بوم‌شناسی کاربردی/ سال سیزدهم / شماره سوم / ۱۴۰۳/ صفحات ۷۷ تا ۹۳

مقایسه و ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید ذرت علوفه‌ای به روش کشت مستقیم و مکانیزه در دشت مهران (ایران)

رامین عزیزی[۱]، امیر عزیزپناه*[۲]و رستم فتحی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۹)

چکیده

بحران‌های محیط زیستی و تخریب منابع، بر امنیت غذایی در سراسر جهان تأثیر نامطلوب گذاشته است. هدف از این پژوهش، بررسی شاخص‌های انرژی و محیط زیستی تولید ذرت سیلویی در دو سامانه کشت مستقیم و مکانیزه در دشت مهران بود. مرز سامانه در این پژوهش، ورود نهاده‌ها تا برداشت محصول را در برگرفت. نتایج نشان داد که در تولید یک هکتار ذرت علوفه‌ای به روش کاشت مستقیم، به‌ترتیب مصرف نهاده‌های الکتریسیته (۳۸/۷۴٪) و سوخت دیزل (۲۳/۳۵٪) و در روش کاشت مکانیزه به‌ترتیب نهاده‌های الکتریسیته (۴۵/۹۵٪) و سوخت دیزل (۲۴/۶۵٪) بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای روش کشت مستقیم و کشت مکانیزه به‌ترتیب برابر ۸۴/۸۳٪، ۹۶/۰۶٪، ۸۷/۹۷٪ و ۹۲/۸۹٪، ۹۸/۳۱٪ و ۹۴/۳۶٪ بود. نتایج ارزیابی چرخه حیات نشان داد که انتشارات غیرمستقیم حاصل از مصرف کود فسفر و اوره بالاترین اثر را بر کیفیت اکوسیستم در کشت مستقیم و مکانیزه داشتند. به‌منظور بهبود کارایی تولید ذرت علوفه‌ای و کاهش اثرات محیط زیستی، پیشنهاد می‌شود که روش کشت مستقیم با توجه به کارایی بالاتر و مصرف کمتر انرژی، ترویج شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی، تحلیل پوششی، چرخه حیات، ذرت علوفه‌ای.

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲. استادیارگروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۳. دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a.azizpanah@ilam.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

مقدمه

با افزایش چشم‌گیر جمعیت جهانی و افزایش تقاضا جهت مصرف محصولات کشاورزی با کیفیت، نیاز به مکانیزه شدن این بخش و افزایش بهره‌وری کشاورزی ضروی است. کاهش میزان و تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان یک مشکل مهم از دیرباز نیزمطرح بوده است (۲٤). ذرت علوفه‌ای(Silage Corn) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در بخش کشاورزی ایران است که با هدف تولید علوفه کشت شده و بیشترین مقدار مصرف این گیاه در تغذیه دام به‌صورت علوفه تازه و سیلو شده می‌باشد. بنابراین، ذرت علوفه‌ای بیشتر به صورت غیرمستقیم از طریق تولید فرآورده‌های دام و طیور (گوشت، تخم‌مرغ و لبنیات) در تغذیه انسان نقش دارد (۲۵). این گیاه به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی همچون تولید زیاد علوفه در واحد سطح، کیفیت بالای علوفه‌ی سیلو شده، میزان انرژی بالا (قابلیت هضم و جذب بالا) و فیبر کم، به‌عنوان یکی از بهترین گیاهان علوفه‌ای به شمار می‌رود (۲۷). بر اساس مطالعات صورت گرفته عملکرد ذرت علوفه‌ای در ایران حدود ٤٥ تن در هکتار است که سالانه از حدود ٤/۸ هزار هکتار از زمین‌های زیر کشت این محصول، ۰/۳ میلیون تن علوفه‌ی تر تولید می‌شود. سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای در جهان یک میلیون هکتار با تولید ۸/۳ میلیون تن علوفه‌ی تر می‌باشد (۹). به عنوان یک قاعده کلی کمبود نهاده‌ها مانند آب، عناصر غذایی و نهاده‌های کودی و همزمان وجود آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز و آلاینده‌های محیط زیست، باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (۲٤). در این راستا محققین به بررسی بهره‌وری آب در محصولات ذرت علوفه‌ای و دانه‌ای پرداختند و گزارش نمودند میزان بهره‌وری در محصول ذرت دانه‌ای بین ۰/۹۵ تا ۱/۱٦ کیلوگرم بر متر مکعب و برای محصول ذرت علوفه‌ای بین ۳/۵۲ تا ۵/٤۷ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد (٤۰). به‌طور کلی از مجموع مصرف‌کنندگان منابع آبی در کشور، بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۷۰ درصد منابع آبی تجدیدپذیر کشور (حدود ٦۵ میلیارد متر مکعب) بیشترین سهم را به خود اختصاص داده و از دلایل عمده مصرف بیش از حد آب در بخش کشاورزی می‌توان به استفاده از روش‌های آبیاری سنتی و میزان بهره‌وری آب در بخش کشاورزی اشاره نمود که در یک دهه گذشته به‌طور میانگین در حدود ۳۵ درصد بوده است (٤۰). برخی از محققین با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، بر اساس اطلاعات دریافتی ازمصرف نهاده‌های ورودی و خروجی در مزارع کشاورزی، شاخص بهره‌وری کل را مورد ارزیابی و بررسی قرار داده به نتایج متنوعی دست یافته و به این نتیجه رسیدند که تغییر در فناوری، استفاده ناصحیح از نهاده‌ها، نرخ رشد سود و غیره، بر بهره‌وری موثر است (۳۰). در یک تحقیق، پژوهشگران به تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی و تعیین میزان کارایی مزارع سویا در استان گلستان با استفاده ازتکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند و گزارش نمودند استفاده از این تکنیک باعث صرفه‌جویی حدود ۲۰ درصدی در میزان مصرف نهاده‌ها در مزارع سویا می‌شود (۲۸). در مطالعه ای دیگر، محققان به بررسی میزان انرژی مصرفی و میزان کارایی در گلخانه‌های خیار شهر تهران با استفاده ازتکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند و میزان کارایی این واحدهای ناکارا را حدود ۹۱٪ گزارش نمودند (۳۳). در بحث مسائل و مشکلات زیست‌محیطی کلان نیز امروزه در کل جهان یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح، مسائل آلایندگی محیط زیستی است. دارا بودن دانش فنی و اطلاعات لازم از وضعیت محیط زیست ومطالعه تغییرات محیط زیستی یکی از موضوعات مهم مجامع علمی و تحقیقاتی جهانی است (۱۵). روش‌های متفاوتی برای مطالعه اثرات محیط زیستی و تولید محصولات مختلف کشاورزی و صنعتی وجود دارد که استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات بر اساس استاندارد بین‌المللی ایزو ۱٤۰٤۰ به منظور ارزیابی مواد، انرژی ورودی و خروجی و اثرات محیط زیستی به همراه یک سامانه تولید محصول در طول چرخه حیات آن یکی از این روش‌ها می‌باشد (۱۸). این تحقیق به‌منظور شناخت و بررسی میزان مصرف انرژی هر نهاده، تحلیل شاخص‌های انرژی، تحلیل پوششی داده‌ها و بررسی اثرات محیط زیستی تولید محصول

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

جدول۱. آمار هواشناسی منطقه مهران

میانگین بارش سالیانه در سال(**میلی‌متر**)	سمت باد غالب	حداکثر باد		کمینه دمای **سالانه**(°C)	بیشینه دمای سالانه(**°C**)	میانگین دمای سالانه(**°C**)	بیشترین میزان بارندگی در سال
		سمت (**درجه**)	سرعت(m/s)				
۲۹۹/۳ میلی‌متر	جنوب شرق	۱٤۰	۲۰	در تابستان ٤٥ تا ٤٨	در تابستان ٤٥ تا ٤٨	۲۲- ۱۸	اسفند ماه

جدول۲. رده سنی بهره‌برداران کاشت ذرت علوفه‌ای در منطقه مهران

رده سنی	تعداد بهره‌بردار	سطح سواد
٦۰ سال به بالا	۷	زیر دیپلم
کمتر از ٦۰ سال	۱٥	دیپلم
بین ٤۰ تا ٦۰ سال	۱۰	فوق دیپلم
۳۰ تا ٥۰ سال	٥	کارشناسی
۳۰ تا ٤٥ سال	۳	کارشناسی ارشد

ذرت علوفه‌ای با روش ارزیابی چرخه حیات در منطقه مهران استان ایلام انجام شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

شهرستان مهران یکی از شهرستان‌های استان ایلام در طول جغرافیایی جغرافیایی ٤٦ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۷ دقیقه و در ارتفاع ۱٥٥ متری از سطح دریا قرار دارد و از شمال به ایلام، از شرق به شهرستان دهلران و از سمت غرب و جنوب به کشور عراق محدود می شود و با مساحت ۲۳۹۲ کیلومتر مربع معادل ۱۲ درصد مساحت استان ایلام را به خود اختصاص داده است. جدول (۱) آمار هواشناسی منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.

اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه با تعداد ٤۰ نفر از کشاورزان منطقه در سال زراعی ۱٤۰۲- ۱٤۰۱ انجام شد. رده سنی بهره‌برداران مورد مطالعه نیز در جدول (۲) ارائه شده است.

