نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۶، مرداد - شهریور ۱۴۰۱، ص. ۶۳۸-۶۲۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 16, Aug.-Sep. 2022, p. 624-638

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی چرخه زندگی برای محصولات عمده کشاورزی و سامانه‌های مختلف آبیاری در اطراف دریاچه ارومیه

طاها معارفی[۱]، حامد ابراهیمیان[۲*]، حسین دهقانی سانیج[۳]، محمد شریفی[۴]، رضا دلباز[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱

چکیده

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت و تقاضای مواد غذایی منجر به استفاده بیشتر از منابع آب، سوخت‌های فسیلی و نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی شده است و به دنبال آن مسائل زیست‌محیطی زیادی را ایجاد نمود. در این پژوهش، میزان بارهای محیطی و تأثیرات زیست‌محیطی کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه به‌وسیله ارزیابی چرخه زندگی محصولات مختلف (گندم، چغندرقند، گوجه‌فرنگی و ذرت) تعیین شد. این تحقیق روی ۱۷ مزرعه در نقاط مختلف اطراف دریاچه ارومیه انجام شد که انتخاب مزارع به نحوی بوده که معرف محصولات غالب کشت منطقه و همچنین سامانه‌های آبیاری مورداستفاده در منطقه باشند. داده‌های مورداستفاده در این تحقیق به روش‌های اندازه‌گیری میدانی، پرسشنامه، مصاحبه با کشاورزان و کارشناسان و استفاده از پایگاه داده اکواینونت جمع‌آوری و ارزیابی داده‌ها مبتنی بر محاسبات ارزیابی چرخه زندگی و توسط نرم‌افزار سیماپرو صورت گرفت. نتایج نشان داد در مجموع بیشترین سهم در مصرف انرژی برای مصارف سوخت دیزل و نیتروژن بود و سامانه آبیاری سطحی مصرف انرژی بیشتری نسبت آبیاری تحت‌فشار داشتند. در بین مزارع موردمطالعه، به‌طور متوسط آبیاری کرتی و نواری پایین‌ترین مقدار بهره‌وری انرژی (۰/۵۳ کیلوگرم بر مگا ژول) و آبیاری قطره‌ای بالاترین مقدار (۱/۲ کیلوگرم بر مگا ژول) را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج نشان داد که در تمام مزارع سهم انرژی تجدید ناپذیر (۷۶ درصد) از انرژی تجدید پذیر (۲۴ درصد) بیشتر بود. انتشار مستقیم از مزارع بیشترین تأثیر بر تخریب محیط‌زیست را داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای، انرژی، سیماپرو، محیط‌زیست

مقدمه

محصولات کشاورزی نقش عمده‌ای در تغذیه جمعیت جهان دارند. با افزایش جمعیت و تقاضا برای مواد غذایی، محققین برای افزایش تولیدات کشاورزی راه‌حل‌های مختلفی پیشنهاد کرده‌اند. افزایش عملکرد در واحد سطح با استفاده بیشتر از نهاده‌های کمکی، ارقام پر محصول و افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی از جمله این پیشنهادها است. در سال‌های اخیر با استفاده بیشتر از منابع آب، سوخت‌های فسیلی (توسعه مکانیزاسیون) و نهاده‌های شیمیایی، کشاورزی به یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آب، انرژی و منابع طبیعی تبدیل شده و به دنبال آن اثرات زیست‌محیطی بسیاری را به محیط‌زیست وارد کرده است (Mousavi-Avval et al., 2011). امروزه یکی از مهم‌ترین بحث‌های مطرح‌شده در توسعه پایدار کشاورزی مقدار انرژی تولیدی به ازای مقدار انرژی مصرفی می‌باشد. هر چه مقدار انرژی تولیدی نسبت به انرژی مصرفی بیشتر باشد، یا به‌عبارت‌دیگر بهره‌وری انرژی بیشتری داشته باشد، در جهت توسعه پایدار کشاورزی بوده و هر چه این نسبت کوچک‌تر باشد، تخریب محیط‌زیست و ناپایداری اکولوژیکی را نشان می‌دهد (Pishgar-Komleh et al., 2011). استفاده بهینه از منابع انرژی و بهبود

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانشیار، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ebrahimian@ut.ac.ir)
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.3.12.3

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 (Mousavi-Avval et al., 2011). در هر طرح و برنامه به‌منظور ارزیابی موارد محوری فوق، مقایسه و ارائه راهکارهای منطقی باید از یک سری شاخص‌ها و فاکتورهایی استفاده شود که بتواند قابلیت مقایسه را داشته باشند. ارزیابی چرخه زندگی (LCA[1]) می‌تواند گزینه مناسبی برای این منظور باشد. این رویکرد برای تعیین تأثیرات زیست‌محیطی مرتبط با تولید یک محصول یا یک فرآیند تولیدی، از مرحله‌ی استخراج منابع اولیه تا دفع نهایی ضایعات مربوط می‌باشد (خوشنویسان، ۱۳۹۲). تاریخچه روش ارزیابی چرخه زندگی به دهه ۱۹۷۰ میلادی برمی‌گردد که از آن برای محاسبات ساده‌ای مانند میزان مواد زائد جامد و انرژی موردنیاز برای باز فراوری آن‌ها استفاده شد. در طول قرن گذشته از این شیوه بیشتر در زمینه‌های صنعتی استفاده می‌شد، اما امروزه محققان به‌طور گسترده برای تعیین تأثیرات محصولات، فرآیندها و خدمات روی محیط‌زیست استفاده می‌کنند (Ekvall, 1999; Harding et al., 2008; Hart et al., 2005). ارزیابی چرخه زندگی در سامانه‌های کشاورزی نیز موردتوجه زیادی قرار گرفته است. با استفاده از این رویکرد، خوشنویسان (۱۳۹۲) ارزیابی چرخه زندگی دو محصول زراعی گندم و سیب‌زمینی و دو محصول گلخانه‌ای خیار و گوجه گلخانه‌ای را در استان اصفهان موردمطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که در بخش زراعی بیشترین آلایندگی از جانب الکتریسیته و کودهای شیمیایی و در بخش گلخانه‌ای بیشترین آلایندگی ناشی از مصرف زیاد گاز طبیعی بوده است. الانصاری و همکاران در قطر به کمک ارزیابی چرخه زندگی که به‌وسیله یک زیرسیستم کشاورزی انجام شد به این نتیجه رسیدند که سیستم غذا بزرگ‌ترین عامل گرم شدن زمین است. همچنین می‌توان با استفاده از انرژی خورشیدی به جای سوخت‌های فسیلی تا ۳۰ درصد گازهای گلخانه‌ای (GWP) را کاهش داد. آن‌ها به افزایش تولید محصول داخلی با استفاده از انرژی خورشیدی تأکید داشتند (Al-Ansari et al., 2015). بوسونا و جبرسنبت تقاضای انرژی تجمعی و پتانسیل گرم شدن کره زمین (۱۰۰ سال) را با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی روی گوجه‌فرنگی ارگانیک تولیدشده و مصرف‌شده در سوئد بررسی کردند. نتایج نشان داد که مقادیر محاسبه‌شده، به ترتیب ۴۴/۵۸ و ۴۹/۴ گیگا ژول انرژی ورودی به ازای هر واحد عملیاتی برای گوجه‌فرنگی تازه و گوجه‌فرنگی خشک بود. مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی به ترتیب برابر ۵۴۷/۱۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن و ۴۶۷/۴۴ کیلوگرم معادل کربن دی‌اکسید برای گوجه‌فرنگی تازه و گوجه‌فرنگی خشک به دست آمد (Bosona and Gebresenbet., 2018). غلامرضایی و همکاران (۱۴۰۰) بارهای محیطی تولید شکر از چغندرقند را به روش ارزیابی چرخه زندگی بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان کل انرژی نهاده در تولید صد تن شکر ۴۷۸۸۶۹۰/۱۲ مگا ژول است که سهم گاز طبیعی در این مطالعه با ۴۳ درصد بیش از سایر نهاده‌ها بود. همچنین سهم انرژی‌های تجدیدشونده در تولید این محصول بسیار کم (۲/۶۵ درصد) است. ابراهیمی و ابراهیمی (۱۴۰۰) دو محصول سیب و انگور را به وسیله ارزیابی چرخه زندگی موردبررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، پتانسیل گرمایش جهانی که بر اساس تجمع گازهای کربن دی‌اکسید، متان و نیتروژن اکسید به دست می‌آید تفاوت فاحشی بین این دو محصول نداشته و مقدار آن برای سیب ۱/۳ برابر انگور است. تولید گازهای گلخانه‌ای و نیز آسیب ناشی از استفاده از آفت‌کش‌ها برای محصول سیب به ترتیب با نسبت ۱/۲۹ و ۴/۲۴ بیشتر از محصول انگور به دست آمد. مقدار مصرف منابع انرژی برای یک واحد عملکردی از دو محصول سیب و انگور به ترتیب برابر ۱۰/۱ و ۹/۱ مگا ژول ارزش حرارتی خالص است. نتایج مطالعه هیلیودری و همکاران به وسیله ارزیابی چرخه زندگی نشان داد که سهم تولید نیشکر برای منطقه‌ای در هند تا ۸۳۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن است. همچنین مقدار انرژی موردنیاز برای تولید هر کیلوگرم نیشکر ۳ تا ۸ مگا ژول ارزیابی شد (Hiloidhari et al., 2021). یکی از مناطق بسیار مهم و زندگی هم از لحاظ کشاورزی و دامپروری و هم از نظر زیستگاه‌های مختلف طبیعی که در سال‌های اخیر با چالش‌های جدی مواجه بوده، حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غرب کشور است. این حوضه اهمیت زیادی در بخش‌های اقتصادی، زیست-محیطی و اجتماعی کشور و منطقه دارد. عواملی از قبیل افت تراز آب دریاچه، افزایش سطح زیر کشت اراضی آبی و باغی و تغییر الگوی کشت به سمت محصولات پرمصرف در سال‌های اخیر بخشی از این نگرانی‌ها هستند که تبعات کلان محیط‌زیستی را به دنبال دارد (قدوسی و همکاران، ۱۳۹۳). بر این اساس بررسی این وضعیت در فرایند تولید محصولات کشاورزی در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد که می‌توان با استفاده از روش چرخه زندگی به انجام برسد. به همین منظور در این مطالعه شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده‌ی خالص انرژی با در نظر گرفتن انرژی‌های ورودی و خروجی در مراحل تولید، شاخص‌های زیست‌محیطی در کل چرخه زندگی تولید محصول با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی (مانند پتانسیل گرمایش جهانی، تخریب لایه ازن، عوارض انسانی، عوارض منابع آبی، عوارض دریایی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و اسیدی شدن) در مزارع مختلف اطراف دریاچه ارومیه

