مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار

احسان نیکوصفت[۱،*]، علی محمد برقعی[۲]، محمد قهدریجانی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

۲- عضو هئیت علمی گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: Nikosefatehsan@yahoo.com

چکیده

بخش کشاورزی سهم قابل توجهی از انرژی مصرفی و اثرات زیست محیطی را به خود اختصاص می‌دهد. هدف از این مطالعه ارزیابی جریان مصرف انرژی تولید ذرت علوفه‌ای در استان خراسان رضوی است. اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد با استفاده از مدل کاب داگلاس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل انرژی نشان داد که مجموع انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار به ترتیب ۸۶۳۴۹/۱۵ مگاژول بر هکتار و ۱/۱۷ به‌دست آمد. نهاده الکتریسیته با ۴۳ درصد از کل انرژی ورودی به مزارع ذرت علوفه‌ای به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید به‌دست آمد. پس از الکتریسیته بیشترین سهم از کل انرژی ورودی در تولید ذرت علوفه‌ای مربوط به نهاده‌های سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب با ۲۶ و ۲۰ درصد می‌باشد. نتایج استفاده از مدل کاب داگلاس نشان داد که تأثیر نهاده‌های کودهای دامی، بذر، نیروی انسانی و کودهای شیمیایی برعملکرد به‌ترتیب بیشتر از سایر نهاده‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: کارایی انرژی، خوراک دام، جریان انرژی.

مقدمه

از دهه ۱۹۷۰ با آغاز بحران انرژی در دنیا، در زمینه مصرف انرژی تحقیقات زیادی آغاز شد. بخش کشاورزی به عنوان مهمترین بخش تولید کننده غذا، بخش قابل توجهی از مصرف انرژی را نیز به خود اختصاص داده است. همچنین رشد فزاینده جمعیت و ضرورت تامین نیازهای غذایی انسان‌ها، موجب بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع طبیعی شده‌است. بنابراین، حرکت در مسیر کشاورزی پایدار با هدف مدیریت صحیح منابع کشاورزی بسیار مهم است. ذرت به عنوان یکی از غلات نقش عمده‌ای در تأمین غذای بشر دارد. طبق آمار فائو (FAO) در سال ۲۰۱۱ تولید جهانی این محصول ۸۸۵ میلیون تن بوده (FAO, 2012) و سهم ایران در تولید این محصول در حدود دو میلیون تن است (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴). این محصول زراعی در سرتاسر ایران و در شرایط آب و هوایی متفاوت کشت می‌شود.

