دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره دهم، شماره ۱۸، بهار و تابستان ۱۴۰۴
http://arpe.gonbad.ac.ir

# ارزیابی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند در شهرستان گرگان

**حسن حبیبی[۱]، محمد ملکان[۲]، مسعود تاجی[۳]***

[۱]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد
[۲]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد
[۳]کارشناس ارشد موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱

## چکیده

**مقدمه:** در عصر کنونی تخریب اکولوژیکی، منابع تخلیه شده و منابع غذایی ناکافی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) با دوام طولانی مدت سیستم‌های کشاورزی مرتبط است. در تکامل از کشاورزی سنتی به مدرن، مصرف انرژی تجاری به شدت با افزایش هزینه تولید و کاهش ذخایر انرژی افزایش یافت. هم انرژی مستقیم و هم مصرف انرژی غیرمستقیم به افزایش عمده در تولید غذا کمک کرده اند. انرژی مستقیم برای انجام وظایف مختلف مربوط به فرآیندهای تولید محصول مانند آماده سازی زمین، آبیاری، بین کشت، خرمن کوبی، برداشت و حمل و نقل نهاده های کشاورزی و محصولات کشاورزی مورد نیاز است. مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی یک سیستم کشت عمدتاً به عواملی مانند نوع خاک، ماشین‌آلات، برق، سوخت های فسیلی، مواد شیمیایی، کودها، برداشت و عملیات پس از برداشت بستگی دارد. شیوه‌های مدیریت محصول نیز می‌تواند مفید باشد و نقش مهمی در افزایش بهره‌وری انرژی ایفا کند. ارزیابی انرژی در سیستم‌های کشاورزی می‌تواند فناوری‌های کشاورزی سازگار با محیط زیست و کارآمد انرژی را توسعه و بهبود بخشد. مکانیزاسیون کشاورزی، افزایش استفاده از کودها و افزایش آبیاری همگی به افزایش قابل توجه مصرف انرژی در کشاورزی منجر است کشاورزی فشرده به یکی از دلایل اصلی بحران های انرژی و اثرات گرمایش جهانی که امروزه مشاهده می کنیم، تبدیل شده است و قابل توجیه است که به عنوان تهدیدی برای توسعه کشاورزی پایدار در نظر گرفته شود.

**مواد و روش‌ها:** مطالعه‌ای به منظور بررسی میزان مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند در شهرستان گرگان صورت گرفت. این تحقیق در ۲۵ مزرعه از مزارع تولید چغندرقند در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. در مرحله اول پس از انتخاب مزارع مورد نظر، یکایک عملیات زراعی ثبت شد. همچنین میزان مصرف نهاده‌ها نیز در هر

*نویسنده مسئول: tajimasoud65@yahoo.com



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

مزرعه یادداشت‌برداری شد. در نهایت میزان عملکرد در مزارع مورد بررسی ثبت گردید. در مرحله دوم بر اساس مقدار مصرف سوخت و نهاده‌های مصرفی در هر نوع از عملیات زراعی انجام شده و با در نظر گرفتن ضرایب مربوط به آن میزان انرژی ورودی و تولید گازهای گلخانه‌ای در هر هکتار آنالیز شد.

**نتایج:** براساس نتایج برای تولید هر هکتار چغندرقند به ۲۴۰ لیتر گازوییل و ۲۵۴۷۶ مگاژول انرژی نیاز بود که این مصرف از انرژی موجب انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۲۶۸۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن شد. میزان انرژی خروجی نیز ۲۰۲۵۰۰ مگاژول بر هکتار به دست آمد. بر این اساس نسبت انرژی خروجی به ورودی ۷/۹۴ محاسبه شد. همچنین انرژی خالص چغندرقند ۱۷۷۰۲۴ مگاژول بر هکتار، بهره‌وری انرژی ۱/۹۲ کیلوگرم بر مگاژول و انرژی ویژه ۰/۵۲ مگاژول بر کیلوگرم ارزیابی گردید. بر اساس نتایج برای تولید هر هکتار چغندرقند، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲۶۸۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن ارزیابی شد. همچنین به طور متوسط در هر هکتار تولید چغندرقند به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی ۱۰۵ گرم گازهای گلخانه‌ای انتشار یافت که این میزان برای انرژی خروجی معادل ۱۳ گرم تخمین زده شد.

