نیشکر دارد. پس‌ازاین موارد، کود و سم با ۸/۸۸ درصد بیشترین سهم نهاده‌ها را تشکیل می‌دهند [۳]. سامی و همکاران در مطالعه خود پیرامون مصرف انرژی درکشت نیشکر در ایران نشان دادند که در میان تمامی نهاده‌های مصرفی درکشت نیشکر الکتریسیته بیشترین سهم را از کل انرژی نهاده‌ها به خود اختصاص داده است [۲۵]. کریمی و همکاران در پژوهشی در خصوص تحلیل انرژی در تولید نیشکر در مزارع پلنت نشان داد کل انرژی نهاده‌ها ۱۴۸/۰۲ گیگا ژول بوده و انرژی مربوط به سوخت و الکتریسیته بالابود [۱۴].

تحلیل شاخص‌های انرژی

مقادیر شاخص‌های انرژی برای تولید نیشکر در مزارع پلنت و راتون در جدل (۴) نشان داده شده است. بر این اساس نسبت انرژی برابر با ۰/۷۲ و ۰/۸۱ به ترتیب در مزارع پلنت و راتون برآورد شده است. بهره‌وری انرژی که میزان تولید از یک مگاژول را نشان می‌دهد ۰/۶ و ۰/۶۷ کیلوگرم بر مگاژول به ترتیب در مزارع پلنت و راتون محاسبه شد. میزان شدت انرژی با ۱/۷۳ و ۱/۴۹ مگاژول بر کیلوگرم به ترتیب در مزارع پلنت و راتون برآورد شده است. همچنین میزان افزوده خالص انرژی که از تفاضل انرژی ستانده‌ها و نهاده‌ها حاصل می‌شود به میزان ۵۲۸۸۴/۷۰- و ۲۳۹۵۱/۱۵- مگاژول بر هکتار به ترتیب در مزارع پلنت و راتون برآورد گردید. و بهره‌وری آب در مزارع پلنت و راتون به ترتیب برابر با ۴/۱۶و۳/۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه گردید. همچنین تقسیم‌بندی دیگری از انرژی ورودی شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و سهم هر یک از آن‌ها را در نهاده‌های مصرفی مشخص می‌کند. مقدار انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم در مزارع پلنت به ترتیب ۷۵/۸۱ و ۲۴/۱۹ درصد و در مزارع راتون به ترتیب ۸۱/۷۵ و ۱۸/۲۵ درصد می‌باشد. و همچنین

میزان انرژی تجدید پذیر و انرژی تجدید ناپذیر در مزارع پلنت به ترتیب ۲۱/۰۱ و ۷۸/۹۹ درصد و در مزارع راتون به ترتیب ۱۸/۴۳ و ۸۱/۵۷ درصد از کل انرژی‌های مصرفی برآورد شده است. با توجه به این نتایج میزان استفاده از انرژی‌های تجدید ناپذیر بالاست که از دو دیدگاه قابل بررسی می‌باشند؛ نخست اینکه لزوم توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر در این منطقه باید در اولویت قرار گیرد. به‌عنوان مثال با توجه به پتانسیل بالای استان خوزستان در استفاده از انرژی‌های خورشیدی، از این منبع پاک می‌توان برای تولید الکتریسیته استفاده نمود. دیدگاه دوم شامل مباحث زیست‌محیطی بود که استفاده‌ی بی‌رویه و نادرست از انواع انرژی‌های تجدید ناپذیر مانند کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی تبعات زیست‌محیطی جبران ناپذیری داشته که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

جدول٤- شاخص‌های انرژی برای تولید نیشکر در مزارع پلنت و راتون

عنوان	واحد	مزارع پلنت	درصد	مزارع راتون	درصد
نسبت انرژی	-	۰/۷۲		۰/۸۱	
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۶		۰/۶۷	
شدت انرژی	مگاژول بر کیلوگرم	۱/۷۳		۱/۴۹	
افزوده خالص انرژی	مگاژول بر هکتار	-۵۲۸۸۴/۷۰		-۲۳۹۵۱/۱۵	
بهره‌وری آب	کیلوگرم بر متر مکعب	۴/۱۶		۳/۷۷	
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۱۳۱۰۵۷/۰۳	۷۵/۸۱	۱۰۰۳۸۳/۵۸	۸۱/۷۵
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۴۱۸۲۷/۶۷	۲۴/۱۹	۲۲۴۱۷/۵۷	۱۸/۲۵
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۳۶۳۲۲/۸۹	۲۱/۰۱	۲۲۶۲۹/۳۲	۱۸/۴۳
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۱۳۶۵۶۱/۸۲	۷۸/۹۹	۱۰۰۱۷۱/۸۳	۸۱/۵۷