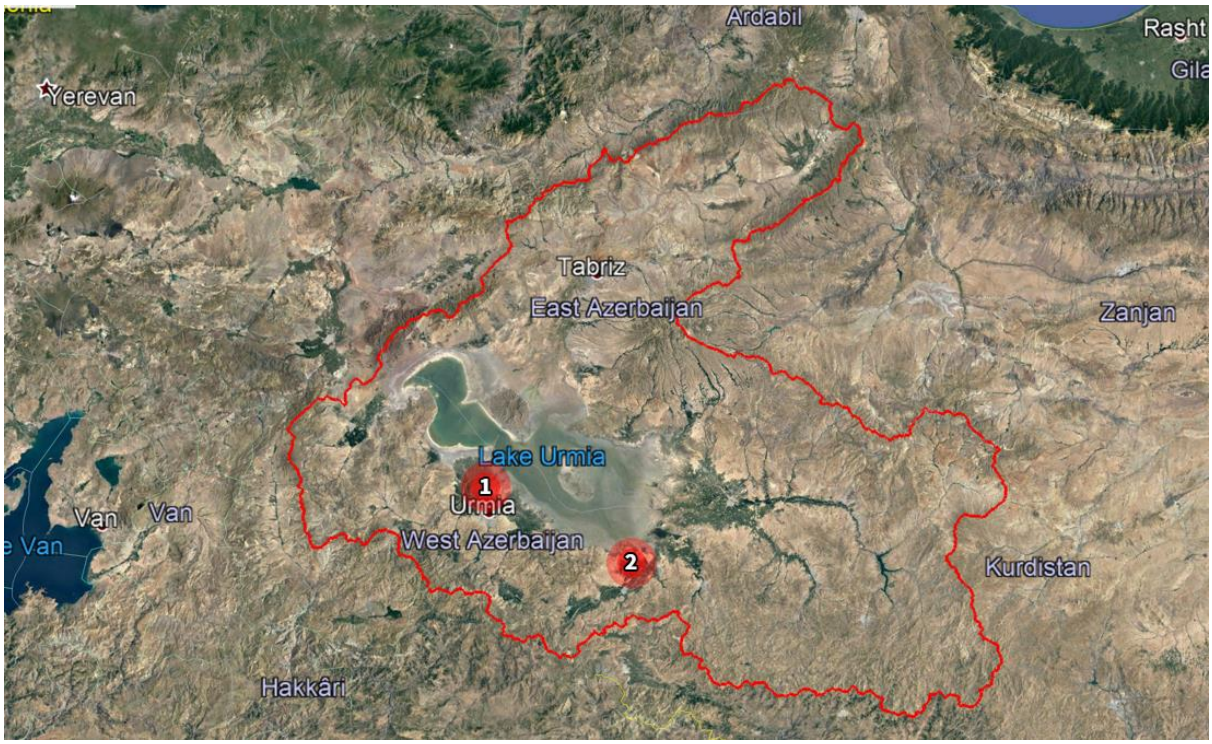
1. Life cycle assessment

بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها

این تحقیق در ۱۷ مزرعه در حوضه دریاچه ارومیه واقع در شهرستان‌های ارومیه، مهاباد و میاندوآب انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی این مزارع در شکل ۱ آمده است که در آن نقطه ۱ مربوط به مزارع ارومیه (شامل ۷ مزرعه) و نقطه ۲ مربوط به مزارع میاندوآب و مهاباد (شامل ۱۰ مزرعه) است. به‌طور عمده این مزارع به‌وسیله رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود (دشت میاندوآب)، مهاباد چای (دشت مهاباد) و شهر چای، نازلو چای و باراندوز چای (دشت ارومیه) تغذیه می‌شوند که عمده محصولات کشاورزی این منطقه شامل چغندرقند، گندم، سیب‌زمینی و ذرت است.



شکل ۱- نقشه حوضه موردمطالعه و مزارع آزمایشی

به‌منظور دستیابی به اطلاعات موردنیاز برای تکمیل تحقیق از داده‌های شرکت‌های مجری در پروژه "همکاری در احیای دریاچه ارومیه با مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار"، تکمیل پرسشنامه، گفتگو و مصاحبه با کارشناسان، داده‌های هواشناسی و برخی پایگاه‌های داده استفاده شد. همچنین، مزارع پایلوت به‌گونه‌ای انتخاب شدند که از نظر مشخصات فیزیکی و هندسه‌ی زمین، نوع کشت، مدیریت مرسوم و منبع تأمین آب، معرف دشت‌ها باشند. معیارهای انتخاب مزارع برای برآورد و پایش راندمان کاربرد آب بر اساس روش‌های آبیاری، مشخصات خاک، نوع مدیریت زارعین و نوع محصولات انجام گرفت. اطلاعات کلی این مزارع در جدول ۱ آمده است. پارامترهای اندازه‌گیری شده برای هر مزرعه در کل فصل رشد شامل: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، زمان قطع جریان، دبی ورودی به پایلوت تحت آبیاری، نفوذپذیری آب در خاک، رطوبت در عمق‌های مختلف، زمان پیشروی و پسروی در آبیاری سطحی، آزمایش یکنواختی برای آبیاری تحت‌فشار و ساعت کاری پمپ بودند. همچنین از طریق پرسشنامه؛ داده‌هایی مانند مقدار و نوع کود و سموم مصرف‌شده در کل فصل، عمق آب زیرزمینی، نوع پمپ، نوع و ساعت کارکرد ماشین‌ها (برای عملیات مختلف از جمله شخم زدن، حمل‌ونقل، کاشت، وجین کردن، برداشت، کود دهی و غیره) و ساعت کاری نیروی کارگری برای عملیات مختلف جمع‌آوری شد.

