10.22092/rafhc.2020.121524.1133

نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی
جلد ۸، شماره ۲، سال ۱۳۹۸

ارزیابی و مقایسه مصرف انرژی سیستم‌های تولید یونجه شهرستان‌های استان البرز

Evaluation and comparison of the energy consumption in Alfalfa production systems in different regions of Alborz province

محمد منافی دستجردی[۱]، امیر کوهنورد[۲]

۱. دانشجوی دکترا، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی، ایران.
۲. کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰

منافی دستجردی، م. و کوهنورد، ا. ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسه مصرف انرژی سیستم‌های تولید یونجه شهرستان‌های استان البرز. **نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی ۸(۲): ۳۱۰- ۲۹۷.**

چکیده

مدیریت تخصیص یکی از راهکارهای اصلی و شناخته‌شده توسعه پایدار کشاورزی است که باعث جلوگیری از تخریب بیشتر منابع طبیعی می‌گردد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع یونجه شهرستان‌های استان البرز صورت گرفت. شاخص‌های بازده انرژی، افزوده خالص انرژی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی کل ورودی و خروجی محاسبه شدند. جامعه آماری تحقیق شامل ۲۴۱ کشاورز یونجه کار درشهرستان‌های استان البرز در سال زراعی ۱۳۹۲ بود. نتایج نشان داد که در چهار منطقه مورد مطالعه استان شامل شهرستان‌های کرج، اشتهارد، نظرآباد و ساوجبلاغ حدودا ۶۵ درصد انرژی ورودی برای کشت یونجه به دو نهاده سوخت و بذر تعلق دارد. شهرستان اشتهارد با ۰/۰۹۵ کیلوگرم در مگاژول و شهرستان نظرآباد با ۰/۰۷۶ کیلوگرم در مگاژول به‌ترتیب بیشترین و کمترین بهره‌وری انرژی را در تولید یونجه داشتند. در بین چهار منطقه مورد مطالعه شهرستان اشتهارد با افزوده خالص انرژی ۳۹۲۴۱/۹ مگاژول در هکتار، شدت انرژی ۶/۵۵۴ مگاژول در مترمربع و انرژی ویژه ۱۰/۵۷۱ مگاژول در کیلوگرم از شرایط بهتری نسبت به سه منطقه دیگر برخوردار بود. در مجموع نتایج تحقیق نشان داد که مزارع یونجه شهرستان اشتهارد در مصرف انرژی کارآمدتر و دارای مدیریت بهتری نسبت به سه شهرستان دیگر بودند.

واژه‌های کلیدی: یونجه، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، بازده انرژی، افزوده خالص انرژی

نویسنده مسئول: m.manafi207@yahoo.com تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۵۸۱۹

مقدمه

درگذر توسعه کشاورزی از معیشتی به تجاری جنبه‌های اقتصادی تولید محصولات کشاورزی از اهمیت فراوانی برخوردار است. رشد جمعیت و افزایش مصرف سرانه که با سطح درآمد و زندگی افراد جامعه همبستگی زیادی دارد، دو چالش اساسی در تأمین نیازهای غذایی برای افراد جوامع در حال پیشرفت ازجمله ایران است. در این میان نقش استفاده مؤثر و بهینه از منابع محدود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۸).

مصرف بهینه انرژی در یک سیستم مستلزم شناخت و آگاهی کافی از ساختار درونی و الگوی مصرف انرژی در هر بخش می‌باشد. شاخص‌های انرژی یکی از مهم‌ترین ابزارهای ارزیابی وضعیت مصرف انرژی در هر بخش می‌باشند و تعیین این شاخص‌ها در هر یک از بخش‌ها ضمن فراهم کردن امکان مقایسه آن‌ها می‌تواند شناختی از روند گذشته و وضعیت موجود مصرف انرژی و تصویری از عملکرد آتی هر بخش در حوزه انرژی ارائه نماید. افزایش بهره‌وری نهاده‌های تولید (انرژی‌های ورودی) هدف نهایی سامانه‌های کشاورزی پایدار می‌باشد (۹). به‌همین منظور ارزیابی انرژی یک ابزار اندازه‌گیری میزان پایداری کشاورزی محسوب می‌شود که با محاسبه تمامی نهاده‌های ورودی به سیستم و محصول خروجی ممکن می‌شود. بنابراین با بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی در یک منطقه و انجام تحلیل‌های اقتصادی آن می‌توان بهره‌وری انرژی را در آن منطقه افزایش داد (۱۳). استفاده زیاد از نهاده‌ها در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع‌شده و همچنان ادامه دارد. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تأثیرگذار بر بخش کشاورزی، به‌طور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت و نهاده‌های دیگر قرار می‌گیرند (۵).

