ارزیابی میزان مصرف انرژی تولید میوه انار در شهرستان گلوگاه

محمدجواد خاکزاد رستمی*[۱]، زهرا بابائی قره‌تپه [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر

* ایمیل نویسنده مسئول: J.kh.rostami@gmail.com

چکیده

در این پژوهش به بررسی و تعیین میزان انرژی مصرفی در تولید میوه انار در شهرستان گلوگاه پرداخته شده است. برای نمونه‌برداری از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد و حجم نمونه با استفاده از رابطه کوکران ۹۵ نمونه برآورد گردید. با توجه به داده‌های گردآوری شده از مطالعه میدانی در خصوص نحوه انجام عملیات زراعی در مورد این محصول، مقادیر انرژی‌های نهاده و ستانده محاسبه گردید و شاخص‌های انرژی در این رابطه ارزیابی شدند. مجموع انرژی نهاده‌های مصرفی و انرژی خروجی در تولید محصول به‌ترتیب ۱۰۳۰۲/۵۶ MJ/ha و ۱۲۹۷۱/۶۱ MJ/ha به‌دست آمد و کارایی مصرف انرژی ۱/۲۶، افزوده انرژی ۲۶۶۹/۰۵ MJ/ha و بهره‌وری انرژی ۰/۵۳ kg/MJ به‌دست آمد که کارایی انرژی تولید انار در این منطقه پایین می‌باشد و برای بهبود آن باید به دنبال راه‌کارهایی جهت افزایش عملکرد محصول بود و یا این‌که در مصرف انرژی‌های ورودی صرفه‌جویی کرد. دو نهاده‌ی سوخت و کودهای شیمیایی به‌ترتیب با ۴۸/۳۴ و ۲۱/۹۸ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید بودند که انجام نشدن نمونه‌برداری از خاک و برگ برای تعیین مقدار مصرف بهینه‌ی کودهای شیمیایی و استفاده بی‌رویه از آن‌ها باعث افزایش سهم نهاده کودهای شیمیایی در انرژی کل شده است. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس نشان داد، تأثیر نهاده‌های نیروی انسانی، آفت‌کش‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، دامی، آب آبیاری و الکتریسیته، بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های سوخت و ماشین‌های کشاورزی بر عملکرد انار منفی می‌باشد. نتایج تحلیل حساسیت ورودی‌های انرژی نشان داد، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های آب آبیاری و کودهای شیمیایی، عملکرد به‌ترتیب معادل ۳/۱۲ و ۱/۴۲ کیلوگرم افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: انار، مصرف انرژی، بهینه‌سازی، کشاورزی

مقدمه

انرژی یکی از مهم‌ترین فاکتورها در سنجش سیستم‌های کشاورزی می‌باشد. امروزه قسمت قابل توجهی از انرژی برای انجام کارهای کشاورزی و مکانیزه کردن آنها به‌کار می‌رود و هزینه‌های قابل توجهی برای تأمین توان مورد نیاز در مکانیزاسیون کشاورزی صرف می‌شود. امروزه در کشورهای پیشرفته، با بررسی انرژی ورودی در واحد سطح برای تولید محصولات کشاورزی و

با محاسبه شاخص‌های انرژی، سعی شده است تا نظام‌های تولید کشاورزی از نظر مصرف انرژی بهینه شوند (Nassiri and Singh, 2009). استفاده مؤثر از انرژی در کشاورزی مشکلات زیست محیطی را کاهش می‌دهد و از تخریب منابع طبیعی جلوگیری کرده و کشاورزی پایدار را به‌عنوان یک سامانه تولیدی اقتصادی توسعه می‌دهد (Erdal *et al*., 2007). انار میوه بومی شرق کشور ایران تا کوه‌های هیمالیا در شمال هند است و در سرتاسر منطقه مدیترانه و قفقاز در آسیا، از زمان‌های باستان کشت و بومی شده است. تولید جهانی انار توسط ایران و کشورهای تونس، ترکیه، اسپانیا و ایالات‌متحده آمریکا رهبری می‌شود (Akcaoz *et al*., 2009). سالانه یک میلیون و هفتصد هزار تن انار در دنیا تولید می‌شود که ایران با تولید بیش از هشتصد هزار تن اولین تولیدکننده این میوه پاییزه محسوب می‌شود (Anonymous, 2011). استان مازندران در شمال ایران و در حاشیه دریای خزر واقع است که انار یکی از مهم‌ترین میوه‌ها در این استان به شمار می‌آید. سطح زیر کشت این میوه در سال ۱۳۹۳ در کشور ایران ۸۹ هزار هکتار بوده که از این میزان ۷۱ هزار هکتار آن بارور بوده است و استان مازندران با دارا بودن ۱۸۷۰ هکتار از مساحت باغ‌های انار، در مقام هشتم از نظر سطح زیرکشت قرار دارد. میزان تولید این محصول در سال ۹۳ در کشور، به‌صورت آبی و دیم بیش از ۸۰۰ هزار تن بوده که استان مازندران با تولید ۱۸۲۸۰ تن، از این نظر نیز مقام هشتم را دارا بوده است.