اطلاعات دریافتی شامل اندازه زمین، سطح سواد کشاورزان، کل نهاده‌های مصرفی و غیره جمع‌آوری شد. علاوه بر این داده‌ها از طریق کارشناسان سازمان‌های جهاد کشاورزی شهرستان مهران نیز و در صورت لزوم بررسی تکمیلی شدند. نظر به این‌که بررسی مزارع و انجام مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه با تمامی کشاورزان منطقه فرایندی زمان بر و هزینه‌بر بود، از رابطه شماره (۱) جهت نمونه‌گیری استفاده شد (٦).

$$N = \frac{nt^2s^2}{nd^2+t^2s^2}$$ رابطه (۱)

در این رابطه، n حجم نمونه، N حجم جامعه، t ضریب اطمینان، s^2 واریانس جامعه و d دقت احتمالی مطلوب است. به منظور تحلیل انرژی مصرفی، ابتدا اطلاعات مربوط به میزان مصرف نهاده‌های مصرفی جهت تولید یک هکتار ذرت علوفه‌ای ، شامل نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت دیزل، کودها و سموم شیمیایی، عملکرد محصول به دست آمد، سپس با استفاده از ضرایب هم‌ارز انرژی میزان محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها برای تولید محصول مطابق (جدول ۳) مورد استفاده قرار گرفت.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

جدول۳. معادل‌های انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی در تولید ذرت علوفه‌ای

نهاده‌ها	واحد	معادل انرژی(Mj/Unit)	منبع
نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(۲۴)
سوخت دیزل	L	۵۶/۳۱	(۳۵)
ماشین‌ها	h	۶۲/۷	(۲۴)
کود فسفات	kg	۱۲/۴۴	(۱۳)
کود نیتروژن	kg	۶۶/۱۴	(۱۳)
سموم شیمیایی	l	۲۳۸	(۴۵)
برق (الکتریسیته)	kwh	۱۱/۹۳	(۸)
آب آبیاری	M^3	۱/۰۲	(۴۵)
ذرت علوفه‌ای	kg	۴/۴	(۸)

برای بررسی شاخص‌های انرژی و تعیین روابط بین انرژی ستانده و نهاده، از شاخص‌های انرژی شامل نسبت انرژی (نسبت انرژی خروجی به ورودی)، بهره‌وری انرژی (نسبت عملکرد). محصول به کل انرژی ورودی)، شدت انرژی (نسبت کل انرژی ورودی به عملکرد محصول) و افزوده خالص انرژی (تفاضل انرژی خروجی و ورودی) استفاده شد (۳۸).

تحلیل پوششی داده‌ها

در این مطالعه هر کدام از واحدهای تولیدی (مزارع تولید ذرت علوفه‌ای) به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد و کارایی واحدهای تولیدی براساس مدل‌های بازگشت به مقیاس ثابت و بازگشت به مقیاس متغیر برای هر کدام از مزارع مورد مطالعه قرار گرفت (۲۲). برای ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی در مزارع کشاورزی از روش‌های پارامتری و غیرپارامتری استفاده می‌شود. در روش‌های پارامتری، با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید محصول مورد نظر تخمین زده می‌شود. سپس با استفاده از این تابع، نسبت به تعیین کارایی محصول اقدام می‌گردد. گروه دوم روش‌های غیر پارامتری هستند. مهم‌ترین ویژگی این روش این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی نیست و از مهم‌ترین روش‌های غیر پارامتری، روش تحلیل پوششی داده‌ها است (۱۳). تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis, DEA) نوعی مدل برنامه‌ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری (Decision Making Units, DMUs) را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارتی تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک برنامه‌ریزی کمی جهت اندازگیری عملکرد نسبی در واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی مشکل دارند. در روش تحلیل پوششی داده‌ها نیاز به هیچ‌گونه فرض یا شکل ریاضی خاصی نمی‌باشد، یعنی نیازی به شناخت تابع تولید نیست (۱). در این تحقیق به‌منظور تعیین میزان انرژی نهاده‌های مصرفی در واحدها (مزارع‌تولیدی) تعداد۴۰ پرسش‌نامه تهیه و سپس داده‌های به‌دست آمده وارد نرم‌افزار اکسل شد و سپس به‌وسیله نرم‌افزار STATA 19.0 تحلیل شده و از بین آن‌ها واحدهای کارا و ناکارا و همچنین میزان مصرف هر واحد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تجزیه و تحلیل اطلاعات با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (Charnes, Cooper, and Rhodes, CCR) و مدل بازگشت به مقیاس متغیر (Banker, Charnes, and Cooper, BCC) انجام شد. در هر دو مدل واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و انواع کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص با استفاده از روابط (۲ و ۳) محاسبه گردید (۱۷ و ۴۱).

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

شکل ۱. مرز سامانه‌ی تولید ذرت علوفه‌ای (مرحله ورود نهاده تا تولید محصول)

رابطه (۲)

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp}$$
$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} \le o, j = 1,2,...,n$$
$$V_i \ge \varepsilon, U_r \ge \varepsilon$$

رابطه (۳)

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} + w$$
$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} + w \le o, j = 1,2,...,n$$
$$U_r \ge \varepsilon, V_i \ge \varepsilon, w \; free$$

که در آن E_P نرخ کارایی واحد i ام، U_r وزن ورودی‌ها، Y_{rp} مقدار خروجی r ام برای DMUp، V_i وزن ورودی‌ها، X_{ip} مقدار ورودی i ام برای DMUp، Y_{rj} مقدار خروجی r ام برای DMU_j، X_{ij} مقدار ورودی iام برای DMU_j، j =1,2,…,n، s تعداد خروجی ها و m تعداد ورودی‌ها می‌باشد.

بررسی اثرات محیط زیستی با روش ارزیابی چرخه حیات

ارزیابی چرخه حیات یک روش کاربردی و قابل استناد به‌منظور ارزیابی اثرات محیط زیستی محصولات کشاورزی و شامل چهار مرحله به‌ترتیب شامل تعریف هدف و دامنه، تحلیل سیاهه، ارزیابی محیط زیستی اثرات چرخه حیات محصول و تحلیل نتایج به‌دست آمده است. در بخش هدف و دامنه چهارچوب کلی کار شامل واحدهای کارکردی، مرز سامانه، تخصیص منابع و انتخاب بخش-های اثر است (۱۴ و ۱۵). در این روش همه‌ی منابع و نهاده‌های ورودی به مزرعه و هم‌چنین مقادیر آلاینده‌هایی که با استفاده از انواع مختلف ورودی‌ها به محیط زیست رهاسازی می‌شوند، بر اساس واحد مرجع در نظر گرفته می‌شود (۱۰ و ۳۴). به‌طور کلی هدف از ارزیابی چرخه حیات در تحقیق حاضر، تفسیر نهاده‌های ورودی و خروجی ناشی از تولید محصول است. این کار شامل چهار مرحله‌ی انتخاب و طبقه‌بندی دسته‌های اثر، مشخص‌سازی اثرات، نرمال‌سازی و و وزن‌دهی بود. در این بخش از تحقیق، اثرات محیط زیستی ناشی از کاربرد نهاده‌های سموم شیمیایی، نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، حمل‌ونقل و غیره، در تولید ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. معادل انتشارات هر یک از نهاده‌های مصرفی با استفاده از پایگاه داده اکواینونت (EcoInvent)، جدول هم‌ارزها و روابط مربوطه به دست آمد (۷ و ۱۲). در نهایت تجزیه و تحلیل آلایندگی‌های محیط زیستی با استفاده از نرم‌افزار Simapro 9.2.0.1 انجام شد. در این تحقیق، دروازه مزرعه به‌عنوان مرز سامانه که ورود نهاده‌های تولید به مزرعه تا زمان برداشت محصول ذرت علوفه‌ای را در بر گرفته است، در نظر گرفته شد. واحد ارزیابی شاخص‌های محیط زیستی نیز یک تن محصول تولیدی در نظر گرفته شد. مرز سامانه در شکل (۱) را نشان داده شده است.