**نتیجه‌گیری کلی:**در نهایت می‌توان گفت که مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی و همچنین مصرف سوخت های فسیلی بخش مهمی از مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص دادند که با بهینه سازی مصرف آنها می‌توان گام مهمی در کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید محصول چغندرقند برداشت.

***واژه‌های کلیدی:*** انتشار گازهای گلخانه‌ای، انرژی خروجی، انرژی ورودی، سوخت، کودهای شیمیایی

**مقدمه**

در عصر کنونی تخریب اکولوژیکی، منابع تخلیه شده و منابع غذایی ناکافی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) با دوام طولانی مدت سیستم‌های کشاورزی مرتبط است. در تکامل از کشاورزی سنتی به مدرن، مصرف انرژی تجاری به شدت با افزایش هزینه تولید و کاهش ذخایر انرژی افزایش یافت. هم انرژی مستقیم و هم مصرف انرژی غیرمستقیم به افزایش عمده در تولید غذا کمک کرده اند (Guru *et al*., 2018). انرژی مستقیم برای انجام وظایف مختلف مربوط به فرآیندهای تولید محصول مانند آماده سازی زمین، آبیاری، بین کشت، خرمن کوبی، برداشت و حمل و نقل نهاده های کشاورزی و محصولات کشاورزی مورد نیاز است. از سوی دیگر، انرژی غیرمستقیم شامل انرژی مورد استفاده در ساخت، بسته‌بندی و حمل و نقل کودها، آفت‌کش‌ها و ماشین‌آلات کشاورزی است (Lal *et al*., 2020). مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی یک سیستم کشت عمدتاً به عواملی مانند نوع خاک، ماشین‌آلات، برق، سوخت‌های فسیلی، مواد شیمیایی، کودها، برداشت و عملیات پس از برداشت بستگی دارد. شیوه‌های مدیریت محصول نیز می‌تواند مفید باشد و نقش مهمی در افزایش بهره‌وری انرژی ایفا کند. از آنجایی که استفاده بهینه از منابع انرژی از نظر افزایش تولید، بهره‌وری، رقابت‌پذیری کشاورزی و همچنین پایداری زندگی روستایی حیاتی است، حسابرسی انرژی یکی از رایج‌ترین رویکردها برای بررسی کارایی انرژی و اثرات زیست‌محیطی سیستم تولید است (Shrivastava *et al*., 2022).

ارزیابی انرژی در سیستم‌های کشاورزی می‌تواند فناوری‌های کشاورزی سازگار با محیط زیست و کارآمد انرژی را توسعه و بهبود بخشد (Mallepu *et al*., 2024). مکانیزاسیون کشاورزی، افزایش استفاده از کودها و افزایش آبیاری همگی به افزایش قابل توجه مصرف انرژی در کشاورزی منجر است (Ghosh *et al*., 2022). کشاورزی فشرده به یکی از دلایل اصلی بحران های انرژی و اثرات گرمایش جهانی که امروزه مشاهده می کنیم، تبدیل شده است و قابل توجیه است که به عنوان



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

تهدیدی برای توسعه کشاورزی پایدار در نظر گرفته شود (Yadav *et al*. 2020). مطالعات متعددی بر روی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای محصولات زراعی صورت گرفته است از جمله اسلامی و همکاران (Eslami *et al*., 2012) در ارزیابی کارایی مصرف انرژی در مزارع چغندرقند جنوب استان آذربایجان غربی گزارش کردند که کارایی مصرف انرژی برای شکر سفید ۰/۹ و برای غده‌های چغندرقند، ۱/۶۱ بوده است. بیشترین مصرف انرژی در مصرف الکتریسته برای آبیاری و مصرف کودهای نیتروژنی مشاهده شد. همچنین باران و کاگدوگان (Baran and Gokdogan, 2016) با بررسی مصرف انرژی تولید چغندرقند در یکی از استان‌های ترکیه گزارش کردند که مجموع انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۳۴۲۰۱ و ۲۸۵۶۰۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. انرژی کودهای شیمیایی، سوخت فسیلی، آبیاری، الکتریسیته، نیروی انسانی، ماشین الات، بذر و سموم شیمیایی به ترتیب با ۴۱/۹۷، ۲۱/۱۶، ۱۱/۹۷، ۱۱/۹۶، ۶/۴۷، ۵/۵۳، ۰/۶۱ و ۰/۳۳ درصد، بیشترین تا کمترین سهم را در مصرف انرژی ورودی نشان دادند. کارایی مصرف انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص به ترتیب ۸/۳۵، ۱/۹۸ کیلوگرم بر انرژی، ۰/۵۰ مگاژول بر کیلوگرم و ۲۵۱۳۹۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. کشت محصول چغندرقند در سال‌های اخیر به تازگی در شهرستان گرگان رواج یافته است و سطح زیر کشت آن برابر با ۴۰۰ هکتار می باشد. از این رو بررسی مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در این محصول ضروری به نظر می‌رسد.

