

ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی برنج در الگوهای کشت اول و دوم (مطالعه موردی:

شهرستان ساری)^۱

Evaluation of global warming potential for rice in the first and second cropping patterns (Case study: Sari Province)

محمد جابر انصاری^۱، سرور خرم دل^{۲*}، رضا قربانی^۳ و همت‌اله پیردشتی^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد
 - ۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
 - ۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
 - ۴- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- *نویسنده مسئول: khorramdel@um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۲۹

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی پتانسیل گرمایش جهانی برنج در شرایط کشت اول و دوم در شهرستان ساری به صورت پرسشنامه‌ای در سال ۱۳۹۳ انجام گردید. نهاده‌های ورودی شامل انرژی ماشین‌آلات، سوخت، کودها و سموم شیمیایی و ستاده‌ها شامل کاه و کلش برنج بود. سپس با استفاده از ضرایب تبدیل نهاده‌ها، پتانسیل گرمایش جهانی تعیین شد. نتایج نشان داد که پتانسیل گرمایش جهانی در الگوی کشت دوم (۱۱۸۷ کیلوگرم معادل CO₂ در هر هکتار) ۲۰ درصد بالاتر از کشت اول (۹۹۰ کیلوگرم معادل CO₂ در هر هکتار) محاسبه گردید. میزان پتانسیل گرمایش جهانی به ازای هر تن شلتوک در کشت دوم (۴۹۸ کیلوگرم معادل CO₂) ۱۰۱ درصد کمتر از کشت اول (۲۴۸ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار) تعیین گردید. پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب گیگاژول انرژی خارج شده در دو الگوی کشت تفاوت زیادی داشت و در کشت اول و دوم به ازای هر گیگاژول انرژی تولید شده به ترتیب برابر با ۱۲ و ۲۴ کیلوگرم معادل CO₂ پتانسیل گرمایش جهانی ایجاد گردید. نهاده سوخت مصرفی در هر دو الگوی کاشت بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی را ایجاد کرد و در کشت اول و دوم به ترتیب ۵۶ و ۶۹ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی کل را شامل گردید. در هر دو الگوی کاشت دومین نهاده تشدیدکننده پتانسیل گرمایش جهانی کود نیتروژن بود؛ به طوری که در کشت اول ۲۹ درصد و در کشت دوم ۱۶ درصد از پتانسیل گرمایشی کل را به خود اختصاص داد. سومین ورودی تشدیدکننده در هر دو الگوی کشت، حشره‌کش بود که در هر دو الگو سهم شش درصدی از پتانسیل گرمایش جهانی کل را شامل شد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کاشت، پتانسیل گرمایش جهانی، حشره‌کش، ضریب تبدیل نهاده، کود نیتروژن

۱- مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجو (طرح شماره ۲/۳۱۶۴۵ مصوب ۱۳۹۳/۰۲/۰۷ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی

مشهد) می‌باشد.

مقدمه

مهم‌ترین مسئله‌ای که امروزه توجه بسیاری از دانشمندان را در سراسر نقاط دنیا به خود جلب کرده است پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی تحت تأثیر انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به محیط زیست و به ویژه اتمسفر است (IPCC, 2007b). افزایش جهانی غلظت دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای عمدتاً ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، کارخانه‌های سیمان‌سازی و تغییر کاربری اراضی می‌باشد. از دیگر دلایل این افزایش می‌توان به سوزاندن زیست‌توده گیاهی، عملیات خاک-ورزی و به ویژه شخم برگردان‌دار، مصرف انواع کودها و دیگر مواد شیمیایی اشاره کرد (Lal, 2002).

بزرگترین عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر، بخش انرژی است و در سال‌های اخیر در کنار ارزیابی انرژی در سیستم‌های زراعی، موضوع انتشار گازهای گلخانه‌ای بسیار مورد توجه بوده است (IPCC, 2007a). بدین ترتیب، توسعه نظام‌های زراعی با ورودی کم‌تر انرژی و بهره‌وری بیشتر می‌تواند به کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ به ویژه در بخش کشاورزی کمک کند (Dalgaard et al., 2000). کاهش مصرف انرژی-های فسیلی در نظام‌های کشاورزی می‌تواند مصرف منابع محدود انرژی را کاهش داده و منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود (Dalgaard et al., 2001). از طرف دیگر، با در نظر گرفتن بحران انرژی، افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و به تبع آن افزایش انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به محیط زیست، تلاش بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی کشورهای در حال توسعه، با بررسی انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی و محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی شده تا بوم‌نظام‌های کشاورزی از نظر مصرف انرژی بهینه شوند (Nasirian et al., 2006).

برنج یکی از مهمترین محصولات کشاورزی دنیاست و بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه در جهان را به خود اختصاص داده است. این غله مهم غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را به خود اختصاص داده است (Chapra et al., 2006). کاسمپراپروت و همکاران (Kasmaprapruet et al., 2009) با ارزیابی چرخه حیات تولید برنج در تایلند پتانسیل گرمایش جهانی را ۲۹۷۲ gCO₂ به ازای تولید یک کیلوگرم برنج گزارش کردند. پاتاک و واسمن (Pathak and Wassmann, 2007) در پژوهشی اعلام کردند که عملیات زراعی و غیرزراعی (نظیر تولید و حمل و نقل کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی) در تولید برنج به ترتیب برابر با ۹۸-۸۰ و ۹۱-۱۶ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی دارند. نتایج مطالعه خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2014) روی بررسی اثرات زیست محیطی تولید برنج در استان گیلان با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات در شرایط کشت مرسوم (مزارع کوچک با شاخص مکانیزاسیون پایین) و کشت یکپارچه (مزارع ادغام شده با شاخص مکانیزاسیون بیشتر) نشان داد که نظام تولید کشت یکپارچه از طریق مصرف نهاده‌های شیمیایی کمتر دارای اثرات زیست محیطی کمتری به ازای تولید یک تن شلتوک در مقایسه با نظام مرسوم می‌باشد. دستان و همکاران (Dastan et al., 2014) در پژوهشی با مقایسه انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در شالیزارهای در مازندران به این نتیجه رسیدند که بیشترین درصد انتشار گاز CO₂ و پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به ورودی نیروی برق مورد استفاده برای پمپ کردن آب بود. کود نیتروژن و سوخت نیز در رتبه‌های دوم و سوم تشدیدکنندگی قرار گرفتند. آن‌ها متوسط پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید برنج را برابر ۲۳۰۷ کیلوگرم CO₂ در هکتار محاسبه نمودند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2014) در بررسی ارزیابی