روش مورد استفاده در ارزیابی چرخه حیات

روش‌های مختلفی مانند IMPACT 2002+، ReCePi2016، Eco-indicator99، CML 2 baseline 2000، TRACI، ReCiPe Midpoint و غیره برای ارزیابی اثرات محیط زیستی با روش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]
[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

جدول ٤. میانگین مقادیر انرژی مصرفی نهاده‌ها و انرژی ستانده‌ها در کشت مستقیم و مکانیزه ذرت علوفه‌ای

نهاده‌های ورودی و خروجی	واحد	کشت مستقیم			کشت مکانیزه		
		مقدار در هکتار	مقدار انرژی (مگاژول بر هکتار)	درصد	مقدار در هکتار	مقدار انرژی (مگاژول بر هکتار)	درصد
نیروی انسانی	ساعت	۸۷/۹۸	۱۷۲/٤٤	۰/۳۹	٦٦/۱٤	۱۲۹/٦۱	۰/۲۳
ماشین آلات	ساعت	۱۵/۳۵	۹٦۲/٤٤	۲/۱۷	۲۵/٦۵	۱٦۰۸/۲۵	۲/۹۷
سوخت	لیتر	۱۸٤	۱۰۳٦۱/۰٤	۲۳/۳۵	۲۳۷	۱۳۳٤۵/٤۷	۲٤/٦۵
کود فسفر	کیلوگرم	۳٦/۵٦	٤۵٤/۸۱	۱/۰۲	۳۱	۳۸۵/٦٤	۰/۷۱
کود نیتروژن	کیلوگرم	۱٤۵/٦۷	۹٦۳٤/٦۱	۲۱/۷۱	۱۵٦	۱۰۳۱۷/۸٤	۱۹/۰۵
سموم شیمیایی	لیتر	۳/۹٦	۹٤۲/٤۸	۲/۱۲	۰/٦٦	۱۵۷/٦۸	۰/۲۹
بذر	کیلوگرم	۳۲/۳۵	۵۰۷/۹	۱/۱٤	۲۹/۸۲	٤۳۸/٤۲	۰/۸۱
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱٤٤۱	۱۷۱۹۱/۱۳	۳۸/۷٤	۲۰٦۵	۲٤٦۳۵/٤۵	٤۵/٤۹
آبیاری آب	مترمکعب	٤۰٦۵	٤۱٤٦/۳	۹/۳٤	۳۰٦۵	۳۱۲٦/۰۳	۵/۷۷
مجموع	–	–	٤٤۳۷۳/۱۵	۱۰۰	–	۵٤۱٤٤/٦٦	۱۰۰
ذرت علوفه‌ای	کیلوگرم	۲۵٦۷/۹۵	۱۱۲۹۸۷/۳۷	۱۰۰	۳۳٦۵۰	۱٤۸۰٦۰	۱۰۰

چرخه حیات وجود دارد که بر اساس اهداف موردنظر پژوهشگر می‌توان از مدل‌های مختلف استفاده کرد (۳۹ و ٤۳). روش ارزیابی چرخه حیات مورد استفاده در این تحقیق IMPACT 2002+ بود که شامل ارزیابی اثرات محیط زیستی در دسته‌های مختلف مانند مواد سرطان‌زا، مواد غیر سرطان‌زا، مواد غیر آلی تنفسی، مواد آلی تنفسی، تخلیه لایه ازن، تشعشعات یونیزه کننده، سمیت محیط زیستی آبزیان، سمیت محیط زیستی زمینی، پتانسیل اسیدی شدن خاک، اشغال و تصرف زمین، اسیدی شدن آب، پتانسیل یوتریفیکاسیون، پتانسیل گرمایش جهانی، تقاضا برای انرژی تجدیدناپذیر و تخلیه مواد معدنی می‌باشد.

محاسبه شاخص‌های محیط زیستی هر گروه اثر با استفاده از معادله (٤) به دست آمد (۵ و۳۷).

$$LCI_i = \sum_i [(E_j or R_j) \times CF_{i,j}] \quad \text{رابطه (٤)}$$

که در آن، LCI_i: شاخص طبقه‌بندی هر گروه اثر i، E_j یا R_j: انتشار ترکیب j یا مصرف منبع j برای هر واحد کارکردی و CF_{ij}: فاکتور طبقه‌بندی برای ترکیب j سهیم در گروه اثر i می باشد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (٤)، مقدار کل انرژی نهاده‌های مصرفی برای کشت مستقیم و مکانیزه به‌ترتیب برابر ٤٤۳۷۳/۱۵ و ۵٤۱٤٤/٦٦ مگاژول بر هکتار و کل انرژی محصول تولیدی در یک دوره کشت به‌ترتیب برابر با ۱۱۲۹۸۷/۳۷ و ۱٤۸۰٦۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شد.

در تحقیقاتی دیگر پژوهشگران کل انرژی ورودی و خروجی برای تولید ذرت علوفه‌ای در دشت مغان را به‌ترتیب برابر با ۳۵۵۵۷ و ۲۱۷۳۵۰ مگاژول در هکتار (۲٦) و در شهرکرد به‌ترتیب ۷۷٦۹۳ و ۲٤۱۲۸۱ مگاژول بر هکتار (۳۸) گزارش نمودند. بر اساس نتایج جدول (۲)، بیشترین سهم از انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای برای کشت مستقیم به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های الکتریسیته با (۳۸/۷٤ درصد) و سوخت دیزل با (۲۳/۳۵ درصد) و برای کشت مکانیزه به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های الکتریسیته با (٤۵/٤۹ درصد) و سوخت دیزل با (۲٤/٦۵ درصد) محاسبه شد که میزان مصرف هر دو نهاده نسبت به کشت مستقیم بیشتر است. کم‌ترین سهم از انرژی مصرفی برای کشت مستقیم به‌ترتیب

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

جدول ۵. شاخص‌های انرژی برای تولید ذرت علوفه‌ای در کشت مستقیم و مکانیزه

عنوان	واحد	مقدار در کشت مستقیم	درصد	مقدار در کشت مکانیزه	درصد
انرژی وروی	مگاژ ول بر هکتار	٤٤٣٧٣/١٥	١٠٠	٥٤١٤٤/٦٦	–
انرژی خروجی	مگاژ ول بر هکتار	١١٢٩٨٧/٣٧	١٠٠	١٤٨٠٦٠	–
کارایی انرژی	–	٢/٥٤	–	٢/٧٣	–
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	٠/٥٧	–	٠/٦٢	–
شدت انرژی	مگاژ ول بر کیلوگرم	١٧/٢٧	–	١/٦١	–
افزوده خالص انرژی	مگاژ ول بر هکتار	٦٨٦١٤/٢١	–	٩٣٩١٥/٣٤	–
انرژی مستقیم	مگاژ ول بر هکتار	٣١٨٧٠/٩١	٧١/٨٢	٤١٢٣٦/٨٣	٧٦/١٦
انرژی غیرمستقیم	مگاژ ول بر هکتار	١٢٥٠٢/٢٤	٢٨/١٨	١٢٩٠٧/٨٣	٢٣/٨٤
انرژی تجدیدپذیر	مگاژ ول بر هکتار	٤٨٢٦/٦٤	١٠/٨٨	٣٦٩٤/٣٣	٦/٨٢
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژ ول بر هکتار	٣٩٥٤٦/٥٢	٨٩/١٢	٥٠٤٥٠/٣٣	٩٣/١٨

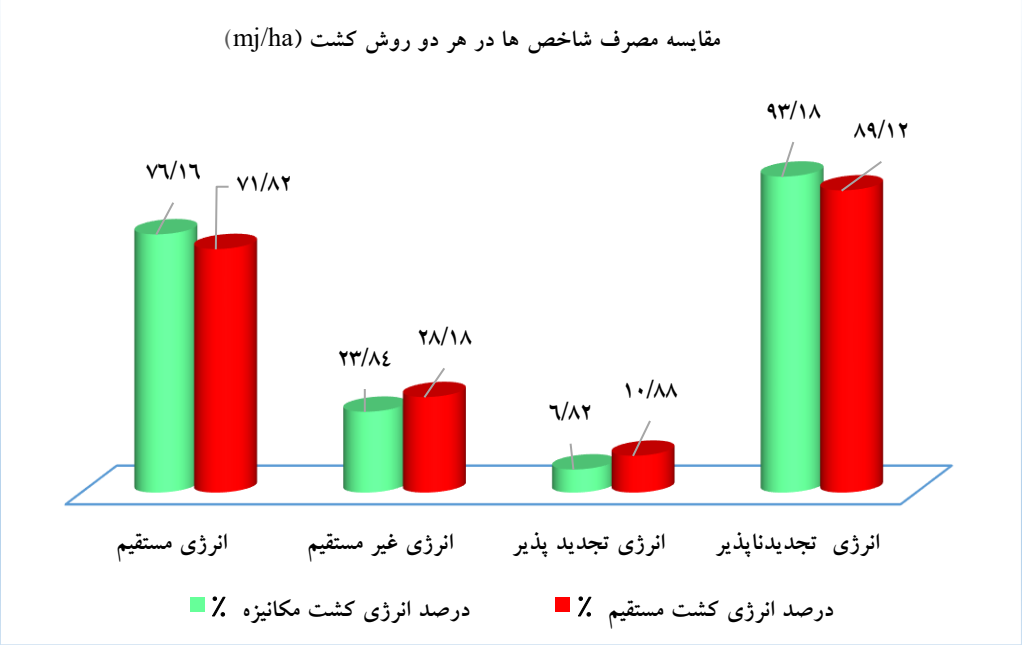
مربوط به مصرف نهاده‌های نیروی انسانی (۰/۳۹ درصد)، کود فسفر (۱/۰۲ درصد) و بذر مصرفی (۱/۱٤ درصد) و برای کشت مکانیزه مصرف نهاده‌های نیروی انسانی (۰/۲۳ درصد)، سموم شیمیایی (۰/۲۹ درصد)، و کود فسفر (۰/۷۱ درصد)، برآورد شد. بر این اساس ملاحظه می‌شود در هر دو روش کاشت، مصرف بالای نهاده‌ی الکتریسیته به دلیل برقی بودن چاه‌های آبیاری و همچنین مصرف بالای سوخت در مزارع دارای چاه‌های دیزلی دیزلی، علاوه بر ساعت کاری ماشین‌های کشاورزی از دلایل مصرف زیاد الکتریسته و سوخت دیزل بودند.