تاکنون مطالعات مختصری در بررسی انرژی مصرفی در زمینه تولید انار انجام گرفته است. رحیمی‌کیا و همکاران (۱۳۹۱) انرژی ورودی و خروجی و نسبت‌انرژی کاشت انار در شهر ارسنجان را محاسبه کردند. آنها به‌طور میانگین برای این شهرستان سهم هر یک از نهاده‌های کود شیمیایی، الکتریسیته، آب، نیروی انسانی، سوخت، کود حیوانی، ماشین و سم را به ترتیب ۶۳/۰۷، ۱۷/۱۸، ۱۳/۲۶، ۲/۳۲، ۲/۱۳، ۱/۸۴، ۰/۲۱ و ۰/۰۱ درصد به‌دست آوردند، که کود شیمیایی و الکتریسیته بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده بود. این تحقیق نشان داد عدم مصرف بهینه این نهاده‌ها نه تنها هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد بلکه سبب آلودگی محیط و منابع آب و خاک نیز می‌شود. آکاوز و همکاران نیز در تحقیقی تعیین انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید انار در شهر آنتالیای ترکیه را بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که مصرف انرژی بین ۳۲۶۱۹/۰ و ۴۴۴۶۲/۷ مگاژول بر هکتار بود و نسبت انرژی مناطق از ۱/۱۴ تا ۱/۲۵ متغیر بود (Akcaoz *et al*, 2009). در منطقه آنتالیا ترکیه که یکی از مهم‌ترین مناطق کاشت انار در ترکیه است تحلیل دیگری در زمینه مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی کاشت انار را انجام گرفته است. حدود ۸۴ درصد از مجموع انرژی‌های ورودی استفاده شده انرژی‌های غیرمستقیم و به‌طور میانگین ۸۹/۹۳ درصد از انرژی‌های ورودی استفاده شده به شکل انرژی‌های تجدیدناپذیر بود، که نشان می‌دهد کاربرد انرژی‌های تجدید پذیر در تولید انار در ترکیه بسیار پایین است و تولید انار به‌طور عمده به سوخت‌های فسیلی وابسته است (Canakci, 2010).

در زمینه بررسی انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید محصولات باغی در ایران تحقیقاتی مختلفی صورت گرفته است، که می‌توان به بررسی انرژی‌های ورودی تولید هلو در استان گلستان، با استفاده از آنالیز حساسیت اشاره کرد. که نتایج نشان داد مجموع انرژی مصرفی تولید هلو ۳۷۵۳۶/۹۶ مگاژول بر هکتار بود که سوخت دیزل با ۲۶/۳۲ درصد مصرف‌کننده عمده انرژی‌هایی ورودی بود (Royan *et al*., 2012). در تحقیق دیگری در استان تهران، تجزیه و تحلیل مصرف انرژی و آنالیز حساسیت انرژی‌های ورودی

میوه گلابی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد مجموع انرژی مصرفی برای تولید گلابی ۱۷۲۶۰۸/۴۳ مگاژول بر هکتار بود که الکتریسیته با ۷۷/۸۶ درصد بیشترین مصرف‌کننده انرژی بود. همچنین نسبت سود به هزینه ۳/۱۱ به‌دست آمد و در میان هزینه‌های ورودی هزینه نیروی انسانی با سهم ۳۳ درصد از مجموع هزینه‌ها، دارای بالاترین هزینه بود (Tabatabaie *et al*., 2013). از جمله تحقیقات دیگری که بر روی انرژی ورودی و هزینه‌های تولید محصولات باغی در شمال ایران انجام شده می‌توان به ارزیابی مصرف انرژی در تولید مرکبات استان مازندران (Loghmanpour *et al*., 2013)، بررسی میزان مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی تولید شلیل در منطقه ساری (Qasemi-Kordkheili *et al*., 2013) و بررسی انرژی ورودی در تولید میوه کیوی در مازندران با استفاده از تابع کاب داگلاس اشاره کرد (Mohammadi *et al*., 2009). از آنجا که تاکنون تحقیقات جامع و فراگیری در زمینه تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید انار در ایران صورت نگرفته است. در این مطالعه به بررسی روند مصرف انرژی و هزینه‌ها در تولید میوه انار در شهرستان گلوگاه پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شهرستان گلوگاه واقع در شرق استان مازندران می‌باشد. شهرستان گلوگاه با آب و هوای معتدل کوهستانی، دارای متوسط دمای روزانه ۱۷/۵ درجه‌سانتی‌گراد، متوسط بارندگی ۵۸۰ میلی‌متر، رطوبت نسبی ۷۷٪ ، حداکثر دمای سالانه ۴۶ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۴ درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد. جامعه آماری در این پژوهش شامل کلیه باغداران انار شهرستان گلوگاه در سال زراعی ۹۴-۹۳ بود که تعداد افراد نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۹۵ نفر برآورد گردید. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی فرمول ۱ را ارائه کرده است (Snedecor and Cochran, 1980):