گردش انرژی یکی از مباحث مهم در بوم‌شناسی کشاورزی است و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در بوم نظام‌های مختلف زراعی محاسبه‌شده است. از این‌رو اهمیت انرژی باعث گسترش مطالعات مرتبط با بحث انرژی گردیده است. این تحقیقات می‌توانند اطلاعات زیادی راجع به مدیریت مزرعه و سایر شرایط در اختیار محققان و مدیران قرار دهند. در این زمینه مطالعاتی که در کشورها انجام شده است عمدتاً مربوط به محصولات زراعی می‌باشند. به‌طور مثال می‌توان به مطالعه ابراهیمی آق قلعه (۱) با هدف تجزیه و تحلیل نهاده و ستانده انرژی در کشت مکانیزه سیب‌زمینی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و منطق فازی در شهرستان اردبیل اشاره کرد. در این بررسی شاخص نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص کسب‌شده به‌ترتیب برابر ۱/۸، ۰/۳ کیلوگرم در مگاژول، ۳/۳۱ مگاژول در کیلوگرم و ۹۰۲۶ مگاژول

محاسبه گردید و میانگین عملکرد تولید نیز ۳۱۵۰۸/۳۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در مطالعه دیگر غلامی قجلو (۶) تأثیر اندازه سطح مزرعه و نوع سیستم کشت بر میزان مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و نرخ سود به هزینه‌های مزرعه در تولید محصول چغندرقند در استان آذربایجان غربی را بررسی کرد. مزارع به سه گروه، گروه اول کمتر از یک هکتار، گروه دوم بین یک تا دو هکتار و گروه سوم بیشتر از دو هکتار تقسیم شدند. نتایج نشان داد میانگین مجموع انرژی مصرفی در تولید در گروه‌های مزرعه‌ای به‌ترتیب ۴۰۲۴۹، ۴۶۴۶۶ و ۴۸۰۵۹ و مجموع انرژی خروجی در سه گروه مزرعه‌ای به‌ترتیب برابر با ۵۶۵۴۸۸، ۸۵۷۶۵۷ و ۱۰۸۱۹۲۰ مگاژول در هکتار و بازده انرژی در سه گروه مزرعه‌ای به‌ترتیب برابر با ۱۴/۵، ۱۸/۴۶ و ۲۲/۵۱ به دست آمد. بنابراین تولید محصول چغندرقند در این منطقه از نظر مصرف انرژی فرآیندی کم‌مصرف بوده است. مهرابی بشرآبادی و اسمعیلی (۱۰) در یک تحقیق وضعیت مصرف انرژی در بخش کشاورزی در ایران را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که نسبت خروجی به ورودی انرژی که معرف کارایی مصرف انرژی است، از میزان ۲/۵۲ در سال ۱۳۵۰ به ۱/۳۲ در سال ۱۳۸۶ کاهش‌یافته است و متوسط کارایی انرژی نیز در بخش کشاورزی در دوره مورد بررسی ۱/۴۲ بوده است. آنها همچنین نتیجه‌گیری نمودند که انرژی‌های ورودی به شکل تجدیدپذیر، مستقیم و غیرمستقیم تأثیری مثبت و معنی‌دار در انرژی خروجی دارند، اما انرژی ورودی به شکل تجدیدناپذیر بر انرژی خروجی در بخش کشاورزی تأثیر معنی‌داری ندارد.

تحقیق دیگری با هدف تحلیل مصرف انرژی در محصولات زراعی بهاره در منطقه چغلوندی استان لرستان انجام شد و شاخص‌های انرژی با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و همچنین پرسشنامه‌ای از ۱۱ مزرعه شاخص، برای محصولات لوبیا قرمز، خیار و یونجه بهاره در طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ تعیین شدند. شاخص نسبت انرژی در تولید لوبیا، خیار و یونجه به‌ترتیب ۰/۱۵،۰/۴۱ و ۳/۳۱ محاسبه شد. همچنین شاخص بهره‌وری انرژی که مقدار آن برحسب کیلوگرم در مگاژول بیان می‌شود در تولید لوبیا، خیار و یونجه به‌ترتیب ۰/۰۳، ۰/۱۸ و ۰/۲۱ بود (۴). کاراکاسیر و همکاران (۱۵) با بررسی تجزیه مصرف انرژی چند محصول در کشور تایلند، گزارش کردند که محصول سویا چه در فصل خشک و چه در فصل مرطوب دارای بازده انرژی پایینی (۳/۷-۲) نسبت به سایر گیاهان بود و بالاترین میزان بازده انرژی (۱۰/۱-۹/۳) به گیاه نیشکر اختصاص یافت. گزارش‌شده که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده در کشور ترکیه به ازای هر هکتار در طی ۲۵ سال از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش‌یافته است. در حالی که میزان انرژی خروجی طی همین مدت با رشدی کمتر از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است

و در مجموع طی ۲۵ سال کارایی مصرف انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش‌یافت (۱۵).

با توجه به اهمیت مصرف و قیمت انرژی در کشت یونجه در کشور که به‌منظور تغذیه دام‌های شیری و گوشتی کاربرد زیادی دارد عنایت به این نکته که تاکنون تحقیقات مناسبی در زمینه بررسی الگوی مصرف انرژی و نهاده‌های مربوطه در مورد کاشت، داشت و برداشت این گیاه صورت نگرفته است، این مطالعه برای اولین بار در استان البرز به‌منظور ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع یونجه شهرستان‌های استان البرز انجام شد. شناسایی متغیرهای دخیل در کارایی مصرف انرژی و ارتقا آن برای تحلیل مسائل مختلف در نظام‌های کشاورزی پایدار، حفظ منابع محیطی، جلوگیری از تخریب محیط‌زیست و بهینه‌سازی مصرف انرژی از اهداف این پژوهش بودند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