تفاوت در مقادیر گزارش شده برای انرژی مصرفی سوخت دیزل و الکتریسیته را می‌توان به سهم متفاوت هر یک از منابع تامین‌کننده انرژی برای پمپاژ آب از چاه در منطقه نسبت داد. در تحقیقی در دشت تجن بیشترین سهم از انرژی مصرفی مربوط به مصرف نهاده‌های کود نیتروژن و آب آبیاری و کمترین میزان مصرف نهاده مربوط به سموم شیمیایی علف‌کش و کود فسفر گزارش گردید (١٦). مقادیر شاخص‌های انرژی، برای هر یک از مزارع ذرت علوفه‌ای در جدول (۵) و شکل (۲) نشان داده شده است.

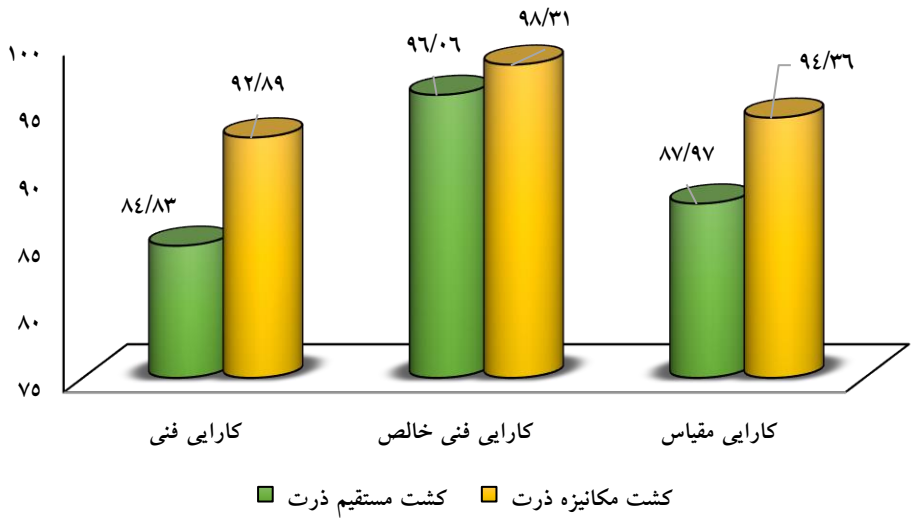
با توجه به نقش استراتژیک تولید ذرت علوفه‌ای مورد نیاز واحدهای دامداری، نیاز به بهبود و افزایش شاخص کارآیی و تخصیص بهینه منابع، با لحاظ نمودن محدودیت‌های موجود، یک امر ضروری است. در این راستا افزایش کارآیی و بهره‌وری تولید راهی مطمئن برای افزایش رقابت‌پذیری و سوددهی بیشتر است. در تولید محصول، سهم انرژی‌های مستقیم بیشتر ازانرژی‌های غیرمستقیم، همچنین انرژی‌های تجدیدناپذیر در تولید مزارع بیشتر از انرژی‌های تجدیدناپذیر محاسبه شد. نهاده‌های سوخت دیزل و الکتریسیته به صورت مشترک باعث افزایش مصرف انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر بودند. در تحقیقاتی دیگر سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در تولید ذرت علوفه‌ای در شهرکرد به‌ترتیب ٥٦٤١٠ و ٢١٢٢٨ مگاژول در هکتار (۳۸)، در دشت مغان سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ١١٤٢٦ و سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر٦٦٢٦٧ مگاژول در هکتار برآورد شد (٢٦). در این تحقیق بر اساس نتایج مندرج در جدول (۳) و شکل (۳)، شاخص کارایی انرژی برای کشت مستقیم و مکانیزه به‌ترتیب برابر ٢/٥٤ و ٢/٧٣، بهره‌وری انرژی به‌ترتیب برابر ٠/٥٧ و ٠/٦٢ کیلوگرم بر مگاژول و انرژی خالص به‌ترتیب برابر ٦٨٦١٤/٢١ و ٩٣٩١٥/٣٤ مگاژول بر هکتار برآورد شد. در تحقیقی مشابه، مقدار شاخص بهره‌وری انرژی در کشت ذرت علوفه‌ای و یونجه به‌ترتیب ۱/۵ و ۰/۵۷ کیلوگرم بر مگاژول برآورد گردید (۲۷). از آنجا که در کشت مستقیم و مکانیزه در

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]



شکل ۲. مقایسه مصرف شاخص‌های انرژی برای تولید ذرت علوفه‌ای



شکل ۳. مقایسه میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس در کشت مستقیم و کشت مکانیزه

منطقه مورد مطالعه، سهم عمده انرژی ورودی به مصرف سوخت دیزل، الکتریسیته و کودهای شیمیایی مربوط می‌شود، لذا با مدیریت مناسب عملیات زراعی تا حد زیادی می‌توان میزان انرژی مصرفی را کاهش و عملکرد محصول را افزایش داد و بدین‌ترتیب کارایی مصرف و بهره‌وری انرژی را افزایش داد. محدود بودن منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر و مسائل و مشکلات و آلایندگی‌های محیط زیستی به دلیل مصرف این منابع، ضرورت کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی را چند برابر می‌کند. در این راستا جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای دامی، کود سبز، کودهای زیستی، استفاده از سیستم‌های بدون خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی و مدیریت مصرف آب که با مصرف الکتریسیته یا سوخت‌های فسیلی به‌منظور پمپاژ سامانه‌های آبیاری در ارتباط

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

جدول ٦. بهینه‌سازی شاخص‌های انرژی به کمک مدل بازگشت به مقیاس ثابت (Constant Return to Scale, CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (Variable Return to Scale, VRS)

	مدل تحلیل	عملکرد (Kg/ha)	انرژی ورودی (mj/ha)	انرژی خروجی (mj/ha)	کارایی انرژی (بدون بعد)	بهره‌وری انرژی (kg/mj)	انرژی ویژه (mj/kg)	انرژی خالص (mj/ha)
کشت مستقیم	واقعی	٢٥٦٧/٩٥	٤٤٣٧٣/١٥	١١٢٩٨٧/٣٧	٢/٥٤	٠/٠٥٧	١٧/٢٧	٦٨٦١٤/٢٢
	VRS	٢٥٦٧/٩٥	٣٢٠٧٨/٥	١١٢٩٨٧/٣٧	٣/٥٢	٠/٠٨	١٢/٤٩	٨٠٩٠٨/٨٧
	CRS	٢٥٦٧/٩٥	٣٥١١٥/١٩	١١٢٩٨٧/٣٧	٣/٢١	٠/٠٧٣	١٣/٦٧	٧٧٨٧٢/١٧
کشت مکانیزه	واقعی	٣٣٦٥٠	٥٤١٤٤/٦٦	١٤٨٠٦٠	٢/٧٣	٠/٦٢	١/٦١	٩٣٩١٥/٣٤
	VRS	٣٣٦٥٠	٤١٢٩٤/٦١	١٤٨٠٦٠	٣/٥٨	٠/٨١	١/٢٣	١٠٦٧٦٥/٣٩
	CRS	٣٣٦٥٠	٤٦٠٥٧/٧٨	١٤٨٠٦٠	٣/٢١	٠/٧٣	١/٣٦	١٠٢٠٠٢/٢٢

می‌باشد، از جمله مواردی است که باعث می‌شود در فرایند تولید محصولات زراعی و کشاورزی به کاهش سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر از کل انرژی ورودی به مزارع کشاورزی کمک کند.

نتایج **تحلیل پوششی داده‌ها**

جدول (٦) شاخص‌های انرژی بهینه‌شده به کمک مدل بازگشت به مقیاس ثابت (Constant Return to Scale, CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (Variable Return to Scale, VRS) را نشان داده است. بر اساس نتایج، پس از تعیین میزان کارایی مزارع برای کشت مستقیم و مکانیزه در حالت واقعی و بهینه شده، مقادیر مصرف نهاده‌ها در هر دو مدل ارزیابی شدند. با در نظر گرفتن این‌که همه واحدها (مزارع) کارا شده و به مرز کارایی رسیده‌اند، مقادیر شاخص‌های انرژی برای بار دوم محاسبه شده و میزان بهینه آن‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد درمدل‌های مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) میزان انرژی ویژه به دلیل بهینه شدن مصرف نهاده‌ها کاهش یافته و میزان شاخص‌های کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص افزایش یافته است.