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

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد باغداران، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t- استیودنت به‌دست می‌آید. S^2برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب و n حجم نمونه می‌باشد.

برای تعیین انحراف معیار جامعه، تعداد ۳۰ نفر از باغداران منطقه، به‌صورت تصادفی انتخاب و پیش آزمون شدند. مبنای کار را کل انرژی ورودی در یک دوره رشد قرار داده و انحراف معیار انرژی ورودی محاسبه شد و با در نظر گرفتن سایر متغیرها در معادله تعداد کل نمونه های لازم ۹۵ نمونه محاسبه گردید.

در این مطالعه هشت نهاده انرژی نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، آب آبیاری، کود حیوانی و الکتریسیته به‌عنوان ورودی و متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. در جدول ۱ هم ارزهای انرژی برای نهاده‌های مختلف به‌کار رفته در این مطالعه آورده شده است اعداد در نظر گرفته شده برای این هم‌ارزها بر اساس مطالعات صورت گرفته در کشورهای

همسایه و ایران است. با ضرب کردن این اعداد در مقادیری که برای هر یک از نهاده‌های مصرفی در این مطالعه به‌دست آمده است می‌توان مقدار انرژی موجود برای هر کدام از نهاده‌ها را به‌دست آورد.

جدول۱. معادل انرژی ورودی‌ها و خروجی

ورودی‌ها و خروجی	واحد	هم‌ارزهای انرژی ($MJ.\ unit^{-1}$)	مرجع
۱- نیروی انسانی	hr	۱/۹۶	(Tabatabaie et al, 2013)
۲- ماشین‌های کشاورزی	hr	۶۲/۷	(Royan et al, 2012)
۳- سوخت			
الف) بنزین	l	۴۶/۳	(Tabatabaie et al, 2013)
ب) گازوئیل	l	۵۶/۳۱	(Rafiee et al, 2010)
ج) الکریسیته	kwh	۳/۶	(Rafiee et al, 2010)
۴- آفت‌کش‌های شیمیایی	kg		
الف) علف‌کش‌ها		۲۳۸	(Royan et al, 2012)
ب) حشره‌کش‌ها		۱۰۱/۲	(Royan et al, 2012)
ج) قارچ‌کش‌ها		۲۱۶	(Royan et al, 2012)
۵- کودهای شیمیایی	kg		
الف) نیتروژن		۶۶/۱۴	(Tabatabaie et al, 2013)
ب) فسفر		۱۲/۴۴	(Tabatabaie et al, 2013)
ج) پتاسیم		۱۱/۱۵	(Tabatabaie et al, 2013)
۶- کود حیوانی	kg	۰/۳	(Tabatabaie et al, 2013)
۷- آب آبیاری	m^3	۱۰۲	(Tabatabaie et al, 2013)
۸- انار	kg	۱/۹	(Singh and Mittal, 1992)

برای تجزیه و تحلیل چگونگی مصرف انرژی محاسبه شاخص‌ها جهت قیاس و تصمیم‌گیری ضروری است، شاخص‌های انرژی شامل کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده انرژی طبق رابطه‌های (۲) تا (۵) محاسبه شد:

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۲)$$

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۳)$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}} \quad (۴)$$

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} - \text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)} \quad (۵)$$

در این مطالعه از روش رگرسیونی برای برقراری رابطه بین نهاده‌ها و عملکرد استفاده شده است، شکل کلی تابع به صورت فرمول ۶ است، که با محاسبه لگاریتم طرفین معادله ۶ و با قرار دادن هشت نهاده انرژی ورودی در نظر گرفته شده در فرمول ۷، فرمول مورد نظر به فرمول ۸ تبدیل می‌شود. در این فرمول a_0 و ei به ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند و $\alpha_8, \ldots., \alpha_2, \alpha_1$ به ترتیب ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی می‌باشند.

