فصلنامه راهبردهای توسعه روستایی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱ ص. ۲۲۳-۲۱۳

Rural Development Strategies
Vol. 9, No. 2, Summer 2022, P. 213-223

مقاله پژوهشی

بررسی جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مزارع دیم نخود (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی)

مهدی بابائیان[1*]، ابوالفضل توسلی[2]، مهدی جواهری[3] و مصطفی جعفریان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳ مرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۹ آذر ۱۴۰۰

چکیده

از مهم‌ترین روش‌های مقایسه کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری تولید و مخاطرات زیست‌محیطی بوم نظام‌های زراعی، بررسی جریان انرژی و میزان تولید گازهای گلخانه‌ای است. این تحقیق باهدف بررسی الگوهای مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی تولید نخود دیم در استان خراسان شمالی انجام شد. مزارع به روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب و داده‌ها از طریق پرسشنامه چهره به چهره گردآوری گردید. در این مطالعه، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و دانه ورودی‌های انرژی را تشکیل می‌داد. خروجی مطالعه نیز عملکرد دانه و عملکرد اندام هوایی (کاه) بود. نتایج نشان داد که متوسط نیروی انسانی مورد استفاده در یک هکتار از مزارع نخود دیم نواحی روستایی منطقه مورد مطالعه ۲۱ نفر، کود نیتروژن ۵۰ و کودهای فسفر و پتاسیم ۷۰ کیلوگرم بود. همچنین میزان مصرف سوخت دیزل ۳۵ لیتر و میزان استفاده ماشین‌آلات ۸ ساعت در هکتار بدست آمد. ارزیابی میزان مصرف انرژی نشان داد که در بین نهاده‌های ورودی کود نیتروژن با ۳۳۰۷ مگاژول در هکتار، ۴۰/۰۶ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داده است و سوخت دیزل با ۱۹۷۰/۸۵ مگاژول در هکتار، ۲۳/۸۶ درصد از کل انرژی ورودی را مصرف کرد. نیروی انسانی و بذر نیز به ترتیب با ۰/۴۹ و ۱/۸۷ درصد کمترین سهم را از ورودی‌های انرژی بخود اختصاص دادن. راندمان مصرف انرژی کل (عملکرد دانه و کاه نخود) ۱/۹۱ و بهره‌وری انرژی ۰/۰۸ کیلوگرم بر مگاژول حاصل شد. مقدار انرژی ویژه نیز ۱۲/۳۲ مگاژول بر کیلوگرم بود. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۳۹۹/۲۰ کیلوگرم در هکتار و سهم CO_2، N_2O و CH_4 به ترتیب ۳۹۸/۶۰، ۰/۰۲ و ۰/۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. پتاسیل گرمایش جهانی تولید در یک هکتار نخود دیم در مزارع نخود منطقه ۴۱۹/۱۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن بدست آمد. در پایان از نتایج بدست آمده در تحقیق نتیجه‌گیری شد که مزارع نخود دیم بدلیل وابستگی به آب باران و عدم مصرف الکتریسیته و همچنین مصرف کم کودهای شیمیایی از مصرف انرژی پائینی برخوردار هستند. با این وجود برای کاهش همین میزان مصرف انرژی در تولید نخود دیم، استفاده از تناوب زراعی مناسب به منظور کاهش مصرف علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی و نیز رعایت قواعد ترافیک مزرعه جهت کاهش تردد ادوات کشاورزی در مزارع را توصیه کرد.

کلمات کلیدی: بهره‌وری انرژی، کارایی انرژی، مخاطرات زیستی، پتانسیل گرمایش جهانی

۱-استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی شیروان، شیروان، ایران
۲-استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران
۳-گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی شیروان، شیروان، ایران
۴-دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی کشاورزی و دامپزشکی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران
(*-نویسنده مسئول: mahdibbn@gmail.com)

DOI: 10.22048/rdsj.2021.298154.1968

مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به اهمیت امنیت غذایی برای جامعه و محدودیت دسترسی به زمین‌های زراعی مناسب، مصرف انرژی در بخش کشاورزی را به شدت افزایش داده است (محمدی[۱] و همکاران، ۲۰۰۸) این افزایش بیشتر تحت تأثیر بکارگیری کودها و سموم شیمیایی و ماشین‌آلات در تولید محصولات کشاورزی است (قربانی[۲] و همکاران، ۲۰۱۱). در بین نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصولات کشاورزی سوخت، الکتریسیته، ماشین‌آلات، بذر، کود و سموم منابعی هستند که بخش زیادی از انرژی‌های ورودی در مزارع را به خود اختصاص می‌دهند. بررسی‌های نشان می‌دهد که استفاده فشرده از این نهاده‌ها و مصرف بالای انرژی جهت تولید محصولات کشاورزی، سلامت محیط زیست و نیز سلامت انسان‌ها را تحت تأثیر قرار داده است (ایلماز[۳] و همکاران، ۲۰۰۵). گرچه در ایران مصرف انرژی در کشاورزی بسیار کمتر از سایر بخش‌ها است، اما به دلیل پتانسیل بزرگ کشاورزی و وسعت مناطق روستایی، این مسئله بسیار مهم است (ساین[۴] و همکاران، ۲۰۰۵). توجه به این نکته بسیار مهم است که استفاده کارآمد از انرژی به افزایش تولید و بهره‌وری تولید محصولات کشاورزی، رشد اقتصاد و پایداری کشاورزی روستایی کمک می‌کند. عزیزی و حیدری[۵] (۲۰۱۳) گزارش دادند مصرف انرژی در واحد سطح در کشاورزی ارتباط مستقیمی با توسعه فن‌آوری کشاورزی و سطح تولید دارد. با توجه به اهمیت توسعه پایدار توجه به این نکته ضروری است که یکی از شاخص‌های اصلی برای توسعه پایدار کشاورزی، میزان استفاده از انرژی در تولید محصولات زراعی است (محمدی[۶] و همکاران، ۲۰۱۰).

افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی دیگر از نتایج توسعه کشاورزی و افزایش فشار تولید محصولات زراعی در سال‌های اخیر بوده است (جونز[۷] و همکاران، ۲۰۱۲). فرمولاسیون، ذخیره-سازی، توزیع نهاده‌های کشاورزی و کاربرد آنها منجر به مصرف منابع مختلف انرژی مانند سوخت دیزل می‌شود که گازهای گلخانه‌ای را در جو منتشر می‌کند. در حال حاضر، افزایش تعداد گازهای گلخانه‌ای (GHG) منتشر شده به جو از جدی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است. آمارها نشان می‌دهد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های کشاورزی ۲۰ درصد افزایش یافته است (بنائیان[۸] و همکاران، ۲۰۱۳). در این بین ۱۳ درصد از CO_2، ۶۰ درصد از اکسید نیتروژن (N_2O) و ۵۰ درصد از متان (CH_4) انتشار یافته در جو، ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد (اسمیت[۹] و همکاران، ۲۰۰۸). انتشار روز افزون گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر توجه بیشت به راهکارهای کاهش انتشار این گاز-ها را می‌طلبد. بهترین راه جهت افزایش بهره‌وری و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی مدیریت مصرف انرژی‌های ورودی در سیستم‌های کشاورزی است (بابائیان و همکاران، ۱۴۰۰). اگرچه مطالعات زیادی در مورد مصرف انرژی در محصولات مختلف از جمله چغندرقند (بابائیان و همکاران، ۱۴۰۰)، گندم (قربانی و همکاران، ۲۰۱۱)، پنبه و ذرت دانه‌ای (زاهدی[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۵) انجام شده است اما تعداد کمی از آنها بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی تولید محصولات متمرکز شده‌اند. با توجه به این که بخش کشاورزی

۱- Mohamadi
۲- Ghorbani
۳- Yilmaz
۴- Sayin
۵- Azizi and Heidari
۶- Mohammadi
۷- Jones
۸- Banaeian
۹- Smith
۱۰- Zahedi

ایران در مناطق مختلف اقلیمی و محیط متنوع خاکی انجام می‌شود، از این رو، کمی کردن مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر منطقه اقلیمی امری ضروری است. در سال ۱۳۹۸ در ایران سطح زیر کشت حبوبات ۸۴۱۹۲۷ هکتار بود که ۵۷۹۳۲۶ هکتار آن به نخود اختصاص داشت. میزان تولید نخود در ایران ۲۸۵۷۵۹ تن گزارش شد و استان خراسان شمالی با ۶۲۶۳ هکتار زراعت نخود و تولید ۴۴۴۷ تن به عنوان یکی از مناطق مهم تولید دیم این محصول به شمار می‌آید (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). لذا با توجه به اهمیت تولید محصول نخود به روش دیم در بین محصولات زراعی استان خراسان شمالی اهداف مطالعه حاضر ارزیابی میزان انرژی مصرف شده و سهم هر یک از نهاده‌ها، ارزیابی کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی و کمی‌سازی انتشار گازهای گلخانه‌ای سیستم‌های زراعی نخود دیم در مناطق روستایی استان خراسان شمالی است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مناطق روستایی استان خراسان شمالی در محدوده عرض "۱۸ °۳۸ تا "۳۶ °۳۶ و طول جغرافیای و"۲۸ °۵۸ " تا "۵۲ °۵۵ انجام شد. ارتفاع از سطح دریا منطقه مورد مطالعه ۱۱۴۷ متر است. مساحت استان خراسان شمالی تقریباً ۲۸۴۳۴۰۰ هکتار و مساحت اراضی کشاورزی این استان تقریباً ۴۱۲۸۱۸۲ کیلومترمربع است. آب و هوای نیمه خشک در منطقه با تابستان‌های خشک و گرم و زمستان‌های بارانی و معتدل مشاهده می شود. میانگین دمای سالانه تقریباً ۱۰ درجه سانتی‌گراد و کل بارندگی سالانه ۲۹۵ میلی‌متر است که از این میزان حدود ۹۴٪ بارندگی در ماه‌های مهر تا اردیبهشت انجام می‌شود. عملیات کشاورزی و مقادیر ورودی انرژی مزارع نخود با استفاده از پرسشنامه چهره به چهره در سال زراعی ۹۸-۹۷ جمع‌آوری گردید. جهت محاسبه حجم نمونه از رابطه ۱ استفاده شد.