کریمی و همکاران به محاسبه شاخص‌های انرژی برای تولید نیشکر در مزارع پلنت پرداختند. میزان نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی به ترتیب ۰/۷۶، ۰/۶۳، ۱/۵۹و ۳۵۸۰۰- محاسبه شد [۱۴]. هارونی و همکاران در پژوهشی به محاسبه شاخص‌های انرژی برای تولید نیشکر در مزارع راتون پرداختند.که میزان نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی به ترتیب ۰/۶، ۰/۵، ۱/۹۹و ۵۸۰۲۱/۴- برآورد شده است [۹].

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی انرژی ورودی و خروجی و تحلیل شاخص‌های انرژی در مزارع نیشکر در شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره) پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای تولید نیشکر به ترتیب در مزارع پلنت ۱۷۲۸۸۴/۷۰و ۱۲۰۰۰۰ مگاژول بر هر هکتار بود و در مزارع راتون ۱۲۲۸۰۱/۱۵و ۹۸۸۵۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. از این مقادیر در مزارع پلنت و راتون نهاده‌های الکتریسیته، آب آبیاری، سوخت دیزل وکود نیتروژن به ترتیب در مزارع پلنت با ۴۹/۴۸٪، ۱۴/۳٪، ۱۱/۸۵٪ و۸/۳۲ ٪ و در مزارع راتون با ۵۴/۹۵٪، ۱۸/۲۲٪، ۸/۳۸ ٪، ۱۰/۶۸٪ از پرمصرف‌ترین نهاده‌های مصرفی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش میزان شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی، افزوده خالص انرژی و بهره‌وری آب به ترتیب در مزارع پلنت ۰/۷۲، ۰/۶ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۷۳ مگاژول بر کیلوگرم، ۵۲۸۸۴/۷۰- مگاژول بر هکتار و۴/۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب ودر مزارع راتون ۰/۸۱، ۶۷/ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۴۹ مگاژول بر کیلوگرم، ۲۳۹۵۱/۱۵- مگاژول بر هکتار و ۳/۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد. با توجه به اینکه برای کشت نیشکر انجام عملیات خاک‌ورزی متعددی صورت می‌گیرد و باعث می‌شود نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی و مصرف سوخت دیزل نقش بسزایی در افزایش مصرف انرژی داشته باشند و همچنین با ایجاد لایه

فشرده در سطح زیرین خاک و کاهش ماده‌ی آلی در سال‌های آتی پیشنهاد می‌شود از ماشین‌های کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی برای تولید نیشکر درکشت و صنعت‌های نیشکری در دستور کار قرار بگیرد و مطالعاتی روی آن‌ها صورت بگیرد.

تشکر و قدردانی

از گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران به خاطر تأمین اعتبار مورد نیاز این تحقیق و همچنین از مسئولین و مهندسین شرکت کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره) تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. آتشی، م. ۱۳۸۸. تعیین بازده انرژی تولید نیشکر درکشت و صنعت امیرکبیر و ارائه راهکارها جهت افزایش آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲. زارعی شهامت، ا. ۱۳۸۹. بهره‌وری اقتصادی در تولید نیشکر و ارائه راهکارهای مناسب برای بهبود آن در استان خوزستان بررسی موردی کشت و صنعت دعبل خزاعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی ،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

۳. غدیریان فر، م.، کیهانی، ع.، امید، م. ۱۳۹۲. چرخه کامل انرژی در تولید اتانول از ملاس نیشکر در ایران. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. ۴۴(۲):۱۳۵-۱۴۲.

۴. قربانی، ر. ۱۳۸۸. اکولوژی عمومی. جهاد دانشگاهی مشهد.

۵. کعب، ع.، شریفی، م.، مبلی، ح. ۱۳۹۸. تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید نیشکر. مهندسی بیوسیستم ایران. ۵۰ (۱):۳۰-۱۹.

۶. نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ. بهشتی، ع. ۱۳۸۸. اگرواکولوژی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۷. وزارت جهاد کشاورزی ایران، ۱۳۹۷. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات-وزارت جهاد کشاورزی. amar.maj.ir.

