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

# مقایسه مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید برنج نشایی و خشکه‌کاری 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: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۱

## چکیده

**مقدمه:** در استان گلستان به دلیل کاهش بارندگی و به دنبال آن کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، کشت محصولاتی مانند برنج با مشکلاتی مواجه شده است. استفاده از تکنیک‌های کشت با مصرف کمتر آب و نهاده‌های کشاورزی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای این مشکل باشد. به همین منظور، مقایسه‌ای بین سیستم‌های سنتی با سیستم‌های خشکه‌کاری صورت گرفت.

**مواد و روش‌ها:** جهت بررسی مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در محصول برنج نشایی و خشکه‌کاری در شهرستان گرگان به تعداد ۳۰ مزرعه از طریق نمونه‌برداری سیستماتیک-تصادفی در سال‌های ۱۳۹۸ در نظر گرفته شد. داده‌های مورد نیاز توسط مصاحبه به صورت چهره به چهره با تولیدکنندگان این محصول و انجام یادداشت‌برداری از کلیه عملیات زراعی گردآوری 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 شلتوک برنج محاسبه شد. . همچنین شاخص‌های انرژی از جمله شاخص کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و عملکرد انرژی خالص نیز محاسبه گردید. 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. در نهایت کلیه محاسبات با استفاده از صفحه‌گستر اکسل انجام شد.

**نتایج:** نتایج نشان داد مجموع انرژی مصرفی در مزارع سنتی با چاه‌های برقی نسبت به مزارع سنتی با چاه‌های گازوییلی، ۱۵ درصد کمتر است. از طرفی در مزارع خشکه‌کاری، استفاده از سیستم آبیاری بارانی یا تیپ اختلاف چندانی را نشان نداد. مصرف انرژی مستقیم در مزارع سنتی گازوییلی بیشترین میزان را داشت که نسبت به مزارع سنتی برقی، مزارع خشکه‌کاری با سیستم بارانی و مزارع خشکه کاری با سیستم تیپ به ترتیب، ۳۴، ۷۱ و ۷۴ درصد بیشتر بود. کارایی مصرف انرژی در مزارع سنتی گازوییلی، برقی، خشکه‌کاری با

*نویسنده مسئول: tajimasoud65@yahoo.com



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

سیستم بارانی و سیستم تیپ، به ترتیب ۵/۱۰، ۶/۳۵، ۱۳/۱۵ و ۱۳/۲۲ بود. بهره‌وری انرژی در سیستم سنتی گازوییلی کمترین و در هر دو سیستم خشکه‌کاری بیشترین بود، به طوری که به ازای هر مگاژول انرژی مصرف شده در سیستم سنتی گازوییلی، برقی و خشکه‌کاری به ترتیب ۱۶۰، ۲۰۰ و ۳۹۰ گرم محصول تولید شد که در واقع بیانگر بهره‌وری انرژی بالاتر در مزارع خشکه‌کاری بود. همچنین به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی در سیستم سنتی گازوییلی، برقی، خشکه‌کاری با سیستم بارانی و تیپ به ترتیب ۹۵۰، ۸۰۰، ۴۳۰ و ۴۳۰ گرم معادل دی اکسیدکربن منتشر شد که در واقع سیستم‌های سنتی نسبت به سیستم‌های خشکه‌کاری تقریباً ۲ برابر انتشار دی اکسیدکربن بیشتری داشتند.

**نتیجه‌گیری کلی:** با بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها چنین نتیجه شد که در سیستم سنتی گازوییلی، مصرف سوخت فسیلی، در سیستم سنتی برقی، خشکه‌کاری با آبیاری بارانی و خشکه‌کاری با تیپ، مصرف الکتریسیته بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی داشته است. بیشترین میزان انرژی مصرفی برای تولید برنج مربوط به آب آبیاری و مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد. الگو و مدیریت صحیح رژیم آبیاری در اراضی شالیزاری در کاهش مصرف آب و انرژی تأثیر زیادی دارد و از منظر انرژی مصرفی نیز در مناطق برنج‌کاری شمال کشور مفید خواهد بود. همچنین با مصرف کودهای آلی، می‌توان انرژی مصرفی مربوط به کودهای شیمیایی را کاهش داد که می‌تواند برای پایداری بوم‌نظام منطقه و نظام کاشت برنج مطلوب باشد.