$$n = \frac{N \times S^2}{(N-1)S_x^2 + S^2)} \quad (۱)$$

در این معادله n: شمار نمونه‌های مورد نیاز، N: شمار کشاورزان در منطقه مورد مطالعه، S: انحراف معیار، S_X: انحراف معیار نمونه(d/z)، d: دقت (اشتباه مجاز) در اندازه نمونه که ۱۵ درصد میانگین برای سطح اطمینان ۹۵ درصد تعریف می‌شود و z: ضریب اطمینان (برابر ۱/۹۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد) می‌باشد. با توجه به تعداد کشاورزان نخود کار در سطح شهرستان‌های استان و بر اساس سطوح زیر کشت تعداد نمونه‌های نخود ۴۷ عدد تعیین شد. جهت انجام پژوهش ۱۵ روستا به عنوان نماینده کل مناطق مورد مطالعه انتخاب شدند. در مرحله بعد تولید کننده نخود ثبت شد، اندازه هر مزرعه و مساحت کل تعیین شد و یک جدول برای نمایش جمعیت تهیه گردید. کلیه ورودی‌ها و خروجی‌ها از سیستم‌ها شناسایی و اندازه‌گیری و به واحدهای انرژی تبدیل شدند. معادل انرژی ورودی‌ها و خروجی‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. منابع انرژی مکانیکی مورد استفاده در مزارع منتخب شامل دیزل است. براساس معادل‌های انرژی ورودی و خروجی، نسبت انرژی (بازده مصرف انرژی) و بهره‌وری انرژی و انرژی خالص مطابق جدول ۱ محاسبه شد (دمیرکن[۱] و همکاران ۲۰۰۶). سایر مقادیر محاسبه شده شامل انرژی مستقیم، غیر مستقیم بود. انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی و دیزل می‌باشد و انرژی غیرمستقیم شامل انرژی‌های موجود در بذور، کود و سموم دفع آفات است که در فرایند تولید نخود مورد استفاده قرار می‌گیرند (ایلماز و همکاران، ۲۰۰۵).

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر واحد از منابع شیمیایی و پتانسیل گرمایشی جهانی آنها با استفاده از ضریب آلایندگی دی اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) اتمسفر تحت تأثیر نهاده‌های شیمیایی و

۱- Demircan

الکتریسیته مصرفی در سیستم‌های تولید نخود مطـابق جـدول ۳ محاسبه شد.

جدول ۱. پارامترهای انرژی و تعاریف آن‌ها

شاخص	تعریف	واحد
انرژی مستقیم	نیروی کارگری، سوخت دیزل، الکتریسیته، آبیاری	MJ ha^{-1} per year
انرژی غیرمستقیم	ماشین‌آلات، کود های شیمیایی، سموم شیمیایی، کود دامی، بذر	MJ ha^{-1} per year
کل انرژی ورودی	انرژی مستقیم+ انرژی غیر مستقیم	MJ ha^{-1} per year
کل انرژی خروجی	انرژی موجود در زیست توده برداشت شده	MJ ha^{-1} per year
کارائی انرژی	انرژی ورودی/انرژی خروجی	
انرژی ویژه	عملکرد/انرژی ورودی	MJ t^{-1}
انرژی خالص	انرژی ورودی– انرژی خروجی	MJ ha^{-1}
بهره‌وری انرژی	عملکرد/انرژی ورودی	Kg MJ^{-1}

جدول ۲. هم‌ارزهای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها

	پارامتر	واحد	ارزش انرژی ($MJ/unit^{-1}$)	منبع
نهاده	نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(یالدیز[۱] و همکاران، ۱۹۹۳)
	ماشین‌آلات	h	۶۲/۷۰	(یالدیز و همکاران، ۱۹۹۳)
	سوخت دیزل	l	۵۶/۳۱	(اوزکان[۲] و همکاران، ۲۰۰۴)
	ازت (N)	kg	۶۶/۱۴	(شرستها[۳]، ۲۰۰۲)
کودها	فسفر (P_2O_5)	kg	۱۲/۴۴	(شرستها، ۲۰۰۲)
	پتاس (K_2O)	kg	۱۱/۱۵	(شرستها، ۲۰۰۲)
	ریز مغذی	kg	۱۲۰	(یالدیز و همکاران، ۱۹۹۳)
	کود دامی	tons	۳۰۳/۱۰	(یالدیز و همکاران، ۱۹۹۳)
	حشره‌کش	kg	۱۰۱/۲۰	(کندی[۴]، ۲۰۰۰)
سموم	قارچ‌کش	kg	۲۱۶/۰۰	(پاتاک، ۱۹۸۵)
	علف‌کش	kg	۲۳۸/۰۰	(اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴)
	بذر نخود	kg	۱۴/۷	(اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴)
	عملکرد دانه	kg	۱۴/۷	(ونتوری و ونتوری[۵]، ۲۰۰۳)
ستانده	کاه	kg	۶/۷	(محمدی و همکاران، ۲۰۱۴)