## مواد و روش‌ها

در سال ۹۸-۱۳۹۷، تعداد ۱۵ مزرعه با هدف ارزیابی مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت و تولید چغندرقتند در شهرستان گرگان با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد نیاز توسط مصاحبه به صورت چهره به چهره با تولیدکنندگان این محصول و انجام یادداشت برداری از کلیه عملیات زراعی گردآوری گردید. بعد از انجام ثبت اطلاعات ذکر شده در هر مزرعه، ارزیابی جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفت. انرژی مستقیم و انرژی غیر مستقیم نیز محاسبه گردید. انرژی‌های مصرف سوخت، نیروی انسانی، کاربرد ادوات و ماشین‌آلات، سموم، کودهای شیمیایی و بذر بر اساس ضرایب مربوطه محاسبه شدند. میزان انرژی خروجی نیز با توجه به عملکرد غده چغندرقند محاسبه شد. همچنین شاخص‌های انرژی از جمله شاخص کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و عملکرد انرژی خالص نیز محاسبه گردید. به منظور بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای از شاخص پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) استفاده شد. این شاخص عبارت از مجموع گازهای گلخانه‌ای تولید شده می‌باشد که به صورت معادل دی‌اکسیدکربن بیان می‌شود. در این تحقیق برای محاسبه GWP، انتشار سه گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروس و متان ناشی از مصرف انرژی برای تولید نهاده‌های کشاورزی و انجام عملیات مختلف زراعی مد نظر قرار گرفت. نهاده‌ها و عملیات مورد نظر شامل: تولید، بسته‌بندی و انبارداری کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، سموم علف‌کش و حشره‌کش، مصرف سوخت‌های فسیلی برای انجام عملیات زراعی، تولید و نگهداری ماشین‌های کشاورزی بودند. در نهایت کلیه محاسبات با استفاده از صفحه‌گستر اکسل انجام شد.

## نتایج و بحث

**مستندسازی فرآیند تولید چغندرقند:** نتایج نشان داد مساحت مزارع چغندرقند از ۲ تا ۵۰ هکتار متغیر بود که در این بین ۸۰ درصد مساحت مزارع در کمتر از ۱۰ هکتار قرار داشتند. بیشترین محصولاتی که قبل از چغندرقند کشت شد، محصولات برنج و ذرت علوفه‌ای بود که ۵۰ درصد از مزارع را شامل شد. کاشت چغندرقند عمدتاً از اواخر مهر آغاز گردید و