***واژه‌های کلیدی:*** الکتریسیته، بهره‌وری انرژی، سوخت فسیلی، کارایی مصرف انرژی

## مقدمه

بخش کشاورزی هم در تولید و هم در مصرف انرژی نقش بسزایی دارد. تولید پایدار کشاورزی به استفاده کارآمد از انرژی در کشاورزی وابسته است (Kaur *et al.*, *2024*). کشاورزی بعد از بخش انرژی، دومین بخش عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی است که ۳۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد (Adounkpe *et al.*, 2021). مسئله‌ای حیاتی که با روش‌های کشاورزی فعلی درگیر است، کاهش بازده استفاده از انرژی (*EUE*) است که به بهینه‌سازی و استفاده کارآمد از ورودی‌های انرژی در عملیات‌های مختلف کشاورزی نیازمند است (Singh and Ranguwal, 2024). تولید جهانی برنج با بزرگترین چالش مواجه است تا با افزایش ۳۴ درصدی جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ مواجه شود (Tesfaye *et al.*, 2021). افزایش پیش‌بینی شده در تقاضا برای برنج منجر به افزایش مصرف کودها، به ویژه کودهای حاوی نیتروژن می‌شود و این منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) می شود (Arunrat *et al.*, 2018). ایران با حدود ۶۰۰ هزار هکتار شالیزار سهمی معادل ۰/۴ درصد سطح زیر کشت جهان را دارد (FAO., 2017). در حال حاضر کشت نشایی در خاک‌های گل‌آب شده، با شرایط غرقابی مداوم، معمول‌ترین روش استقرار برنج در شالیزارهای شمال ایران است. در مقابل یکی دیگر از سیستم‌های تولید برنج کشت مستقیم در خاک خشک است که در حال حاضر در آمریکا، اروپای غربی (ایتالیا و فرانسه)، غرب آفریقا و بسیاری از کشورهای آسیایی (هندوستان، کره، ژاپن، فیلیپین، تایلند و غیره) مورد توجه می‌باشد. در ایران در برخی از مناطق شمال غربی، مرکزی و جنوب کشور سالیان متمادی است که کشت مستقیم برنج رواج دارد (Nourbakhshian., 2000).

تاکنون بیشتر تحقیقات به عمل آمده، در زمینه میزان مصرف سوخت و انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های زراعی از جمله تولید محصول برنج نشایی بوده است و اینکه چطور می‌توان کارایی مصرف انرژی را در این مزارع افزایش و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد. شایان ذکر است که در ایران و بالاخص استان گلستان تحقیقات گوناگونی در این زمینه صورت گرفته است، اما بررسی مصرف سوخت، انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید برنج خشکه‌کاری هنوز انجام



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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

نشده است. تحقیق حاضر برای محصول برنج در شهرستان گرگان در استان گلستان انجام شد و در آن مصرف سوخت، انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای در هر هکتار از زمین‌های تحت کشت برنج به روش سنتی و خشکه‌کاری تعیین گردید.

## مواد و روش‌ها

جهت بررسی مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در محصول برنج نشایی و خشکه‌کاری در شهرستان گرگان به تعداد ۳۰ مزرعه از طریق نمونه‌برداری سیستماتیک-تصادفی در سال‌های ۱۳۹۸ در نظر گرفته شد. داده‌های مورد نیاز توسط مصاحبه به صورت چهره به چهره با تولیدکنندگان این محصول و انجام یادداشت‌برداری از کلیه عملیات زراعی گردآوری گردید. بعد از انجام ثبت اطلاعات ذکر شده در هر مزرعه، ارزیابی جریان انرژی 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 شلتوک برنج 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