ارزیابی چرخه زندگی

روش ارزیابی چرخه زندگی، بر اساس محاسبه دو مؤلفه میزان مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست تعیین می‌شود (Brentrup et al.,2004). در این رویکرد، کلیه اثرات زیست‌محیطی مرتبط با نظام تولیدی در گروه‌های تأثیر مؤثر بر آن در نظر گرفته

می‌شود (Nemecek et al., 2011). به‌طورکلی هر پروژه ارزیابی چرخه زندگی از چهار مرحله تشکیل می‌شود. مرحله اول تعریف هدف و دامنه[1] است که در آن چهارچوب کلی کار شامل واحدهای کارکردی، مرزهای سامانه[2]، تخصیص منابع و انتخاب بخش‌های اثر مشخص می‌شود. در این مطالعه واحد کارکردی به‌صورت یک تن محصول تولیدی در نظر گرفته شد، بدین معنا که تمامی آلاینده‌های انتشاریافته بر پایه نهاده‌های مصرفی برای تولید یک تن محصول محاسبه و گزارش می‌شود. ارزیابی چرخه زندگی یک نگرش گهواره تاگور است اما این امکان فراهم‌شده است تا به‌منظور تمرکز بیشتر بر روی فرآیندها، مرز سامانه به‌صورت بخشی از کل فرآیند در نظر گرفته شود و نتایج بر اساس مرز انتخاب‌شده و برای یک مقیاس کوچک‌تر بیان شوند. تمرکز این مطالعه روی مرحله تولید و فرآیندهای صورت گرفته درون مزرعه گذاشته شده و اصطلاحاً سیستم مرجع حوضه دریاچه ارومیه و دروازه مزرعه به‌عنوان مرز سامانه تعیین‌شده است. بخش‌های اثر نیز در ادامه شرح داده شده‌اند. در مرحله دوم (تحلیل سیاهه[3])، منابع استفاده‌شده و انتشار آلاینده‌ها در کل یا بخشی از دوره زندگی محصول که با توجه به مرزهای سامانه تعیین می‌شوند، در نظر گرفته می‌شود. مرحله سوم تأثیرات چرخه زندگی موردبررسی قرار می‌گیرد در واقع در این مرحله به‌منظور تفسیر نتایج، انتشار آلاینده‌های مهم در بخش‌های اثرگذار خلاصه و ارائه می‌شود. در مرحله چهارم (نهایی)، نتایج به‌منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد تحلیل قرار می‌گیرد

شاخص‌های ارزیابی

شاخص‌های انرژی

به‌طور کلی انرژی نهاده‌های تولید محصولات کشاورزی را می‌توان به دو صورت مختلف تقسیم‌بندی کرد: انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم و همچنین انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر. منظور از انرژی مستقیم (انرژی دانه، انرژی سوخت دیزل، انرژی حاصل از کار انسان، انرژی الکتریسیته و آبیاری) نوعی انرژی است که به‌طور مستقیم و بی‌واسطه باعث انجام کار یا فعالیت در سیستم (مزرعه) می‌شود. انرژی غیرمستقیم (انرژی ماشین‌آلات، انرژی کود و انرژی سموم و علف‌کش‌ها) نوعی از انرژی است که قبل از مزرعه برای تولید نهاده‌ها مصرف شده است. انرژی تجدید پذیر (انرژی دانه، انرژی انسان و انرژی آبیاری) شامل نهاده‌هایی می‌شود که می‌توان آن‌ها را بازسازی کرد و انرژی تجدید ناپذیر (انرژی سوخت دیزل، انرژی الکتریسیته، انرژی ماشین‌آلات، انرژی کود و انرژی سموم و علف‌کش‌ها) نهاده‌هایی را شامل می‌شود که قابلیت بازسازی دوباره را ندارند. طبق تعریف سینگ و همکاران (Singh et al., 2019) روابط مربوط به انرژی نهاده در زیر آمده است:

$$E_I = DE + IDE \quad (۱)$$

$$E_I = RE + NRE \quad (۲)$$

که در این روابط E_I انرژی نهاده، DE انرژی مستقیم، IDE انرژی غیرمستقیم، RE انرژی تجدید پذیر و NRE انرژی تجدید ناپذیر است. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب محتوای انرژی متناظر با هر یک استفاده شد که در جدول ۲ ارائه شده است. انرژی معادل نهاده‌های کود دامی، کودهای شیمیایی، سموم و علف‌کش‌ها، بذر، نیروی انسانی، سوخت دیزل و الکتریسیته مصرفی از ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده طبق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$E_I = \frac{C_i * ec_i}{S_f} \quad (۳)$$

که در آن E_I انرژی معادل نهاده‌های مصرفی بر حسب مگا ژول، C_i میزان نهاده مصرفی (نیروی انسانی، سوخت دیزل و غیره) بر حسب واحد آن‌ها، ec_i محتوای انرژی نهاده بر حسب مگا ژول بر واحد آن‌ها و S_f مساحت مزرعه بر حسب هکتار می‌باشد.

برای این تحقیق شاخص‌های نسبت انرژی[4]، بهره‌وری انرژی[5]، انرژی ویژه[6] و افزوده خالص انرژی[7] مطابق زیر مورداستفاده قرار گرفته است که در ارزیابی سامانه‌های کشاورزی مسبوق به سابقه هستند (Soni et al., 2018):

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

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

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

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی}\left(\text{مگا ژول بر هکتار}\right)}{\text{عملکرد}\left(\text{کیلو گرم بر هکتار}\right)} \quad (۷)$$

$$\text{افزوده خالص انرژی} = \text{انرژی خروجی}\left(\text{مگا ژول بر هکتار}\right) - \text{انرژی ورودی}\left(\text{مگا ژول بر هکتار}\right) \quad (۸)$$

شرح مختصر شاخص‌های فوق عبارت‌اند از:

- نسبت انرژی- بیانگر نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی و کل انرژی مصرف‌شده در عوامل تولید است؛ فاقد واحد می‌باشد و مقدار انرژی به‌دست‌آمده به ازای هر واحد

1- Goal and scope definition
2- System boundary
3- Inventory analysis

4- Energy Ratio (ER)
5- Energy Productivity (EP)
6- Specific Energy (SE)
7- Net Energy Gain (NEG)

مصرف انرژی برای تولید را نشان می‌دهد.

- بهره‌وری انرژی- بیان‌کننده مقدار تولید محصول به ازای هر واحد انرژی مصرف‌شده است (Rajaeifar et al., 2014).
- شدت انرژی-عکس بهره‌وری انرژی است و 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. واحد شدت انرژی مگا ژول بر کیلوگرم است.
- افزوده خالص انرژی یا انرژی خالص- تفاضل بین انرژی ناخالص تولیدشده و کل انرژی موردنیاز برای تولید است. واحد افزوده خالص انرژی مگا ژول بر هکتار است.

جدول ۱- اطلاعات کلی مزارع موردمطالعه

شماره مزرعه	محصول	رقم	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	مساحت مزرعه (مترمربع)	سامانه آبیاری	موقعیت	تعداد آبیاری	منبع آب
F1	گندم	پیشگام	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۴/۳۰	۱۲۰۰۰	نواری	میاندوآب، تلخاب	۴	چاه + شبکه
F2	گندم	پیشگام	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۴/۳۰	۱۰۰۰	جویچه‌ای	میاندوآب، تلخاب	۴	چاه + شبکه
F3	گندم	پیشگام	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۲۲	۳۶۹۴۶/۵	بارانی	مهاباد، گوگ‌تپه	۳	چاه
F4	گندم	پیشگام	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۲۲	۲۰۵۳/۵	بارانی	مهاباد، گوگ‌تپه	۳	چاه
F5	چغندرقند	دورتی	۹۸/۱/۲۴	۹۸/۷/۲۰	۲۱۷۸۸/۷۵	بارانی	مهاباد، گوگ‌تپه	۹	چاه
F6	چغندرقند	دورتی	۹۸/۱/۲۴	۹۸/۷/۲۰	۱۷۱۱/۲۵	بارانی	مهاباد، گوگ‌تپه	۹	چاه
F7	چغندرقند	بومرنگ	۹۸/۲/۷	۹۸/۷/۲۰	۱۳۰۰۰	جویچه‌ای	میاندوآب، تلخاب	۶	چاه
F8	گوجه‌فرنگی	سوپرداش	۹۸/۳/۱۷	۹۸/۶/۳۰	۳۱۱۰/۷	نوار تیپ	ارومیه، قرابقلو	۲۵	چاه
F9	گوجه‌فرنگی	سوپرداش	۹۸/۳/۱۸	۹۸/۶/۳۱	۳۷۶۲/۱	نوار تیپ	ارومیه، قرابقلو	۲۷	چاه
F10	گوجه‌فرنگی	سوپرداش	۹۸/۳/۱۸	۹۸/۶/۲۰	۱۵۴/۴	کرتی	ارومیه، قرابقلو	۱۳	چاه
F11	گوجه‌فرنگی	رد استون	۹۸/۳/۱۱	۹۸/۶/۲۵	۴۰۰۰	جویچه‌ای	ارومیه، خداوردیخان	۳۳	چاه شافت غلاف
F12	گوجه‌فرنگی	رد استون	۹۸/۳/۱۰	۹۸/۶/۲۸	۱۳۰۰۰	نوار تیپ	ارومیه، خداوردیخان	۳۳	چاه شافت غلاف

