دوازدهمین کنگره ملی
مهندسی مکانیک بیوسیستم
و مکانیزاسیون ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ - ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۸
دانشگاه شهید چمران اهواز
انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

# بررسی سیر انرژی نهاده‌ها و ماشین‌آلات و مولفه‌های آن در نظام تولید ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای

هادی عباسی [۱*]، عبدالرضا احمدی [۱]، رضا یگانه [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی،دانشکده کشاورزی،دانشگاه ایلام
۲- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی،دانشکده کشاورزی،دانشگاه ایلام

## چکیده

گردش انرژی از مباحث مهم بوم شناسی کشاورزی است و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در اکوسیستم‌های مختلف کشاورزی محاسبه شده است. در این تحقیق ضمن بررسی روند و میزان مصرف انرژی در تولید محصولات ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای در طی دروه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ در ایران انواع شاخص‌های کارایی انرژی محاسبه شده و اثر انرژی بر بهره‌وری محصولات مذکور مورد تحلیل قرار گرفته است. نهاده‌های مورد بررسی در محاسبه مصرف انرژی شامل نیروی انسانی، سوخت (برق و گازوئیل)، کود شیمیایی و حیوانی، سموم و بذور مصرفی و ستانده شامل عملکرد محصول ذکر شده بود. معادل انرژی هر یک از نهاده‌ها با ضرب مقدار مورد استفاده از هر نهاده در هم ارزی انرژی آن محاسبه شد. شاخص‌های انرژی محاسبه شده برای هر محصول در هر سال شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص بودند. نتایج تحقیق نشان داد که انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تمام محصولات مورد بررسی در طی سال‌های مورد مطالعه افزایش یافته است. نسبت انرژی و بهره‌وری در تمام محصولات مورد بررسی یک روند افزایشی را در طی سال‌های مورد مطالعه نشان داد. یافته‌های حاصل از این بررسی نشان داد که میزان انرژی مستقیم و غیرمستقیم برای تولید ۱ تن دانه ذرت به ترتیب معادل با ۸۰۴ و ۲۷۸مگاژول بر تن و برای تولید علوفه ذرت برابر با ۲۹۷۲و ۱۲۵۷ مگاژول بر تن می‌باشد. همان‌طور که مشهود است سهم انرژی‌های غیرمستقیم در هر دو نظام تولیدی بیشتر از منابع انرژی‌های مستقیم می‌باشند.

***واژگان** کلیدی: انرژی خالص، بهره‌وری، نهاده-ستانده، ذرت، کشاورزی.*

* نویسنده مسئول: hadyabasy70@gmail.com

**مقدمه**

طبق گزارش سازمان ملل متحد و اداره آمار آمریکا، جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ با رشد ۲۵ درصدی، از ۶/۴ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۶، به ۸ میلیارد نفر در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید که بیشتر این افزایش جمعیت مربوط به کشورهای در حال توسعه خواهد بود. افزایش قابل‌توجه جمعیت و رشد اقتصادی در دهه‌های آتی در الگوئی نامتقارن به سمت کشورهای درحال توسعه، سبب شده است که تقاضای انرژی نیز دستخوش رشدی شدید شود. بنابراین نگرانی‌های امنیتی و زیست‌محیطی ناشی از افزایش تقاضای انرژی‌های فسیلی و تجدیدناپذیر نیز تشدید می‌شود [۴]. امروزه بخش کشاورزی نه تنها مصرف‌کننده انرژی است بلکه مهم‌ترین عرضه‌کننده انرژی به صورت بیوانرژی نیز محسوب می‌شود. با توجه به اینکه بخش کشاورزی از طرفی با محدودیت منابع تولید روبرو بوده و از سوی دیگر تأمین‌کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد می‌باشد، باید تعادل و توازنی بین جریان برداشت و بهره‌وری از منابع تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود [۱]. در عصر کنونی تولید و سودآوری کشاورزی به مصرف انرژی ارتباط دارد. از طرفی همه اکوسیستم‌های کشاورزی از نوع ساده آن در کشاورزی اولیه تا اکوسیستم‌های کشاورزی فشرده امروزی به انرژی ورودی توسط انسان و آنچه به‌وسیله خورشید فراهم می‌شود نیاز دارند. به علت برداشت زیاد انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی به شکل محصول قابل‌برداشت، تزریق انرژی خارج از سیستم ضروری است. لذا به منظور ثبات تولید مجبور به تزریق انرژی به بوم نظام‌های زراعی می‌باشیم. که مقدار انرژی ورودی به سیستم‌های کشاورزی در طول تاریخ و در زمان حاضر تغییرات زیادی نموده است [۵].