جدول ۳. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید نخود

نهاده	دی اکسید کربن (g)	اکسید دی نیتروژن (g)	متان (g)	منبع
سوخت دیزل (Lit)	۳۵۶۰	۰/۷۰	۵/۲۰	(کرامر[۶]، ۱۹۹۹)
کود نیتروژن (اوره) (kg)	۳۱۰۰	۰/۰۳	۳/۷۰	(اشنایدر[۷]، ۲۰۰۹)

۱- Yaldiz
۲- Ozkan
۳- Shrestha
۴- Kennedy
۵- Venturi and Venturi
۶- Kramer
۷- Snyder

کود فسفات (kg)	۱۰۰۰	۰/۰۲	۱/۸۰	(اشنایدر، ۲۰۰۹)
کود پتاس (kg)	۷۰۰	۰/۰۱	۱	(اشنایدر، ۲۰۰۹)

انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند در واحد سطح، در واحد وزن عملکرد یا در واحد انرژی ورودی یا خروجی محاسبه شود (پاتاک و بینینگ[۱]، ۱۹۸۵). هر یک از گاز گلخانه‌ای CO_2، CH_4 و N_2O دارای یک مقدار پتانسیل گرمایش جهانی مخصوص به خود است که نسبت به دی اکسید کربن (بعنوان گاز مرجع) بیان می‌شود (بنائیان و همکاران، ۲۰۱۳). پتانسیل گرمایش جهانی CO_2، CH_4 و N_2O به ترتیب برابر با ۱، ۲۱ و ۳۱۰ است.

نتایج و بحث

جریان انرژی

میزان مصرف انرژی سیستم تولید نخود در اراضی دیم روستاهای استان خراسان شمالی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد کل انرژی مصرفی در کشتزارهای نخود معادل ۸۲۵۳/۳۱ مگاژول در هکتار است. متوسط نیروی انسانی استفاده شده در مراحل کاشت، داشت و برداشت این محصول ۲۱ نفر است که انرژی مصرفی آن معادل ۴۱/۱۶ مگاژول انرژی در هکتار بود. این انرژی به جهت عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات داشت شامل: کوددهی، سمپاشی و وجین مزارع و عملیات برداشت مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی در فرایند کاشت، داشت و برداشت یک هکتار نخود معادل ۸ ساعت در هکتار است که برابر مصرف ۵۰۱/۶۰ مگاژول در هکتار انرژی می‌باشد. در بین نهاده‌های مصرفی، انواع کودهای شیمیایی با مصرف ۴۹۵۸/۳۰ مگاژول در هکتار ۶۰/۰۵ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند. در این بین سهم ازت ۴۰/۰۶ درصد سهم فسفر ۱۰/۵۵ درصد و سهم پتاس ۹/۴۴ درصد بود، سوخت دیزل نیز با ۲۳/۸۶ درصد سهم بالایی از کل انرژی مصرفی تولید نخود را داشت. کمترین مقادیر مصرف انرژی نیز مربوط به نیروی انسانی و بذر بود که بترتیب ۰/۴۹ و ۱/۸۷ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند. نتایج بدست آمده نشان داد در مزارع نخود استان خراسان شمالی کود نیتروژن با میانگین مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار و با سهم ۴۰/۰۶ درصدی از کل انرژی ورودی به مزرعه به میزان ۳۳۰۷ مگاژول در هکتار، انرژی مصرف کرد که بالاترین میزان مصرف انرژی در بین نهاده‌های ورودی بود. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی کارایی مصرف انرژی، در سامانه تولید نخود کوه دشت انجام شد میزان کل انرژی ورودی مربوط به سوخت دیزل ۷۳۹۶/۸۹ مگاژول بر هکتار و بعد از آن کودهای شیمیایی به‌ویژه کود فسفات با ۶۲۹/۳۳ مگاژول بر هکتار بود (چراغی، ۱۳۹۴).

قادرپور و رفیعی (۱۳۹۶) مطالعه‌ای را با هدف تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی انرژی و عملکرد تولید نخود دیم در شهرستان بوکان انجام دادند. بررسی نتایج آنها نشان داد که کل انرژی مصرفی برای تولید نخود دیم ۷۷۶۰/۴۴۱ مگاژول بر هکتار و انرژی تولیدی کل (دانه+کاه ۱۵۳۰۵/۹۷۶) مگاژول بر هکتار بود. مهمترین نهاده ورودی، سوخت دیزل با سهم ۴۹/۷۳ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش شد. کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی برای تولید نخود به ترتیب ۱/۲۲۹ و ۰/۰۸۳۶ کیلوگرم بر مگاژول و برای نخود+کاه به ترتیب ۱/۹۲۷ و ۰/۱۹۴۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد.