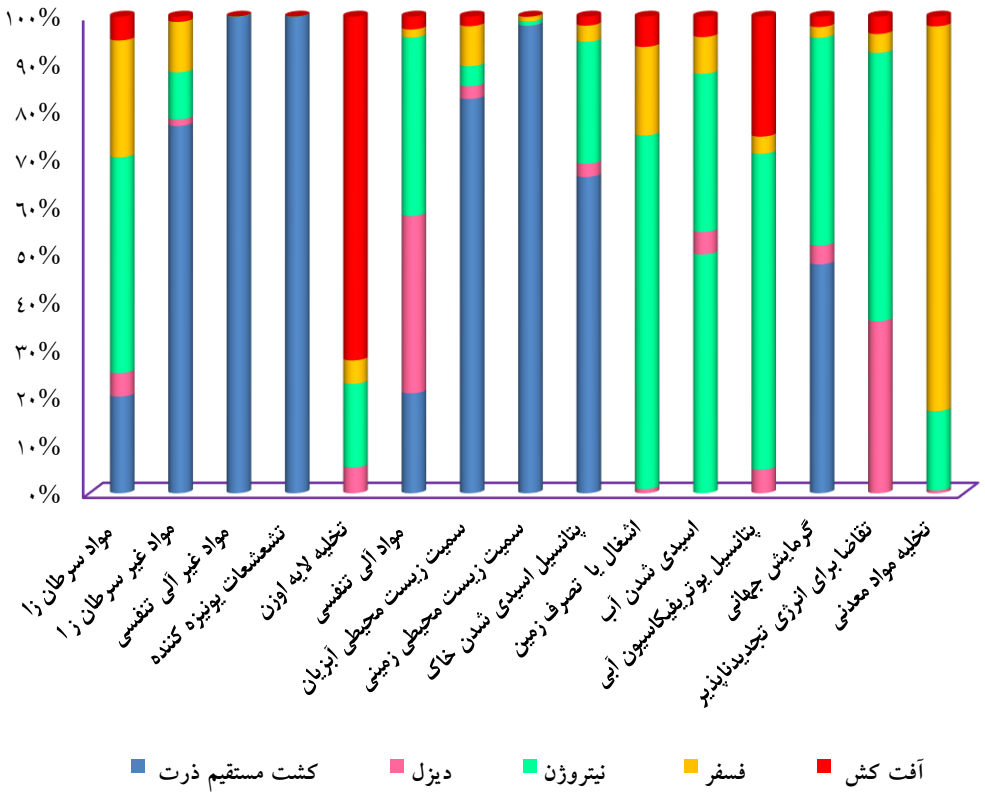
نتایج حاصل از بررسی مصرف انرژی نهاده‌های تولید با روش تحلیل پوششی داده‌ها با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) در جدول (٧) آمده است. بر این اساس انرژی ذخیره شده اختلاف بین مقدار انرژی واقعی و مصرف شده و مقدار انرژی بهینه می‌باشد. نتایج نشان داد با کارا شدن تمام واحدهای ناکارا در کشت مستقیم در مدل بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) و مدل مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) مقدار انرژی ذخیره شده به‌ترتیب ٢٧/١ و ٢٠/٢ درصد و در کشت مکانیزه در مدل بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) و مدل مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) مقدار انرژی ذخیره شده به‌ترتیب ٢٣/٢٩ و ١٤/٤٥ درصد محاسبه شد. بر این اساس همان‌طور که از نتایج مشخص است، در کشت مستقیم ظرفیت بیشتری در مزارع برای ذخیره انرژی نسبت به کشت مکانیزه در منطقه وجود دارد. با مقایسه درصد ذخیره انرژی در دو حالت کشت، مقدار مصرف نهاده‌ها در حالت واقعی و بهینه در کشت مکانیزه نزدیک به هم بوده و با هم اختلاف ناچیزی داشته و می‌توان با اعمال مدیریت بهتر در زمینه مصرف نهاده‌ها، اتلاف انرژی را به حداقل رسانید. در هر دو حالت کشت مورد بررسی با کارا شدن تمام واحدها (مزارع) مصرف نهاده‌های سموم شیمیایی، نیروی انسانی و الکتریسیته و کود نیتروژن بیش‌ترین درصد ذخیره انرژی صورت گرفته است. شکل ٤ مقایسه میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس در کشت مستقیم و کشت مکانیزه در کشت محصول را نشان داده است. بر اساس نتایج به دست آمده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

جدول ۷. بهینه‌سازی انرژی مصرفی نهاده‌ها با استفاده از روش‌های مدل بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) و بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) در کشت مستقیم و مکانیزه

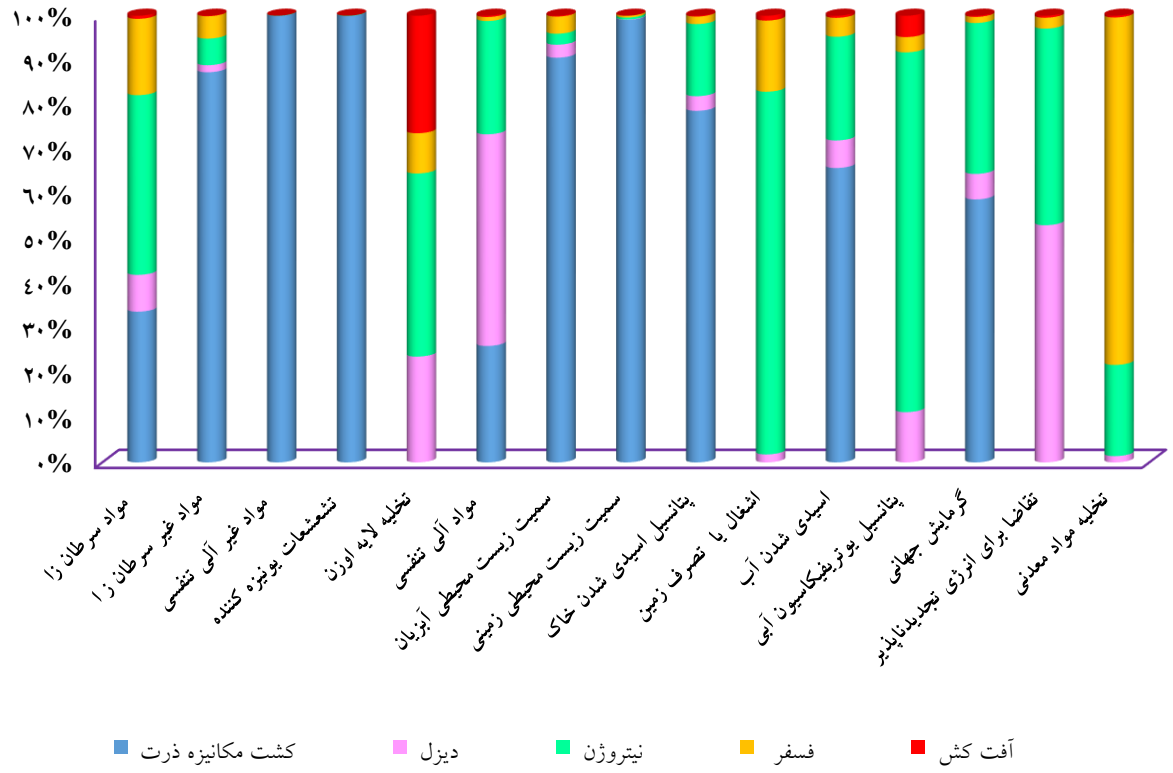
	کشت مسقیم				کشت مکانیزه			
نهاده‌های ورودی و خروجی	بهینه سازی به روش VRS	درصد	بهینه سازی به روش CRS	درصد	بهینه سازی به روش VRS	درصد	بهینه سازی به روش CRS	درصد
نیروی انسانی(h)	۱۰۵/۴۲	۳۸/۸۶	۱۲۶/۰۳	۲۶/۹۱	۱۲۰/۷۳	۶/۸۵	۱۱۸/۲۶	۸/۷۵
ماشین‌ها (h)	۷۷۳/۶۵	۱۹/۶۱	۸۰۴/۱۷	۱۶/۴۴	۱۲۸۵/۰۷	۲۰/۰۹	۱۳۲۸/۹۱	۱۷/۳۶
سوخت دیزل(l)	۸۱۲۰/۵۳	۲۱/۶۲	۸۳۳۶/۸۶	۱۹/۵۳	۱۱۳۳۳/۶۴	۱۵/۰۷	۱۱۵۸۰/۱	۱۳/۲۲
کود فسفر(kg)	۴۰۲/۱۳	۱۱/۵۸	۴۰۳/۰۶	۱۱/۳۷	۳۶۲/۵۹	۵/۹۷	۳۷۷/۹۷	۱/۹۸
کود نیتروژن(kg)	۶۵۷۵/۲۸	۳۱/۷۵	۷۷۶۵/۷	۱۹/۳۹	۸۶۷۲/۷۸	۱۵/۹۴	۹۲۲۴/۵۳	۱۰/۵۹
سموم شیمیایی(l)	۵۲۴/۱۵	۴۴/۳۸	۷۲۷/۸۲	۲۲/۷۷	۹۹/۷۶	۳۶/۷۲	۹۹/۳۵	۳۶/۹۸
بذر(kg)	۱۰۸/۵۲	۲۳/۷۵	۱۲۰/۱	۱۵/۶۱	۱۲۶	۳/۹۸	۱۲۵/۶۵	۴/۲۴
الکتریسیته(kwh)	۱۱۶۵۴/۱۱	۳۲/۲	۱۲۸۲۳/۷	۲۵/۴	۱۶۷۱۹/۷۱	۳۲/۱۳	۲۰۲۲۱/۱۲	۱۷/۹۱
آب آبیاری (m^3)	۳۸۱۴/۶۸	۷/۹۹	۴۰۰۷/۷۲	۳/۳۴	۲۵۷۴/۲۹	۱۷/۶۵	۲۹۸۱/۸۵	۴/۶۲
مجموع ذخیره انرژی (mj/ha)	۳۲۰۷۸/۴۹	۲۷/۱	۳۵۱۱۵/۱۹	۲۰/۲	۴۱۲۹۴/۶	۲۳/۲۹	۴۶۰۵۵/۷۷	۱۴/۴۵



شکل ٤. نتایج اثرات محیط زیستی نهاده‌های ورودی در ۱۵ دسته اثر میانی در تولید یک تن ذرت علوفه‌ای به روش کشت مستقیم