**مصرف انرژی ناشی از سوخت و نهاده‌ها:** نتایج نشان داد که مصرف کود نیتروژنی با سهمی معادل ۵۹ درصد بیشترین میزان مصرف انرژی را در مزارع سنتی به خود اختصاص داد. انرژی ماشین آلات (۱۳ درصد در مزارع سنتی با چاه‌های برقی و ۱۵ درصد در مزارع سنتی با چاه‌های گازوییلی) در رتبه بعدی قرار گرفت. در ادامه مصرف بذر، کود فسفره، حشره‌کش، علف‌کش و کود پتاسه نیز به ترتیب بیشترین تا کمترین مصرف انرژی را داشتند. در مزارع خشکه‌کاری نیز مصرف کود نیتروژنی بیشترین و استفاده از علف‌کش کمترین میزان انرژی مصرفی را به همراه داشتند (جدول ۱). در مجموع انرژی مصرفی در بخش نهاده‌ها در مزارع سنتی گازوییلی، برقی و مزارع خشکه‌کاری با سیستم بارانی و تیپ، بیشترین مصرف انرژی به ترتیب مربوط به مصرف سوخت فسیلی، کودهای نیتروژنی، الکتریسیته و الکتریسته بود (جدول ۱).



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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

جدول ۱- انرژی ورودی نهاده‌ها (مگاژول بر هکتار) در تولید برنج

Table 1- Energy input of inputs (megajoules per hectare) in rice production

| خشکه کاری Dry seeding | | نشایی Transplant | | |
|---|---|---|---|---|
| تیپ Tip | بارانی Sprinkler | برقی Electric | گازوییلی Diesel | انرژی ورودی Input |
| | | | | مستقیم Direct |
| 2511.8 | 2453 | 8515 | 28442 | سوخت فسیلی Fossil fuel |
| 4968 | 5953.37 | 10104 | - | الکتریسیته Electricity |
| 278.26 | 166.15 | 975.76 | 1103.43 | نیروی انسانی Human labor |
| | | | | غیر مستقیم Indirect |
| 4923 | 4923 | 11568.54 | 11568.54 | کود نیتروژنی Nitrogen fertilizer |
| 532.8 | 532.8 | 1276.5 | 1276.5 | کود فسفره Phosphate fertilizer |
| 154.1 | 154.1 | 353.76 | 353.76 | کود پتاسه Potash fertilizer |
| 735 | 735 | 1764 | 1764 | بذر Seed |
| 346.87 | 346.87 | 1244.85 | 1244.85 | حشره‌کش Insecticide |
| 23.7 | 23.7 | 608.62 | 608.62 | علف‌کش Herbicide |
| 3236.99 | 2507.46 | 2955.37 | 2634.63 | ماشین‌آلات Machinery |
| 17710.52 | 17795.45 | 39366.13 | 48966.06 | کل Total |

با بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها در تولید برنج می‌توان چنین نتیجه گرفت که در سیستم سنتی و با چاه‌های گازوییلی، مصرف سوخت فسیلی، در سیستم سنتی و با چاه برقی، خشکه‌کاری با آبیاری بارانی و خشکه‌کاری با تیپ، مصرف الکتریسیته بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی داشته است (جدول ۲).



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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

جدول ۲- مقادیر GWP نهاده‌ها (معادل کیلوگرم دی اکسید کربن بر هکتار) در تولید برنج

Table 2- GWP values of inputs (kg carbon dioxide equivalent per hectare) in rice production

| خشکه‌کاری Dry seeded | | سنتی Traditional | | |
|---|---|---|---|---|
| تیپ Tip | بارانی Sprinkler | برقی Electric | گازوییلی Diesel | نهاده ها |
| 195.92 | 217.85 | 769.11 | 6558.12 | سوخت فسیلی Fossil fuel |
| 1440.72 | 1743 | 2930.12 | - | الکتریسیته Electricity |
| 446.53 | 446.53 | 954.84 | 954.84 | کود نیتروژنی Nitrogenous fertilizer |
| 43.69 | 43.69 | 104.71 | 104.71 | کود فسفره Phosphorus fertilizer |
| 12.63 | 12.63 | 29 | 29 | کود پتاسه Potassic fertilizer |
| 55.87 | 55.87 | 200.48 | 200.48 | حشره‌کش Insecticide |
| 3.81 | 3.81 | 122.55 | 122.55 | علف‌کش Herbicide |
| 826.96 | 578.98 | 1380.12 | 585.44 | ماشین‌آلات Machinery |
| 3026.13 | 3102.76 | 6400.91 | 7655.14 | کل Total |