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

تا ۱۰ آبان پایان پذیرفت. کلیه کشاورزان جهت بسترسازی اولیه کشت چغندرقند یک‌بار شخم‌زنی کردند. تعداد دفعات خاک‌ورزی ثانویه در کشت چغندرقند ۱ تا ۵ بار ثبت گردید. بیشترین وسیله کشت در کشت چغندرقند ردیف کار ثبت شد. میزان بذر مصرفی در کشت چغندرقند توسط کشاورز ۲ کیلوگرم در هکتار بود. رقم مونتانا تنها رقم استفاده در کشت چغندرقند بود. در مجموع کشاورزان، ۲/۸۰ دفعه (به صورت پایه و سرک)، مزارع چغندرقند خود را کود پاشی نمودند. اغلب کشاورزان از کود اوره علاوه بر کود پایه به عنوان کود سرک نیز استفاده نمودند. کودهای سرک عمدتاً در زمان ۸-۶ برگی و اواخر فروردین استفاده شد که کشاورزان به طور متوسط ۱/۹۰ دفعه اقدام به سرک‌پاشی نمودند. در مجموع ۲ نوع سم علف‌کش شامل پیرامین و بتانال ثبت شد. از سم‌پاش تراکتوری برای کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت و سم‌پاش بوم‌دار پس از سبز شدن استفاده شد. کشاورزان در مجموع ۳ مرتبه مزارع خود را آبیاری کردند که اولین آن پس از کشت چغندرقند و به منظور سبز شدن گیاهچه‌ها و دو مرتبه بعدی در ماه خرداد صورت گرفت که ۵۰ درصد از گازوییل و ۵۰ درصد از الکتریسیته استفاده کردند. برداشت چغندرقند از ۱ تا ۱۰ تیر انجام گرفت. در مجموع به طور متوسط از هر هکتار ۵۵-۴۵ تن غده با میانگین ۵۰ تن برداشت شد.

**مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده‌ها:** نتایج نشان داد بیشترین میزان مصرف انرژی متعلق به کاربرد کودهای شیمیایی و سوخت فسیلی برای عملیات زراعی و آبیاری بود که در ادامه ماشین‌آلات، سموم شیمیایی، نیروی انسانی و الکتریسیته قرار داشتند. از طرفی نیز بیشترین تا کمترین انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب متعلق به ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی، سوخت فسیلی برای عملیات زراعی و آبیاری، سموم شیمیایی و الکتریسیته بود (جدول ۱). ارزیابی مصرف انرژی در تولید چغندرقند در یکی از استان‌های ترکیه نشان داد که انرژی کودهای شیمیایی، سوخت فسیلی، آبیاری، الکتریسیته، نیروی انسانی، ماشین الات، بذر و سموم شیمیایی به ترتیب با ۴۱/۹۷، ۲۱/۱۶، ۱۱/۹۷، ۱۱/۹۶، ۶/۴۷، ۵/۵۳، ۰/۶۱ و ۰/۳۳ درصد، بیشترین تا کمترین سهم را در مصرف انرژی ورودی را داشتند (Baran and Kagdogan, 2016). در تولید چغندرقند نیز تنها ۱۰۰ مگاژول انرژی ناشی از بذر مصرف شد که کمتر از یک درصد از مجموع انرژی را به خود اختصاص داد (جدول ۱). بررسی نتایج مصرف انرژی در بخش کودهای شیمیایی نشان داد که در تولید چغندرقند ۳۹/۳ درصد از مجموع انرژی مصرفی به مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژنه تعلق گرفت که سهم کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه به ترتیب ۸۳، ۱۰ و ۶ درصد بود (جدول ۲). هیچ‌گونه کود آلی نیز در مزارع مورد بررسی مصرف نشد. از آنجایی که کاربرد کودهای نیتروژنه ۳۳ درصد مسئول مصرف انرژی و ۲۵ درصد عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای بودند، بنابراین کاهش مصرف کودهای نیتروژنه می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند داشته باشد. گاروفالو و همکاران (Garofalo *et al*., 2020) دریافتند که مصرف کود نیتروژنی بیشترین اثر را در افزایش انرژی ورودی در کشت چغندرقند داشت. سلطان‌پناه و همکاران (Soltanpanahi *et al*., 2013) نیز با بررسی مصرف انرژی در تولید چغندرقند گزارش کردند که مصرف کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در مصرف انرژی با ۴۶/۶ درصد داشتند. اردال و همکاران (Erdal *et al*., 2007) نیز این سهم را ۴۹/۳۳ درصد تخمین زدند. در تولید هر هکتار چغندرقند در بخش مصرف سموم شیمیایی که فقط علف‌کش به کار رفته بود نیز ۱۳۳۴ مگاژول انرژی صرف شد و ۲۱۶/۵ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفت (جدول ۱).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

جدول ۱- مقدار نهاده‌های مصرف‌شده، انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده‌ها در تولید چغندرقند در گرگان

Table 1- Amount of inputs consumed, energy consumed, and greenhouse gas emissions from inputs in sugar beet production in Gorgan.