ادامه جدول ۱- اطلاعات کلی مزارع موردمطالعه

شماره مزرعه	محصول	رقم	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	مساحت مزرعه (مترمربع)	سامانه آبیاری	موقعیت	تعداد آبیاری	منبع آب
F13	ذرت	سینگل کراس ۷۰۴	۹۸/۳/۱۵	۹۸/۶/۲۸	۵۰۵۰	جویچه‌ای	ارومیه، مرنگلوی‌بزرگ	۶	چاه شافت غلاف
F14	ذرت	سینگل کراس ۷۰۴	۹۸/۳/۱۰	۹۸/۶/۲۹	۶۴۱۰	کرتی	ارومیه، مرنگلوی‌بزرگ	۶	چاه شافت غلاف
F15	ذرت	Bc 676	۹۸/۳/۲۶	۹۸/۶/۱۵	۹۰۰۰	جویچه‌ای	مهاباد، کیک-آباد	۷	چاه + شبکه
F16	ذرت	مغان ۷۰۴	۹۸/۳/۱۲	۹۸/۶/۵	۴۰۰۰۰	بارانی و سطحی	مهاباد، کیک-آباد	۱۱	چاه + شبکه
F17	ذرت	Bc 676	۹۸/۲/۱۶	۹۸/۶/۵	۲۵۰۰۰	نوار تیپ	مهاباد، کیک-آباد	۲۱	چاه

جدول ۲- محتوای انرژی نهاده و ستانده در محصولات موردمطالعه

عنوان	واحد	محتوای انرژی (Mj/unit)	منبع
نهاده‌ها			
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	Nabavi-pelesaraei et al., 2014
ماشین و ادوات	کیلوگرم	۱۴۲/۷	Kitani, 1999
سوخت دیزل	لیتر	۵۶/۳۱	Rafiee et al., 2010
نیتروژن	کیلوگرم	۷۸/۱	Kitani, 1999
پتاسیم	کیلوگرم	۱۱/۱۵	Kitani, 1999
فسفات	کیلوگرم	۱۷/۴	Kitani, 1999
سموم	کیلوگرم	۲۵۰	Pishgar-Komleh et al., 2012
کود حیوانی	کیلوگرم	۰/۳	Ozkan et al., 2004
الکتریسیته	کیلووات‌ساعت	۱۲	Kitani, 1999
آب	لیتر	۱/۰۲	Mohammadi et al., 2010
بذر گندم	کیلوگرم	۱۴/۷	Ozkan et al., 2004
بذر چغندرقند	کیلوگرم	۵۰	Erdal et al., 2007; Yousefi et al., 2014
بذر گوجه‌فرنگی	کیلوگرم	۱	Singh et al.,2010
بذر ذرت	کیلوگرم	۱۵/۱۱	Canakci et al., 2005: Rathke et al., 2007

ادامه جدول ۲- محتوای انرژی نهاده و ستانده در محصولات موردمطالعه

عنوان	واحد	محتوای انرژی (Mj/unit)	منبع
ستانده‌ها			
دانه گندم	کیلوگرم	۱۴/۷	Ozkan et al., 2004
گوجه‌فرنگی	کیلوگرم	۰/۸	Esengun et al., 2007
چغندرقند	کیلوگرم	۱۷/۲۸	Reineke et al., 2013
ذرت علوفه‌ای	کیلوگرم	۱۲/۵	Devasenapathy et al., 2009

شاخص‌های اثر

شاخص گرمایش جهانی: یکی از شاخص‌های زیست‌محیطی، شاخص گرمایش جهانی است که برای اندازه‌گیری مقدار گازهای گلخانه‌ای در گرمایش جهانی تأثیر دارند در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین شاخص گرمایش جهانی از معادله زیر استفاده می‌شود (Guinée et al., 2002).

$$CH = \sum GWP_{a,i} \times m_i \quad (۹)$$

این شاخص در حقیقت عبارت است از جمع گازهای گلخانه‌ای تولیدشده که به‌صورت معادل CO2 بیان می‌شود (IPCC, 2006)؛ که CH بیانگر تغییرات آب و هوایی (گرمایش جهانی) است؛ $GWP_{a,i}$پتانسیل گرمایش جهانی برای ماده iام با طول عمر جوی a سال است و m_i (کیلوگرم) مقدار آلاینده منتشر شده است. دی‌اکسید کربن دارای توان گرمایش جهانی معادل یک است و دارای عمر جوی متغیر (تقریباً ۲۰۰ تا ۴۵۰ سال برای دگرگونی‌های اندک) است.

شاخص اسیدی شدن: این شاخص تأثیرات متنوع و گسترده‌ای بر خاک، آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی و اکوسیستم دارد و به بررسی تأثیر مواد اسیدزای آزادشده به اکوسیستم‌ها می‌پردازد. این شاخص به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (Heijungs et al., 1992):

$$AC = \sum ACP_i \times m_i \quad (۱۰)$$

در این معادله AC بیانگر اسیدی شدن برحسب کیلوگرم SO_2 معادل و ACP_i پتانسیل اسیدی شدن برای ماده i ام است.

شاخص اختناق دریاچه‌ای[1]: منظور از اختناق دریاچه‌ای تأثیرات بالقوه تجمع عناصر پرمصرف غذایی مثل ازت و فسفر است. در واقع بیانگر واکنش اکوسیستم به افزایش مواد طبیعی یا مصنوعی مانند نیترات و فسفر است که به‌واسطه کودهای شیمیایی یا پساب فاضلاب‌ها به محیط اضافه می‌شود. برای محاسبه شاخص اختناق دریاچه‌ای از رابطه زیر استفاده می‌شود (Heijungs et al., 1992):

$$EP = \sum EP_i \times m_i \quad (۱۱)$$

EP بیانگر اختناق دریاچه‌ای برحسب کیلوگرم PO_{4-3} معادل بیان می‌شود، EP_i پتانسیل اختناق دریاچه‌ای برای ماده‌ی i ام منتشرشده به هوا، آب و خاک است.

تقلیل منابع غیر آلی: این شاخص شامل تقلیل منابع تجدید ناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی، فلزات و مواد معدنی می‌شود.

1. Eutrophication

نقصان لایه ازن: این شاخص پتانسیل آلاینده‌هایی نظیر کلروفلوروکربن‌ها (CFC) را در تقلیل لایه‌ی ازن نشان می‌دهد و با رابطه زیر محاسبه می‌شود (Heijungs et al., 1992):

$$OD = \sum ODP_i \times m_i \qquad (۱۲)$$

OD بیانگر نقصان لایه ازن برحسب کیلوگرم CFC-11 معادل بیان می‌شود، ODP_i پتانسیل کاهش لایه‌ی ازن گاز i و m_i مقدار آلاینده‌ی گاز i است که موجب کاهش لایه‌ی ازن می‌شود.

شاخص مسمومیت انسان: تأثیرات مواد سمی موجود در محیط‌زیست را بر انسان نشان می‌دهد. این شاخص طبق معادله زیر محاسبه می‌شود (Hauschild and Wenzel, 1998):

$$HT = \sum \sum HTPecom_i \times m_i \qquad (۱۳)$$

HT بیانگر مسمومیت انسان و برحسب ۱/۴ دی کلروبنزن معادل بیان می‌شود، $HTPecom_i$ پتانسیل مسمومیت انسان برای ماده‌ی i ام منتشرشده به هوا، آب و خاک و $Mecom_i$ مقدار انتشار از ماده i ام است.

مسمومیت خاک، آب‌های سطحی و آزاد: این شاخص‌ها به تأثیرات مواد سمی بر اکوسیستم زمینی (خاک) و آب‌ها می‌پردازد. محاسبات شاخص‌ها از مجموع ضرب مقدار آلاینده‌ها در عامل تبدیل سهم آلاینده به مقدار مرجع به دست می‌آید. تأثیرات با ماده‌ی سمی مرجع به نام ۱/۴ دی کلروبنزن اندازه‌گیری می‌شود.