در زمینه بررسی جریان انرژی در تولید محصولات کشاورزی تحقیقاتی نیز صورت گرفته است. در مطالعه‌ای کارایی انرژی را برای تولید چند محصول کشاورزی در استان خراسان براورد کردند. بر مبنای محاسبات ایشان در تولید سیب زمینی در مشهد و نیشابور کارایی انرژی ۰/۷۵ و ۰/۵ بوده است (کوچکی و حسینی، ۱۳۷۳). بهشتی تبار و همکاران (۲۰۱۰) انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید محصولات کشاورزی در ایران را در فاصله زمانی ۲۰۰۶-۱۹۹۰ را مطالعه کردند. نتایج بیانگر آن بود که انرژی ورودی از ۳۲/۴۰ گیگاژول بر هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۳۷/۲۰ گیگاژول بر هکتار در سال ۲۰۰۶ رسید و انرژی خروجی طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ افزایش یافت و از ۳۰/۸۵ به ۴۳/۶۸ گیگاژول بر هکتار رسید. در مطالعه‌ای به بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحلیل انرژی و هزینه‌های تولید پنبه در استان گلستان پرداخته شد. نتایج نشان داد که مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان ۲۸۸۹۸ مگاژول بر هکتار و دو نهاده سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید بودند. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس نشان داد، تأثیر نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، آب آبیاری، کودهای شیمیایی و کود حیوانی بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های بذر، ماشین‌های کشاورزی و مواد شیمیایی بر عملکرد پنبه منفی است (طاهری راد و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه‌ای بررسی انرژی‌های ورودی تولید سیب‌زمینی در غرب استان اصفهان در سطوح مختلف کشت انجام گرفت. نتایج نشان داد که انرژی شیمیایی با ۵۱ درصد (کود، به‌ویژه ازت) بیشترین سهم مصرف انرژی و انرژی بیولوژیک با متوسط ۲ درصد کمترین میزان سهم مصرف انرژی در تولید را داشت. همچنین نتایج تاثیر سطوح بر کارایی نشان داد که اثر سطوح مختلف کشت برای محصول سیب‌زمینی بر میزان کارایی در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (قهدریجانی و همکاران، ۱۳۸۸). عبدی و همکاران (۲۰۱۲) مصرف انرژی تولید ذرت دانه‌ای در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقدار کل انرژی ورودی در سیستم‌های تولید ذرت دانه‌ای معادل ۲۶۹۱۷/۴۷ مگاژول بر هکتار بود. مقدار به‌دست‌آمده برای کارایی استفاده از انرژی یا همان نسبت انرژی ۳/۵ برآورد گردید و همچنین انرژی خالص نیز ۶۷۵۸۲/۵۳ مگاژول بر هکتار تعیین گردید که بیانگر از تولید انرژی در تولید این محصول بود. قهدریجانی و همکاران (۲۰۱۳)، به تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و اثرات زیست محیطی برای تولید گندم در اصفهان ایران پرداختند. نتایج نشان داد که انرژی ورودی کل در تولید گندم ۳۱/۵ گیگاژول بر هکتار بود. همچنین انرژی خروجی کل در تولید گندم ۴۴/۶ گیگاژول بر هکتار بود. انرژی کود شیمیایی با ۶۴ درصد بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داد و پس از آن سوخت دیزل با ۱۴ درصد و انرژی بذر با ۸ درصد بیشترین مصرف انرژی را در پی داشتند. همچنین برای نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص، مقادیر ۱/۴۹ ، ۹/۸۲ کیلوگرم بر مگاژول، ۲/۰۶ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۳/۱ گیگاژول بر هکتار به‌دست آمد. در تحقیقی بر روی تولید چغندرقند در خراسان رضوی، نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱۳/۴ و ۰/۸ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم هم به ترتیب ۵۶/۹ و ۴۳/۱ درصد گزارش شد (Asgharipour *et al.*, 2012). در بررسی انرژی ورودی و خروجی تولید پیاز در استان خراسان رضوی، دو نهاده الکتریسیته و کودهای شیمیایی به عنوان مهم‌ترین نهاده‌های انرژی گزارش شدند و نسبت انرژی و نسبت سود به هزینه به ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۶۵ به دست آمد (حسن زاده اول و همکاران، ۱۳۹۲). سفیدپری و همکاران (۲۰۱۲)، به تجزیه و تحلیل مصرف

انرژی و آنالیز حساسیت انرژی‌های ورودی برای ذرت علوفه‌ای در استان تهران پرداختند. طبق نتایج به‌دست آمده مجموع انرژی مصرفی برای تولید ذرت علوفه‌ای ۳۶/۵ گیگاژول بر هکتار بود که کودهای شیمیایی با ۱۱/۸ گیگاژول بر هکتار و سهم ۳۲/۳ درصد از کل انرژی ورودی بیشترین مصرف‌کننده انرژی بود، درحالی‌که پس از آن سوخت دیزل و آب آبیاری به ترتیب با سهم ۲۶/۵ و ۲۴/۹ درصد از کل انرژی ورودی، بیشترین سهم انرژی ورودی را به‌خود اختصاص دادند. کیم و همکاران (۲۰۱۴) طی سال‌های ۲۰۱۳- ۱۹۹۹ تولید ذرت در آمریکا را از نظر مصرف انرژی مطالعه نمودند. آن ها اظهار داشتند که تفاوت‌هایی بین روش‌های مطالعات صورت گرفته و نتایج عددی محاسبه شده وجود دارد. نتایج نشان داد مقدار مصرف انرژی تجدیدناپذیر در تولید ذرت بین مقادیر ۱/۴۴ و ۳/۵۰ مگاژول بر کیلوگرم ذرت بود.