استان البرز با وسعت ۵۸۰۰ کیلومترمربع در شمال ایران و در دامنه رشته‌کوه‌های البرز مرکزی قرار دارد. این استان از شمال با استان مازندران، از غرب با استان قزوین، از شرق و جنوب شرقی با استان تهران و از جنوب غربی با استان مرکزی همسایه است و ازنظر جغرافیایی در ۵۱ درجه طول جغرافیایی و ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا قرار دارد. شهرستان‌های استان کرج، ساوجبلاغ، نظرآباد، اشتهارد و طالقان هستند. محصولات زراعی تولیدشده در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۹۱۰۸۵۴ تن بود که معادل ۶۳/۶۱ درصد از کل تولیدات کشاورزی استان را به خود اختصاص داد. میزان تولید یونجه در سال ۱۳۹۵ در استان البرز ۲۲۴۱۶ تن و متوسط عملکرد یونجه در استان ۱۰۱۰۹ کیلوگرم در هکتار بود. از تولیدات عمده زراعی این استان می‌توان به گندم، جو، یونجه، ذرت علوفه‌ای، سیب‌زمینی، پیاز و انواع سبزی‌ها اشاره کرد (۳).

برای محاسبه شاخص‌های انرژی نیاز به جمع‌آوری داده‌ها از منطقه مورد مطالعه بوده که این داده‌ها برحسب نوع داده از طرق مختلف ازجمله مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه حضوری با کشاورزان در چهار شهرستان استان البرز (اشتهارد، کرج، نظرآباد و ساوجبلاغ) صورت گرفت. برای این منظور پرسشنامه‌ای طراحی شد و بین کشاورزان چهار شهرستان استان البرز پخش و داده‌ها جمع‌آوری گردید. جامعه آماری شامل کلیه کشاورزان یونجه کار بخش زراعت استان البرز بود که بر اساس آخرین آمار سازمان جهاد کشاورزی استان برابر با ۶۴۵ کشاورز می‌باشند. بنابراین تعداد نمونه بر اساس جدول مورگان برابر ۲۴۱ یونجه کار استان البرز تعیین شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها در هر شهرستان برای هر متغیر میانگین گرفته شد و تمام نهاده‌های مصرفی در یک هکتار محاسبه گردید. در گام بعدی با در نظر گرفتن شدت انرژی برای

نهاده‌های ورودی و خروجی (جدول ۱) میزان مصرف انرژی کل در شهرستان‌های مورد مطالعه محاسبه شد(۱۱، ۱۲ و ۱۶). در این پژوهش مصرف انرژی در قسمت ماشین‌آلات کشاورزی و سوخت اعم از گازوئیل و روغن برای انجام عملیات مزرعه‌ای شامل خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت و نیز مصرف انرژی در قسمت‌های کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، بذر و نیروی انسانی محاسبه گردید. از محاسبه انرژی مصرف شده در عملیاتی که پس از برداشت انجام می‌شود، مانند انرژی مصرف‌شده در قسمت حمل و نقل به دلیل وجود مشکلاتی مانند عدم اطلاع دقیق کشاورزان از وسایل نقلیه حمل‌کننده و مسافت طی شده، صرف نظر شد. کل انرژی خروجی یا تولیدشده شامل محصول یونجه به دست آمده بود.

انرژی نهاده‌های تولید در کشاورزی را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم نمود: انرژی‌های مستقیم و انرژی‌های غیرمستقیم. انرژی‌های مستقیم شامل انرژی سوخت‌های فسیلی، نیروی انسانی، برق، آب و سوخت‌های زیستی می‌باشند. انرژی‌های غیرمستقیم مربوط به انرژی مصرف‌شده در تولید تجهیزات و سایر مواد مصرفی در کشاورزی است. از موارد مهم مصرف غیرمستقیم انرژی می‌توان به ماشین‌های کشاورزی، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، کودهای حیوانی، بذر، کودهای شیمیایی و آبیاری مزارع اشاره کرد (۱۴). همچنین انرژی نهاده‌های تولید در کشاورزی از نظر تجدید پذیر و تجدید ناپذیر بودن نیز به دو گروه تقسیم می‌شوند که انرژی‌های تجدید ناپذیر شامل کودهای شیمیایی، سموم، ماشین‌های کشاورزی و سوخت می‌باشند. و انرژی‌های تجدید ناپذیر شامل کودهای

جدول ۱- معادل‌های مقادیر انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع یونجه

متغیر		واحد	معادل انرژی (مگاژول)	منابع
الف – انرژی ورودی				
کودهای شیمیایی	نیتروژن (N)	(کیلوگرم)	۷۸/۱	(۱۱)
	فسفر (P_2O_5)	(کیلوگرم)	۱۷/۴	(۱۱)
	پتاس (K_2O)	(کیلوگرم)	۱۳/۷	(۱۱)
سموم شیمیایی	حشره‌کش	(لیتر)	۲۳۸	(۱۶)
	علف‌کش	(لیتر)	۲۳۸	(۱۳)
ماشین‌های کشاورزی	تراکتور	(ساعت)	۹۳/۱	(۱۴)
	ادوات و ماشین‌آلات	(ساعت)	۶۲/۷	(۱۴)
بذر یونجه		(کیلوگرم)	۲۳۰	(۱۵)
نیروی کارگری		(ساعت)	۱/۹۶	(۱۸)
سوخت		(لیتر)	۴۶/۳	(۱۲)
آب آبیاری		(مترمکعب)	۱/۰۲	(۱۰)
ب – انرژی خروجی				
محصول یونجه		(کیلوگرم)	۱۶/۹	(۱۶)

شیمیایی، ماشین‌آلات، سوخت و سموم شیمیایی هستند. در این تحقیق با توجه به این که عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد، انرژی مصرفی نیز برحسب مگا ژول در هکتار محاسبه شد (۱۷).