به‌منظور انجام محاسبات ارزیابی چرخه زندگی چون هدف مقایسه مزرعه به مزرعه (روش آبیاری و نوع محصول) است از نرم‌افزار سیماپرو (SimaPro V 9.0.0.29) استفاده شد. نرم‌افزار سیماپرو که برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ توسط شرکت Pre Consultants در هلند عرضه شد، یکی از پراستفاده‌ترین و معروف‌ترین نرم‌افزارهای ارزیابی چرخه زندگی است. این نرم‌افزار ابزارهای حرفه‌ای را برای جمع‌آوری، ارزیابی و پایش کارایی زیست‌محیطی محصولات، فرآیندها و خدمات مهیا می‌کند که شامل گستره نامحدودی از داده‌های فراوان، شفاف و با کیفیتی از اکثر مواد مورداستفاده معمول و فرآیندهای آن‌ها است. از جمله پایگاه داده‌های این نرم‌افزار اکواینونت[1] سوئیس است که شامل پایگاه داده چندمنظوره بیش از ۲۷۰۰ فرآیند است. سیماپرو با استفاده از ماتریس معکوس محاسبات مربوط به نظام تولید را انجام می‌دهد. به موجب آن، از الگوریتم‌های با کارایی بسیار بالا استفاده می‌کند که امکان محاسبه هزاران فرآیند در ارتباط با یک محصول را فراهم می‌نماید. این نرم‌افزار جمع‌آوری تحلیل و نظارت بر پایداری محصولات و خدمات را ممکن می‌سازد، همچنین امکان مدل‌سازی آسان و تحلیل سیناتیک و شفاف چرخه-های زندگی پیچیده را فراهم می‌کند (Starostka-Patyk, 2015). نرم‌افزار سیماپرو می‌تواند ردپای کربن بسیاری از محصولات و سیستم‌ها را نیز محاسبه کند. شاخص‌های مختلف ارزیابی چرخه زندگی در مزارع مختلف توسط این نرم‌افزار محاسبه شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی در جدول ۳ و سهم انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر و مستقیم و غیرمستقیم در مزارع مختلف در شکل ۲ آورده شده است. نسبت انرژی که مقدار انرژی خروجی به ورودی است برای محصولات با عملکرد زیاد و انرژی خروجی بالا مانند چغندرقند و ذرت بیشتر از سایر محصولات بود، بیشترین نسبت انرژی در بین مزارع مربوط مزارع F6 و F17 بود که به ترتیب دارای نسبت انرژی ۲۰/۴۴ و ۲۱ بودند که هر دو مزرعه با آبیاری تحت‌فشار آبیاری می‌شدند. در تحقیق میسمی و جلالی (۱۳۹۹) نسبت انرژی برای گندم را ۱/۰۴ به دست آوردند که دلیل پایین بودن آن نسبت به این تحقیق پایین بودن عملکرد گندم بود. بهره‌وری انرژی برای مزارع با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بیشتر از بقیه سامانه‌های آبیاری بود که بیشترین بهره‌وری انرژی برای مزرعه F17 معادل ۱/۶۸ کیلوگرم بر مگا ژول که به روش قطره‌ای آبیاری می‌شد، به دست آمد. شدت انرژی که عکس بهره‌وری انرژی است در مزرعه F1 با مقدار ۶/۸ بیشترین مقدار را در بین تمام مزارع داشت. شاخص افزوده خالص انرژی برای مزارع چغندرقند که دارای انرژی خروجی بالایی بودند بیشتر بود و مقدار این شاخص برای مزارع گوجه‌فرنگی منفی بود. مقدار این شاخص برای مزارع مجهز به روش آبیاری تحت‌فشار بیشتر به دست آمد. نتایج نشان داد که در تمام مزارع سهم انرژی تجدید ناپذیر از انرژی تجدید پذیر بیشتر است. به‌طورکلی، سهم انرژی‌های تجدید ناپذیر و تجدید پذیر به ترتیب ۷۶۵۶۲۴ و ۲۴۳۶۴۱ ژول بر هکتار بود. ابراهیمیان و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که بهره‌وری انرژی در سامانه آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری سطحی در دشت قزوین در شرایط بهره‌برداری از آب زیرزمینی است.

انرژی نهاده و ستانده

به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر اثرات زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری، انرژی نهاده و ستانده در هر نوع سامانه برای مزارع موردمطالعه بررسی شد. نتایج در شکل ۳ و ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل‌شده به‌طور متوسط کمترین مقدار بهره‌وری انرژی در مزارع با آبیاری کرتی و نواری (۰/۵۳ کیلوگرم بر مگا ژول) مشاهده شد. آبیاری قطره‌ای نیز به‌طور میانگین بالاترین مقدار بهره‌وری انرژی (۱/۲ کیلوگرم بر مگا ژول) را به خود اختصاص داده است. به دلیل مصرف آب بیشتر توسط مزارعی که به‌صورت کرتی و نواری آبیاری می‌شدند سهم آن‌ها در مصرف انرژی توسط آب آبیاری نسبت به بقیه

1-.Eco invent

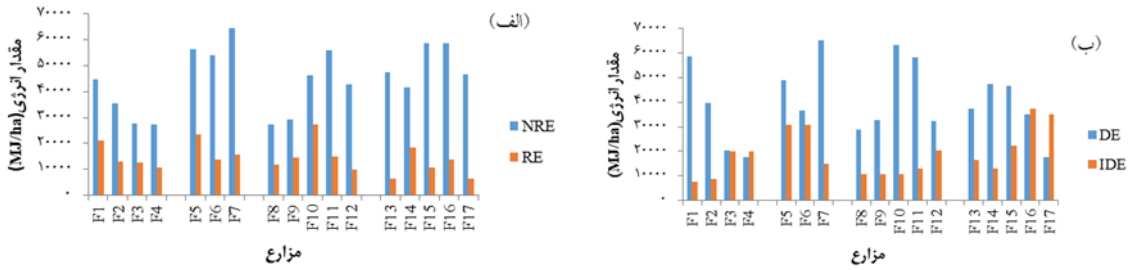
مزارع بیشتر بود. هر چه انرژی کل مصرفی در یک مزرعه کمتر باشد بهتر است. نتایج نشان داد که برای هر محصول میزان انرژی مصرفی کل (کل انرژی نهاده) برای مزارعی که سامانه آبیاری آن‌ها قطره‌ای بوده کمتر از بقیه مزارع بود و بیشترین انرژی مصرفی برای مزارعی که سامانه آبیاری کرتی و نواری داشتند بود.

جدول ۳- شاخص‌های انرژی در مزارع

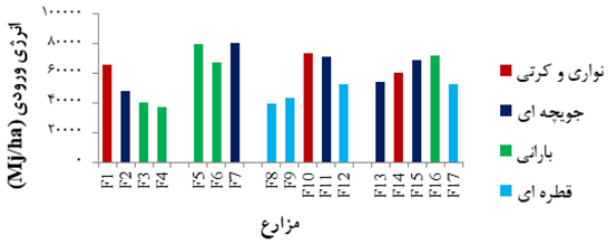
شماره مزرعه	نسبت انرژی (٪)	بهره‌وری انرژی (kg/MJ)	شدت انرژی (MJ/kg)	افزوده خالص انرژی (MJ/ha)
گندم				
F1	۲/۱۶	۰/۱۵	۶/۸	۷۶۹۵۸/۳۵
F2	۳/۳۸	۰/۲۳	۴/۳۵	۱۱۵۲۴۰/۰۸
F3	۳/۳۶	۰/۲۳	۴/۳۸	۹۴۷۳۸/۱
F4	۴/۷۲	۰/۳۲	۳/۱۱	۱۳۹۹۵۳/۵
چغندرقند				
F5	۱۶/۲۳	۰/۹۴	۱/۰۶	۱۲۱۶۱۲۶
F6	۲۰/۴۴	۱/۱۸	۰/۸۵	۱۳۱۴۷۶۵/۵
F7	۱۶/۵۵	۰/۹۶	۱/۰۴	۱۲۴۸۸۹۱/۷
گوجه‌فرنگی				
F8	۰/۹۳	۱/۱۶	۰/۸۶	-۲۷۰۰/۷
F9	۰/۷۳	۰/۹۱	۱/۱	-۱۱۹۳۴/۵

ادامه جدول ۳- شاخص‌های انرژی در مزارع

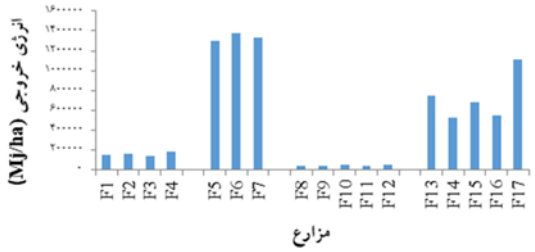
شماره مزرعه	نسبت انرژی (٪)	بهره‌وری انرژی (kg/MJ)	شدت انرژی (MJ/kg)	افزوده خالص انرژی (MJ/ha)
F10	۰/۶	۰/۷۵	۱/۳۴	-۲۹۸۴۸/۷
F11	۰/۵۱	۰/۶۴	۱/۵۶	-۳۴۵۷۰/۹
F12	۰/۸۶	۱/۰۸	۰/۹۳	-۷۳۸۹/۳
ذرت علوفه‌ای				
F13	۱۳/۹	۱/۱۱	۰/۹	۶۹۶۰۷۰
F14	۸/۷۳	۰/۷	۱/۴۳	۴۶۴۸۸۳
F15	۹/۷۷	۰/۷۸	۱/۲۸	۶۰۵۹۳۲
F16	۷/۶	۰/۶۱	۱/۶۴	۴۷۷۶۸۶/۵
F17	۲۱	۱/۶۸	۰/۵۹	۱۰۵۹۶۲۲



شکل ۲- سهم انرژی‌های مختلف در مزارع (الف: انرژی تجدید پذیر (RE) و تجدید ناپذیر (NRE) و ب: انرژی مستقیم (DE) و غیرمستقیم (IDE))