$$y = f(x)\exp(u) \quad (۶)$$

$$Lny_i = a_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(x_{ij}) + e_i \qquad i = 1,2,\ldots,n \quad (۷)$$

$$Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + \alpha_7 lnx_7 + \alpha_8 lnx_8 + e_i \quad (۸)$$

در این مطالعه برای تحلیل میزان تغییر در خروجی با توجه به میزان تغییر در ورودی‌ها از نرخ بازگشت به مقیاس استفاده شده است(Mohammadi *et al*., 2009; Ghasemi-Mobtaker *et al*., 2010; Banaeian *et al*., 2010). همچنین به‌منظور تعیین حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید از فرمول ۹ استفاده شد، این رابطه به ما نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد در هر یک از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییر در عملکرد چه میزان است. در این رابطه MPPxj مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای به ازای نهاده jام، α_{ij} ضریب رگرسیونی نهاده، GM(Y) میانگین هندسی عملکرد محصول در هکتار و GM(Xij) میانگین هندسی نهاده انرژی ورودی می‌باشد(Tabatabaie *et al*., 2013; Mobtaker *et al*., 2012; Banaeian and Zangeneh, 2011).

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij} \quad (۹)$$

نتایج و بحث

در جدول ۲ میزان نهاده‌های مصرف شده، محتوای انرژی آنها و همچنین درصد مصرف هر یک از نهاده‌ها ارائه شده است. نتایج نشان داد، متوسط تولید محصول انار در شهرستان گلوگاه ۶۸۲۷/۱۶ $kg\ ha^{-1}$ می‌باشد. این در صورتی است که متوسط تولید این محصول در کشور ۱۰۷۰۰ $kgha^{-1}$ می‌باشد (Anonymous, 2012)، همچنین متوسط عملکرد تولید انار در ترکیه $kgha^{-1}$ ۳۵۱۱۸/۶۷ (Canakci, 2010) و ۲۳۳۵۰ $kg\ ha^{-1}$ (Akcaoz *et al*., 2009) گزارش شد. مقایسه متوسط عملکرد تولید انار در شهرستان گلوگاه با ترکیه و متوسط تولید انار کشور، نشان‌دهنده عملکرد نسبتاً پایین انار در این شهرستان است. کل انرژی مصرفی در باغ‌های انار منطقه ۱۲۹۷۱/۶۱ $MJ\ ha^{-1}$ محاسبه شد. مقدار این انرژی برای میوه انار در ترکیه ۴۰۰۶۴/۸۷ $MJ\ ha^{-1}$ (Canakci, 2010) و ۵۳۷۶۴/۶۳ $MJ\ ha^{-1}$ (Akcaoz *et al*., 2009)، برای میوه کیوی در استان مازندران ۳۰۲۸۵/۶۲ $MJ\ ha^{-1}$ (Mohammadi *et al*., 2009) و برای مرکبات در استان مازندران ۱۷۱۱۲/۲ $MJ\ ha^{-1}$ (Loghmanpour *et al*., 2013)

گزارش شد. مقایسه متوسط انرژی مصرفی تولید انار در شهرستان گلوگاه با دیگر محصولات ذکر شده، نشان‌دهنده پایین بودن میزان انرژی ورودی تولید انار در این شهرستان است، به‌طوری که انرژی ورودی محاسبه شده برای تولید انار در ترکیه ۳ تا ۵ برابر بیشتر از انرژی ورودی در این منطقه است. که علت پایین بودن میزان عملکرد انار در این شهرستان را می‌توان پایین بودن میزان انرژی ورودی یا بهینه نبودن میزان انرژی مصرفی تولید این محصول دانست. در این مطالعه نیز مانند بسیاری از مطالعات صورت گرفته بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی در ایران، نهاده سوخت دیزل به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید به‌دست آمد. نهاده سوخت با صرف ۹۰/۵۴ L/ha^{-1} که معادل ۴۹۸۰/۵۹ $MJ\ ha^{-1}$ است، بیشترین سهم انرژی مصرفی را با ۴۸/۳۴ درصد در بین سایر نهاده‌ها داشت. در تولید میوه هلو در استان گلستان نیز مقدار نهاده سوخت با مصرف ۱۷۵/۴۲ $L\ ha^{-1}$ و صرف انرژی $MJ\ ha^{-1}$ ۹۸۷۷/۹۰ بیشترین سهم از انرژی‌های مصرفی را با ۲۶/۳۲ درصد شامل می‌شد (Royan *et al*., 2012)، مقدار انرژی این نهاده برای میوه انار در کشور ترکیه ۱۵۱۵/۸۷ $MJ\ ha^{-1}$ و معادل ۲/۸۲ درصد (Akcaoz *et al*., 2009) و برای میوه شلیل در شهرستان ساری ۷۹۲۹/۰۶ $MJ\ ha^{-1}$ و معادل ۱۹/۶۸ درصد (Qasemi-Kordkheili *et al*., 2013) گزارش شد. با وجود عدم مصرف سوخت دیزل در مرحله برداشت، سوخت نسبتاً زیادی در مراحل حمل و نقل (۴۵/۳۶٪ از انرژی سوخت)، آبیاری (۲۸/۸۱٪ از انرژی سوخت) و خاکورزی (۱۸/۲۶٪ از انرژی سوخت) برای تولید انار در این منطقه مصرف می‌شود. دلیل بالا بودن مصرف این نهاده می‌تواند فرسودگی ماشین‌ها در منطقه، عدم تنظیم گاز و عدم استفاده از دنده مناسب توسط اکثر کشاورزان باشد.