| انتشار گازهای گلخانه‌ای Greenhouse gas emissions (kg CO2 equivalent per hectare) | مصرف انرژی Energy consumption (Mj/h) | میزان مصرف Consumption rate | واحد در هکتار Units per hectare | نهاده‌های ورودی Inputs |
|---|---|---|---|---|
| 669.9 | 8363 | 138 | kg | N |
| 83.73 | 1021 | 92 | kg | $P_2O_5$ |
| 52.72 | 643 | 96 | kg | $K_2O$ |
| 807 | 10027 | 326 | kg | مجموع مصرف کود Total fertilizer consumption |
| 216.5 | 1344 | 4.68 | kg | علف‌کش Herbicide |
| - | - | - | kg | قارچ‌کش Fungicide |
| - | - | - | kg | حشره‌کش Insecticide |
| 216.5 | 1344 | 4.68 | kg | مجموع مصرف سموم Total consumption of pesticides |
| - | 100 | 2 | kg | بذر Seeds |
| 829.59 | 3653 | 58.38 | h | ماشین‌آلات Machinery |
| 702.5 | 9006 | 223 | litr | سوخت فسیلی برای عملیات زراعی Fossil fuels for crop operations |
| 50.39 | 646 | 17 | litr | سوخت فسیلی برای آبیاری Fossil fuels for irrigation |
| 752.89 | 9652 | 240 | litr | مجموع مصرف سوخت فسیلی Total fossil fuel consumption |
| 80.64 | 288 | 80 | Kw/h | الکتریسیته Electricity |
| - | 412.34 | 207.38 | h | نیروی انسانی Human labor |
| - | - | 50000 | kg | عملکرد محصول Crop yield |
| - | 25476 | - | - | مجموع انرژی ورودی Total energy input |
| - | 202500 | - | - | مجموع انرژی خروجی Total energy output |
| 2687 | - | - | - | مجموع گازهای گلخانه‌ای Total greenhouse gases |



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

مصرف سوخت فسیلی در تولید چغندرقند به میزان ۲۴۰ لیتر در هکتار به دست آمد. همچنین برای هر هکتار چغندرقند به ترتیب به ۹۶۵۲ و ۲۸۸ مگاژول انرژی ناشی از مصرف سوخت فسیلی و الکتریسیته مصرف شد (جدول ۱) که در مجموع ۲۸ و ۳ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند به ترتیب متعلق مصرف سوخت فسیلی و الکتریسیته بود. ساراسکیس و همکاران (Sarauskis *et al*., 2018) دریافتند که در کشت رایج چغندرقند، بیشترین انرژی ورودی به ترتیب مربوط به سوخت فسیلی بود. در مطالعه‌ای دیگر در ترکیه سهم سوخت فسیلی در تولید چغندرقند برابر با ۲۴/۱۶ درصد گزارش شد (Erdal *et al*., 2007). برای تولید هر هکتار چغندرقند به ترتیب ۵۸/۳۸ و ۲۰۷/۳۸ ساعت از ماشین‌آلات و نیروی انسانی استفاده شد که این انرژی جهت تولید، تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات به مصرف می‌رسد (جدول ۱). همچنین به ۲۰۷/۳۸ ساعت نیروی کارگری نیز نیاز بود (جدول ۱) و سهم مصرف انرژی ۱/۶۱ درصد از مجموع انرژی ورودی به دست آمد. در تولید هر هکتار چغندرقند بیشترین مصرف انرژی کارگری در عملیات برداشت ارزیابی شد.