شکل ۳- مقدار انرژی نهاده برای سامانه‌های آبیاری مختلف



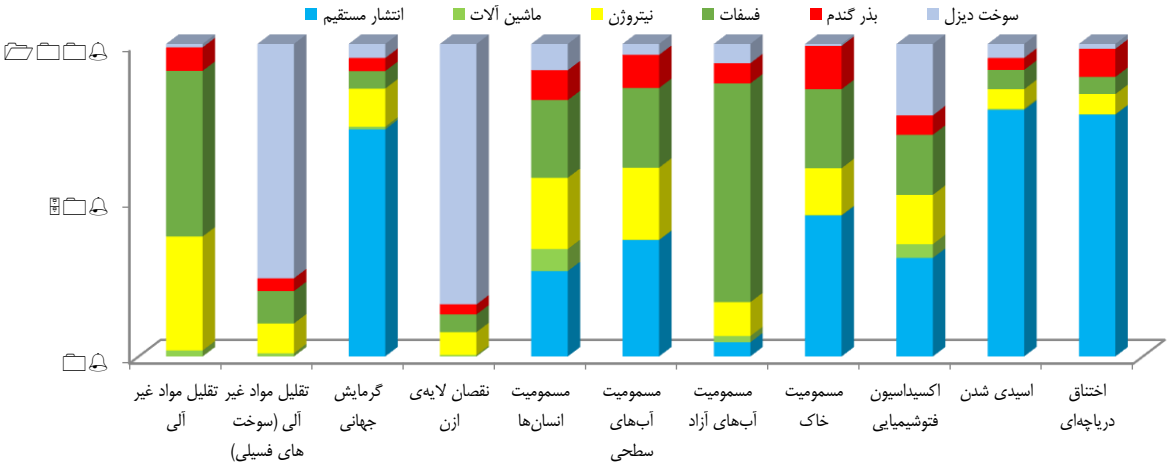
شکل ٤- مقدار ستانده برای مزارع مختلف

نتایج شعبان‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که به‌طور متوسط ۴۳/۲ گیگا ژول بر هکتار انرژی ورودی برای محصول گوجه‌فرنگی در استان خراسان رضوی نیاز است که از این میزان سهم آب آبیاری ۳۰ درصد بود که بیشترین سهم را به خود اختصاص داده بود. متوسط انرژی خروجی از سامانه نیز ۳۵/۳ گیگا ژول بر هکتار بود. در تحقیق زاهدی و همکاران (۱۳۹۴) که در استان اصفهان روی سیب‌زمینی و چغندرقند انجام شد کل انرژی ورودی برای چغندرقند برابر با ۶۱۸۶۲ مگا ژول بر هکتار (۶۶ درصد انرژی مستقیم، ۳۴ درصد انرژی غیرمستقیم، ۲۳ درصد انرژی تجدید پذیر و ۷۷ درصد انرژی تجدید ناپذیر) و میزان انرژی خروجی ۵۶۳۶۴۵ مگا ژول بر هکتار برآورد شد و بیشترین سهم انرژی نهاده‌ها برای چغندرقند سوخت دیزل (۴۰/۵ درصد)، آب آبیاری (۱۶/۴ درصد) و کود نیتروژن (۱۵/۹ درصد) بودند.

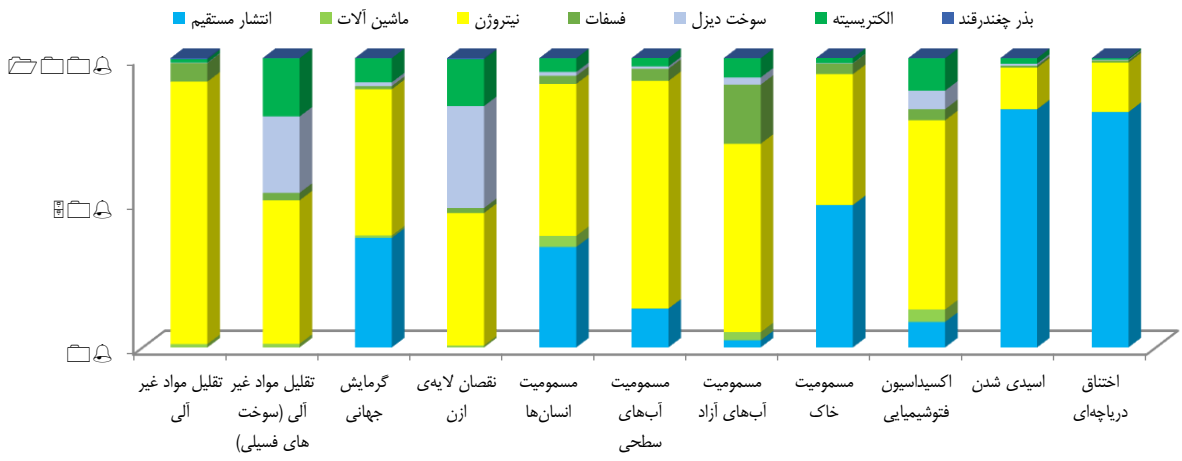
شاخص‌های زیست‌محیطی در کل چرخه زندگی

تمامی محاسبات بر اساس یک‌تن محصول تولیدشده انجام شده است. یکی از مهم‌ترین بخش‌های اثر موردبررسی در این مطالعه، پتانسیل گرمایش جهانی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در همه مزارع بیشترین تأثیرات روی گرمایش جهانی را سوخت دیزل، انتشار مستقیم از مزارع (تلفات از مزارع)، نیتروژن و الکتریسیته (مزارعی که از پمپ شناور برقی استفاده می‌شد) داشتند. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین بار زیست‌محیطی را در بقیه گروه‌های اثر هم کود نیتروژن، سوخت دیزل (در مزارعی که پمپ برقی بوده، الکتریسیته) و انتشار مستقیم از مزارع به خود اختصاص دادند (شکل‌های ۵ و ۶ که برای نمونه برای مزارع ۱، ۵، ۹، ۱۱، ۱۴ و ۱۷ ارائه شده است). در بین گروه‌های اثر بیشترین تخریب به مسمومیت آب‌های آزاد صورت گرفت که در دیگر تحقیق‌ها هم این نتیجه گزارش شده است (میرحاجی و همکاران، ۱۳۹۲، سلطانی و همکاران، ۱۳۹۴). مصرف کودهای شیمیایی در بخش تقلیل مواد غیر آلی و مسمومیت آب‌های آزاد، سوخت دیزل، نیتروژن و الکتریسیته در بخش تقلیل مواد غیر آلی (سوخت‌های فسیلی) و نقصان لایه ازن، نیتروژن و انتشارات مستقیم از مزرعه در بخش مسمومیت انسان‌ها و مسمومیت آب‌های سطحی، کودهای شیمیایی و انتشار مستقیم از مزرعه در بخش مسمومیت خاک و انتشار مستقیم از مزرعه در بخش‌های اکسیداسیون فتوشیمیایی نیتروژن، اسیدی شدن و اختناع دریاچه‌ای بیشترین اثر را داشتند. میرحاجی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای در مزارع استان خراسان جنوبی که بر روی محصول چغندرقند انجام دادند، شاخص نهایی زیست‌محیطی برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ به دست آوردند. در مطالعه سلطانی و همکاران (۱۳۹۴) که در استان خراسان بر روی محصول چغندرقند انجام شد، میزان پتانسیل گرمایش جهانی (۴۸۸/۸ کیلوگرم معادل CO_2)، پتانسیل یوتریفیکاسیون (۰/۶۴ کیلوگرم معادل PO_4)، پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی (۰/۳ کیلوگرم معادل C_2H_4)، پتانسیل تخلیه ازن (۸۲/۹ میلی‌گرم معادل CFC-11) و پتانسیل اسیدی شدن (۲/۲ کیلوگرم معادل SO_2) به دست آمد.

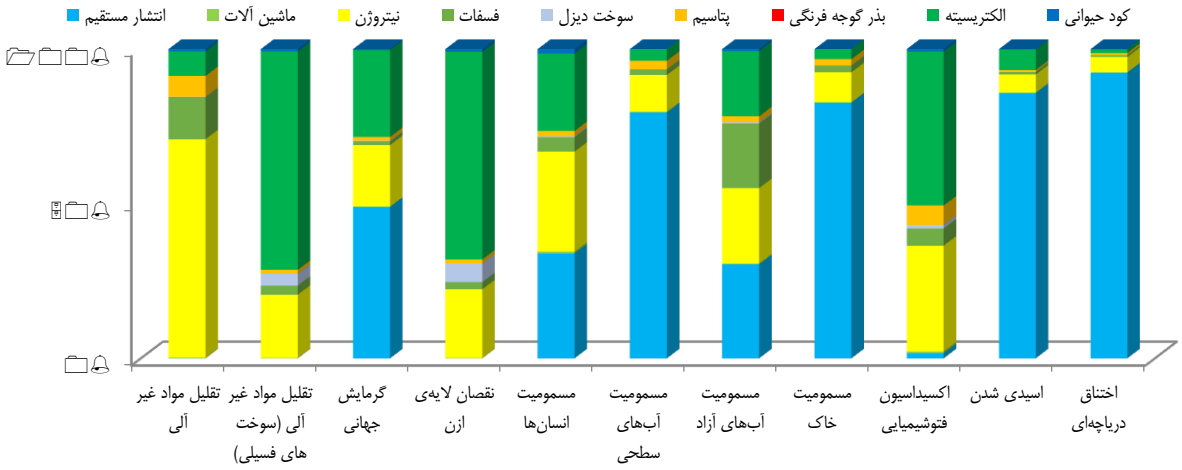
مزرعه (۱)