سیستم تولیدات کشاورزی در دنیا به دلیل استفاده از مکانیزاسیون، کودها و سموم شیمیایی و بذرهای اصلاح شده به طور عمیقی تغییریافته است و درنتیجه، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در جریان انرژی مصرفی در بخش کشاورزی ایجاد و موجب وابستگی بیشتری به انرژی سوخت فسیلی شده است. این تغییر الگوی مصرف انرژی، مشکلاتی از قبیل گرم شدن محیط زیست ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی آب و خاک و غیره را ایجاد کرده است [۹]. نتایج تحقیق خان و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که کود شیمیایی بترتیب ۴۷، ۴۳ و ۲۹ درصد از کل انرژی ورودی در تولید گندم، برنج و جو در استرالیا را به خود اختصاص داده است. انرژی ورودی گندم، برنج و جو بترتیب ۳۰۲۸، ۶۶۹۹ و ۲۱۷۵ کیلووات ساعت در هکتار محاسبه شد در صورتی که انرژی خروجی برای گندم، برنج و جو بترتیب ۲۷۸۷۴، ۴۴۸۸۵ و ۱۷۸۶۵ کیلووات ساعت در هکتار بدست آمد. گندم بیشترین بهره‌وری (۱/۶۱ کیلوگرم/کیلووات ساعت) و کارایی انرژی (۹/۲۱) را در مقایسه با جو و برنج داشت، درحالی‌که انرژی ویژه و بهره‌وری آب در جو (۰/۷۸ کیلووات ساعت/کیلوگرم و ۳/۲۷ کیلوگرم/کیلووات ساعت) در مقایسه با برنج (۰/۶۸ کیلووات ساعت/کیلوگرم و ۰/۵۸ کیلوگرم/کیلووات ساعت) و گندم (۰/۶۲ کیلووات ساعت/کیلوگرم و ۱/۷۱ کیلوگرم/کیلووات ساعت) بیشتر بود. همچنین ارزش تولید برای محصول گندم ۳۲۳، برنج ۸۹۶ و جو ۲۴۶ دلار در هکتار بود که نسبت سود به هزینه در برنج (۳/۳۳) در مقایسه با گندم (۲/۸۲) و جو (۲/۵۰) بالاتر بود [۱۱].

با توجه به اینکه غلات در زنجیره غذایی کشور ما دارای اهمیت بالایی هستند بطوریکه گندم، جو، برنج و ذرت مجموعاً حدود ۷۰ درصد از سطح کل اراضی زراعی ایران را شامل می‌شود [۱۰] و از طرفی، گسترش روزافزون استفاده از نهاده انرژی در تولید محصولات بخش کشاورزی و همچنین محدودیت منابع تولید انرژی همانند نفت و آب از یک سو و اجرای لایحه هدفمندسازی یارانه‌ها که افزایش قیمت نهاده انرژی را به همراه خواهد داشت، بررسی سیر انرژی و تعیین نهاده‌های

تأثیرگذار بر روند کارایی و بهره‌وری انرژی غلات در طی زمان بیش از پیش ضرورت می‌یابد. همچنین استفاده مؤثر از انرژی در بخش کشاورزی نقش اساسی درپایداری تولید، بهینه‌سازی اقتصادی سیستم، حفظ ذخایر سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا دارد. تجزیه و تحلیل انرژی در کشاورزی می‌تواند در ارزیابی فشار فعالیت‌های انسان بر تعادل و ثبات محیطی موجود در الگوهای جریان انرژی و تغییر آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. به همین منظور در این پژوهش به بررسی وضعیت این شاخص‌ها در مصرف انرژی‌بخش کشاورزی ایران طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۰ پرداخته می‌شود.

## روش تحقیق

روش تحقیق در این مطالعه از نوع توصیفی و استنباطی و مبتنی بر شیوهٔ علی و همبستگی است. بدین ترتیب که پس از شناسایی و محاسبهٔ متغیرهای مورد نظر، رابطهٔ آن‌ها بررسی و نحوهٔ تأثیرگذاری آن‌ها مشخص شد. اطلاعات مورد نیاز مطالعه بر اساس داده‌های سری زمانی طی دوره ۱۳۹۵—۱۳۹۰ می‌باشد که از منابع مختلفی مانند جهاد کشاورزی و ترازنامه‌های انرژی وزارت نیرو و آمارنامه‌های بانک مرکزی و مرکز آمار ایران تهیه گردید. در این پژوهش محصول زراعی ذرت و هفت نهاده مهم در تولید کل محصولات (نیروی انسانی، ماشین‌آلات، انرژی مستقیم (برق، سوخت فسیلی)، کود (شیمیایی و حیوانی)، بذر، سموم و آب) لحاظ گردید.

## شاخص‌های انرژی

### کارایی مصرف انرژی

این شاخص نشان‌دهنده این است که به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی در هکتار به منظور تولید، چه میزان انرژی برداشت شده است. هر چه قدر این نسبت بزرگ‌تر باشد، نشان می‌دهد که کارایی انرژی در بخش کشاورزی بالاتر می‌باشد. این شاخص بدون واحد است و به همین دلیل امکان مقایسه کارایی انرژی بین محصولات مختلف وجود دارد.