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

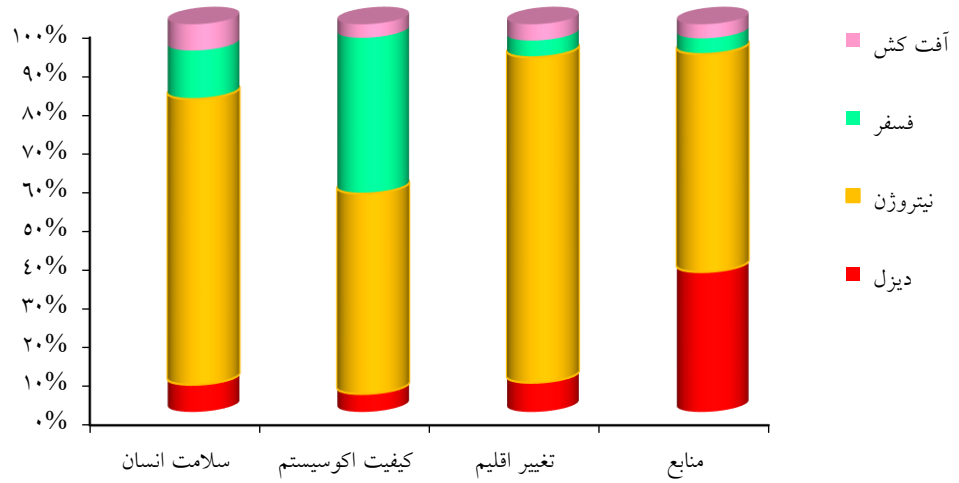


شکل ۵. نتایج اثرات محیط زیستی نهاده‌های ورودی در ۱۵ دسته اثر میانی در تولید یک تن ذرت علوفه‌ای به روش کشت مکانیزه

شکل (۳) به‌ترتیب مقادیر میانگین کارایی‌های مختلف برای تولیدکنندگان در روش کاشت مستقیم و مکانیزه برای تولید ذرت علوفه‌ای نشان داده شده است. بر اساس نتایج، میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید ذرت علوفه‌ای به روش کشت مستقیم به‌ترتیب برابر ۸٤/۸۳، ۹٦/۰٦ و ۸۷/۹۷ درصد و برای کشت مکانیزه به‌ترتیب برابر ۹۲/۸۹، ۹۸/۳۱ و ۹٤/۳٦ درصد محاسبه شد. پژوهشگران میزان کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور به روش کشت سنتی را به‌ترتیب برابر ۹۰، ۹۵ و ۹٤ درصد و به روش کشت مکانیزه به‌ترتیب برابر ۹۱، ۹۷ و ۹۳ درصد (۳۵)، میزان کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید خرما در خوزستان به‌ترتیب ۰/٤، ۰/۷۸ و ۰/٤٤ (۱۱)، و برای تولید پنبه در استان پنجاب پاکستان را به‌ترتیب ۷۷، ۹۰ و ۸۵ درصد گزارش نمودند (۱٤).

ملاحظه می‌شود که میزان پایین کارایی مقیاس نشان دهنده کاهش بهره‌وری تولید محصول بوده که دلیل عمده‌ی آن ضعف در دانش فنی موجود کشاورزان،عدم مدیریت بهینه مزارع و عدم استفاده از مقیاس بهینه می‌باشد. بنابراین به‌منظور برطرف نمودن و رفع مشکل، آموزش و افزایش دانش فنی کشاورزان مناطق به جهت تخصیص بهینه منابع، افزایش بهره‌وری و همچنین بکارگیری مطلوب نهاده‌ها ضروری است. در این تحقیق ملاحظه می‌شود که میانگین نمره کارایی فنی در کشت مستقیم برابر ۸٤/۸۳ درصد و برای کشت مکانیزه برابر ۹۲/۸۹ درصد به دست آمده است که نسبت به نمره کارایی کامل اختلاف نشان می‌دهد، بدین مفهوم که در کشت مستقیم ۸٤/۸۳ درصد و در کشت مکانیزه ۹۲/۸۹ درصد از انرژی مصرفی در کشت مستقیم و مکانیزه مورد استفاده مفید قرارگرفته و به‌ترتیب حدود ۱۵/۱۷ و ۷/۱۱ درصد از انرژی به صورت هدر رفت از مزرعه خارج شده است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]
[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]



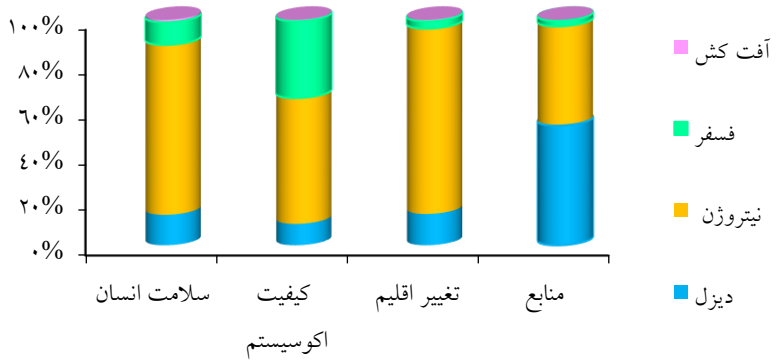
شکل ٦. نتایج اثرات محیط زیستی نهاده‌های ورودی در چهار دسته اثر پایانی در تولید یک تن ذرت علوفه‌ای به روش کشت مستقیم

ارزیابی و تحلیل شاخص‌های محیط زیستی در تولید یک تن ذرت علوفه‌ای

در این تحقیق اثرات محیط زیستی برای تولید یک تن ذرت علوفه‌ای در شهرستان مهران با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات در ۱۵ گروه اثر در شکل‌های (٤ و ٥) نشان داده شده است. مواد شیمیایی می‌توانند در تمام مراحل چرخه زندگی محصولات، خدمات و سامانه‌ها به محیط (هوا، آب، خاک) منتشر شوند. موجودی انتشارات حاصل از محصولات مختلف ممکن است حاوی صدها ماده شیمیایی باشند که بسیاری از آن‌ها پتانسیل ایجاد اثرات نامطلوب بر اکوسیستم‌های آبی و زمینی را دارند. بنابراین برای ارزیابی اثرات محیط زیستی در یک سامانه تولید محصول، همه جنبه‌های آن سامانه باید در نظر گرفته شود (۲۱). در شاخص‌های تشعشعات یونیزه کننده و تخلیه لایه ازن، اثرات این شاخص‌ها در کشت مکانیزه کم‌تر از کاشت مستقیم مشاهده شد. این تشعشعات طی فرآیندی در محصولات کشاورزی باعث تخریب دئوکسی‌ریبونوکلئیک اسید (Deoxyribonucleic acid, DNA) میکروارگانیسم‌ها می‌شوند. انتشارات ناشی از جریان تولید و عرضه کودها در کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای خیلی موثر بوده و بـه دلیل خصوصیات تشعشعی ویژه، این گازها باعث گرم شدن غیرطبیعی سطح کره زمین می‌شوند کـه بـه نوبه خود در تخریب لایه ازن سهیم می‌باشند (٤٢). مصرف سوخت دیزل و انتشارات مستقیم حاصل از نهاده‌های ورودی به مزارع تحت عنوان دسته‌ی ذرت علوفه‌ای در جدول ٦ نام‌گذاری شده‌اند. در شکل های (٦) و (٧) مشاهده می‌شود که در اکثر دسته‌های اثر، انتشارات مستقیم بیش‌ترین اثرات محیط زیستی را دارا بودند. انتشارات مستقیم حاصل از نهاده‌های ورودی تحت عنوان ذرت علوفه‌ای و انتشارات غیرمستقیم حاصل از سوخت دیزل، بیش‌ترین مقدار آلایندگی محیط زیستی را در دسته اثرات نامطلوب بر سلامتی انسان که ناشی از انتشار مواد ذرات معلق (Particulate matter, PM) و مواد تشکیل‌دهنده آن (NOx، Sox ، NH_3) می‌باشد را دارا بودند.علاوه بر این، مصرف کودهای شیمیایی دارای اثرات مخربی بر محیط‌زیست در قالب گروه‌های اثر مختلف از جمله پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدیته و اوتریفیکاسیون خشکی را سبب می‌شوند (۱۹). مصرف کود اوره سبب آبشویی نیترات به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شده و باعث شور شدن و اسیدی شدن خاک‌های زراعی، انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای و انباشت بقایای مواد شیمیایی از دیگر پیامدهای محیط‌زیستی به شمار می‌رود (۸). آمونیاک به‌عنوان یک ترکیب نیتروژنی در اثر آبشویی در مزارع کشاورزی با نفوذ در آب‌های سطحی و زیر زمینی، باعث یوتریفیکاسیون شده و باعث

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]



شکل ۷. نتایج اثرات محیط زیستی نهاده‌های ورودی در چهار دسته اثر پایانی در تولید یک تن ذرت علوفه‌ای به روش کشت مکانیزه