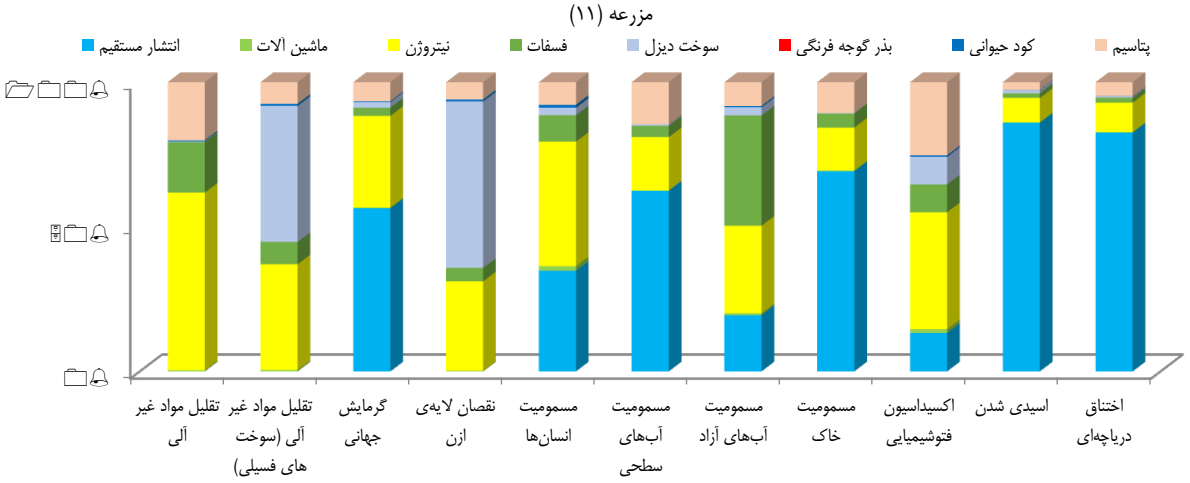
مزرعه (۵)

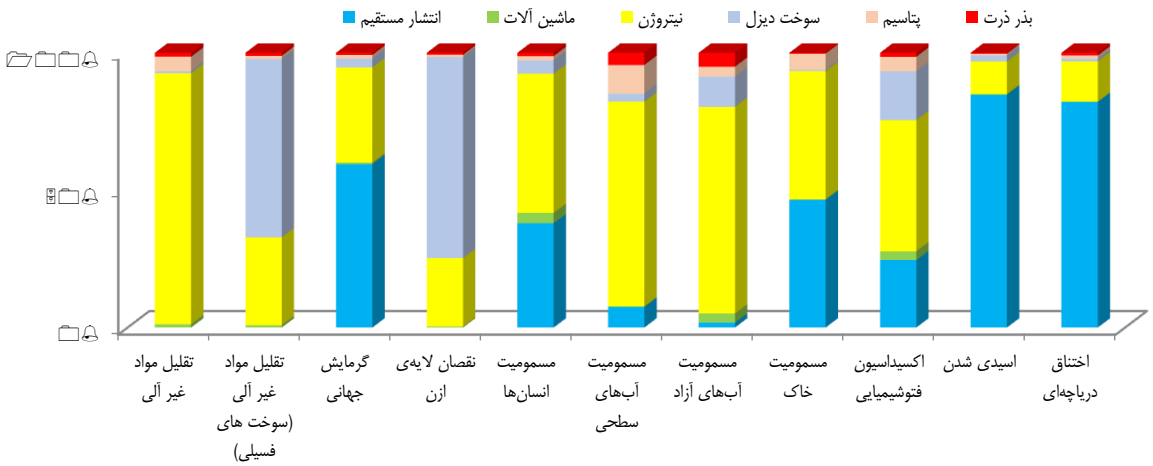


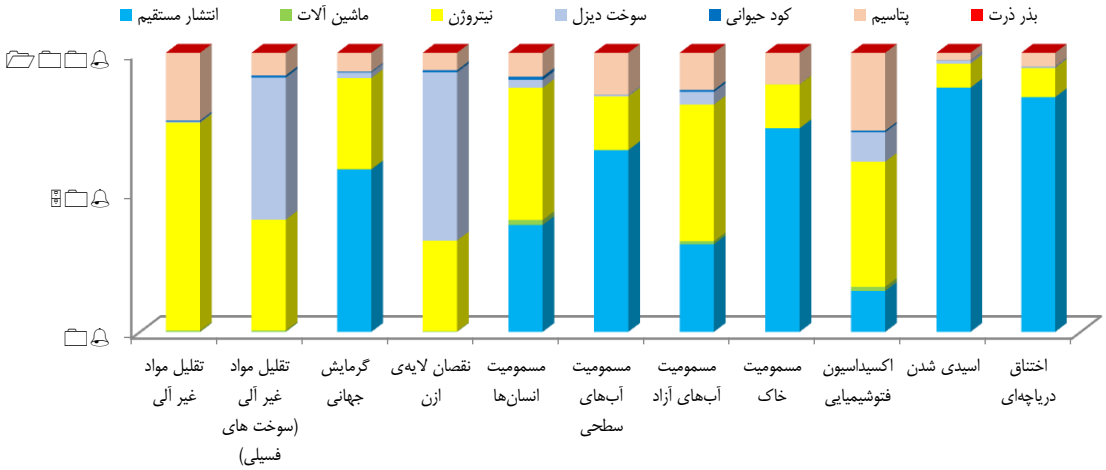
مزرعه (۹)



شکل ۵- سهم گروه‌های اثر در مزارع ۱، ۵ و ۹ موردمطالعه







شکل ٦- سهم گروه‌های اثر در مزارع ۱۱، ١٤ و ۱۷ موردمطالعه

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اطلاعات ۱۷ مزرعه به‌منظور تعیین اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه به روش ارزیابی چرخه زندگی موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که به‌طورکلی بیشترین بار زیست‌محیطی به استفاده از کود نیتروژن و سوخت دیزل (در مزارعی که پمپ برقی بوده، الکتریسیته) اختصاص یافت. همچنین در بین گروه‌های اثر، بیشترین تخریب به مسمومیت آب‌های آزاد که در اثر مصرف کود فسفات و نیتروژن بود صورت گرفت. بر این اساس با توجه به مصرف زیاد کودها و سموم شیمیایی، پیشنهاد می‌شود از کودهای آلی برای جایگزینی با کودهای شیمیایی و از روش نوین پخش مواد شیمیایی کشاورزی (مانند شیم‌آبیاری) استفاده شود تا مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی کاهش یابد. همچنین نتایج نشان داد که برای هر محصول میزان انرژی مصرفی کل (کل انرژی نهاده) برای مزارعی که سامانه آبیاری آن‌ها قطره‌ای بوده کمتر از بقیه مزارع بود به همین دلیل این نوع سامانه به لحاظ زیست‌محیطی مناسب‌تر است. بر اساس شاخص‌های انرژی، کشت چغندرقند نسبت به سایر محصولات مناسب‌تر خواهند بود. با توجه به سهم اندک انرژی‌های تجدید پذیر در این منطقه، توسعه بهره‌برداری از این انرژی‌ها خواهد توانست نقش به سزایی در کاهش آلودگی محیط‌زیست ایفا کند. همچنین در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود با توجه به مصرف زیاد سوخت دیزل و کود نیتروژن، راه‌کارهای کاهش مصرف این نهاده‌ها انجام شود.

منابع

ابراهیمی، ا. و ابراهیمی، ل. ۱۴۰۰. ارزیابی چرخه حیات (LCA) در تولید محصولات کشاورزی، مطالعه موردی: سیب و انگور. فصلنامه علوم محیطی. (۱)۲۰.

اکبری ع.، مسکین فام، م. و شایگان، ج. ۱۳۸۵. کاربرد ارزیابی چرخه عمر در مدیریت زیست‌محیطی صنایع قطعه‌سازی خودرو. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست. تهران.

زاهدی، م.، عشقی زاده، ح.ر. و مندنی، ف. ۱۳۹۴. کارایی انرژی و بهره‌وری در نظام‌های تولید سیب‌زمینی و چغندرقند استان اصفهان. نشریه تولید و فراوری محصولات کشاورزی زراعی و باغی. سال پنجم، شماره ۱۷.