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{\text{انرژی استانده}}{\text{انرژی نهاده}} \qquad (۱)$$

### بهره‌وری انرژی

این شاخص بیانگر این می‌باشد که به ازای هر مگاژول در هکتار انرژی نهاده مصرفی، چند کیلوگرم در هکتار ستاده حاصل شده است. هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، نشانگر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی می‌باشد. بهره‌وری انرژی بسته به نوع محصول زراعی متفاوت است و هر اندازه اتکای سیستم به انرژی ورودی بیشتر باشد مقدار آن کاهش می‌یابد. واحد صورت کسر برحسب کیلوگرم در هکتار و مخرج برحسب مگاژول، گیگاژول یا کیلوکالری بر هکتار می‌باشد.

$$\text{بهره‌وری انرژی (کیلوگرم/مگاژول)} = \frac{\text{مقدارستاده (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی تهاده (مگاژول بر هکتار)}} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

**انرژی خالص**

این شاخص بیانگر خالص انرژی خروجی از مزرعه می‌باشد. منفی بودن این عدد نشان‌دهنده آن است که به‌اندازه‌ای که انرژی وارد مزرعه شده، انرژی خارج نشده است و درنتیجه عدم کارایی مصرف انرژی وجود دارد.

انرژی خالص (مگاژول/هکتار) = انرژی ستانده − انرژی نهاده (رابطه ۳)

**تجزیه و تحلیل**

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Sigma plot انجام شد. برای ترسیم اشکال از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

**نتایج و بحث**

**ارزیابی شاخص‌های انرژی تولید دانه و علوفه ذرت در یک واحد کارکردی**

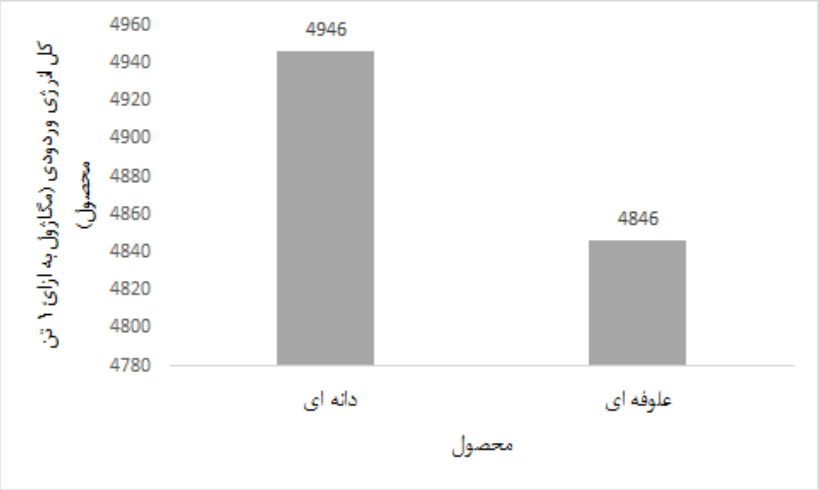
**کل انرژی ورودی**

نتایج این بررسی نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید ۱ تن دانه ذرت معادل با ۴۹۴۶ مگاژول بود (شکل ۱). درحالی‌که میزان کل انرژی ورودی برای تولید ۱ تن علوفه ذرت معادل با ۴۸۴۶ مگاژول می‌باشد. که این امر نشان می‌دهد که کل انرژی ورودی در نظام تولیدی دانه به‌طور قابل‌توجهی از نظام تولید علوفه بیشتر است. انرژی ورودی برای تولید دانه یا علوفه شامل نیروی انسانی، سوخت، سموم، کود، آبیاری و ... است. که در این میان بیشترین سهم انرژی مصرفی برای تولید دانه به ترتیب به مصرف کود دامی، نیتروژن، بذر و آب آبیاری اختصاص دارد (شکل ۱). تقریباهمین روند را می‌توانیم در رابطه با انرژی مصرفی تولید علوفه نیز شاهد باشیم. کود دامی (کودهای آلی) با ۴۵ درصد بیشترین سهم را در انرژی ورودی در تولید دانه ذرت دارند. این در حالی است که ۶۵ درصد از انرژی مصرفی در تولید علوفه، مربوط به کود دامی می‌باشد و بیشترین سهم بعد از کود دامی به کودهای نیتروژن ( کودهای شیمیایی) تعلق دارد (در تولید دانه و علوفه به ترتیب ۳۵,۱۵ ٪ و ۲۴,۲۱٪) که نشان می‌دهد تولید دانه و علوفه ذرت بسیار به کود دامی و کود نیتروژن وابسته هستند.