طبق نتایج این بررسی متوسط عملکرد دانه نخود در دهستان قوشخانه معادل ۶۷۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

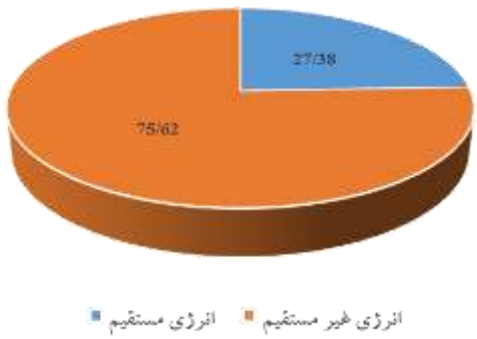
۱- Pathak and Bining

انرژی خروجی در مزارع نخود منطقه مورد مطالعه برای عملکرد دانه معادل ۹۸۴۹ مگاژول در هکتار برآورد شد که با احتساب عملکرد کاه مقدار آن معادل ۱۵۸۰۵/۳۰ مگاژول در هکتار است. بررسی نوع انرژی‌های مصرفی در این پژوهش نشان داد از کل انرژی مصرفی در مزارع نخود، سهم انرژی‌های مستقیم ۲۰۱۲/۰۱ مگاژول در هکتار و سهم انرژی‌های غیر مستقیم ۶۲۴۱/۳۰ مگاژول در هکتار بود که به ترتیب ۲۴/۳۷ درصد و ۷۵/۶۲ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

بر اساس نتایج این مطالعه مجموع انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۸۸/۱۶ مگاژول و مجموع انرژی‌های از نوع تجدیدناپذیر ۸۰۶۵/۱۵ بدست آمد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ۲/۲۷ درصد و انرژی تجدیدناپذیر ۹۷/۷۲ درصد محاسبه شد (شکل ۲).

جدول ۵. مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و رابطه بین انرژی ورودی و خروجی زراعت نخود

پارامتر	واحد	ارزش انرژی ($MJ/unit^{-1}$)	مقادیر نهاده/ستانده در هکتار	معادل انرژی کل (MJ/ha^{-1})	درصد از انرژی کل ٪
نیروی انسانی	h	۱/۹۶	۲۱	۴۱/۱۶	۰/۴۹
بذر	kg	۵۰/۰۰	۱۰	۱۴۷	۱/۸۷
ازت (N)	kg	۶۶/۱۴	۵۰	۳۳۰۷	۴۰/۰۶
فسفر (P_2O_5)	kg	۱۲/۴۴	۷۰	۸۷۰/۸۰	۱۰/۵۵
پتاس (K_2O)	kg	۱۱/۱۵	۷۰	۷۸۰/۵۰	۹/۴۴
حشره‌کش	kg/l	۱۰۱/۲۰	۲	۲۰۲/۴۰	۲/۴۴
قارچ‌کش	kg/l	۲۱۶/۰۰	۲	۴۳۲	۵/۲۲
سوخت دیزل	l	۵۶/۳۱	۳۵	۱۹۷۰/۸۵	۲۳/۸۶
ماشین آلات	h	۶۲/۷۰	۸	۵۰۱/۶۰	۶/۰۷
کل انرژی ورودی	MJ/ha^{-1}	–	–	۸۲۵۳/۳۱	۱۰۰
عملکرد دانه	kg	۱۲/۵۰	۶۷۰	۹۸۴۹	–
کاه	kg	۱۶/۸۰	۸۸۹	۵۹۵۶/۳۰	–
کل انرژی خروجی	MJ/ha^{-1}	–	–	۱۵۸۰۵/۳۰	–



شکل ۱. درصد سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در تولید نخود

در بررسی شاخص‌های انرژی، راندمان مصرف انرژی برای عملکرد نخود ۱/۱۹، راندمان مصرف انرژی برای کاه ۰/۷۲،

راندمان مصرف انرژی کل (نخود+کاه) ۱/۹۱ بود و بهره‌وری انرژی ۰/۰۸ کیلوگرم برمگاژول بدست آمد (جدول ۶). در مطالعه‌ای که قادرپور و رفیعی (۲۰۱۷) روی تولید نخود دیم در شهرستان بوکان انجام دادند مقدار کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی برای تولید نخود را به ترتیب ۱/۲۲۹ و ۰/۰۸۳۶ کیلوگرم بر مگاژول و برای نخود+کاه به ترتیب ۱/۹۲۷ و ۰/۱۹۴۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد که با نتایج بدست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