خوشنویسان، ب. ۱۳۹۲. مدل‌سازی و بهینه‌سازی میزان انتشار آلایندگی و انرژی مصرفی درکشت چند محصول (سیب‌زمینی، گندم، خیار گلخانه‌ای، گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای) در شهرستان فریدون‌شهر در استان اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تهران.

سلطانی، ا.، بذرگر، ا ب.، کوچکی ع.، زینلی، ا.، قائمی، ع. و حجارپور، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی چرخه زندگی(LCA) تولید چغندر در سیستم-های مختلف خراسان. نشریه تولید گیاهان زراعی. (۱)۸: ۶۲-۴۳.

سیاوشی م.، دستان، س. ۱۳۹۸. ارزیابی چرخه زندگی تولید گندم آبی تحت اثر مقادیر و تقسیط نیتروژن در منطقه بوشهر. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. (۳)۱۳: ۴۸۴-۴۶۱.

شعبان زاده، م.، اسفنجاری کناری، ر. و رضایی، ا. ۱۳۹۵. بررسی الگوی مصرف انرژی محصول گوجه‌فرنگی در استان خراسان رضوی. نشریه ماشین‌های کشاورزی. (۲)۶: ۵۳۶-۵۲۴.

قدوسی، م.، دلاور م. و مرید، س. ۱۳۹۳. اثر تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی حوضه آبریز آجی‌چای و ورودی آن به دریاچه ارومیه. فصلنامه تحقیقات آب‌وخاک ایران. (۲)۴۵: ۱۳۳ -۱۲۳.

علیزاده اوصالو، ع. و کی نژاد، م. ۱۳۸۷. چرخه حیات فرایندها و کاربرد آن در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی صنایع پتروشیمی. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. تهران.

غلامرضایی ح.، خیرعلی‌پور، ک. و رفیعی، ش. ۱۴۰۰. ارزیابی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی در تولید شکر از چغندرقند. فصلنامه مطالعات علوم محیط‌زیست. (۲)۶: ۳۵۴۸-۳۵۴۰.

غلامی، ز.، ابراهیمیان، ح. و نوری، ح. ۱۳۹۴. بررسی بهره‌وری انرژی-آب و بهره‌وری اقتصادی انرژی در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در شرایط بهره‌برداری از آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت قزوین). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۶(۳): ۴۴-۳۱.

میرحاجی، ح.، خجسته‌پور، م.، عباسپور فرد، م.ح. و مهدوی شهری، س.م. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید چغندرقند (Beta vulgaris L.) با روش ارزیابی چرخه زندگی (مطالعه موردی: مزارع استان خراسان جنوبی). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. (۲)۴: ۱۲۰-۱۱۲.

Al-Ansari T., Korre, A., Nie, Z. and Shah N. 2015. Development of a life cycle assessment tool for the assessment of food production systems within the energy, water and food nexus. Sustainable production and consumption. 2: 52-66.

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20: 247-264.

cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production. 18: 336–345.

IPCC. 2006. guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama, Japan: IGES.

Kitani O. 1999. Energy and biomass engineering, CIGR handbook of agricultural engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI.

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

Pishgar-Komleh S. H., Sefeedpari, P. and Rafiee, S. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy. 36: 5824-5831.

Pishgar-Komleh S. H., Sefeedpari P and Rafiee S. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy. 36, 5824-5831.

PRé Consultants. 2019. SimaPro 9 Database Manual. http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software.

Mohammadi A., Rafiee S., Mohtasebi S.S. and Rafiee, H. 2010. Energy inputs- yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy. 35: 1071–1075.

Mousavi-Avval. S.H., Rafiee S., Jafari A. and Mohammadi, A. 2011. Improving energy use e

fficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy. 36: 2765-2772.

Nabavi-Pelesaraei A., Abdi R., Rafiee S. and 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: 155-162.

Nemecek T., Huguenin-Elie O., Dubois D., Gaillard G., Schaller B. and Chervet, A. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. Agricultural Systems. 104, 233-245

Rafiee S., Avval S.H.M. and Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy. 35: 3301-3306.

Rajaeifar M.A., Akram A., Ghobadian B., Rafiee S. and Heidari, M.D. 2014. Energy-economic life cycleassessment (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran. Energy. 66 :139-149.

Reineke H., Stockfisch N., Marlander, B. 2013. Analysing the energy balances of sugar beet

Bosona, T. and Gebresenbet, G. 2018. Life cycle analysis of organic tomato production and supply in Sweden. Journal of Cleaner Production. 196: 635-643.

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

Devasenapathy P., Senthilkumar G Shanmugam P. 2009. Energy management in crop production. Indian Journal of Agronomy. 54: 80–89.

Ekvall, T. 1999. Key methodological issues for life cycle inventory analysis of paper recycling. Journal of Cleaner Production 7: 281-294.

Erdal G., Esengün K., Erdal H., Gündüz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.

Esengun K., Erdal G., Gunduz O., and Erdal H. 2007. An economic analysis and energy use in staketomato production in tokat province of Turkey. Renewable energy 32: 1873-1881.

Guinée J., Gorree M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Udo de Haes H., Van der Voet, E., Wrisberg, M. 2002. Life Cycle Assessment. An operational guide to ISO standards. Volume 1, 2, 3. Centre of Environmental Science, Leiden University (CML), the Netherlands.

Harding, K.G., Dennis, J.S., von Blottnitz, H. &, Harrison, S.T.L. (2008). A life-cycle comparison

between inorganic and biological catalysis for the production of biodiesel. Journal of Cleaner Production 16: 1368-1378.

Hart, A., Clift, R., Riddlestone, S.and Buntin, J. (2005). Use of Life Cycle Assessment to Develop Industrial Ecologies—A Case Study: Graphics.

Hauschild, M.Z. and Wenzel, H. 1998. Environmental assessment of products, Volume 2: Scientific background.

Heijungs, R., Guinée, J.B., Huppes, G., Lankreijer, R.M., Udo de Haes, H.A., Wegener Sleeswijk, A., Ansems, A.M.M., Eggels, P.G., Duin, R.V. and De Goede, H.P. 1992. Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds (part 1).

Hiloidhari, M., Banerjee, R. and Rao, A.B. 2021. Life cycle assessment of sugar and electricity production under different sugarcane cultivation and cogeneration scenarios in India. Journal of Cleaner Production. 290: 125170.

Iriarte A., Rieradevall J. and Gabarrell, X. 2010. Life

efficiency in selected rice-based cropping systems of the Middle-Indo Gangetic Plains in India. Energy Reports. 4: 554–564.

Starostka-Patyk, M. 2015. New Products Design Decision Making Support by SimaPro Software on the Base of Defective Products Management. Procedia Computer Science. 65: 1066-1074.

cultivation in commercial farms in Germany. European Journal of Agronomy. 45: 27-38.

Singh H., Mishra D and Nahar, N. M. 2010. Energy use pattern in production agriculture of typical village in arid zone India-part I. Energy convers management. 43 (16): 2275-2286.

Soni P., Sinha R. and Perret, S.R. 2018 .Energy use and

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 16, Aug.-Sep. 2022, p. 624-638

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۶، مرداد – شهریور ۱۴۰۱، ص. ۶۳۸-۶۲۴

Life Cycle Assessment for Major Agricultural Crops and Different Irrigation Systems around Lake Urmia

T. Maarefi[1], H. Ebrahimian[2*], H. Dehghanisanij[3], M. Sharifi[4], R. Delbaz[5]
Recived: Mar.03, 2022 Accepted: Apr.10, 2022

Abstract

In recent years, increasing population and food demand has led to greater use of water resources, fossil fuels (mechanization development) and chemical inputs in agriculture, and consequently has many environmental problems. In this study, the amount of environmental loads and environmental impacts of agriculture in the Urmia Lake basin was determined by assessing the life cycle of different major crops (wheat, sugar beet, tomato and corn). This research was conducted on 17 farms in different parts around Lake Urmia. The fields were selected in such a way that they represent the dominant crops of the region as well as the irrigation systems used in the region. Data used in this study were collected through field measurement methods, questionnaires, interviews with farmers and experts and using the Ecoinvent database. Data evaluation was based on life cycle assessment analysis and was done by SimaPro software. The results showed that in general, the largest share in energy consumption was for diesel and nitrogen fuel consumption, and farms with surface irrigation system had higher energy consumption than pressurized irrigation farms. Among the studied farms, both of basin and furrow irrigation methods achieved the lowest energy productivity (0.53 kg/MJ) while drip irrigation resulted in the highest (1.2 kg/MJ). The results also showed that in all farms the share of non-renewable energy (76%) was higher than of renewable energy (24%). Direct release from farms had the greatest impact on environmental degradation.

Keywords: Drip irrigation, Energy, Environment, Simapro, Surface irrigation

1- Graduate student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Associate professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, P. O. Box 4111, Karaj 31587-77871, Iran
3- Associate professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Associate professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
5- Graduate student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: ebrahimian@ut.ac.ir)