با توجه به این که محصولات زراعی در شرایط خاک و آب و هوایی مختلف به عملیات زراعی و نهاده‌های مصرفی، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند، بنابراین توجه به نهاده‌های مصرفی و عملیاتهای زراعی محصولات زراعی در نقاط متفاوت اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. حال آنکه رابطه بین انرژی‌های ورودی و خروجی نظام تولید ذرت علوفه‌ای در استان خراسان رضوی اندازه-گیری نشده است. با در نظر گرفتن اهمیت تولید این محصول، هدف از این مطالعه تعیین رابطه بین انرژی‌های ورودی با عملکرد تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی با مدل رگرسیونی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۹۴-۱۳۹۳ در منطقه سبزوار واقع در استان خراسان رضوی انجام گرفت. استان خراسان رضوی در شمال شرقی ایران به مرکزیّت مشهد است. شهرستان سبزوار پس از مشهد دومین شهرستان بزرگ و پر جمعیت خراسان رضوی می‌باشد. این شهرستان با جمعیت ۲۱۴۵۸۲ نفری در فاصله ۲۴۰ کیلومتری غرب مشهد، در طول جغرافیایی ۵۷ در جع و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی در ارتفاع ۹۶۰ متری از سطح دریا واقع شده است (ربانی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۴). در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، سطح برداشت ذرت علوفه‌ای کشور حدود ۲۱۱ هزار هکتار برآورد شده که معادل ۱/۷ درصد از کل سطح برداشت محصولات زراعی و ۱۸/۵ درصد از کل سطح برداشت نباتات علوفه‌ای می‌باشد. استان خراسان رضوی با ۱۲/۱ درصد از سطح برداشت ذرت علوفه‌ای در کشور مقام سوم را به خود اختصاص داده است (آمار نامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴).

به منظور گردآوری داده‌ها از روش میدانی استفاده گردید. در ابتدا با برخی از ذرت کاران شهرستان مصاحبه‌ای صورت گرفت و برخی از اطلاعات اساسی و مورد نیاز در زمینه‌های مختلف در ارتباط با تولید ذرت به‌دست آمد، پس از آن مرحله‌ی طراحی پرسش‌نامه‌ها بود. جامعه آماری در این پژوهش شامل کلیه کشاورزان ذرت کار شهرستان سبزوار بود. به‌علت گسترده بودن جامعه آماری مورد مطالعه، نمونه‌برداری انجام شد. در این مطالعه از روش نمونه‌برداری تصادفی ساده استفاده شده است. نتایج این روش نمونه‌گیری با رعایت اصول نمونه‌گیری قابل اعتماد و قابل تعمیم به کل جامعه است. برای تعیین حجم نمونه از فرمول آماری

پیشنهاد شده توسط کوکران استفاده شد. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی رابطه‌ی ۱ را ارائه کرده است (منصورفر، ۱۳۷۱):

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (۱)$$

که در آن N، اندازه‌ی جامعه آماری یا تعداد کشاورزان تولیدکننده برای هر یک از محصولات کشاورزی است، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t–استیودنت به‌دست می‌آید. S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله‌ی اطمینان) و n حجم نمونه می‌باشد. تعداد نمونه ۵۳ کشاورز به‌دست آمد. برای تعیین میزان انرژی معادل ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید مطابق جدول ۱ از ضرایب انرژی متناظر برای هر از نهاده‌های ورودی و خروجی مختلف به‌کار رفته می‌شود. بنابراین با ضرب کردن این اعداد در مقادیری که برای هر یک از نهاده‌های مصرفی در این مطالعه به‌دست آمد و همچنین میزان عملکرد به‌دست آمده از هر مزرعه می‌توان مقدار انرژی موجود برای هر کدام از نهاده‌ها و عملکرد را به‌دست آورد. نهاده‌های ورودی به سامانه تولید ذرت در منطقه مورد مطالعه شامل نیروی کارگری، ماشین‌ها، سوخت دیزل، بذر، آب‌آبیاری، سموم شیمیایی (علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش)، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفات، پتاسیم، و ...)، کود آلی و الکتریسیته می‌باشد. همچنین ستاده‌ها در سامانه تولید ذرت سیلویی می‌باشد.