تحلیل و روش محاسبه داده‌ها

در تحقیق حاضر به بررسی روابط بین متغیرهای مختلف پرداخته شد تا از طریق آن میزان اهمیت و اولویت هر یک از متغیرهای تشکیل‌دهنده انرژی‌های ورودی و خروجی مزارع یونجه مشخص گردد. برای رسم نمودارها و همچنین محاسبه شاخص‌های انرژی از نرم‌افزار Excel استفاده شد. جهت تعیین رابطه انرژی نهاده‌ها و ستانده از شاخص‌های انرژی مانند بازده انرژی (Energy Ratio)، افزوده خالص انرژی (Net Energy Grain)، بهره‌وری انرژی (Energy Productivity)، انرژی ویژه (Specific Energy)، و شدت انرژی (Energy Intensity) به‌ترتیب از روابط (۱) تا (۵) استفاده شد (۲).

$$ER = \frac{\text{Energy}_{\text{output}}\left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}}\right)}{\text{Energy}_{\text{input}}\left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}}\right)} \quad (۱)$$

$$\text{Neg} = \text{Energy}_{\text{output}} - \text{Energy}_{\text{input}} \quad (۲)$$

$$EP = \frac{\text{Yield}\left(\frac{\text{Kg}}{\text{ha}}\right)}{\text{Energy}_{\text{input}}\left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}}\right)} \quad (۳)$$

$$\text{SE} = \frac{\text{Energy}_{\text{input}}\left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}}\right)}{\text{Yield}\left(\frac{\text{Kg}}{\text{ha}}\right)} \quad (۴)$$

$$\text{EI} = \frac{\text{Energy}_{\text{input}}\left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}}\right)}{10000} \quad (۵)$$

در روابط (۱) تا (۵)، انرژی ورودی و خروجی برحسب مگاژول بر هکتار و عملکرد یونجه برحسب کیلوگرم بر هکتار است.

نتایج و بحث

محاسبه شاخص‌های انرژی

در جدول ۲ مقدار هر یک از نهاده‌های مصرفی در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت گیاه یونجه به تفکیک شهرستان و نوع نهاده مشخص شده است. نتایج نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در تولید یونجه در شهرستان‌های مختلف استان البرز متفاوت بود. مصرف کودهای شیمیایی در شهرستان نظرآباد نسبت به شهرستان‌های دیگر بیشتر می‌باشد. به‌عنوان مثال مصرف کود نیتروژن در مزارع این شهرستان به‌طور متوسط ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار بود. همان طور که از جدول ۲ مشخص است بیشترین کود مصرفی در مزارع مربوط به کود نیتروژن می‌باشد. یکی از دلایل استفاده بیش از حد از این کود آتش زدن بقایای گیاهی مزارع بعد از برداشت محصول در مزارع استان جهت آماده‌سازی زمین برای محصول بعدی است. این کار علاوه بر پیامدهای زیست‌محیطی باعث کاهش حاصلخیزی خاک و مصرف بیشتر کودهای شیمیایی می‌شود. بنابراین می‌توان با تناوب زراعی مناسب، استفاده از کودهای زیستی آزادکننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی وابستگی کشاورزان به نهاده‌های شیمیایی را کاهش داد.

در مورد نهاده سموم شیمیایی بیشترین مقدار مصرف در شهرستان کرج اتفاق افتاده بود و

ازنظر مصرف بذر مورد نیاز یک هکتار بیشترین مقدار مصرف به شهرستان اشتهارد تعلق داشت. بیشترین نهاده‌های مصرفی سوخت و نیروی انسانی به‌ترتیب با ۵۶۷ لیتر سوخت و ۹۶ ساعت کاری متعلق به شهرستان نظرآباد بود. بیشتر بودن مصرف سوخت در شهرستان نظرآباد را می‌توان با استفاده بیشتر از ماشین‌آلات و ادوات، انجام عملیات زراعی بیشتر و فرسودگی و مستهلک بودن ماشین‌آلات مورد استفاده در ارتباط دانست.

سوخت مصرفی به‌عنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات کاشت، داشت و برداشت و حمل‌ونقل استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار این نهاده در هر چهار منطقه موردمطالعه تقریباً بالاست (جدول ۲). یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت استفاده از ادوات زراعی مناسب و جدید مانند دستگاه‌های چندکاره (کمبینات) است. از نظر تولید محصول یونجه شهرستان اشتهارد با ۶۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در بین شهرستان‌های استان البرز دارا بود.