**شاخص‌های انرژی و GWP:** در بخش انرژی‌های مستقیم مصرف الکتریسیته در مزارع سنتی با چاه‌های برقی نسبت به مزارع خشکه کاری تقریباً دو برابر بیشتر بود (جدول ۳) که عمدتاً به دلیل تعداد دفعات آبیاری بیشتر در مزارع سنتی نسبت به مزارع خشکه‌کاری بود. در مزارع خشکه‌کاری با سیستم بارانی نسبت به سیستم تیپ میزان انرژی الکتریسیته مصرفی ۱۶ درصد بیشتر و انرژی کارگری ۴۰ درصد کمتر بود. در واقع سیستم‌های تیپ نیاز به کارگر بیشتر (۱/۵ برابر بیشتر نسبت به سیستم آبیاری بارانی) برای رفع مشکلات در حین آبیاری داشت که این مسئله در سیستم بارانی کمتر به چشم می‌خورد. انرژی مستقیم در مزارع سنتی با چاه‌های گازوییلی بیشترین میزان را داشت که نسبت به مزارع سنتی با چاه‌های برقی، مزارع خشکه‌کاری با سیستم بارانی و مزارع خشکه‌کاری با سیستم تیپ به ترتیب، ۳۴، ۷۱ و ۷۴ درصد بیشتر بود. همچنین مزارع سنتی با چاه‌های گازوییلی و برقی تفاوت چندانی را برای انرژی مصرفی غیرمستقیم نشان نداند. مزارع خشکه‌کاری با سیستم بارانی و تیپ نیز از همین روند پیروی کردند. اما در مجموع مزارع سنتی با چاه‌های گازوییلی و برقی نسبت به مزارع خشکه‌کاری با سیستم بارانی و تیپ حدود ۲ برابر انرژی غیرمستقیم بیشتری را مصرف کردند که سهم عمده آن به دلیل افزایش مصرف کودهای نیتروژنی در مزارع سنتی بود. چادهاری و همکاران (Chaudhary *et al*., 2017) دریافتند که مصرف انرژی ورودی بیشتر در سیستم‌های سنتی نسبت به سیستم‌های خشکه‌کاری به دلیل مصرف انرژی برای تهیه خزانه، آماده سازی زمین و آبیاری بیشتر است. در مطالعه‌ای انرژی مستقیم در کلیه سیستم‌های کشت سنتی و خشکه‌کاری، ۳۹-۲۸ درصد و انرژی غیرمستقیم ۷۱-۵۹ درصد به دست آمد. البته روش کشت سنتی انرژی مستقیم بیشتری نسبت به روش خشکه‌کاری مصرف کرد (Chaudhary *et al*., 2017). آقاعلیخانی و همکاران (Agha Alikhani *et al*., 2013)، بیشترین



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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