شکل ۲. درصد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید نخود

جدول ٦. نسبت‌ها و شاخص‌های انرژی در کشت نخود

شاخص	واحد	مقدار
راندمان مصرف انرژی برای عملکرد نخود	بدون واحد	۱/۱۹
راندمان مصرف انرژی برای کاه	بدون واحد	۰/۷۲
راندمان مصرف انرژی کل (نخود+کاه)	بدون واحد	۱/۹۱
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۰۸
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۱۲/۳۲
انرژی خالص	مگاژول بر هکتار	۷۵۵۱/۹۹
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۲۰۱۲/۰۱
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۶۲۴۱/۳۰
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۱۸۸/۱۶
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۸۰۶۵/۱۵
انرژی ورودی کل	مگاژول بر هکتار	۸۲۵۳/۳۱
انرژی خروجی نخود	مگاژول بر هکتار	۹۸۴۹/۰۰
انرژی خروجی کاه	مگاژول بر هکتار	۵۹۵۶/۳۰
انرژی خروجی کل	مگاژول بر هکتار	۱۵۸۰۵/۳۰

انتشار گازهای گلخانه‌ای مزارع نخود

بر اساس یافته‌های این پژوهش میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از کشت نخود در دهستان قوشخانه شهرستان شیروان در اثر مصرف نهاده‌هایی مانند سوخت دیزل، کودهای شیمیایی در مجموع به میزان ۳۹۹/۲۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید (جدول ۷). سهم هر یک از نهاده‌های

ورودی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن، اکسیددی-نیتروژن و متان در جدول ۷ ارائه شده است. این نتایج نشان داد میزان انتشار CO_2، N_2O و CH_4 به ترتیب ۳۹۸/۶۰، ۰/۰۲ و ۰/۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. همان طور که ملاحظه می‌شود CO_2 با ۹۹٪ بیشترین سهم را در بین گازهای گلخانه‌ای داشت. در میان نهاده‌های مؤثر در انتشار گازهای گلخانه‌ای کود نیتروژن با انتشار ۱۵۵/۱۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین سهم را در انتشار این گازهای داشت و سوخت دیزل، فسفر و پتاسیم بترتیب ۱۲۴/۸۱، ۷۰/۱۳ و ۴۹/۰۷ کیلوگرم در هکتار از کل انتشار گاز-های گلخانه‌ای را در تولید یک هکتار نخود به خود اختصاص دادند.

جدول ۷. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) در کشت نخود

نهاده	CO_2 (Kg/ha)	N_2O (Kg/ha)	CH_4 (Kg/ha)	مجموع گازها	CO_2 (%)	N_2O (%)	CH_4 (%)
سوخت دیزل	۱۲۴/۶۰	۰/۰۲	۰/۱۸	۱۲۴/۸۱	۹۹/۸۳	۰/۰۲	۰/۱۵
کود نیتروژن	۱۵۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۹	۱۵۵/۱۹	۹۹/۸۸	۰/۰۰	۰/۱۲
کود فسفر	۷۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۳	۷۰/۱۳	۹۹/۸۲	۰/۰۰	۰/۱۸
کود پتاس	۴۹/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۷	۴۹/۰۷	۹۹/۸۶	۰/۰۰	۰/۱۴
مجموع	۳۹۸/۶۰	۰/۰۲	۰/۵۷	۳۹۹/۲۰	۹۹/۸۵	۰/۰۰۵	۰/۱۴

پتانسیل گرمایش زمین مزارع نخود

میزان تأثیر نهاده‌های ورودی مزارع نخود در پتانسیل گرمایش جهانی در جدول ۸ ارائه شده است. بررسی نتایج در این بخش نشان داد کل پتانسیل گرمایش جهانی تولید یک هکتار نخود در استان خراسان شمالی برابر ۴۱۹/۱۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن بدست آمد. در میان نهاده‌های ورودی مؤثر در پتانسیل گرمایش جهانی مزارع نخود، بیشترین سهم به کود نیتروژن با ۱۵۹/۳۵ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن اختصاص داشت. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد سوخت دیزل، کود فسفر و پتاس بترتیب با ۱۳۶/۰۲، ۷۳/۰۸، ۵۰/۶۹ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در رتبه‌های بعدی ایجاد پتانسیل گرمایشی قرار داشتند (جدول ۸).

جدول ۸. پتاسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن) در کشت نخود

نهاده	CO_2	N_2O	CH_4	GWP	%CO_2	%N_2O	%CH_4
سوخت دیزل	۱۲۴/۶۰	۷/۶۰	۳/۸۲	۱۳۶/۰۲	۹۱/۶۱	۵/۵۸	۲/۸۱
کود نیتروژن	۱۵۵/۰۰	۰/۴۷	۳/۸۹	۱۵۹/۳۵	۹۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۴۴
کود فسفر	۷۰/۰۰	۰/۴۳	۲/۶۵	۷۳/۰۸	۹۵/۷۹	۰/۵۹	۳/۶۲
کود پتاس	۴۹/۰۰	۰/۲۲	۱/۴۷	۵۰/۶۹	۹۶/۶۷	۰/۴۳	۲/۹۰
GWP کل	۳۹۸/۶۰	۸/۷۱	۱۱/۸۲	۴۱۹/۱۳	۹۵/۱۰	۲/۰۷	۲/۸۲