**شاخص‌های انرژی:** بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲ مشخص گردید که مجموع مصرف انرژی ورودی در هر هکتار تولید چغندرقند ۲۵۴۷۶ مگاژول بود که از این میزان ۴۱ درصد به طور مستقیم و ۵۹ درصد به صورت غیرمستقیم مصرف شد. همچنین نتایج نشان داد که مصرف سوخت فسیلی و کود نیتروژنی به ترتیب بیشترین سهم را از انرژی مستقیم و غیرمستقیم داشتند. تزیلیواکیس و همکاران (2005) با مقایسه مصرف انرژی در ۱۳ سناریوی تولید چغندرقند در انگلستان گزارش کردند که مجموع انرژی مصرفی از ۱۵/۲۷ تا ۲۵/۹۴ مگاژول بر هکتار متغیر بود. ایشان همچنین دریافتند که بیشترین سهم مصرف انرژی ورودی برای تغذیه چغندرقند با کودهای نیتروژنی به کار رفت. مرینی و همکاران (Mrini *et al*., 2002) نیز با بررسی مصرف انرژی ۴۸ مزرعه در تولید چغندرقند در مراکش دریافتند که میزان انرژی مستقیم (سوخت فسیلی و الکتریسیته) از ۴۳ تا ۷۰ درصد متغیر بود. کودهای شیمیایی و استفاده از ماشین‌آلات بیشترین سهم را در مصرف انرژی غیرمستقیم داشتند. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲ میزان انرژی خروجی کل ۲۰۲۵۰۰ ارزیابی شد. در تحقیقی مقدار انرژی خروجی در تولید متداول چغندرقند ۱۶۲۰۳۶ تا ۱۷۴۳۱۷ مگاژول در هکتار ارزیابی شد (Jacobs and Npamkaran., 2016). بر اساس نتایج به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی در تولید چغندرقند ۷/۹۴ مگاژول انرژی خروجی حاصل شد (جدول ۲). در تحقیقات مختلف کارایی مصرف انرژی در تولید چغندرقند ۹/۷۶ (Saltanpenah and Npamkaran, 2013)، ۸/۳۵ (Baran and Kagdogan, 2016)، ۵/۰۴ (Yaldız *et al*., 1993) و ۹/۴۳-۱۷/۸۳ (Hülsbergen *et al*., 2001) به دست آمد. هاچیسفلوگولاری و همکاران (Haciseferogullari *et al*., 2103) بیان کردند که یکی از دلایل مهم برای مصرف زیاد این نهاده های سوخت فسیلی و کودهای نیتروژنه، فروش چغندرقند بر اساس وزن غده هاست. بنابراین فروش آن بر اساس درصد قند می‌تواند این مشکل را تا حد زیادی برطرف کند و موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی به ویژه نیتروژنی و سوخت فسیلی برای آبیاری گردد. در نهایت کارایی مصرف انرژی نیز افزایش خواهد یافت.

میزان انرژی خالص چغندرقند ۱۷۷۰۲۴ مگاژول بر هکتار ارزیابی شد (جدول ۲). باران و کاگدوگان (Baran and Kagdogan, 2016) انرژی خالص را در تولید چغندرقند ۲۵۱۳۹۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. به طور متوسط در هر هکتار برای تولید چغندرقند به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی ۱/۹۲ کیلوگرم محصول تولید شد (جدول ۲). مصرف بیشتر کودهای نیتروژنه عامل کاهش بهره‌وری بود. از آنجایی که انرژی ویژه با بهره‌وری انرژی رابطه عکس دارد می‌توان گفت که با افزایش عملکرد و کاهش مصرف انرژی در بخش کودهای شیمیایی و عملیات زراعی می‌توان مصرف انرژی را به ازای هر کیلوگرم محصول کاهش داد. افزایش کارایی مصرف انواع کودهای شیمیایی به ویژه کود اوره و یا استفاده از کودهای آلی که منجر به غنی‌سازی خاک از مواد معدنی در طولانی مدت می شود یکی را از راه‌های مهم برای کاهش میزان انرژی ورودی به



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

مزرعه می‌باشد. همچنین رضوان طلب (Rezvan Talab, 2015) دریافتند که استفاده از ماشین‌آلات با بهره‌وری بالاتر موجب کاهش مدت زمان استفاده از آن و در نهایت مصرف سوخت می‌گردد که می‌توان بهره‌وری انرژی و نسبت انرژی خروجی به ورودی را در هر هکتار افزایش داد و مصرف انرژی به ازای هر کیلوگرم محصول کاهش خواهد یافت.