۸. وزارت نیرو. ۱۳۹۰. ترازنامه انرژی ۱۳۸۹. معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران.

۹. هارونی، س.، شیخ داوودی، م. ج.، کیانی، م. ۱۳۹۴. مدل‌سازی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای درروند تولید نیشکر در مزارع راتون با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (بررسی موردی کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان). نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۱۱-۱۹.

10. Elhami, B., Akram, A., Khanali, M. 2016. Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. Information Processing in Agricultures, 3(3), 190-205.
11. Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., Chau, K.W. 2019b. Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. Energy. 181,1298–320
12. Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., Chau, K. 2019a. Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. Sci Total Environ. 664,1005–19.

13. Kalhor, T., Rajabipour, A., Akram, A., Sharifi, M. 2016. Modeling of energy ratio index in broiler production units using artificial neural networks. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 17, 50-55
14. 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. Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4, 165-171.
15. Khan, M.A., Zafar, J., Bakhash, A. 2008. Energy requirement and economic analysis of sugarcane production in Dera Islamic Khan district of Pakistan. Gomal Univ. J. Res. 24, 72-82.
16. Kitani, O., 1999. Energy and biomass engineering, CIGR handbook of agricultural engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI.
17. Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Rafiee, H., 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renew. Energy 35, 1071–1075.
18. Mousavi-Avval, S.H. Rafiee, S. Jafari, A. Mohammadi A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy. 36: 2765-2772.
19. Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Sharifi, M., Hosseinpour, S., Shah, A., 2017. Combined application of Life Cycle Assessment and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for modeling energy and environmental emissions of oilseed production. Renew. Sustain. Energy Rev. 78, 807–820.
20. Mrini, M., Senhaji, F., Pimentel, D., 2001. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. Environ. Dev. Sustain. 3, 109-126.
21. Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Chau, K.-W., 2018. Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. Sci. Total Environ. 631–632, 1279–1294.
22. Nakashima, T., Ishikawa, S., 2016. Energy inputs and greenhouse gas emissions associated with small-scale farmer sugarcane cropping systems and subsequent bioethanol production in Japan. NJAS - Wageningen J. Life Sci. 76, 43–53.
23. Pishgar-Komleh, S. H. Sefeedpari, P. Rafiee, S. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy, 36, 5824-5831.
24. Rafiee, S., Mousavi-Avval, S.H., Mohammadi, A., 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy (35, 3301-3306).
25. Sami, M., Shiekhdavoodi, M. J., Pazhohanniya, M., Pazhohanniya, F. 2014. Environmental comprehensive assessment of agricultural systems at the farm level using fuzzy logic: A case study in sugarcane farms in Iran. Environmental Modelling and Software. 58: 95-108.
26. 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.
27. Taheri, G.A., Asakereh, A., Haghani, K. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. Int. J. Environ. Sci. 1, 236-243.

Estimation of Input and Output Energy and Analysis of Energy Indexes in Sugarcane Production

Ali Kaab[1], Mohammad Sharifi[2*], Saeed Mofattah[3]

1. M.Sc. graduated, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. PhD student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

In this study, were investigated of input and output energy and analysis of energy indexes of sugarcane crop in plant and ratoon farm. The information required for conducting this study was extracted from a questionnaire and face to face interview from Imam Khomeini Sugarcane Agro-Industrial Company. The study results showed that total input energy for sugarcane production in plant and ratoon farms were 172884.70 and 122801.15 MJ ha^{-1} respectively. The output energy of plant farms was calculated to be 120000 MJ ha^{-1} and ratoon farms were calculated to be 98850 MJ ha^{-1}. The maximum energy consumptions in plant and ratoon farms were related to electricity, water for irrigation, diesel fuel and nitrogen fertilizer, respectively. The amounts of energy indexes include energy ratio, specific energy, energy productivity, net energy gain and water productivity in plant farms were 0.72, 1.73 MJ kg^{-1}, 0.6 kg MJ^{-1}, -52856.14 MJ ha^{-1} and 4.16 kg $(m^3)^{-1}$ respectively and in ratoon farms calculated 0.81, 1.49 MJ kg^{-1}, 0.67 kg MJ^{-1}, -23951.15 MJ ha^{-1} and 3.77 kg $(m^3)^{-1}$ respectively.

Keywords: Energy, Energy productivity, Plant farms, Ratoon farms

*Corresponding author
E-mail: m.sharifi@ut.ac.ir