همان‌طور که در بحث مصرف نهاده‌ها گفته شد در سیستم تولید یونجه استان البرز انرژی مصرفی سوخت در بین شهرستان‌های موردمطالعه بیشترین مقدار مصرف انرژی را دارا است (جدول ۳). این مقدار انرژی مصرفی در شهرستان نظرآباد بیشتر از مناطق دیگر بود. تحقیقات در مورد تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید یونجه در چهار شهرستان استان البرز نشان داد که سوخت مصرفی و بذر بیشترین سهم مصرف انرژی در چهار منطقه موردمطالعه به خود اختصاص داده است. کمترین مقدار انرژی متغیر ورودی به مزارع هر چهار منطقه

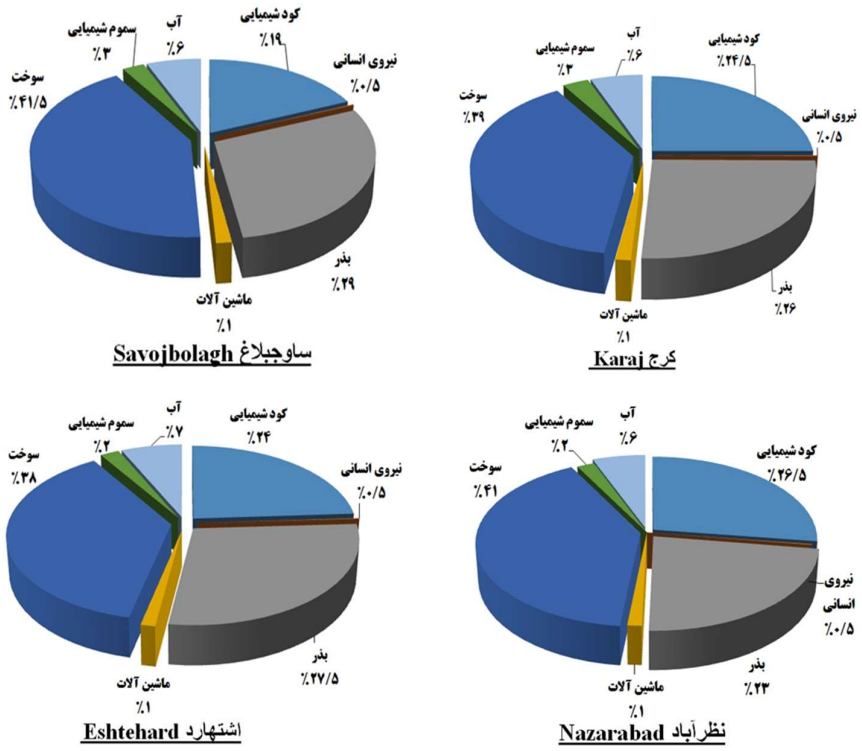
جدول ۲- مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی در مزارع یونجه شهرستان‌های استان البرز

متغیر		واحد	کرج	اشتهارد	ساوجبلاغ	نظرآباد
الف – نهاده‌های ورودی						
کودهای شیمیایی	نیتروژن (N)	(کیلوگرم)	۱۶۰	۱۸۰	۱۲۰	۱۹۰
	فسفر (P_2O_5)	(کیلوگرم)	۹۰	۵۰	۴۵	۹۰
	پتاس (K_2O)	(کیلوگرم)	۱۱۰	۶۰	۶۰	۹۰
سموم شیمیایی	حشره‌کش	(لیتر)	۴	۳/۱	۳	۲/۹
	علف‌کش	(لیتر)	۳/۱۸	۲/۲۷	۲/۸۵	۲/۰۰
بذر یونجه		(کیلوگرم)	۷۰	۸۰	۷۵	۶۵
ماشین‌های کشاورزی		(ساعت)	۱۳/۵	۱۳/۲	۱۳/۲	۱۲/۹
نیروی کارگری		(ساعت)	۴۵/۵	۴۱/۲	۴۵/۲	۴۸/۹
سوخت		(لیتر)	۵۲۱	۵۳۲	۵۴۲	۵۶۷
آب آبیاری		(مترمکعب)	۳۵۹۸	۴۳۶۸	۳۶۴۶	۳۷۲۵
ب – نهاده خروجی						
محصول یونجه		(کیلوگرم)	۵۸۰۰	۶۲۰۰	۵۶۰۰	۴۹۰۰

به متغیر نیروی انسانی تعلق داشت. ارزیابی داده‌های جمع‌آوری‌شده نشان‌دهنده این امر است که حداقل میزان انرژی نیروی انسانی با میزان ۸۱ مگاژول در هکتار به شهرستان اشتهارد و حداکثر آن با میزان ۹۶ مگاژول در هکتار به شهرستان نظرآباد تعلق داشت (جدول ۳).

بیشترین مقدار انرژی خروجی محصول در مزارع شهرستان‌های استان البرز به شهرستان اشتهارد به میزان ۱۰۴۷۸۰ مگاژول در هکتار و کمترین مقدار انرژی خروجی به شهرستان نظرآباد به‌مقدار ۸۲۸۱۰ مگاژول در هکتار تعلق داشت. همچنین بیشترین و کمترین مقدار انرژی ورودی به‌ترتیب به‌میزان ۶۵۵۴۰ و ۵۹۴۶۱ مگاژول بر هکتار در شهرستان‌های اشتهارد و ساوجبلاغ به دست آمد (جدول ۳).

همان‌طور که از نمودارهای (شکل ۱) مشخص می‌باشد سوخت با متوسط ۴۱ درصد از انرژی ورودی کل، در هر چهار شهرستان استان از بیشترین درصد کل انرژی ورودی در کشت یونجه برخوردار بود. در مجموع می‌توان گفت که حدوداً ۶۵ درصد انرژی ورودی برای کشت یونجه در استان البرز به نهاده‌های سوخت و بذر تعلق دارد.