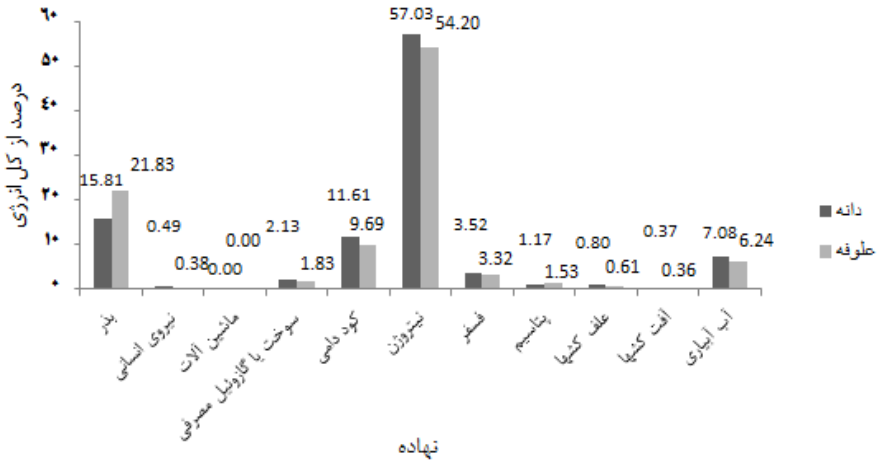
محققان [۷] در محاسبه بهره‌وری انرژی کشت حفاظتی ذرت در ایتالیا مقدار انرژی نهاده کشت این محصول را ۴۹/۹۰ گیگاژول بر هکتار برآورد کردند و نسبت انرژی ۲/۴۵ را به دست آوردند. عملکرد متوسط ذرت در ترکیه به عملکرد متوسط در ایران نزدیک‌تر بوده و ۶/۶ تن در هکتار گزارش شده است. لذا به علت انرژی نهاده کمتر نسبت انرژی در کشت ذرت در ترکیه ۳/۸ محاسبه شده است. سهم کودهای شیمیایی از کل انرژی نهاده در کشت ذرت در ایتالیا [۶]. ۲ برابر معادل آن در ایران می‌باشد و ۷۴ درصد کل انرژی نهاده تولید ذرت را به خود اختصاص داده است.

انرژی معادل آبیاری در کشت ذرت توسط محققان [۲]. معادل ۳/۸۶ گیگاژول در هکتار و در ایران تقریباً معادل ۲۰ گیگاژول در هکتار محاسبه شده است. در مقایسه مصرف انرژی تولید ذرت در ایران با منابع خارجی، مصرف بالای برق جهت آبیاری مزارع، دلیل عمده پایین بودن نسبت انرژی تولید ذرت در ایران می‌باشد. دلیل مصرف بالاتر انرژی آبیاری، پایین بودن بازده آبیاری در اکثر مناطق ایران می‌باشد که نیاز به تغییر روش‌های آبیاری را به وضوح بیان می‌کند. در حال حاضر به دلیل روش‌های سنتی و کم بازده آبیاری و تبخیر زیاد، چندین برابر نیاز واقعی گیاه، آب پمپاژ می‌شود. تفاوت‌ها

در اقلیم ایران و تعرق بیشتر گیاه در شرایط آب و هوایی ایران، همچنین میانگین بارندگی کمتر نسبت به ترکیه و ایتالیا از دلایل دیگر نیاز به مصرف بیشتر آب و بالا بودن انرژی آبیاری در کشاورزی ایران می‌باشد.