جدول ۲. میزان مصرف نهاده‌ها و انرژی مصرف شده در کشت انار

ورودی‌ها و خروجی	واحد	مقدار در واحد سطح	انرژی معادل در واحد سطح (MJ/ha)	درصد از کل انرژی نهاده (٪)
۱- نیروی انسانی	hr	۳۹۰/۷۶	۷۶۵/۸۹	۷/۴۳
۲- ماشین‌های کشاورزی	hr	۱۹/۶۱	۱۲۲۹/۷۵	۱۱/۹۴
۳- سوخت	l	۹۰/۵۴	۴۹۸۰/۵۹	۴۸/۳۴
الف) بنزین		۱۱/۷۷	۵۴۵/۱۳	۵/۲۹
ب) گازوئیل		۷۸/۷۷	۴۴۳۵/۴۶	۴۳/۰۵
۴- سموم شیمیایی	kg	۰/۸۳	۱۱۷/۵۹	۱/۱۴
الف) علف‌کش‌ها		۰/۱۷	۳۹/۸۶	۰/۳۹
ب) حشره‌کش‌ها		۰/۵۷	۵۷/۷۳	۰/۵۶
ج) قارچ‌کش‌ها		۰/۰۹	۲۰/۰۰	۰/۱۹
۵- کودهای شیمیایی	kg	۵۲/۰۲	۲۲۶۵/۲۱	۲۱/۹۸
الف) نیتروژن		۲۵/۷۵	۱۷۰۳/۱۲	۱۶/۵۳
ب) فسفر		۱۲/۴۴	۳۵۲/۲۷	۳/۱۲
ج) پتاسیم		۱۳/۸۳	۳۲۱/۹۵	۲/۳۳
۶- کود حیوانی	kg	۸۱۹/۴۷	۲۴۵/۸۴	۲/۶۰
۷- آب آبیاری	m^3	۸۰/۲۳	۸۱/۸۳	۰/۷۹
۸- الکتریسیته	kWh	۱۷۱/۰۷	۶۱۵/۸۶	۵/۷۸

کل انرژی ورودی		۱۰۳۰۲/۵۶	۱۰۰
کل انرژی خروجی	kg	۶۸۲۷/۱۶	۱۲۹۷۱/۶۱

کودهای شیمیایی با صرف ۵۲/۰۲ kg ha^{-1} که معادل ۲۲۶۵/۲۱ MJ ha^{-1} است، دومین سهم انرژی مصرفی را با ۲۱/۹۸ درصد در تولید انار داشت. که در این میان کودهای ازته با صرف ۱۷۰۳/۱۲ MJ ha^{-1} و معادل ۱۶/۵۳ درصد، در مقایسه با سایر کودها بیشترین انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج را می‌توان با نتایج به‌دست آمده در تولید میوه انار در ترکیه مقایسه کرد که مقدار انرژی مصرفی کودهای شیمیایی ۲۱۶۲۱/۵۵ MJ ha^{-1} و معادل ۴۰/۲۲ درصد بود، که کودهای ازته با ۱۷۵۰۷/۳۴ MJ ha^{-1} و معادل ۳۲/۵۶ درصد بیشترین انرژی مصرفی را در بین سایر کودهای شیمیایی داشتند (Akcaoz *et al*., 2009)، در تحقیقات مشابهی در ایران نیز، مقدار این نهاده پرمصرف‌ترین نهاده در تولید بود که کودهای ازته پرمصرف‌ترین نهاده در بین کودهای شیمیایی گزارش شدند (Loghmanpour *et al*., 2013; Tabatabaie *et al*., 2012). انجام نشدن نمونه‌برداری از خاک و برگ برای تعیین مقدار مصرف بهینه کودهای شیمیایی و استفاده بی‌رویه از آنها باعث افزایش سهم این نهاده در انرژی کل شده است.