شکل ۱- سهم متغیرها از کل انرژی ورودی در مزارع یونجه شهرستان‌های استان البرز

جدول ۳- مقادیر انرژی ورودی و خروجی در مزارع یونجه شهرستان‌های استان البرز (مگاژول در هکتار)

متغیر		واحد	کرج	اشتهارد	ساوجبلاغ	نظرآباد
الف – انرژی ورودی						
کودهای شیمیایی	نیتروژن (N)	(کیلوگرم)	۱۲۴۹۶	۱۴۰۵۸	۹۳۷۲	۱۴۸۳۹
	فسفر (P_2O_5)	(کیلوگرم)	۱۵۶۶	۸۷۰	۷۸۳	۱۵۶۶
	پتاس (K_2O)	(کیلوگرم)	۱۵۰۷	۸۲۲	۸۲۲	۱۲۳۳
سموم شیمیایی	حشره‌کش	(لیتر)	۹۴۸	۷۳۵	۷۱۱	۶۸۵
	علف‌کش	(لیتر)	۸۸۴	۶۵۹	۷۹۲	۵۵۶
بذر یونجه		(کیلوگرم)	۱۶۱۰۰	۱۸۴۰۰	۱۷۲۵۰	۱۴۹۵۰
ماشین‌های کشاورزی		(ساعت)	۸۴۸	۸۲۸	۸۲۸	۸۱۰
نیروی کارگری		(ساعت)	۸۹	۸۱	۸۹	۹۶
سوخت		(لیتر)	۲۴۱۲۲	۲۴۶۳۲	۲۵۰۹۵	۲۶۲۵۲
آب آبیاری		(متر مکعب)	۳۶۷۰	۴۴۵۵	۳۷۱۹	۳۸۰۰
جمع انرژی ورودی			۶۲۲۳۰	۶۵۵۴۰	۵۹۴۶۱	۶۴۷۸۷
ب – انرژی خروجی						
محصول یونجه		(کیلوگرم)	۹۸۰۲۰	۱۰۴۷۸۰	۹۴۶۴۰	۸۲۸۱۰

همان‌طور که از جدول (۴) مشخص است بیشترین مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر در شهرستان نظرآباد ۷۱ درصد به‌دست‌آمده است. در بین چهار شهرستان موردمطالعه در شهرستان ساوجبلاغ از انرژی‌های تجدید ناپذیر کمتری ۶۴/۶ درصد نسبت به شهرستان‌های دیگر در تولید یونجه استفاده شده است که از این نظر این شهرستان از شرایط بهتری برخوردار می‌باشد. سپهوند و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای شاخص نسبت انرژی در تولید لوبیا، خیار و یونجه را به‌ترتیب مقدار ۰/۴۱، ۰/۱۵ و ۳/۳۱ محاسبه کردند. همچنین شاخص بهره‌وری انرژی که مقدار آن برحسب کیلوگرم بر مگاژول بیان می‌شود در تولید لوبیا، خیار و یونجه به‌ترتیب ۰/۰۳، ۰/۱۸ و ۰/۲۱ به دست آمد (۴).

همچنین انرژی نهاده‌های مصرفی در کشاورزی را می‌توان به دو صورت انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم در نظر گرفت. نتایج نشان‌دهنده این بود که از کل انرژی مصرفی در چهار شهرستان موردمطالعه، بیشترین انرژی مستقیم در شهرستان ساوجبلاغ با ۴۲/۴ درصد و بیشترین انرژی غیرمستقیم در شهرستان کرج با ۶۹/۱ درصد به‌دست‌آمده است. در جمع‌بندی کلی می‌توان گفت شهرستان ساوجبلاغ از نظر مصرف انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم از شرایط بهتری نسبت به شهرستان‌های دیگر تحقیق برخوردار بود.

شاخص‌های مورد بررسی در این مطالعه شامل بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، افزوده خالص انرژی، شدت انرژی و کل انرژی خروجی و ورودی بودند که در جدول ۵ آورده شده‌اند. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی ورودی و خروجی در تولید یونجه در استان البرز

جدول ۴- سهم انواع فرم‌های انرژی از کل انرژی ورودی برای کشت یک هکتار یونجه در شهرستان‌های استان البرز

شهرستان	کرج		اشتهارد		ساوجبلاغ		نظرآباد	
نوع انرژی	مقدار انرژی (مگاژول در هکتار)	نسبت انرژی (درصد)	مقدار انرژی (مگاژول در هکتار)	نسبت انرژی (درصد)	مقدار انرژی (مگاژول در هکتار)	نسبت انرژی (درصد)	مقدار انرژی (مگاژول در هکتار)	نسبت انرژی (درصد)
انرژی ورودی کل	۶۲۲۳۰	---	۶۵۵۴۰	---	۵۹۴۶۱	---	۶۴۷۸۷	---
انرژی‌های مستقیم	۲۴۲۱۲	۳۹	۲۴۷۱۲	۳۸	۲۵۱۸۳	۴۲	۲۶۳۴۸	۴۱
انرژی‌های غیرمستقیم	۳۸۰۱۸	۶۱	۴۰۸۲۷	۶۲	۳۴۲۷۷	۵۸	۳۸۴۳۸	۵۹
انرژی‌های تجدید پذیر	۱۹۸۵۹	۳۲	۲۲۹۳۶	۳۵	۲۱۰۵۸	۳۵	۱۸۸۴۵	۲۹
انرژی‌های تجدید ناپذیر	۴۲۳۷۱	۶۸	۴۲۶۰۳	۶۵	۳۸۴۰۳	۶۵	۴۵۹۴۱	۷۱

به شهرستان اشتهارد تعلق داشت. در حالی که کمترین انرژی ورودی و خروجی به‌ترتیب در شهرستان‌های ساوجبلاغ و نظرآباد به دست آمد. با این که شهرستان اشتهارد از انرژی ورودی بیشتری نسبت به شهرستان‌های دیگر استان برخوردار بود، ولی به دلیل انرژی خروجی بهتر (تولید یونجه بیشتر در واحد سطح) از ارزش افزوده خالص انرژی بیشتری ۴۳۶۹۶/۴۸ مگاژول در هکتار نیز بهره‌مند بود.