جدول ۱. معادل‌های انرژی ورودی‌ها و خروجی

عنوان (واحد)	هم‌ارز انرژی (MJ unit−1)	منبع
نهاده‌ها		
نیروی کارگری (h)	۱/۹۶	(Singh et al., 1994)
ماشین‌ها (h)	۶۲/۷	(Singh and Mittal, 1992)
سوخت دیزل (l)	۵۶/۳۱	(Mobtaker et al., 2010)
بذر (kg)	۵۰/۰	(Erdal et al., 2007)
سموم شیمیایی (kg)		
علف‌کش	۲۳۸	(Ozkan et al., 2004)
قارچ‌کش	۲۱۶	(Pathak and Binning, 1985)
حشره‌کش	۱۰۱/۲	(Erdal et al., 2007)
کودهای شیمیایی (kg)		
نیتروژن	۶۶/۱۴	(Ozkan et al., 2011)
فسفات	۱۲/۴۴	(Ozkan et al., 2011)
پتاسیم	۱۱/۱۵	(Ozkan et al., 2011)
ریز مغذی	۱۲۰	(Canakci and Akinci, 2006)

کود آلی (kg)	۰/۳	(Ozkan et al., 2004)
الکتریسیته (kWh)	۱۱/۹۳	(Mobtaker et al., 2010)
ذرت علوفه‌ای (kg)	۱۰/۳	(Phipps et al., 1976)

شاخص‌ها شامل نسبت انرژی، افزوده‌ی انرژی، بهره‌وری انرژی و شدت انرژی می‌باشند که پس از تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های انرژی، شاخص‌های انرژی طبق رابطه ۲ تا ۵ محاسبه شد (Mohammadi *et al*., 2010؛ Royan *et al*., 2012).

(۲) نسبت انرژی = (نهاده انرژی)/(ستانده انرژی)

(۳) بهره‌وری انرژی= (نهاده انرژی)/(محصول وزنی عملکرد)

(۴) شدت انرژی = (نهاده انرژی)/(محصول وزنی عملکرد)

(۵) افزوده انرژی = انرژی نهاده − انرژی ستانده

در این تحقیق برای مدل‌سازی رابطه بین انرژی نهاده‌های ورودی با عملکرد از تابع کاب داگلاس استفاده شد. از این تابع در تحقیقات دیگری که در ایران و سایر کشورها در زمینه‌ی انرژی انجام شده است نیز استفاده گردیده است (Mohammadi et al., 2010؛ Royan et al., 2012). فرمول تابع مورد نظر به شکل رابطه ۶ می‌باشد. در این فرمول a_0 وei به ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند و $a_1, a_2, ..., a_8$ به ترتیب ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی، Yi عملکرد مزرعهi ام و Xij: نهاده های مورد استفاده در تولید هستند.

$$\ln yi = a0 + \alpha 1 \ln X1 + \alpha 2 \ln X2 + \alpha 3 \ln X3 + \alpha 4 \ln X4 + \alpha 5 \ln X5 + \ldots + ei \quad (۶)$$

نتایج و بحث

در جدول ۲ میزان نهاده‌های مصرف شده و محتوای انرژی آن‌ها در تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه سبزوار استان خراسان رضوی ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که متوسط تولید محصول ذرت علوفه‌ای (ماده خشک) در منطقه سبزوار استان خراسان رضوی ۹۷۷۵/۴۷ کیلوگرم بر هکتار بود.

الکتریسیته با مجموع ۳۶۹۹۹/۶۰ مگاژول بر هکتار به عنوان پرمصرف‌ترین منبع انرژی با سهم درصد ۴۳ در تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی شناخته شد. در مطالعه حسن زاده اول و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی انرژی ورودی و خروجی تولید پیاز در استان خراسان رضوی نهاده الکتریسیته به عنوان مهم‌ترین نهاده انرژی گزارش شد. همچنین این مورد با نتایج طباطبایی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد که آن‌ها نیز اشاره نمودند که نهاده انرژی کودهای الکتریسیته پرمصرف‌ترین منبع انرژی در نظام کشت آلو بود. انرژی الکتریسیته در تولید محصولات ذرت دانه‌ای در استان فارس و همچنین کلزا در مازندران از نهاده‌های پرمصرف انرژی در تولید محصولات کشاورزی شناخته شدند (Houshyar *et al*., 2012 ؛ Mousavi-Avval *et al*.,