در جدول ۳ شاخص‌های انرژی در تولید میوه انار در شهرستان گلوگاه آورده شده است. با استفاده از شاخص‌های انرژی این امکان وجود دارد که بتوان سیستم‌ها و سامانه‌های تولید محصولات در نقاط مختلف یا محصولات مختلف یک منطقه را با یکدیگر مقایسه نمود (Royan *et al*., 2012). نسبت انرژی برای تولید این محصول ۱/۲۴ به‌دست آمده است که این رقم نشان می‌دهد، به ازای مصرف یک واحد انرژی در حدود ۱/۲۴ واحد انرژی تولید شده است. مقدار این شاخص برای تولید میوه انار در ترکیه ۱/۸۷ (Canakci, 2010) و ۱/۰۴ (Akcaoz *et al*., 2009)، برای میوه کیوی در استان مازندران ۱/۵۴ (Mohammadi *et al*., 2009) و برای مرکبات در استان مازندران ۱/۷۱ (Loghmanpour *et al*., 2013) گزارش شد. شاخص بهره‌وری انرژی در این تحقیق برابر ۰/۶۵ kg MJ^{-1} به‌دست آمد. و بیانگر این است که به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی، ۰/۶۵ کیلوگرم ستانده حاصل شده است. هر چه این نسبت بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی می‌باشد. مقدار این شاخص برای تولید میوه انار در ترکیه ۰/۴۳ kg MJ^{-1} (Akcaoz *et al*., 2009)، برای میوه سیب در ترکیه ۰/۶۳ kg MJ^{-1} (Akcaoz, 2012) و برای میوه گلابی در استان تهران ۰/۲۷kg MJ^{-1} (Tabatabaie *et al*., 2013) به‌دست آمد. شاخص شدت انرژی در این تحقیق ۱/۵۲ MJ ha^{-1} به‌دست آمد که نشان می‌دهد، به ازای تولید هر یک کیلوگرم میوه انار، ۱/۵۲ مگاژول انرژی صرف شده است. مقدار این شاخص برای میوه انار در ترکیه ۲/۳۰ MJ kg^{-1} (Akcaoz *et al*., 2009)، برای میوه هلو در استان گلستان ۳/۴۱ MJ kg^{-1} (Royan *et al*., 2012)، برای میوه گلابی در استان تهران ۳/۷۲ MJ kg^{-1} (Tabatabaie *et al*., 2013) و برای میوه سیب در تهران، اصفهان و ترکیه به‌ترتیب ۲/۰۶ MJ kg^{-1}، ۲/۰۵ MJ kg^{-1} و ۱/۵۹ MJ kg^{-1} به‌دست آمد (Akcaoz, 2012; Sami *et al*., 2011; Rafiee *et al*., 2012). شاخص انرژی‌خالص یا افزوده خالص انرژی نیز برای این مطالعه ۲۶۶۹/۰۵ MJ ha^{-1} و مثبت به‌دست آمد، که نشان می‌دهد انرژی خروجی بیشتر از انرژی ورودی بوده است. مقدار این شاخص برای میوه انار در ترکیه MJ ha^{-}

[1] ۲۲۷۵/۳۷ (Akcaoz *et al*., 2009)، برای مرکبات در مازندران $MJ\ ha^{-1}$ ۱۲۲۵۱/۴۰ (Loghmanpour *et al*., 2013) و برای میوه گلابی در استان تهران $MJ\ ha^{-1}$ ۸۴۴۶۶/۳۰− (Tabatabaie *et al*., 2013) به‌دست آمد. از آنجا که هنوز تحقیق کامل و جامعی در مورد تحلیل انرژی بر روی میوه انار در ایران و سایر نقاط دنیا صورت نگرفته است، نمی‌توان به‌صورت دقیق به مقایسه شاخص‌های انرژی برای این محصول در نقاط مختلف پرداخت.