شاخص بازده انرژی که نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی می‌باشد، به‌طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری کارایی مصرف انرژی در سامانه‌های غذایی و کشاورزی مورداستفاده قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که بیشترین بازده انرژی در شهرستان اشتهارد با ۱/۵۹۹ و کمترین بازده انرژی در شهرستان نظرآباد با ۱/۲۷۸ به‌دست‌آمد (جدول ۵). پایین بودن بازده انرژی در شهرستان نظرآباد را می‌توان به دلیل انرژی خروجی کمتر این شهرستان نسبت به شهرستان‌های دیگر تحقیق در ارتباط دانست. کشت مداوم یک محصول در یک زمین علاوه بر کاهش عملکرد محصول به علت تخلیه عناصر غذایی باعث هجوم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها می‌شود که هجوم این عوامل کشاورزان را ناگزیر به استفاده بیشتر از نهاده‌های مصرفی می‌کند که این امر علاوه بر کاهش کارایی انرژی باعث افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. بهره‌وری انرژی شهرستان‌های مورد مطالعه بین ۰/۰۷۶ تا ۰/۰۹۵ کیلوگرم در مگاژول بود و شهرستان اشتهارد از بهره‌وری انرژی بیشتری نسبت به شهرستان‌های دیگر برخوردار بود. به طوری که در شهرستان اشتهارد ۰/۹۵ کیلوگرم محصول به ازای هر واحد انرژی در مزارع یونجه تولیدشده است.

شاخص انرژی ویژه نسبت انرژی ورودی به عملکرد محصول می‌باشد. نتایج نشان داد که بهترین مقدار در شاخص انرژی ویژه تولید یونجه در بین چهار منطقه موردمطالعه در شهرستان اشتهارد با ۱۰/۵۷۱ مگاژول در کیلوگرم به دست آمد. آخرین شاخص موردبررسی شدت انرژی است که نشان‌دهنده میزان جریان انرژی ورودی در هر متر مربع

جدول ۵- شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی در مزارع یونجه شهرستان‌های استان البرز

شاخص‌های انرژی	واحد	نظرآباد	ساوجبلاغ	اشتهارد	کرج
انرژی ورودی کل	(مگاژول در هکتار)	۶۲۲۳۰	۶۵۵۳۹	۵۹۴۶۰	۶۴۷۸۶
انرژی خروجی کل	(مگاژول در هکتار)	۸۲۸۱۰	۹۴۶۴۰	۱۰۴۷۸۰	۹۸۰۲۰
بازده انرژی	-	۱/۲۸	۱/۵۹	۱/۶۰	۱/۵۸
افزوده خالص انرژی	(مگاژول در هکتار)	۱۸۰۲۴	۳۵۱۸۰	۳۹۲۴۱	۳۵۷۹۰
بهره‌وری انرژی	(کیلوگرم در مگاژول)	۰/۰۷۶	۰/۰۹۴	۰/۰۹۵	۰/۰۹۳
انرژی ویژه	(مگاژول در کیلوگرم)	۱۳/۲۲	۱۰/۶۲	۱۰/۵۷	۱۰/۷۳
شدت انرژی	(مگاژول در مترمربع)	۶/۴۸	۵/۹۵	۶/۵۵	۶/۲۲

مزرعه می‌باشد. این شاخص در شهرستان ساوجبلاغ برابر ۵/۹۴۶ مگاژول در مترمربع بود که پایین‌تر و مطلوب‌تر از سه شهرستان دیگر تحقیق بود. کاظمی و زارع (۷) در تحقیقی که برای مقایسه کشت گندم در دو شهرستان گرگان و مرودشت انجام دادند گزارش کردند که بهره‌وری انرژی برای کشت گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت به‌ترتیب ۰/۱۲۵ و ۰/۱۲۳ کیلوگرم در مگاژول می‌باشد. همچنین آنها بیان کردند انرژی ویژه برای تولید گندم در این دو شهرستان ۸/۰۱ و ۸/۱۳ مگاژول در کیلوگرم بود.