جدول ۲- شاخص‌های انرژی در تولید چغندرقند در گرگان

Table 2- Energy indicators in sugar beet production in Gorgan

| میانگین<br>Average | واحد<br>Unit | شاخص‌های انرژی<br>Energy Indicators |
|---|---|---|
| 10352 | مگاژول بر هکتار<br>Mj/h | انرژی مستقیم<br>Direct Energy |
| 15124 | مگاژول بر هکتار<br>Mj/h | انرژی غیرمستقیم<br>Indirect Energy |
| 25476 | مگاژول بر هکتار<br>Mj/h | انرژی ورودی کل<br>Total Energy Input |
| 202500 | مگاژول بر هکتار<br>Mj/h | انرژی خروجی کل<br>Total Energy Output |
| 7.94 | - | نسبت انرژی خروجی به ورودی<br>Output to input energy ratio |
| 177024 | مگاژول بر هکتار<br>Mj/h | انرژی خالص<br>Net Energy |
| 1.92 | کیلوگرم بر مگاژول<br>Kg/Mj | بهره‌وری انرژی<br>Energy Productivity |
| 0.52 | مگاژول بر کیلوگرم<br>Mj/Kg | انرژی ویژه<br>Specific Energy |

**شاخص‌های GWP:** براساس نتایج به ازای هر هکتار تولید چغندرقند ۲۶۸۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گازهای گلخانه‌ای انتشار یافت (جدول ۳). از طرفی هر چه عملکرد محصول افزایش یابد، میزان GWP به ازای تولید محصول نیز کاهش خواهد یافت به طوری که عملکرد غده بالا در چغندرقند موجب شده است تا این محصول از میزان انتشار گازهای گلخانه ای کمتری به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی داشته باشد (جدول ۳). تزیلیواکیس و همکاران (Tzilivakis *et al.*, 2005) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید چغندرقند ۲۴ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن به ازای هر تن غده ارزیابی کردند. ایشان همچنین دریافتند که بیشترین سهم مصرف انرژی ورودی برای تغذیه چغندرقند به کار رفت. کمترین مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در سناریوی کشت ارگانیک، کشت رایج در خاک‌های حاصلخیز و کشت رایج در خاک‌های شنی که با کود حاصل از طیور تغذیه شده‌اند مشاهده شد. تریمپلر و همکاران (Trimpler *et al.*, 2016) با بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند در آلمان طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۰ مشاهده کردند که مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی موجب انتشار ۲۶۲۶ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن گردید که این میزان با کاربرد فقط کودهای آلی به ۱۷۸۲ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن کاهش یافت. مصرف کود نیتروژن ۲/۵ برابر مصرف سوخت‌های فسیلی و سایر عوامل تولید انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای را در پی داشت.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

جدول ۳- شاخص‌های GWP در تولید چغندرقند در گرگان

Table 3- GWP indicators in sugar beet production in Gorgan

| شاخص‌های GWP<br>GWP Indicators | واحد<br>Unit | میانگین<br>Average |
|---|---|---|
| GWP کل در هر هکتار<br>Total GWP per hectare | کیلوگرم معادل $CO_2$ در هکتار<br>kg CO2 equivalent per hectare | 2687 |
| GWP به ازای تولید محصول<br>GWP per crop production | کیلوگرم معادل $CO_2$ در تن محصول<br>kg CO2 equivalent per tonne of crop | 0.054 |
| GWP به ازای انرژی ورودی<br>GWP per energy input | کیلوگرم معادل $CO_2$ در گیگاژول<br>kg CO2 equivalent per gigajoule | 0.105 |
| GWP به ازای انرژی خروجی<br>GWP per energy output | کیلوگرم معادل $CO_2$ در گیگاژول<br>kg CO2 equivalent per gigajoule | 0.013 |

## نتیجه‌گیری کلی

در نهایت می‌توان گفت که توجه به مصـــرف بهینه کودهای نیتروژنه و ســـوخت‌های فســـیلی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد نیز با استفاده از کشنده‌هایی با توان اسب بخار بالا و ادواتی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود و به دنبال آن انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد.

## منابع


Baran, M.F., Gokdogan, O. 2016. Determination of energy balance of sugar beet production in Turkey: a case study of Kırklareli Province. Energy Efficiency, 9: 487-494. https://doi.org/10.1007/s12053-015-9375-x.

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

Eslami, B., Shiri, M., Rasouli Azar, N. 2012. Energy balance evaluation in sugar beet farms in southern climate of West Azerbaijan province. Proceedings of the Second National Conference on Biodiversity and its Impact on Agriculture and Environment, 5 pages.