جدول ۳. شاخص‌های انرژی و انواع انرژی در تولید انار شهرستان گلوگاه

شاخص‌ها	واحد	مقدار
کارایی انرژی	–	۱/۲۶
بهره‌وری انرژی	kg/MJ	۰/۵۳
انرژی ویژه	MJ/kg	۱/۹
افزوده انرژی	MJ/ha	۲۶۶۹/۰۵
کل ورودی‌ها	MJ/ha	۱۰۳۰۲/۵۶
کل خروجی	MJ/ha	۱۲۹۷۱/۶۱

نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس به‌منظور تعیین رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و عملکرد انار در شهرستان گلوگاه در جدول ۴ نشان داده شده است. مقدار R^2 برای معادله ۰/۷۱ به‌دست آمد، که نشان می‌دهد در حدود ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد توسط متغیرهای مستقل (انرژی نهاده‌ها) قابل تبیین می‌باشد. برای داده‌های مورد استفاده در این مدل، خود هم‌بستگی بین داده‌ها توسط آزمون دوربین واتسون مورد آزمایش قرار گرفت، که مقدار این آماره ۱/۷۲ به‌دست آمد، یعنی بین داده‌ها در سطح پنج درصد خود هم‌بستگی وجود ندارد. تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، سم‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی و دامی، آب آبیاری و الکتریسیته، بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های سوخت و ماشین‌های کشاورزی بر عملکرد انار منفی به‌دست آمد. انرژی کودهای شیمیایی بیش‌ترین ضریب رگرسیونی (۰/۵۴) را در بین سایر نهاده‌ها بر روی عملکرد داشت، این بدان معنی است که با افزایش یک درصدی در استفاده از کودهای شیمیایی در باغ‌های منطقه، عملکرد به میزان ۰/۵۴ درصد افزایش خواهد یافت. در بررسی انرژی تولید سیب در استان تهران و هلو در استان گلستان، ضریب رگرسیونی این نهاده به‌ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۷ به‌دست آمد (رفیعی و همکاران، ۲۰۱۰؛ رویان و همکاران، ۲۰۱۲). دومین نهاده‌ای که پس از کودهای شیمیایی بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد داشت نهاده سوخت (۰/۳۴−) بود، ولی اثر آن به‌صورت منفی بود، یعنی با افزایش یک درصدی در استفاده از نهاده سوخت در باغ‌های این منطقه، عملکرد به میزان ۰/۳۴ درصد کاهش خواهد یافت. بعد از سوخت، نهاده ماشین‌ها با ضریب ۰/۱۲− در رتبه سوم قرار گرفت، مصرف یک درصدی این نهاده نیز سبب کاهش ۰/۱۲ درصدی عملکرد می‌شود. ضریب‌های سایر نهاده‌ها و هم‌چنین سطح معنی‌داری آن‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. نرخ بازگشت به مقیاس، میزان تغییرات در مقدار عملکرد محصول به ازای تغییر در

کل نهاده‌ها را نشان می‌دهد، که برای معادله، ۰/۱۹ به‌دست آمد، یعنی با افزایش یک درصدی در انرژی ورودی تمام نهاده‌ها، عملکرد به میزان ۰/۱۹ درصد افزایش خواهد یافت.

جدول ٤. تخمین رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و عملکرد انار در شهرستان گلوگاه

متغیرها	ضریب رگرسیونی	آماره t (t-ratio)	P-Value	MPP
Model: $Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + \alpha_7 lnx_7 + \alpha_8 lnx_8 + e_i$				
نیروی انسانی	۰/۰۱۱	۰/۲۱ ns	۰/۸۳۳	۰/۰۹۷
ماشین‌ها	−۰/۱۲۵	−۱/۶۹ ns	۰/۰۹۵	−۰/۶۷۵
سوخت	−۰/۳۴۵	−۱/۲۶ ns	۰/۲۱۳	−۰/۴۷۰
سم‌های شیمیایی	۰/۰۲۰	۱/۶۷ ns	۰/۰۹۹	۰/۶۷۵
کودهای شیمیایی	۰/۵۳۶	۱/۹۹ *	۰/۰۴۸	۱/۴۲۰
کود دامی	۰/۰۴۷	۴/۱۲**	۰/۰۰۱	۱/۳۰۰
آب آبیاری	۰/۰۳۷	۱/۵۴ ns	۰/۱۲۷	۳/۱۲۳
الکتریسیته	۰/۰۰۷	۰/۵۹ ns	۰/۵۵۶	۰/۰۶۰
R^2	۰/۷۱			
دوربین واتسون	۱/۷۲			
نرخ بازگشت به مقیاس	۰/۱۸۸			