در میان گازهای موثر در گرمایش جهانی گاز CO_2 با ۹۵/۱۰ درصد بیشترین سهم را داشت و گازهای CH_4 و NO_2 به ترتیب با سهم ۲/۸۲ درصد و ۲/۰۷ درصد در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بررسی سهم نهاده‌های مصرفی در پتانسیل گرمایش جهانی یک هکتار مزرعه نخود نشان داد کود نیتروژن ۳۸/۰۱ درصد، سوخت دیزل ۳۲/۴۵ درصد، کود فسفات ۱۷/۴۳

و کود پتاس ۱۲/۰۹ درصد در پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از تولید یک هکتار نخود در استان خراسان شمالی نقش داشتند (جدول ۸). در این رابطه بابائیان و همکاران (۱۴۰۰) با ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی چغندرقند در خراسان شمالی گزارش نمودند میزان پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید یک هکتار از این محصول برابر ۹۰۴۸/۸۵ معادل CO_2 به ازای یک هکتار بود که ۰/۷۶ درصد آن مربوط به CH_4، ۲۷/۲۲ درصد آن مربوط به CO_2 و ۷۲/۰۲ درصد آن مربوط به N_2O محاسبه گردید.

پیشگار-کومله[1] و همکاران (۲۰۱۲) میزان تولید گازهای گلخانه‌ای را برای سیب‌زمینی معادل ۹۹۲/۸۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار برآورد کردند. سلطانی[2] و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش نمودند که در مزارع گندم در ایران ۱۱۳۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گازهای گلخانه‌ای تولید می‌شود. در مطالعه‌ای خرم دل[3] و همکاران (۲۰۱۸) پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در مزارع گندم در خراسان رضوی معادل ۲۳۷۷/۸۶ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش از بین نهاده‌های مصرفی در تولید نخود، بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به مصرف کودهای شیمیایی بود که ۶۰/۰۵ درصد از کل انرژی های ورودی را به خود اختصاص دادند و سوخت دیزل با ۲۳/۸۶ درصد بدومین نهاده بزرگ مصرف‌کننده انرژی بود. همچنین در بین کودهای شیمیایی نیز، کود نیتروژن با ۴۰ درصد مصرف کل انرژی بیشترین مصرف‌کننده انرژی مزارع نخود استان خراسان شمالی به شمار می‌رفت.

نتایج این پژوهش نشان داد مصرف انرژی در تولید نخود در اراضی دیم خراسان شمالی با توجه به وابستگی به نزولات جوی و عدم مصرف الکتریسیته بسیار پایین است که این موضوع باعث افزایش کارایی تولید این محصول شده است. استفاده کمتر از کود نیتروژن به دلیل توانایی تثبیت بیولوژیک ازت توسط گیاه نخود، از دیگر عوامل کاهش میزان انرژی ورودی و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید این محصول می‌باشد. با وجود چنین شرایطی به منظور افزایش بهره‌وری تولید نخود دیم مهم‌ترین راهکارهای کاهش مصرف انرژی می‌تواند مدیریت مصرف سوخت دیزل و نیز مدیریت مصرف کود نیتروژن باشد. در این رابطه استفاده از تناوب زراعی مناسب، مصرف کودهای شیمیایی (بخصوص نیتروژن) بر اساس نیاز واقعی اراضی و مبتنی بر آزمایش خاک و تاکید بر استفاده از کودهای آلی می‌تواند سهم قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی ایفا کند.

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۴۰۲۳ مجتمع آموزش عالی شیروان می‌باشد.

منابع

آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۸. دفتر آمار و فناوری اطلاعـات ، وزارت جهاد کشاورزی ، تهران.

بابائیان، م، توسلی, ا. و صالحی، م. ح. ۱۴۰۰. کمی‌سازی الگـوی مصرف انرژی و میزان انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای در یـک اکوسیستم زراعی (مطالعه موردی: مزارع چغندرقند روسـتای حسین آباد شیروان).

چراغی، ش، قنبری، ا. و اصغری‌پور، م.ر. ۱۳۹۵، کارایی مصـرف انـرژی و شاخصـهای اقتصـادی در سیسـتم تولیـد نخـود کوهدشت، چهـارمین کنفـرانس بـین المللـی پـژوهش‌هـای کاربردی در علوم کشاورزی، تهران.

قادرپور، ا, گرامی، ک و دهقان، ا. ۱۳۹۹. ارزیابی چرخه زندگی و بهینه‌سازی مصرف انـرژی در تولیـد نخـود دیـم در اسـتان آذربایجان غربی. مهندسی بیوسیستم ایران

Asgharipour, M., 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, 1078–1084.

Azizi, A. and Heidari, S. 2013. A comparative study on energy balance and economical indices in irrigated and dry land barley production systems. *International Journal of Environmental and Science Technology* 10: 1019-1028.

Banaeian, N., Omid, M. and Ahmadi, H. 2013. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. *Energy Conversion and Management* 52, 1020-1025.

Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H. M., Akbolat, D. and Ekinci, C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management* 47, 1761-1769.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy* 88, 283e8.

Jones, C.D., Fraisse, C.W. and Ozores-Hampton, M. 2012. Quantification of greenhouse gas emissions from open field-grown Florida tomato production. *Agricultural systems* 113, 64-72.