2011). بعد از الکتریسیته، نهاده سوخت دیزل با ۲۲۳۶۸/۸۸ مگاژول بر هکتار به عنوان دومین منبع پرمصرف انرژی در تولید بود، به نحوی که این نهاده ۲۶ درصد از سهم انرژی مصرفی در تولید را به خود اختصاص داد (جدول ۲). در مطالعه بنائیان و زنگنه نیز نهاده سوخت دیزل با ۲۴ درصد از سهم انرژی مصرفی در تولید ذرت دانه‌ای جز نهاده‌ی پرمصرف انرژی بود (Banaeian and Zangeneh, 2011).

سومین نهاده پرمصرف انرژی کودهای شیمیایی بود. این نهاده با ۱۷۳۳۷/۸۸ مگاژول بر هکتار، سهمی معادل ۲۰ درصد از مصرف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای را بر عهده داشت. ماشین‌های کشاورزی با ۴۷۷۵/۲۰ مگاژول بر هکتار چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه بود. نیروی انسانی و سموم شیمیایی نیز به ترتیب با ۲۳۹/۶۰ و ۲۳۶/۹۸ مگاژول بر هکتار کم‌ترین انرژی مصرفی را در بین سایر نهاده‌ها در تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه داشت.

مجموع انرژی‌های ورودی در تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی ۸۶۳۴۹/۱۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد (جدول ۲) که از انرژی ورودی محصولاتی چون ذرت علوفه‌ای در استان تهران، ذرت دانه‌ای در استان‌های کرمانشاه و خوزستان، پنبه در استان گلستان و برنج در گیلان بیشتر بود (طاهری راد و همکاران، ۱۳۹۴؛ Sefeedpari *et al*., 2012؛ Lorzadeh *et al*., 2011؛ Abdi *et al*., 2012؛ Pishgar *et al*., 2011).

جدول ۲. میزان مصرف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار خراسان رضوی

ورودی‌ها و خروجی	واحد	مقدار مصرف (واحد بر هکتار)	انرژی معادل در هر هکتار (مگاژول)	درصد
نیروی انسانی	ساعت	۱۲۲/۲۴	۲۳۹/۶۰	۰/۲۸
ماشین‌ها	ساعت	۷۶/۱۵	۴۷۷۵/۲۰	۵/۵۳
سوخت دیزل	لیتر	۳۹۷/۲۵	۲۲۳۶۸/۸۸	۲۵/۹۱
کودهای شیمیایی			۱۷۳۳۷/۳۸	۲۰/۰۸
نیتروژن	کیلوگرم	۲۵۴/۲۵	۱۶۸۱۵/۷۸	
فسفات	کیلوگرم	۶/۸۵	۸۵/۲۰	
پتاس	کیلوگرم	۸/۶۸	۹۶/۷۷	
ریز مغذی	کیلوگرم	۲/۸۳	۳۳۹/۶۲	
سموم شیمیایی	کیلوگرم		۲۳۶/۹۸	۰/۲۷
حشره‌کش	کیلوگرم	۰/۶۱	۶۲/۰۶	
علف‌کش	کیلوگرم	۰/۷۲	۱۷۰/۶۴	
قارچ‌کش	کیلوگرم	۰/۰۲	۴/۲۸	
بذر	کیلوگرم	۵۱/۶۰	۲۵۸۰/۱۹	۲/۹۹
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۳۱۰۱/۳۹	۳۶۹۹۹/۶۰	۴۲/۸۵
کوددامی	کیلوگرم	۶۰۳۷/۷۴	۱۸۱۱/۳۲	۲/۱۰

کل انرژی ورودی			۸۶۳۴۹/۱۵	۱۰۰
ذرت علوفه‌ای	کیلوگرم	۹۷۷۵/۴۷	۱۰۰۶۸۷/۳۶	۱۰۰
کل انرژی خروجی			۱۰۰۶۸۷/۳۶	۱۰۰

شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی تولید ذرت علوفه‌ای در استان خراسان رضوی در جدول ۳ آورده شده‌اند. نسبت انرژی تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی ۱/۱۷ به دست آمد که از نسبت انرژی تولید محصول گندم در اصفهان (۱/۴۹) و حبوبات در ایران کم‌تر بوده (Ghahderijani *et al.*, 2013; Koocheki *et al.*, 2011)، و از نسبت انرژی تولید سیب‌زمینی در مشهد و نیشابور بیش‌تر است (کوچکی و حسینی، ۱۳۷۳). همچنین متوسط نسبت انرژی تولید ذرت علوفه‌ای در شهر کرج ۲/۲۷ گزارش شد (Komleh *et al.*, 2011) که از نسبت انرژی تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار بیشتر به‌دست آمد. یکی از علت‌های این امر میزان عملکرد به‌نسبت بالای عملکرد ذرت علوفه‌ای در شهر کرج (۶۱۸۲۵ کیلوگرم بر هکتار) نسبت به منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی ۹۷۷۵/۴۷ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. با توجه به عملکرد نسبتاً زیاد این محصول، میزان بهره‌وری انرژی برای تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار (۰/۱۱ کیلوگرم بر مگاژول) از بهره‌وری انرژی تولید محصولات برنج در گیلان با ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول بر هکتار بیش‌تر است (Pishgar et al., 2011). در حالی که از مقدار این شاخص در تولید چغندرقند در استان خراسان رضوی (۰/۸) کم تر به دست آمد (Asgharipour et al., 2012).

جدول ۳. شاخص‌های انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای در استان خراسان رضوی

شاخص‌ها	واحد	مقدار
نسبت انرژی	–	۱/۱۷
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۱۱
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۸/۸۳
افزوده انرژی	مگاژول بر هکتار	۱۴۳۳۸/۲۱

مدل‌سازی انرژی مصرفی

نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس به‌منظور تعیین اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه سبزوار استان خراسان رضوی در جدول ۴ آورده شده است. تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، سموم شیمیایی و کودهای دامی بر عملکرد ذرت

علوفه‌ای مثبت و تأثیر نهاده انرژی کودهای شیمیایی، ماشین‌های کشاوری، سوخت دیزل، بذر و الکتریسیته بر عملکرد منفی محاسبه شد. تاثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، بذر، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی و کودهای دامی با ضرایب رگرسیونی به ترتیب ۰/۰۷۳، ۰/۳۷۷-، ۰/۰۰۴، ۰/۰۶۱- و ۰/۰۱۱ بر روی عملکرد ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین نهاده‌های انرژی سوخت دیزل و الکتریسیته با ضرایب رگرسیونی به ترتیب ۰/۰۷۷- و ۰/۰۰۵- بر روی عملکرد ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. طبق نتایج به‌دست آمده نهاده‌های انرژی کودهای دامی، بذر، نیروی انسانی و کودهای شیمیایی بیش‌ترین تاثیر را در بین سایر نهاده‌ها بر روی عملکرد داشتند. مقدار R^2 برای مدل تخمین زده شده، ۰/۸۷ به‌دست آمد، که نشان می‌دهد در حدود ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد توسط متغیرهای مستقل (انرژی نهاده‌ها) قابل تبیین می‌باشد.

جدول ٤. تخمین اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در استان خراسان رضوی

متغیرها	ضریب رگرسیونی	آماره t (t-ratio)	P-Value
Model: $Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + \alpha_7 lnx_7 + \alpha_8 lnx_8 + e_i$			
X1: نیروی انسانی	۰/۰۷۳	۴/۸۱ **	۰/۰۰۱
X2: ماشین‌های کشاورزی	-۰/۰۴۷	-۱/۵۰ ns	۰/۱۴۱
X3: سوخت دیزل	-۰/۰۷۷	-۲/۶۵ *	۰/۰۱۱
X4: بذر	-۰/۳۷۷	-۹/۲۵ **	۰/۰۰۱
X5: سموم شیمیایی	۰/۰۰۴	۲/۸۶ **	۰/۰۰۶
X6: کودهای شیمیایی	-۰/۰۶۱	-۴/۱۳ **	۰/۰۰۱
X7: الکتریسیته	-۰/۰۰۵	-۲/۰۴ *	۰/۰۴۷
X8: کودهای دامی	۰/۰۱۱	۹/۹۵ **	۰/۰۰۱
R2	۰/۸۷		
R2Adj	۰/۸۵		
دوربین واتسون	۱/۹۸		

** معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و ns غیرمعنی‌دار

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست آمده در این مطالعه میزان مجموع انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه سبزوار استان خراسان رضوی ۸۶۳۴۹/۱۵ مگاژول بر هکتار می‌باشد. الکتریسیته با مجموع ۳۶۹۹۹/۶۰ مگاژول بر هکتار به عنوان پرمصرف‌ترین منبع انرژی با سهم درصد ۴۳ در تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی شناخته شد. بعد از الکتریسیته، نهاده سوخت دیزل با ۲۲۳۶۸/۸۸ مگاژول بر هکتار به عنوان دومین منبع پرمصرف انرژی در تولید بود، به نحوی که این نهاده ۲۶ درصد

از سهم انرژی مصرفی در تولید را به خود اختصاص داد. سومین نهاده پرمصرف انرژی کودهای شیمیایی بود. این نهاده با ۱۷۳۳۷/۸۸ مگاژول بر هکتار، سهمی معادل ۲۰ درصد از مصرف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای را بر عهده داشت. با توجه به بالا بودن میزان الکتریسیته مصرفی و مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات آبیاری و آماده‌سازی مزرعه توسط ادوات و همچنین بالا بودن میزان انرژی الکتریسیته مصرفی و سوخت فسیلی نسبت به سایر نهاده‌ها، پیشنهاد می‌گردد تا با آموزش کشاورزان جهت استفاده صحیح از تراکتور و انتخاب متناسب با ادوات مورد استفاده و میزان بهینه آبیاری میزان مصرف الکتریسیته و سوخت‌های فسیلی را کاهش داد. نسبت انرژی تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی ۱/۱۷ به‌دست آمد. همچنین میزان بهره‌وری انرژی برای تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان سبزوار ۰/۱۱ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج تحلیل رگرسیونی و تحلیل حساسیت نهاده‌های ورودی بر تولید ذرت علوفه‌ای نشان داد که تأثیر نهاده‌های کودهای دامی، بذر، نیروی انسانی و کودهای شیمیایی برعملکرد به‌ترتیب بیشتر از سایر نهاده‌ها بود.

منابع

حسن زاده اول، ف.، رضوانی.، و مقدم، پ. ۱۳۹۲. ارزیابی کارایی انرژی و تحلیل اقتصادی تولید پیاز (Allium cepa L.) در استان خراسان رضوی. نشریه اکولوژی کاربردی. سال دوم. شماره سوم. صفحه:۱۰-۱.

رضایی شیر مرد، ش.، سهرابی، م.، صالحی، م. ع.، و رسولی آذر، س. ۱۳۹۲. تجزیه و تحلیل الگوی مصرف انرژی در مزارع ذرت در دو اقلیم متفاوت (شمال و جنوب) استان آذربایجان غربی. ویژه نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۰۱-۲۱۴.

طاهری راد، ع.، نیکخواه، ا.، خجسته پور، م.، و نوروزیه، ش. ۱۳۹۴. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحلیل انرژی و هزینه‌های تولید پنبه در استان گلستان. نشریه ماشین های کشاورزی، جلد ۵، شماره ۲. صفحه: ۴۴۵-۴۲۸.

کوچکی، ع.،و حسینی، م. ۱۳۷۳. سیرانرژی دراکوسیستم های کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

ربانی‌کیا، ا.، رضوی، م. ح.، قدمی، م. و دوستی، م. ۱۳۹۴. کاربرد GIS در آمایش فضایی کاربری ورزشی با استفاده از روش AHP فازی و دلفی (مطالعه موردی شهرستان سبزوار). پژوهش نامه مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی. ۱۱(۲۲)، ۱۵-۲۸.

منصورفر، ک. ۱۳۷۱. روش‌های آماری. انتشارات دانشگاه تهران.