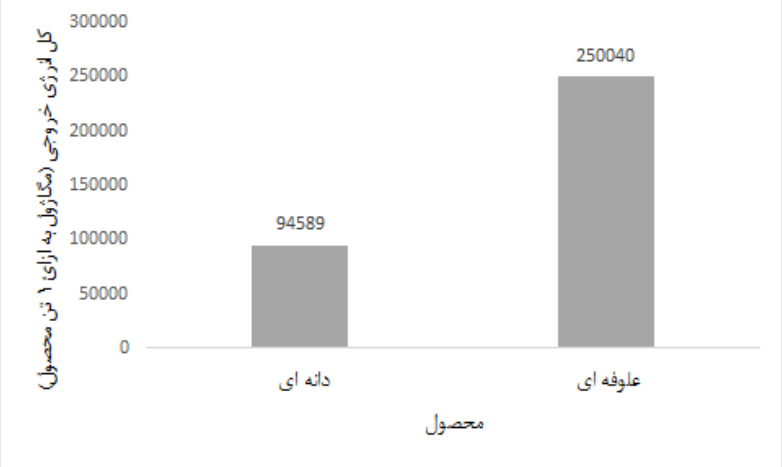

**شکل ۱-کل انرژی ورودی برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**




**شکل ۲- درصد از کل انرژی‌های ورودی هر مولفه برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**

## کل انرژی خروجی

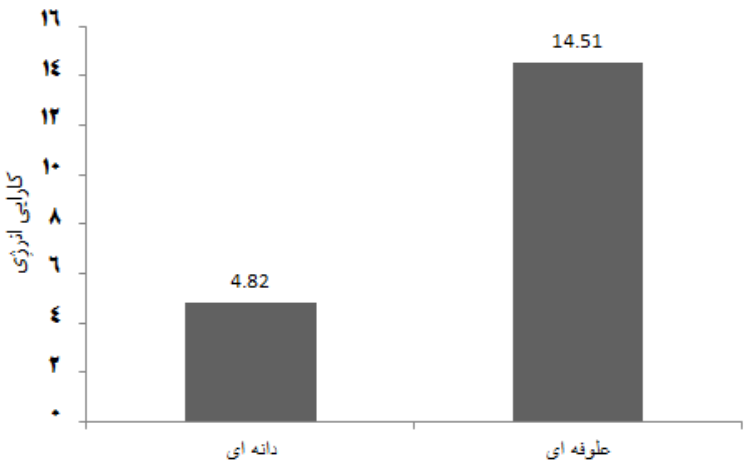
نتایج این بررسی نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید ۱ تن دانه ذرت معادل با ۹۴۵۸۹ مگاژول بود. و در خصوص نظام تولید علوفه، این انرژی برابر با ۲۵۰۰۴۰ مگاژول به ازاء یک تن ذرت بود. محققان گزارش کردند با افزایش انرژی ورودی، انرژی خروجی افزایش می‌یابد و بالعکس. تولید انرژی خروجی بیشتر در مقایسه با ورود انرژی کمتر در سیستم‌های تولید، نشاندهنده کارایی بالای سیستم تولید می‌باشد که یافته‌ها در این تحقیق ، همین امر را نشان می‌دهد.



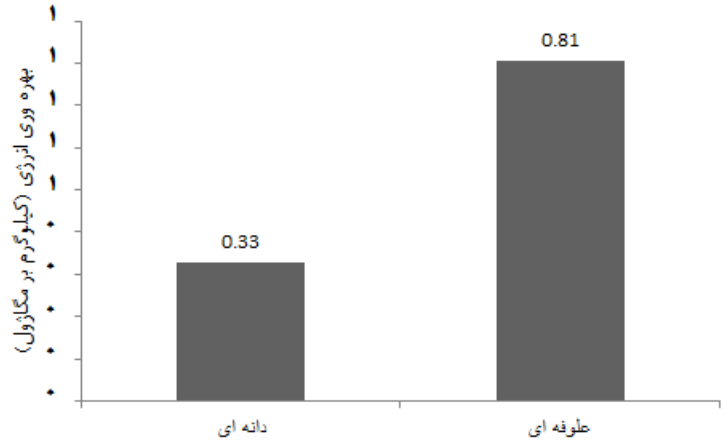

**شکل ۳- کل انرژی خروجی برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**

### کارایی مصرف انرژی (نسبت انرژی) و بهره‌وری انرژی

به دلیل مشابه بودن روند کارایی و بهره‌وری انرژی در محصولات مورد بررسی این دو پارامتر را باهم مورد بررسی قرار می‌دهیم. میزان بهره‌وری انرژی در محصولات مورد بررسی در شکل‌های زیر نشان داده شده است. به‌طور کلی میانگین کارایی انرژی در تولید دانه و علوفه ذرت بترتیب برابر با ۴/۸۲و ۱۴/۵۱(کیلوگرم در مگاژول) می‌باشد که به‌طور چشمگیری میزان کارایی انرژی در نظام تولید علوفه بیشتر از دانه است. افزایش کارایی انرژی در نظام تولید علوفه، نشان‌دهنده روند رو به افزایش انرژی خروجی (ستانده) (به دلیل رشد بیشتر عملکرد در واحد هکتار) نسبت به رشد انرژی ورودی بوده است. محققان در تحقیقی در ساوه میزان نسبت انرژی برای گندم آبی در زمین‌های زراعی بین ۲ تا ۱۰ هکتار را ۱/۰۴ برآورد کرده‌اند که در مقایسه با میانگین کشوری (۱/۲۲) رقم نسبتاً پایین‌تری است. دلیل این امر را می‌توان بالا بودن درصد سهم مصرف انرژی سوخت در هکتار دانست به‌نحوی‌که علاوه بر مصرف سوخت در ماشین‌های کشاورزی، مصرف انرژی در پمپ‌های چاه نیز لحاظ گردیده است [۳].