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد و ns غیرمعنی‌دار

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های نیروی انسانی، آب آبیاری، سم‌های شیمیایی، الکتریسیته، کودهای شیمیایی و کودهای دامی، عملکرد به‌ترتیب معادل ۰/۱۰، ۳/۱۲، ۰/۶۷، ۰/۰۶، ۱/۴۲و ۱/۳۰ کیلوگرم افزایش می‌یابد و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهاده‌های سوخت و ماشین‌ها عملکرد به‌ترتیب معادل ۰/۴۷، ۰/۶۷ کیلوگرم کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی میزان مصرف انرژی در تولید میوه انار در شهرستان گلوگاه نشان می‌دهد، میزان عملکرد انار در این شهرستان پایین است، که علت پایین بودن آن را می‌توان پایین بودن میزان انرژی ورودی یا بهینه نبودن میزان انرژی مصرفی در تولید این محصول دانست. کارایی انرژی تولید انار در این منطقه نیز پایین بدست آمد که برای بهبود آن باید به دنبال راه‌کارهایی جهت افزایش عملکرد محصول بود و یا این‌که در مصرف انرژی‌های ورودی صرفه‌جویی کرد. در بین نهاده‌های مصرفی، نهاده‌ی سوخت دیزل به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید به‌دست آمد، که دلیل بالا بودن مصرف این نهاده فرسودگی ماشین‌ها در منطقه، عدم تنظیم گاز و عدم استفاده از دنده‌ی مناسب توسط اکثر کشاورزان بود. پس از سوخت دومین نهاده پرمصرف کودهای شیمیایی بود، که دومین سهم انرژی مصرفی را در تولید انار داشت. انجام نشدن نمونه‌برداری از خاک و برگ برای تعیین مقدار مصرف

بهینه‌ی کودهای شیمیایی و استفاده بی‌رویه از آن‌ها باعث افزایش سهم این نهاده در انرژی کل شده است. نهاده‌ی آب آبیاری در بین سایر نهاده‌ها کم‌ترین مقدار انرژی را داشت، که دلیل آن پایین بودن دفعات آبیاری در منطقه بود. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس به‌منظور تعیین رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و عملکرد نشان داد، تأثیر نهاده‌های نیروی انسانی، آفت‌کش‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، دامی، آب آبیاری و الکتریسیته، بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های سوخت و ماشین‌های کشاورزی بر عملکرد انار منفی به‌دست آمد. هم‌چنین نهاده سوخت و کودهای شیمیایی، بیش‌ترین ضریب رگرسیونی را در بین سایر نهاده‌ها بر روی عملکرد داشتند. نتایج تحلیل حساسیت ورودی‌های انرژی نشان داد، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های آب آبیاری و کودهای شیمیایی، عملکرد به‌ترتیب معادل ۳/۱۲ و ۱/۴۲ کیلوگرم افزایش می‌یابد و با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های ماشین‌ها و سوخت، عملکرد به‌ترتیب معادل ۰/۶۷ و ۰/۴۷ کیلوگرم کاهش می‌یابد.

منابع

رحیمی‌کیا، م.، عمادی، ب.، آق‌خانی، م. ح.، و عاقل، ح. ۱۳۹۰. تعیین کارایی میزان مصرف انرژی تولید انار در شهرستان ارسنجان. همایش ملی انار، فردوس، مرکز تحقیقات انار فردوس.

الماسی، م.، کیانی، ش.، و لویمی، ن. ۱۳۸۰. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ دوم مؤسسه انتشارات حضرت معصومه سلام الله علیها، قم.

Anonymous. 2012. Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran, www.maj.ir.

Anonymous. 2011. FoodandAgriculturalOrganization (FAO). www.fao.org.

Akcaoz, H., Ozcatalbas. O., and Kizilay H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment Vol 7(2): 475-480.

Canakci, M. 2010. Energy use pattern and economic analyses of pomegranate cultivation in Turkey. African Journal of Agricultural Research Vol 5(7): 491-499.

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.

Loghmanpour, R., Yaghoubi, H., and Akram, A. 2013. Energy use in citrus production of Mazandaran in Iran. African Crop Science Journal Vol 21: 61-65.

Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Mohtasebi, S. S., and Rafiee, H. 2009. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075.

Nassiri, S. M., and S. Singh. 2009. Studyon energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. Applied energy 86: 1320-1325.

Qasemi-Kordkheili, P., Kazemi, N., Hemati, A., and Taki, M. 2013a. Energy consumption, input-output relationship and economic analysis for nectarine production in Sari region, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences Vol 5(2): 125-131.

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

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.

Sami, M., Shiekhdavoodi, M. J., and Asakereh, A. 2011. Energy use in apple production in the Esfahan province of Iran. African Crop Science Journal Vol 19(2): 125-130.

Singh, S., and Mittal, J. P. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Pub. New Delhi.

Snedecor, G. W., and Cochran, W. G. 1980. Statistical methods. Iowa State University Press.

Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, S., Keyhani, A., and Heidari, M. D. 2013. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. Renewable Energy 51: 7-12.

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