تکثیر بیش از اندازه جلبک‌ها شده و با کاهش اکسیژن در آب سبب ایجاد تغییرات ترکیبات شیمیایی در منابع آبی شده و در نهایت باعث اختلال در چرخه زندگی موجودات زنده و آبزیان در منطقه می‌شود (۳۱ و ٤۳). در این راستا محققین گزارش نمودند که میزان انتشار NH_3 تا حد زیادی به میزان مصرف کود نیتروژن وابسته است، تا جایی که با افزایش مصرف نیتروژن، میزان انتشار این گاز به محیط نیز افزایش می‌یابد (۳۲). بر اساس نتایج به دست آمده و مقایسه دسته‌های اثر در شکل‌های (٤) و (۵) و مقایسه شاخص‌های اثر انتشارات محیط زیستی کشت مستقیم و کشت مکانیزه در جدول (٦)، بر اساس تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، چنانچه واحدهای (مزارع) ناکارا با اصلاح الگوی مصرف، انرژی خود را به مرز کارایی برسانند (بر اساس جدول ۵)، نتایج شاخص‌های اثر به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهند یافت. بر اساس نتایج جدول (٦) مقدار شاخص گرمایش جهانی در کشت مستقیم برابر ۵۸/۸٤ و در کشت مکانیزه برابر ۱۱۳/۸۱ معادل دی‌اکسید کربن ($kgCO_2$ eq) به‌دست آمد و موثرترین عامل در افزایش گرمایش جهانی در مزارع مکانیزه افزایش مصرف سوخت دیزل بود. در تحقیقات صورت گرفته برای مزارع گندم در ایلام، مزارع گندم در گرگان و مزارع کلزا در خرمشهر، مهمترین عامل در افزایش گرمایش جهانی انتشارات مستقیم حاصل از سوخت دیزل و کود اوره را گزارش شدند (۲، ۳٦ و ۲۰). بنابراین، به‌منظور افزایش پایداری انرژی در مزارع کشاورزی و برای کاهش اثرات محیط زیستی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی، راهکار لازم بهینه‌سازی، مصرف نهاده‌ها و به مرز کارایی رساندن واحدهای ناکارا می‌باشد که نتیجه‌ی آن اصلاح الگوی مصرف انرژی و منابع انرژی تجدیدناپذیر در کشت مستقیم و کشت مکانیزه در منطقه می‌باشد. آمونیاک به‌عنوان یک ترکیب نیتروژنی، در بسیاری از فرآیندهای صنعتی و کشاورزی وارد محیط زیست می‌شود و در محیط‌زیست دارای اثرات مخربی است که می‌تواند بر روی اکوسیستم‌ها و سلامت انسان‌ها اثرگذار باشد و سبب افزایش اسیدیته خاک، آسیب به گیاهان و حیوانات زمینی را به دنبال دارد و سپس منجر به کاهش تنوع زیستی و آسیب به زیستگاه‌های طبیعی می‌شود (۸ و ۳۲).

شکل (٦) و (۷) نتایج اثرات محیط زیستی نهاده‌های ورودی در چهار دسته اثر نقطه پایانی شامل سلامتی انسان، کیفیت اکوسیستم، گرمایش جهانی و منابع را در کشت مستقیم و مکانیزه تولید محصول را نشان داده است. مصرف کود نیتروژن و سوخت دیزل بیش‌ترین اثرات محیط زیستی را در اکثر دسته‌های اثر بر جای گذاشته است. این امر نشان‌دهنده اهمیت و ضرورت مدیریت بهینه برای مصرف نهاده‌ها در تولید محصولات کشاورزی است. بر این اساس در هر دو منطقه کشت ذرت علوفه‌ای با این شرایط مصرف نهاده‌ها دارای بیشترین اثر روی شاخص تغییر اقلیم، آسیب به سلامت انسان به صورت مشترک در هر دو روش کشت داشته و پس از آن بیشترین اثر متعلق به

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]
[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

شاخص‌های منابع و کیفیت اکوسیستم در هردو روش کاشت مشاهده شد. طبقات اثرمواد سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا، مواد آلی و غیرآلی تنفسی، تشعشعات یونیزه کننده، تشعشعات یونیزه کننده و تخلیه لایه ازن بر شاخص آسیب سلامتی انسان اثرگذار هستند که برنامه‌ریزی جهت کاهش آسیب بر شاخص آسیب سلامتی ضروری است. در شاخص منابع در کشت مستقیم و مکانیزه به صورت مشترک مصرف سوخت دیزل بر میزان آلایندگی بیشتر از سایر نهاده‌ها تاثیرگذار بوده است.

انتشارات غیر مستقیم حاصل کود فسفر و اوره بالاترین اثر را بر کیفیت اکوسیستم در هر دو روش کشت بر جای گذاشتند. در تحقیقی مشابه که برای کشت طالبی در بخش سلامت انسان و کیفیت اکوسیستم، مقدار کل اثرات محیط زیستی ناشی از تولید یک تن طالبی برابر ۰/۰۳ DALYs (Disability-Adjusted Life Years, DALYs) و ۱۸۵۵/۳۳ PDF*m2*yr (Potentially Disappeared Fraction of Species) بود (٤). برای تولید یک تن ذرت علوفه‌ای در روش کشت مسقیم و مکانیزه در بخش سلامت انسان، مقدار کل اثرات محیط زیستی به‌ترتیب برابر ۰/۰۱ و ۰/۰۳ DALYs و در بخش کیفیت اکوسیستم مقدار کل اثرات محیط زیستی به‌ترتیب برابر ۱۲۰/۳۹ و ۲۰۹/۲۱ PDF*m2*yr و در بخش تغییر اقلیم مقدار کل اثرات به‌ترتیب برابر ۵۸/۸۳ و ۱۱۳/۸۱ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن ($kgCO_2$ eq) محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق شاخص‌های انرژی و محیط زیستی در سامانه تولید ذرت علوفه‌ای در دو روش کشت مسقیم و مکانیزه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد در هر دو روش کشت مسقیم و مکانیزه به‌ترتیب مصرف نهاده‌های الکتریسیته، سوخت دیزل و کود نیتروژن بیش‌ترین مقدار و نهاده‌های بذر و کود فسفر کم‌ترین انرژی ورودی را داشتند. عامل موثر افزایش مصرف انرژی الکتریسیته برای هر دو روش کشت، برقی بودن چاه‌های کشاورزی و عامل افزایش سوخت دیزل در کشت مکانیزه، استفاده از موتورهای دیزلی در تعداد محدودی ازچاه‌های آب و افزایش ساعت کار ماشین‌ها در مزارع بود. نتایج حاصل از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در مزارع برای کشت مستقیم و مکانیزه درحالت واقعی و بهینه‌شده نشان داد در هر دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) میزان انرژی ویژه به دلیل بهینه شدن مصرف نهاده‌ها کاهش یافته و در مقابل میزان کارایی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص افزایش یافته است. در ادامه در هر دو روش کشت مسقیم و مکانیزه با کارا شدن تمام واحدهای (مزارع) ناکارا و بدون کاهش در مقدار عملکرد محصول تولیدی، مصرف نهاده‌های سموم شیمیایی، نیروی انسانی و الکتریسیته و کود نیتروژن بیش‌ترین درصد ذخیره انرژی را به خود اختصاص دادند. در بخش تحلیل آلاینده‌های محیط زیست، در اغلب شاخص‌ها و دسته‌های ۱۵گانه نقطه‌میانی، انتشارات ناشی از کود نیتروژن و سوخت دیزل بیش‌ترین اثرات محیط زیستی را داشتند. پتانسیل گرم شدن کره زمین در تولید یک تن ذرت علوفه‌ای در روش مکانیزه بیشتر از کشت مسقیم نیز برابر محاسبه شد که دلیل عمده‌ی آن مصرف بیشتر نهاده‌های شیمیایی و سوخت دیزل بود. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که بیش‌ترین اثر محیط زیستی تولید ذرت علوفه‌ای در چهار دسته اثر نقطه پایانی برای کشت مسقیم و مکانیزه روی شاخص‌های تغییر اقلیم و سلامت انسان بود. دسته‌های اثرمواد سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا، مواد آلی و غیرآلی تنفسی، تشعشعات یونیزه کننده، تشعشعات غیر یونیزه کننده و تخلیه لایه ازن بر شاخص آسیب سلامتی انسان اثرگذار هستند که برنامه‌ریزی جهت کاهش این آسیب‌ها برای دستیابی به سلامتی ضروری است.

تشکر و قدردانی

یدین‌وسیله از حمایت‌های معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه ایلام تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