Garofalo, P., Mastrorilli, M., Ventrella, D., Vonella, A. V., Campi, P. 2020. Modelling the suitability of energy crops through a fuzzy-based system approach: The case of sugar beet in the bioethanol supply chain. Energy 196: 117160.

Ghosh, S., Das, TK., Rana, KS., DR Biswas, DK Das, G Singh. 2022. Energy budgeting and carbon footprint of contrasting tillage and residue management scenarios in rice-wheat cropping system. Soil Tillage Res, 223 (2): 105445.

Guru, P.K., N.K. Chhuneja, A.Dixit, P.Tiwari, A.Kumar. 2018. Mechanical transplanting of rice in India: status, technological gaps and future thrust. ORYZA-An International Journal on Rice, 55(01): 100-106.

Haciseferogullari, H., Acaroglu, M., Gezer, I. 2013. Determination of the energy balance of the sugar beet plant. Energy Sources, 25 (1): 15-22.




[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]

Hülsbergen, K. J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G. W., Kalk, W. D., Diepenbrock, W. A. 2001. Method of energy balancing in crop production and its applications in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystem and Environment, 86: 303–321.

IPCC. 2013. Summary for policymarkers. Climate Change 2013: The Physical science Basis. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf.

Jacobs, A., Brauer-Siebrecht, W., Christen, O., Gotze, P., Koch, H.J., Rücknagel, J., Marlander, B. 2016. Silage maize and sugar beet for biogas production in crop rotations and continuous cultivation e energy efficiency and land demand. Field Crop. Res. 196:75-84.

Lal, B., P. Gautam, A.K. Nayak, B.B. Panda, P. Bihari, R Tripathi, M. Shahid, P.K. Guru, D. Chatterjee, U. Kumar, B.P. Meena. 2019. Energy and carbon budgeting of tillage for environmentally clean and resilient soil health of rice-maize cropping system. Journal of Cleaner Production, 226: 815-830.

Mallepu, S., Reddy, L., Mitra, B., Gaber, A., Hossain, A. 2024. Growth, Yield, Energetics, CO2 Emissions and Production Economics of Zero-Tillage Wheat as Influenced by Different Rice Residue Loads and Nutrient Management Options. Phyton-International Journal of Experimental Botany, 93 (12): 3509-3530.

Mrini, M., Senhaji, F., Pimentel, D. 2002. Energy Analysis of Sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agriculture in Morocco. Journal of Sustainable Agriculture. 20 (4): 5-28.

Rezvan Talab, T. 2015. Evaluation of energy consumption, energy and greenhouse gas emissions in wheat and soybean production in Golestan province. PhD thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 38 pages

Sarauskis, E., Romaneckas, K., Kumhala, F., Kriauciunien, Z. 2018. Energy use and carbon emission of conventional and organic sugarbeet farming. Journal of Cleaner Production. 201: 428-438.

Shrivastava A K, Guru P K, Khandelwal N K, Dubey R K. 2022. Analysis of changes in energy use pattern of wheat crop in two decades – A study of central India. Energy in Agriculture. 24(1): 128-144.

Soltanpanahi, S., Prakash Kammardi T.N., Ghaderzadeh, H. 2013. Analysis of input-output energy use in sugar beet production in Iran. World Applied Sciences Journal, 28 (9): 1252-1261.

Trimpler, K., Stockfisch, N., Märländer, B. 2016. The relevance of N fertilization for the amount of total greenhouse gas emissions in sugar beet cultivation. Europ. J. Agronomy, 81: 64-71.

Tzilivakis, J., Warner, D. J., Lewis, M. K. A., Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production in the UK. J. Agric Syst, 85: 101–119.

Yadav G S, Babu S, Das A, Mohapatra K P, Singh R, Avasthe R K, Roy S. 2020. No-till and mulching enhance energy use efficiency and reduce carbon footprint of a direct seeded upland rice production system. Journal of Cleaner Production, 271, 122700.

Yaldız, O., Öztürk, H. H., Zeren, Y., Basçetinçelik, A. 1993. Energy Usage in Production of Field Crops in Turkey, 5th Int. Cong. on Mechanization and Energy in Agriculture, October 11–14, pp. 527–536.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.97 ]