Kennedy, S. 2000. Energy use in American agriculture. *Sustainable energy term paper* 5(1), 1-26.

Khorramdel, S., Shabahang, J., Ahmadzadeh Ghavidel, R. and Mollafilabi, A. 2018. Evaluation of Carbon Sequestration and Global Warming Potential of Wheat in Khorasan-Razavi Province. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM* 38, 330-336.

Kramer, K.J., Moll, H.C. and Nonhebel, S. 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 72, 9-16.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, Sh. and Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 724-33.

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

۱- Pishgar-Komleh
۲- Soltani
۳- Khorramdel

Environment 133 247-266.

Soltani, A., Rajabi, M., Zeinali, E. and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy* 50 54-61.

Tzilivakis, J., Warner, D., May, M., Lewis, K. and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (Beta vulgaris) production in the UK. *Agricultural Systems* 85, 101-119.

Venturi, P. and Venturi, G. 2003. Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems. *Biomass and Bioenergy* 25(3), 235-55.

Yaldiz, O., Ozturk, H., Zeren, Y. and Bascetincelik, A. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. *In* "5th International Congress on Mechanisation and Energy Use in Agriculture. *Turkey: Kusadasi* 11-14.

Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy* 30, 145-155.

Zahedi, M., Mondani, F. and Eshghizadeh, H.R. 2015. Analyzing the energy balances of double-cropped cereals in an arid region. *Energy reports* 1, 43-49.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Karadeniz, F. 2004a. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management* 45, 1821-1830.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. 2004b. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29(1), 39-51.

Pathak, B. and Bining, A. 1985. Energy use pattern and potential for energy saving in rice-wheat cultivation. *Energy in Agriculture* 4, 271-278.

Pishgar-Komleh, S., Ghahderijani, M. and Sefeedpari, P. 2012. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner production* 33, 183-191.

Sayin, C., Mencet, M.N. and Ozkan, B. 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. *Energy Policy*, 33(18), 2361-73.

Shrestha, D. 2002. Energy use efficiency indicator for agriculture, 1998. *See also: http://www. usaskca/agriculture/caedac/PDF/mcrae. PDF* 10.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F. and Rice, C. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363, 789-813.

Snyder, C., Bruulsema, T., Jensen, T. and Fixen, P. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems &*

Investigation of energy flow and greenhouse gases emission in dryland chickpea farms (Case Study: North Khorasan)

Mahdi Babaeian[1*], Abolfazl Tavassoli[2], Mahdi Javaheri[3] and Mostafa Jafarian[4]

Submitted: 4 August 2021 **Accepted:** 30 November 2021

Abstract

Investigating of energy flow and greenhouse gas emissions is one of the methods to compare energy efficiency, production efficiency and environmental hazards of agroecosystems. This study investigates the patterns of energy consumption, greenhouse gas emissions and global warming potential of dryland chickpea production in rural areas of Qoshkhaneh region of Shirvan city. Data for this experiment were collected through a face-to-face questionnaire. Farms were selected by random sampling. In this study, energy inputs included: labor, machinery, diesel, chemical fertilizers, chemical pesticides and seeds, and the study output was grain yield and shoot yield (straw). The results showed that the average labor used per hectare of dryland chickpea farms in rural areas of North Khorasan was 21 people, nitrogen fertilizer 50 and phosphorus and potassium fertilizers 70 kg/ha, as well as diesel fuel consumption of 35 liters and the use of machinery 8 h/ha. Evaluation of energy consumption showed that among the inputs, nitrogen fertilizer with 3307 MJ/ha accounted for 40.06% of the total energy input and diesel fuel with 1970.85 MJ/ha, Consumed 23.23% of the total input energy. labor and seeds also had the lowest share of energy inputs with 0.49 and 1.87 percent, respectively. Total energy consumption efficiency (chickpea + straw) was 1.91, energy productivity was 0.08 kg/MJ and specific energy was 12.32 MJ/kg. In terms of greenhouse gas emissions was 399.20 kg/ha, the share of CO2 was 398.60, the share of N2O and CH4 was 0.02 and 0.57 kg/ha respectively. Global warming production potential per hectare of dryland chickpeas in North Khorasan Province was 419.13 kg CO2 equivalence. In general, the results showed that dryland chickpea fields have low energy consumption due to dependence on rainwater and lack of electricity consumption, as well as low consumption of chemical fertilizers. The most important strategies to reduce energy consumption in the production of dryland chickpeas is the use of appropriate crop rotation to reduce the use of herbicides and chemical fertilizers and also to observe the rules of farm traffic to reduce the movement of agricultural implements on farms.

Keywords: Energy Efficiency, Productivity, Global warming potential, Environmental hazards

1 - Assistant Professor. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Shirvan, Iran
2 - Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
3 - Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Shirvan, Iran
4 - Ph.D. graduate, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering & Veterinary, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
(*-Corresponding Email: mahdibbn@gmail.com)
DOI: 10.22048/rdsj.2021.298154.1968