منابع

1. Alavirad, A., 2016. An analysis of improving energy use in apricot production using data envelopment analysis in Yazd Province Abarkooh County. *Agricultural Economics Research*, 7(28), pp. 61-81 (In Persian).
2. Azizpanah, A. and Shirkhani H. R., 2023. Energy analysis and global warming potential in wheat production systems in south of Ilam. *Iranian Journal of Applied Ecology,* 12(1), PP. 87-102 (In Persian).
3. Azizpanah, A. and Taki, M., 2025. Evaluating the sustainability of sugar beet production using life cycle assessment approach. *Sugar Technology*, 27(1), pp.78-93.
4. Azizpanah, A., Fathi, R. and Taki, M., 2023. Eco-energy and environmental evaluation of cantaloupe production by life cycle assessment method. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(1), pp.1854-1870.
5. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. and Lammel, J., 2004a. 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(3), pp.247-264.
6. Cochran, W.G., 1977. The estimation of sample size. *Sampling techniques*, 3(1), PP.72-90.
7. Ecoinvent. 2021. *https:.www.ecoinvent.org.database.ecoinvent-371.ecoinvent-371.html. 2021. Accessed 2021.05.23.*
8. Esfahani, S.M.J., Mahdei, K.N., Saadi, H. and Dourandish, A., 2018. Evaluate the environmental impact of silage corn production in South Khorasan Province. *Journal of Agroecology*, 10(1), pp. 281-298 (In Persian).
9. FAO, 2019. FAOSTAT. (Melons, Other (Inc.Cantaloupes). http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. *Accessed 2021.02.12*.
10. Guinée, J., 2001. Handbook on life cycle assessment—operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(5), pp.255-255.
11. Hesampour, R., Hassani, M., Hanafiah, M.M. and Heidarbeigi, K., 2022. Technical efficiency, sensitivity analysis and economic assessment applying data envelopment analysis approach: A case study of date production in Khuzestan State of Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(3), pp.197-207.
12. Hossein, H.Y., Azizpanah, A., Namdari, M. and Shirkhani, H., 2024. Environmental life cycle assessment of corn production in tropical regions. *Scientific Reports*, 14(1), p.20036.
13. Huang, D., Shen, Z., Sun, C. and Li, G., 2021. Shifting from production-based to consumption-based nexus governance: evidence from an input–output analysis of the local water-energy-food nexus. *Water Resources Management*, 35, pp.1673-1688.
14. Imran, M., Özçatalbaş, O. and Bashir, M.K., 2020. Estimation of energy efficiency and greenhouse gas emission of cotton crop in South Punjab, Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(3), PP.216-224.
15. ISO., 2006. ISO 14040. Environmental management- life cycle assessment- requirements and guidelines. London: ISO.
16. Jafari Talukolaee, M., Shahnazari, A. and Nouri Khajebelagh, R., 2024. Analysis of physical water productivity and energy indicators of the mjor agricultural products in Tajan plain. *Journal of Water Research in Agriculture*, 38(1), pp.51-62.
17. Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A. and Chau, K.W., 2019. Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. *Energy*, 181, pp.1298-1320.
18. Khanali, M., Elhami, B., Eslami, H. and Hosseinpour, S., 2018. Evaluation and comparison of environmental indicators of hybrid corn (*Zea mays* L.) production by three different harvesting methods in Alborz province using life cycle assessment. *Journal of Agroecology*, 9(4), pp. 892-909.
19. Khanali, M., Mobli, H. and Hosseinzadeh-Bandbafha, H., 2017. Modeling of yield and environmental impact categories in tea processing units based on artificial neural networks. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, pp.26324-26340.
20. Khodaei Joghan, A., Taki, M. and Matoorian, H., 2022. Evaluating energy productivity, greenhouse gas emission, global warming potential and sustainability index of wheat and rapeseed agroecosystems in Khorramshahr. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(1), pp.309-324 (In Persian).
21. Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H. and Clark, S., 2014. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, 73, pp.183-192.
22. Khoshroo, A. and Singh, S., 2021. Measuring economic efficiency of kidney bean production using non-discretionary data envelopment analysis. *Advances in Mathematical Finance and Applications*, 6(2), PP. 233-244.
23. Kouchakzadeh, A., Azizpanah, A. and Ahmadi, A., 2022. Comparison of energy efficiency in mechanized and traditional cultivation in rainfed chickpeas: in a case study of Ivan Gharb city of Ilam province. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 11(1), pp.25-39. (In Persian).

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

24. Marin, F.R., Thorburn, P.J., Nassif, D.S. and Costa, L.G., 2015. Sugarcane model intercomparison: structural differences and uncertainties under current and potential future climates. *Environmental Modelling & Software*, 72, pp.372-386.
25. McLeod, H.J., Densley, L. and Chapman, K., 2006. The effects of training in behaviour modification strategies on stress, burnout, and therapeutic attitudes in frontline inpatient mental health nurses. *The Australian Journal of Rehabilitation Counselling*, 12(1), pp.1-10.
26. Mohammadzadeh, A., Mahdavi Damghani, A., Vafabakhsh, J. and Deihim Fard, R., 2018. Ecological–economic efficiency for Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Corn Silage (*Zea mays* L.) production systems: Maragheh–Bonab plain, East Azerbaijan Province. *Journal of Agroecology*, 10(3), pp. 875-895 (In Persian).
27. Mohammadzadeh, Z., Soltani, A., Ajamnorozei, H. and Bazrgar, A.B., 2021. Modeling of sugar beet yield gap and potential in Iran. *Journal of Sugar Beet*, 36(1), pp. 27-46 (In Persian).
28. Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A. and Mohammadi, A., 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. *Applied Energy*, 88(11), pp.3765-3772.
29. Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Hosseini-Fashami, F. and Chau, K.W., 2021. Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system in energy modeling of agricultural products. pp. 299-334. *In*: Deo, R., Samui, P. and Sekhar Roy, S. (Ed.), Predictive modelling for energy management and power systems engineering. Elsevier, Amsterdam.
30. Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H. and Chau, K.W., 2019. Assessment of optimized pattern in milling factories of rice production based on energy, environmental and economic objectives. *Energy*, 169, pp.1259-1273.
31. Nasrollahi-Sarvaghaji, S., R. Alimardani, M. Sharifi and M. R. Taghizadeh Yazdi. 2016. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA)(case study: Tehran). *Iranian Journal of Health and Environment*, 9(2), pp. 273-288 (In Persian).
32. Nikkhah, A., Firouzi, S., Payman, S.H. and Khorramdel, S., 2016. Life cycle assessment of urea fertilizer consumption in Iran. *Journal of Natural Environment*, 69(3), pp. 853-864. (In Persian).
33. Omid, M., Ghojabeige, F., Delshad, M. and Ahmadi, H., 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. *Energy conversion and management*, 52(1), pp.153-162.
34. Phong, L.T., De Boer, I.J.M. and Udo, H.M.J., 2011. Life cycle assessment of food production in integrated agriculture–aquaculture systems of the Mekong Delta. *Livestock Science*, 139(1-2), pp.80-90.
35. Rahmani, A., Gholami, P.M. and Mohammadzamani, D., 2022. Optimization of energy consumption and economic productivity of different methods of grape production using data envelopment analysis. *Sustainable Agricultural Science Research*, 52(1), pp. 79-100.
36. Rajabi, M. H., Soltani, A., Vhidnia, B., Zeinali, E. and Soltani, E.. 2011. Evaluation of fuel consumption in wheat fields in Gorgan. *Environmental Sciences* 9(2), pp. 143-164 (In Persian).
37. Rashidi, K., Azizpanah, A., Fathi, R. and Taki, M., 2024. Efficiency and sustainability: evaluating and optimizing energy use and environmental impact in cucumber production. *Environmental and Sustainability Indicators*, 22, p.100407.
38. Rastegar, H., Lotfalian Dehkordi, A., Abedi, A. and Taki, M., 2020. Application of data envelopment analysis (DEA) in order to reduction of consumption inputs in silage corn production in the Shahrekord County. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 51(2), pp.247-261. (In Persian).
39. Rattanatum, T., Frauzem, R., Malakul, P. and Gani, R., 2018. LCSoft as a tool for LCA: new LCIA methodologies and interpretation. pp. 13-18. *In*: Espuña, A., Graells, M. and Puigjaner, L. (Ed), Computer Aided Chemical Engineering. Elsevier, Amsterdam.
40. Seyedan, S.M. and Mottaghi, M., 2019. Determination of the physical and economic water productivity for grain and forage corn under modern and traditional irrigation systems in Hamadan Province. *Journal of Water and Sustainable Development*, 6(1), pp. 1-8.
41. Singh, P., Singh, G., Sodhi, G.P.S. and Sharma, S., 2021. Energy optimization in wheat establishment following rice residue management with Happy Seeder technology for reduced carbon footprints in north-western India. *Energy*, 230, p.120680.
42. 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, pp.54-61.
43. Taki, M., Soheili-Fard, F., Rohani, A., Chen, G. and Yildizhan, H., 2018. Life cycle assessment to compare the environmental impacts of different wheat production systems. *Journal of Cleaner Production*, 197, pp.195-207.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

Comparison and Evaluation of Environmental Impacts of Silage Corn Production by Direct and Mechanized Cultivation Methods in Mehran Plain, Iran

Ramin Azizi [1], Amir Azizpanah [2*] and Rostam Fathi[3]

(Received: January 24-2025; Accepted: May 09-2025)

Abstract

Environmental crises and resource degradation have adversely affected food security worldwide. The aim of this study was to investigate the energy and environmental indicators of silage corn production in two direct and mechanized cropping systems in the Mehran Plain. The system boundary in this study included the input to harvest. The results showed that the consumption of electricity (38.74%) and diesel fuel (23.35%) accounted for the highest energy consumption in the production of one hectare of silage corn using the direct seeding method, while in the mechanized seeding method the consumption was (45.95%) and (24.65%) respectively. The results also showed that the average technical efficiency, net technical efficiency, and scale efficiency for direct cultivation and mechanized cultivation were 84.83% and 96.06%, 87.97% and 92.89%, 98.31%, and 94.36%, respectively. The results of the life cycle assessment showed that indirect emissions from the utilization of phosphorus and urea fertilizers had the greatest impact on ecosystem quality in direct and mechanized cultivation. In order to improve the efficiency of silage corn production and reduce its environmental impacts, it is recommended that the direct cultivation method be promoted due to its higher efficiency and lower energy consumption.

Keywords: Energy, Envelope analysis, Life cycle, Silage corn.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-08-03]

1. M.Sc. Graduate, Department of Biosystems Mechanics, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Biosystems Mechanics, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
3. Ph.D. Graduate, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
*: Corresponding Author, Email: a.azizpanah@ilam.ac.ir

[DOI: 10.47176/ijae.13.3.13354]