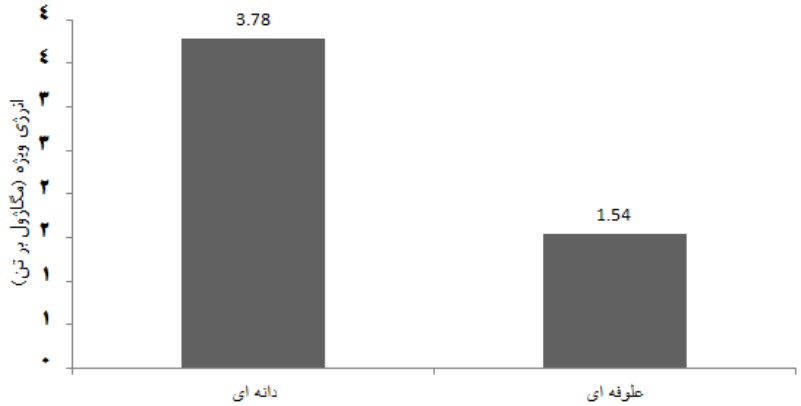

**شکل ۴-کارایی انرژِی برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**




**شکل ۵-بهره‌وری انرژیِ برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**

### انرژی ویژه

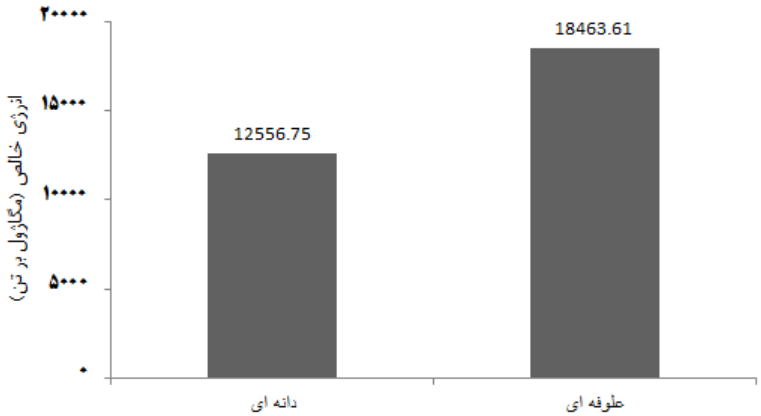
به‌طور کلی میانگین انرژی ویژه در تولید دانه ذرت برابر با ۳/۵۷(مگاژول بر تن دانه) می‌باشد. درحالی‌که میانگین انرژی ویژه در نظام تولید علوفه ذرت میزان ۱/۵۴(مگاژول بر تن علوفه) را نشان داده است. هرچه مقدار انرژی ویژه بزر گتر باشد، بیانگر هدررفت بیشتر انرژی است. به عبارت دیگر برای تولید هر کیلوگرم دانه، مقدار انرژی بیشتری نسبت به تولید علوفه هدر می‌رود. در پژوهش‌های انجام شده در مورد کلزا، مقادیر انرژی ویژه در سیستم کشت آبی کلزا ۸,۸۴ مگاژول در کیلوگرم محاسبه گردید [۸ و ۹].




**شکل ۶- انرژیِ ویژه برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**

### انرژی خالص

این شاخص بیانگر انرژی خالص خروجی از مزرعه می‌باشد که در کشاورزی پایدار به دلیل استفاده بهینه از منابع و تولید پایدار، انرژی خالص سیستم‌ها در فرآیند تولید محصولات زراعی مثبت است. بررسی روند انرژی خالص در تولید دانه ذرت ۱۲۵۵۶ مگاژول بر هکتار را نشان داده است و انرژی خالص تولید علوفه ذرت ۱۸۴۶۳ مگاژول بر هکتار گزارش شده است. منفی بودن عدد انرژی خالص نیز نشان‌دهنده آن است که به‌اندازه‌ای که انرژی وارد سیستم شده، انرژی خارج نشده است و در این صورت عدم کارایی مصرف انرژی وجود دارد [۱۰ و ۱۳].




**شکل ۷- انرژی خالص برای تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**

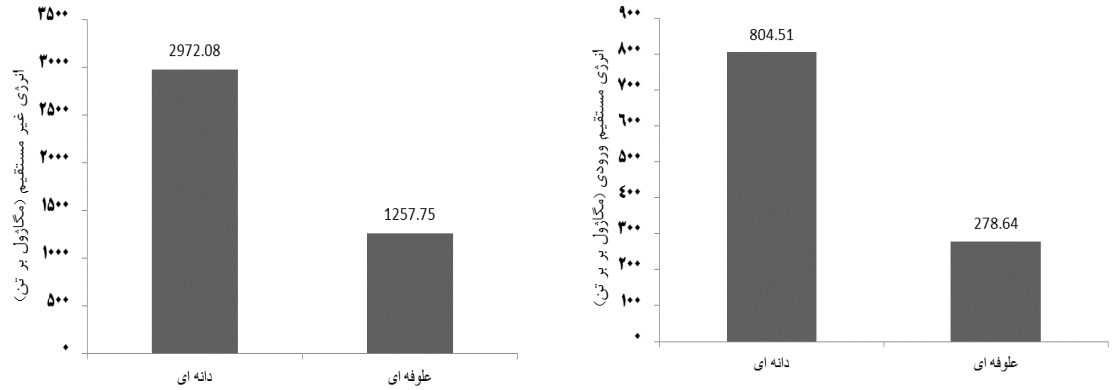
انرژی خالص تولید برنج در کشور استرالیا با ۱۳۷ /۴۷ گیگاژول در هکتار نسبت به کشور ما با ۱۷/۹۵ گیگاژول در هکتار بسیار بالا می‌باشد که دلیل آن عملکرد بالای برنج در کشور استرالیا (۹/۸ تن در هکتار) نسبت به کشور ما (۴/۰۷ تن در هکتار) می‌باشد. با توجه به نتایج محققان [۳] عملکرد متوسط ذرت ترکیه به عملکرد متوسط ایران نزدیک بوده درنتیجه انرژی خروجی از کشت ذرت در هر دو کشور تقریباً یکسان می‌باشد ولی به دلیل بالا بودن انرژی ورودی در کشور ما (۶۱/۳۲ گیگاژول در هکتار) نسبت به ترکیه (۲۵/۵۸ گیگاژول در هکتار)، انرژی خالص در ایران پایین می‌باشد. متوسط انرژی خالص در ایران و ترکیه بترتیب ۳۵/۶۹ و ۷۱/۶۲ گیگاژول در هکتار می‌باشد.