مصرف انرژی را مربوط به مصرف کودهای نیتروژنی دانستند. انرژی خروجی کل در مزارع سنتی نسبت به مزارع خشکه‌کاری حدود ۶ درصد بیشتر بود (جدول ۳). کارایی مصرف انرژی نیز در مزارع خشکه‌کاری نسبت به مزارع سنتی گازوییلی و برقی به ترتیب ۲/۶ و ۲/۱ برابر بود. با وجود انرژی خروجی کل کمتر در مزارع خشکه‌کاری، میزان کارایی انرژی به دلیل کاهش مصرف نهاده‌ها و انجام عملیات زراعی در سیستم خشکه‌کاری افزایش چشم‌گیری داشت. چادهاری و همکاران (Chaudhary *et al*., 2017) دریافتند که کارایی مصرف انرژی در سیستم کشت سنتی کمتر از خشکه‌کاری است به طوری که کارایی مصرف انرژی در مزارع خشکه کاری ۱۲ درصد بیشتر است. همچنین بهره‌وری انرژی که نشان‌دهنده میزان محصول تولیدی (کیلوگرم) به ازای هر مگاژول انرژی مصرف شده می‌باشد نیز در سیستم سنتی گازوییلی کمترین و در هر دو سیستم خشکه‌کاری بیشترین بود، به طوری که به ازای هر مگاژول انرژی مصرف شده در سیستم سنتی گازوییلی، برقی و خشکه‌کاری به ترتیب ۱۶۰، ۲۰۰ و ۳۹۰ گرم محصول تولید شد که در واقع بیانگر بهره‌وری انرژی بالاتر در مزارع خشکه‌کاری بود. انرژی ویژه نشان‌دهنده این است که به ازای هر کیلوگرم محصول تولید شده، چند مگاژول انرژی مصرف شده است. در واقع انرژی ویژه عکس بهره‌وری انرژی می‌باشد که در اینجا بیشترین انرژی ویژه مربوط به مزارع سنتی گازوییلی بود. میزان انرژی خالص تولیدی نیز در مزارع خشکه‌کاری بیشترین و در مزارع سنتی به ویژه گازوییلی کمترین بود.

جدول ۳- شاخص‌های انرژی برای تولید برنج

Table 3- Energy indicators for rice production

| خشکه کاری Dry seeded | | سنتی Traditional | | | شاخص‌ها Indicators |
|---|---|---|---|---|---|
| تیپ Tip | بارانی Sprinkler | برقی Electric | گازوییلی Diesel | واحد Unit | |
| 7758.06 | 8572.53 | 19594.73 | 29545.43 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی مستقیم Direct Energy |
| 9552.46 | 9222.93 | 19771.37 | 19450.63 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی غیرمستقیم Indirect Energy |
| 17710.52 | 17795.45 | 39366.13 | 48996.06 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی ورودی کل Total Energy Input |
| 102900 | 102900 | 117600 | 117600 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی شلتوک Paddy Energy |
| 131250 | 131250 | 132550 | 132550 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی کاه Straw Energy |
| 234150 | 234150 | 250150 | 250150 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی خروجی کل Total Energy Output |
| 13.22 | 13.15 | 6.35 | 5.10 | - | کارایی مصرف انرژی Energy Efficiency |
| 2.54 | 2.54 | 4.92 | 6.12 | MJ kg$^{-1}$ | انرژی ویژه Specific Energy |
| 0.39 | 0.39 | 0.20 | 0.16 | Kg MJ$^{-1}$ | بهره‌وری انرژی Energy Productivity |
| 216439.5 | 216354.6 | 210873.9 | 201153.9 | MJ ha$^{-1}$ | انرژی خالص Net Energy |

در اینجا انرژی خزانه نیز در نظر گرفته شده است.



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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

سیستم سنتی گازوییلی نسبت به سایر سیستم‌ها بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را داشت به طوری که به ازای هر هکتار تولید برنج در سیستم سنتی گازوییلی، ۷۶۵۵/۱۴ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن تولید شد (جدول ۴) که نسبت به سیستم خشکه کاری با سیستم بارانی و تیپ به ترتیب ۲/۴۶ و ۲/۵۲ برابر بیشتر بود. همچنین سیستم سنتی برقی نیز نسبت به سیستم خشکه‌کاری با سیستم بارانی و تیپ به ترتیب ۲/۰۶ و ۲/۱۱ برابر بیشتر بود (جدول ۴). در واقع با تغییر سیستم کاشت از سنتی به خشکه‌کاری می‌توان میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در هر هکتار ۲/۵۲-۲/۰۶ برابر کاهش داد. همچنین به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی در سیستم سنتی گازوییلی، برقی، خشکه‌کاری با سیستم بارانی و تیپ به ترتیب ۹۵۰، ۸۰۰، ۴۳۰ و ۴۳۰ گرم دی اکسیدکربن معادل منتشر می‌شود که درواقع در اینجا نیز سیستم‌های سنتی نسبت به سیستم‌های خشکه‌کاری تقریباً ۲ برابر بیشتر هستند (جدول ۴). دستان و همکاران (Dastan *et al*., 2015) با تجزیه و تحلیل شاخص‌های انرژی در نظام‌های تولید برنج در منطقه نکا دریافتند که بیشترین میزان انرژی مصرفی برای تولید برنج مربوط به آب آبیاری و مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد. الگو و مدیریت صحیح رژیم آبیاری در اراضی شالیزاری در کاهش مصرف آب و انرژی تأثیر زیادی دارد و از منظر انرژی مصرفی نیز در مناطق برنج‌کاری شمال کشور مفید خواهد بود. همچنین با مصرف کودهای آلی، می‌توان انرژی مصرفی مربوط به کودهای شیمیایی را کاهش داد که می‌تواند برای پایداری بوم‌نظام منطقه و نظام کاشت برنج مطلوب باشد.