قهدریجانی، م.، کیهانی، ع.، طباطبایی فر، س. ا. و امید، م. ۱۳۸۸. بررسی و تعیین نسبت انرژی تولید سیب زمینی در سطوح مختلف کشت در غرب اصفهان (مطالعه موردی: فریدون و فریدون شهر). مجله علوم و کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۶(۱).

جهاد کشاورزی. ۱۳۹۴. آمارنامه جهاد کشاورزی. سازمان جهاد کشاورزی ایران. قابل دسترس در http://www.maj.ir. رویت شده در ۱۳۹۴/۱۱/۱.

Abdi, R., Hematian, A., Shahamat, E.Z. and Bakhtiari, A.A., 2012. Optimization of energy consumption pattern in the maize production system in Kermanshah Province of

Iran. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4(15), pp.2548-2554.

Asgharipour, M.R., Mondani, F. and Riahinia, S., 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy, 44(1), pp.1078-1084.

Banaeian, N. and Zangeneh, M., 2011. Study on energy efficiency in corn production of Iran. Energy, 36(8), pp.5394-5402.

Beheshti-Tabar, I., A. Keyhani, and S. Rafiee. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990–2006). Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 849-855.

Canakci, M., Akinci, I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy Conversion and Management, 31: 1243–1256.

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

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). 2001. Ethical issues in food and agriculture. FAO Ethics No. 1. Rome.

Ghahderijani, M., Komleh, S.H.P., Keyhani, A. and Sefeedpari, P., 2013. Energy analysis and life cycle assessment of wheat production in Iran. African Journal of Agricultural Research, 8(18), pp.1929-1939.

Houshyar, E., Azadi, H., Almassi, M., Davoodi, M.J.S. and Witlox, F., 2012. Sustainable and efficient energy consumption of corn production in Southwest Iran: combination of multi-fuzzy and DEA modeling. Energy, 44(1), pp.672-681.

Kim, S., Dale, B.E. and Keck, P., 2014. Energy requirements and greenhouse gas emissions of maize production in the USA. Bioenergy Research, 7(2), pp.753-764.

Komleh, S.P., Keyhani, A., Rafiee, S.H. and Sefeedpary, P., 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy, 36(5), pp.3335-3341.

Koocheki A, Ghorbani R, Mondani F, Alizade Y, Moradi R. 2011. Pulses Production Systems in Term of Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Iran, International Journal of Energy Economics and Policy, 1(4): 95-106.

Lorzadeh SH, Mahdavidamghani A, Enayatgholizadeh MR, Yousefi M. 2011. Agrochemical Input Application and Energy Use Efficiency of Maize Production Systems in Dezful, Iran, Middle-East Journal of Scientific Research, 9 (2): 153-156.

Mobtaker, H. G., A. Keyhani, A. Mohammadi, S. Rafiee and A. Akram. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems & Environment, 137: 367-372.

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

Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari, and A. Mohammadi. 2011a. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production 19, 1464-1470.

Ozkan, B, R. F. Ceylan, and H. Kizilay. 2011. Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. Renewable Energy 36: 1639-1644.

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

Pathak, B.S., and Binning, A.S. 1985. Energy use pattern and potential for energy saving in rice–wheat cultivation. Energy in Agriculture, 4: 271–278.

Phipps, R.H., Pain, B.F., Mulvany, P.M., 1976. A comparison of the energy output/input relationship for forage maize and grass leys on the dairy farm. Agric. Environ. 3, 15–20.

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

Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B., and Ghasemi Mobtakr, H. 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management 64: 441-446.

Sefeedpari, P., Rafiee, S., Komleh, S.H.P. and Ghahderijani, M., 2012. A source-wise and operation-wise energy use analysis for corn silage production, a case study of Tehran province, Iran. International Journal of Sustainable Built Environment, 1(2), pp.158-166.

Singh, S., and J. P. Mittal. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Publications.

Singh, S., Singh, S., Mittal J.P., Pannu, C.J.S., and Bhangoo, B.S. 1994. Energy inputs and crop yield relationships for rice in Punjab. Energy, 19(10):1061-1065.

Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, Sh., and Keyhani, A. 2012. Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. Energy 44: 211-216.