**انرژی مستقیم و غیرمستقیم انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر**

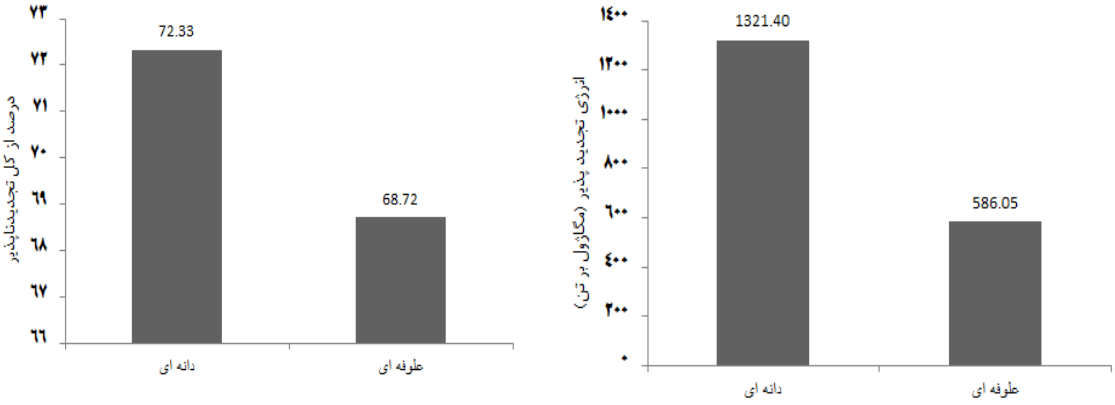
یافته‌های حاصل از این بررسی نشان داد که میزان انرژی مستقیم و غیرمستقیم برای تولید ۱ تن دانه ذرت به ترتیب معادل با ۸۰۴ و ۲۷۸مگاژول بر تن و برای تولید علوفه ذرت برابر با ۲۹۷۲و ۱۲۵۷ مگاژول بر تن می‌باشد. همان‌طور که مشهود است سهم انرژی‌های غیرمستقیم در هر دو نظام تولیدی بیشتر از منابع انرژی‌های مستقیم می‌باشند.

نتایج بدست آمده بیان داشته که میزان انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر برای تولید ۱ تن دانه ذرت به ترتیب برابر است با ۱۳۲۱و ۵۸۶ مگاژول بر تن و در رابطه با نظام تولید علوفه ذرت میزان ۷۲/۳۳ و ۶۸/۷۲ مگاژول بر تن گزارش گردیده است. شاهد افزایش چند درصدی و قابل‌ملاحظه‌ی سهم انرژی‌های تجدید پذیر در سیستم‌های تولید دانه و علوفه ذرت می‌باشیم. که نشاندهنده وابستگی کشاورزی این منطقه در تولید دانه و علوفه ذرت به انرژی‌های تجدیدپذیر است. درصد سهم بیشتر انرژی‌های غیرمستقیم و تجدید پذیر ، نشان می‌دهد که اثر انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدپذیر در افزایش عملکرد بیشتر از انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر بود.

محققان [۱۲] به تحلیل کارایی مصرف انرژی در تولید کلزا پرداختند. آن‌ها متوسط کارایی مصرف انرژی برای تولید کلزا را معادل ۴/۸ بدست آوردند که این میزان با افزایش اندازه مزارع، بیشتر می‌شود مطابق نتایج این بررسی، انرژی مصرف شده در مزارع بزرگ‌تر کارایی بیشتری دارد. بیشترین انرژی مصرفی در تولید کلزا متعلق به کود شیمیایی با ۶۴/۶۶ درصد و بعد از آن سوخت دیزل (۲۴/۴۵ درصد) و سموم شیمیایی (۴/۱۴ درصد) داشتند.