جدول ۴- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید برنج

Table 4- Global warming potential values for rice production

| خشکه کاری Dry seeded | | سنتی *Traditional* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| تیپ Tip | بارانی Sprinkler | برقی Electric | گازوییلی Diesel | واحد Unit | پتانسیل گرمایش جهانی GWP |
| 3026.13 | 3102.76 | 6400.91 | 7655.14 | kg eq-$CO_2$ $ha^{-1}$ | بر واحد سطح per unit area |
| 0.43 | 0.43 | 0.8 | 0.95 | kg eq-$CO_2$ $kg^{-1}$ | بر واحد وزن per unit weight |
| 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.15 | kg eq-$CO_2$ $MJ^{-1}$ | بر واحد انرژی ورودی per unit energy input |
| 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | kg eq-$CO_2$ $MJ^{-1}$ | بر واحد انرژی خروجی per unit energy output |

## منابع


Agha Alikhani, M., Kazemi, H., Habibzadeh, F. 2013. Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran Energy Conversion and Management. 69: 157- 63.

Arunrat, N., Sereenonchai, S., and Pumijumnong, N. 2018. On-Farm evaluation of the potential use of greenhouse gas mitigation techniques for rice cultivation: A case study in Thailand. Climate 6, 36. doi: 10.3390/cli6020036.

Chaudhary, V. P., Singh, K. K., Pratibha, G., Bhattacharyya, R., Shamim, M. Srinivas I., Patel, A. 2017. Energy conservation and greenhouse gas mitigation under different production systems in rice cultivation. Energy. 130, 307-317.

Dastan, S., Tour-Mohammadi, Gh. M., Madani, H., Soltani, A. 2015. Analysis of water productivity indices in rice production systems in Neka region. Environmental Sciences Quarterly. 1(1): 53-




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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]

66.
Dounkpe, J., Ahoudji, O., and Sinsin, B. 2021. Assessment of the contribution of flooded rice cultivation systems to methane emissions in the lower Ouémé Valley, in Benin Republic. J. Agric. Chem. Environ. 10, 327–344. doi: 10.4236/jacen.2021.103021.
FAO, 2017. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. http://www.fao.org/faostat/en/ FAO, 2017.
Kaur, R.; Chhina, G.S.; Kaur, M.; Bhatt, R.; Elhindi, K.M.; Mattar, M.A. Optimizing Nutrient and Energy Efficiency in a Direct-Seeded Rice Production System: A Northwestern Punjab Case Study. Agronomy 2024, 14, 671. https://doi.org/10.3390/ agronomy14040671.
Nourbakhshian, S. J. 2000. Comparison of yield of rice cultivars in direct seeding and transplanting. Iranian Journal of Crop Sciences. 3(2): 25-32.
Singh G., Ranguwal, S. 2024. Optimizing Water and Energy use in Rice Production through Direct Seeding in Punjab, India. Indian Journal of Ecology, 51(6): 1209-1211 DOI: https://doi.org/10.55362/IJE/2024/4380.
Tesfaye, K., Takele, R., Sapkota, T. B., Khatri-Chhetri, A., Solomon, D., Stirling, C., et al. 2021. Model comparison and quantification of nitrous oxide emission and mitigation potential from maize and wheat fields at a global scale. Sci. Total Environ. 782, 146696. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146696.

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

[ DOI: 10.22034/arpe.10.18.28 ]