توصیه ترویجی

مدیریت تخصیص نهاده‌ها یکی از راهکارهای اصلی و شناخته‌شده توسعه پایدار کشاورزی است که باعث جلوگیری از تخریب بیشتر منابع طبیعی می‌گردد. بنابراین از تعمق در پژوهش انجام‌شده و به‌ویژه با بازنگری در نتایج تحلیلی آن می‌توان موارد زیر را در خصوص مصرف انرژی در تولید یونجه استان البرز ارائه داد. در چهار منطقه موردمطالعه می‌توان گفت که حدودا ۶۵ درصد انرژی ورودی برای کشت یونجه به دو نهاده سوخت و بذر تعلق دارد. بنابراین با انتخاب دستگاه کارنده مناسب برای دانه های ریز و همچنین کالیبره کردن دستگاه کارنده قبل از کشت مزرعه می‌توان مصرف بذر را در هکتار کاهش داد و با بهبود روش‌های آماده‌سازی زمین، اصلاح روش‌های آبیاری، استفاده از پمپ‌های برقی آبیاری، کاربرد صحیح ماشین‌آلات و سرویس و نگهداری صحیح ماشین‌آلات می‌توان کارایی مصرف انرژی سوخت را در هر چهار منطقه بهبود بخشید. در بین مناطق موردمطالعه شهرستان ساوجبلاغ از انرژی ورودی کمتر، بهره‌وری بیشتر و از شدت انرژی مناسب‌تری برخوردار است. همچنین شهرستان اشتهارد انرژی خروجی بیشتر، بازده انرژی بهتر، افزوده خالص انرژی بیشتر و انرژی ویژه بهتری نسبت به شهرستان‌های دیگر استان البرز داشت. شهرستان ساوجبلاغ از نظر انرژی تجدید ناپذیر و انرژی غیرمستقیم مصرف انرژی کمتری نسبت به سایر شهرستان‌های البرز داشت و بنابراین از این حیث از شرایط بهتری برخوردار بود. بر اساس نتایج به دست از نظر مصرف نهاده‌های کشاورزی و مصرف انرژی‌های ورودی شهرستان ساوجبلاغ برای کشت یونجه کارآمدتر از سایر شهرستان‌های استان البرز است و اگر برای کشاورزان انرژی‌های خروجی و بازده انرژی ارجحیت داشته باشد شهرستان اشتهارد برای کشت یونجه مناسب‌تر است. در مجموع می‌توان نتیجه گیری نمود که از نظر شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی، تولید یونجه در شهرستان اشتهارد نسبت به شهرستان‌های دیگر مورد مطالعه در استان البرز ارجحیت دارد.

منابع

۱. **ابراهیمی آق قلعه، س. ۱۳۹۱.** تجزیه و تحلیل نهاده و ستانده انرژی در کشت مکانیزه سیب‌زمینی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و منطق فازی (مطالعه موردی: شهرستان اردبیل). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز. ۹۱ صفحه.

۲. **الماسی، م.، شهرام، ک. و نعیم، ل. ۱۳۸۷.** مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. تهران: انتشارات جنگل، جاودانه. ۳۰۸ صفحه.

۳. **دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۶.** آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵ جلد اول و سوم. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز اطلاعات و ارتباطات. ۱۲۴ صفحه.

۴. **سپهوند، م. و شهرام.، ا. ۱۳۹۴.** تحلیل انرژی- اقتصادی تولید محصولات زراعی بهاره در استان لرستان (مطالعه موردی: منطقه چغلوندی). اولین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران.۲۹-۲۸ شهریور. تهران. ایران.

۵. **رجبی، م. ح.، سلطانی، ا.، زینلی، ا. و سلطانی، ا. ۱۳۹۱.** مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان. مجله پژوهشهای تولید گیاهی (۳) ۱۹: ۱۴۳-۱۷۱.

۶. **غلامی قجلو، ج. ۱۳۹۲.** تجزیه‌وتحلیل اقتصادی و مصرف انرژی تولید چغندرقند و ارائه راهکارهای پیشنهادی. (مطالعه موردی از شهرستان میاندوآب). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد کشاورزی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ۱۰۹ صفحه.

۷. **کاظمی، ح. و زارع، س. ۱۳۹۳.** ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت. مجله تحقیقات غلات، دوره ۴، شماره ۳: ۲۲۷-۲۱۱.

۸. **منافی دستجردی، م. ۱۳۹۳.** بررسی و تعیین عوامل تأثیرگذار بر انتخاب کشت محصولات زراعی در استان البرز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران. ۱۱۴ صفحه.

۹. **منافی دستجردی، م.، باخدا، ح. و قهدریجان، م. ۱۳۹۳.** بررسی و تعیین عوامل تأثیرگذار بر انتخاب کشت محصولات زراعی درشهرستان ساوجبلاغ. کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی ، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، ۸-۶ اسفند، تبریز، ایران.

۱۰. **مهرابی بشر آبادی، ح. و اسمعیلی، ع. ۱۳۹۰.** تجزیه‌وتحلیل ورودی- خروجی انرژی در بخش کشاورزی ایران. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، دوره ۱۹، شماره ۷۴: ۲۸-۱.

11. **Acaroglu, M. 1998.** Energy from biomass, and applications. University of Seluck, Graduate School of Natural and Applied Sciences. Textbook: 27-39.

12. **Akcaoz, H., Ozcatalbas, O. and H. Kizilay. 2009.** Analysis of energy use for

pomegranate production in Turkey. Journal of Food. Agric. Environ. 7:475-480.

13. **Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and O. Gunduz. 2007.** Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.
14. **Kaltschmitt, M., Reinhardt, G. and T. Stelzer. 1997.** Life cycle analysis of bio fuels under different environmental aspects. Biomass Bioenergy 12(2):121–134.
15. **Karkacier, O. and Z. Goktolga. 2005.** Input-output analysis of energy use in agriculture. Energy Convers. Manag. 46(9-10):1513- 1521.
16. **Ozkan, B., Akcaoz, H. and C. Fert. 2004.** Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renew. Energy 29: 39-51.
17. **Sayin, C., Mencet, M. and B. Ozkan. 2005.** Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. Energy Policy 33: 2361-2373.
18. **Yilmaz, I., Akcaoz, H. and B. Ozkan. 2005.** An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renew. Energy 30: 145–155.