**شکل ۸- میانگین انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**




**شکل ۹-میانگین انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در تولید ۱ تن دانه و علوفه ذرت**

## نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهند کارایی انرژی محصولات ذرت در منطقه در طی زمان افزایش یافته است اما این افزایش در کارایی، با افزایش انرژی‌های ورودی مانند کود دامی و کودهای شیمیایی همراه بوده است که نشان‌دهنده وابستگی روزافزون بوم نظام‌های زراعی کشور به منابع تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر است، زیرا اختلاف نسبتا کمی بین درصد این دو انرژی در نظام‌های تولید دانه و علوفه دیده شد، به همین جهت باوجود میزان درصد بالاتر انرژی‌های تجدیدپذیر ولی نباید از این مقدار درصد از مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر غافل شد. نیاز است تا بوم نظام‌های زراعی را بسمت کشاورزی پایدار برای استفاده بهینه از منابع تولید و کاهش دادن نهاده انرژی به‌ویژه نهاده‌های با مصرف بالا ازجمله کودهای شیمیایی، بذر و آب آبیاری سوق داده و ترغیب نماییم. بهره‌گیری از منابع تجدیدشونده‌ی بیشتر ازجمله کودهای آلی و کمپوست و یا استفاده از کودهای طیور، برای جذب بیشتر و بهتر ریزمغذی‌ها و کاهش مقدار استفاده از انرژی‌های صنعتی ، باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی خواهد شد.

**منابع**


۱. بهشتی تبار، ا.، ۱۳۸۷. بررسی انرژی نهاده- ستانده بخش زراعت کشاورزی ایران (۸۵-۱۳۶۹). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران.

۲. پیمان، م. ح.، روحی، ر. و علیزاده، م. ر.، ۱۳۸۴. تعیین انرژی مصرفی در دو روش سنتی و نیمه مکانیزه برای تولید برنج (بررسی موردی در استان گیلان). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶ (۲۲): ۶۷-۷۹.

۳. تقوی، د.، اجلی، ج.، ولدیانی، ع.، و فتاحی، ا.، ۱۳۸۶. ارزیابی بیلان انرژی در زراعت جو دیم ( Hordeum vulgar L) استان آذربایجان غربی. مجله دانش نوین کشاورزی. ۷: ۴۱-۴۹.

۴. حسن‌تاش، س، غ.، نادریان، م، ا.، ۱۳۸۷. ارزیابی پتانسیل‌ها و مزایای کاهش شدت انرژی در کشورهای عضو اوپک. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱(۱۶): ۱۸۴-۱۵۷.

۵. کوچکی، ع.، ۱۳۷۳. کشاورزی و انرژی (نگرش اکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

۶. یوسفی، م.، ۱۳۸۹. مطالعه کارایی انرژی و پایداری بوم نظام‌های زراعی تولید گندم در شهرستان کنگاور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی.

7. Alam, M.S., Alam, M.R. and Islam, K, K., 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Science. vol. 3: 21 220.
8. Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O., Erdal, H., 2007. An economic analysis and energy use in stake–tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy: 32:1873–81.
9. Food and Agriculture Organization (FAO). 2011.Statistics Faostat-Agriculture.
10. Hatirli, S.A., Ozkan, B., Fert, C., 2005. An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 9: 608–623.
11. Khan, S., Khan, M, A., and Ltife, N., 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Soil & Environ. 29(1): 61-68.
12. Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C., 2004, Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy. 29, 39-51.
13. Yilmaz, L., Akcaoz, H., Ozkan, B., 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy. 30:145–55.

# Investigating the energy course of inputs and machinery and its components in corn and forage production system

## Abstract

Energy turnover is one of the most important issues in agricultural ecology and in different parts of the world the ratio of energy input and output in different agricultural ecosystems has been calculated. 1395-1390 In Iran, various types of energy efficiency indices have been calculated and the effect of energy on productivity of these products has been analyzed. The inputs included in the calculation of energy consumption included manpower, fuel (electricity and diesel), chemical and animal fertilizers, pesticides and seeds consumed, and inputs including product performance. The energy equivalent of each input was calculated by multiplying the amount used by each input in its energy equivalence. The energy indices calculated for each crop per year included energy ratios, energy productivity, and net energy. The results showed that the energy inputs and outputs of all the products studied increased during the years studied. Energy and productivity ratios in all the products studied showed an increasing trend over the years studied. The results of this study showed that the amount of direct and indirect energy for production of 1 ton of maize grain was 804 and 278 MJ / ton respectively and for corn forage production was 2972 and 1257 MJ / ton, respectively. As can be seen, the share of indirect energy in both production systems is higher than that of direct energy sources.

**Keywords:** Clean Energy, Productivity, Input-Output, Maize, Agriculture.