ساری انتخاب گردیدند. برای تعیین تعداد مزرعه از فرمول ارائه شده توسط کوکران استفاده شد (Snedecor and Cochran, 1980) (معادله ۱). بر این اساس، تعداد کشاورزان در کشت اول ۴۵ و در کشت دوم ۶۰ نفر تعیین گردید.

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

اطلاعات مربوط به عملیات رایج در تولید برنج به تفکیک نوع عملیات مورد استفاده شامل آماده‌سازی زمین و کاشت، عملیات داشت همچون آبیاری، کوددهی، سمپاشی و عملیات برداشت، تعیین و پس از آن مقدار مصرف هر گروه از نهاده‌ها مشخص گردید (Raie Jadidi *et al.*, 2010). میزان نهاده‌های سوخت، ماشین آلات، کودها و سموم شیمیایی و میزان عملکرد برنج و انرژی خروجی بر اساس منابع محاسبه شدند (Alam *et al.*, 2005). میزان انرژی خروجی برابر با میزان انرژی ذخیره شده در شلتوک و کاه و کلش برنج برداشت شده بود. میزان این انرژی به ازای هر کیلوگرم شلتوک برنج برابر با ۱۴/۷۵ مگاژول و برای کاه و کلش معادل ۱۲/۵ مگاژول در کیلوگرم در نظر گرفته شد (Mansoori *et al.*, 2012). لازم به ذکر است اگرچه اختلاف چندانی بین دو الگوی کشت از نظر شیوه‌های کشت و عملیات زراعی در شهرستان ساری وجود ندارد، اما در ارقام، میزان کود و سم، میزان آب آبیاری، منابع تامین آب و تاریخ کاشت اختلاف وجود دارد. به طوری که ارقام مورد استفاده در کشت اول عموماً شامل ارقام محلی و پرمحصول می‌باشند؛ در حالی که در کشت دوم، ارقام زودرس و با عملکرد پایین استفاده می‌گردد. میزان مصرف کودهای شیمیایی در کشت اول بیشتر از کشت دوم است. میزان مصرف سموم شیمیایی در دو الگوی کشت متغیر بوده و از روند ثابتی پیروی نمی‌کند. الگوی کشت دوم نیاز آبی کمتری دارد و عموماً مصرف آب در کشت اول بیشتر از کشت دوم است. در اکثر موارد کشاورزان در کشت اول از آب‌های سطحی برای آبیاری استفاده می‌کنند، در حالی که در کشت دوم معمولاً از

چرخه حیات تولید شلتوک در دو کشت بهاره و تابستانه اظهار داشتند که کشت بهاره دارای اثرات سوء زیست محیطی کمتری نسبت به کشت تابستانه می‌باشد؛ به طوری که در نظام کشت بهاره میزان پتانسیل آسیب زیست‌محیطی در گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون، تخلیه انرژی غیرتجدیدشونده و تخلیه منابع آب به ترتیب ۳۴، ۲۹، ۳۰، ۳۵ و ۴۴ درصد کمتر از تولید شلتوک در نظام کشت تابستانه به ازای تولید یک کیلوگرم شلتوک محاسبه گردید. خرم‌دل و همکاران با ارزیابی اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید گندم آبی و دیم (Khorramdel *et al.*, 2014b) و جو آبی و دیم اظهار داشتند اگرچه بالاترین اثرات زیست محیطی این نظام‌های تولید مربوط به پتانسیل گرمایش جهانی نبود، ولی آنها سهم این گروه تأثیر را از مجموع شاخص زیست محیطی برای این نظام‌های تولیدی به ترتیب برابر با ۱۸/۳، ۱۸، ۱۷/۳ و ۱۶/۷ درصد تعیین نمودند.

بنابراین، با در نظر گرفتن افزایش قیمت برنج به عنوان یکی از غلات مهم و غذای اصلی مردم کشور و تمایل بالای کشاورزان برای تولید بیشتر این غله مهم در شهرستان ساری به صورت الگوهای کشت اول و دوم و همچنین با توجه به تغییرات گسترده اقلیمی در استان مازندران و تشدید پتانسیل گرمایش جهانی توسط فعالیت‌های مختلف کشاورزی، این پژوهش با هدف بررسی پتانسیل گرمایش جهانی نظام‌های تولید برنج بر مبنای میزان مصرف انرژی در الگوهای کشت اول و دوم در استان مازندران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت پرسشنامه‌ای در شهرستان ساری از طریق مراجعه حضوری به کشاورزان برنج‌کار در سال ۱۳۹۳ انجام شد. برای تعیین تعداد کشاورزان از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده شد. بر این اساس، کشاورزان بطور تصادفی از بین روستاهای شهرستان

شیمیایی علفکش، قارچکش و حشرهکش، مصرف سوخت‌های فسیلی برای انجام عملیات زراعی، آبیاری، حمل و نقل، تولید و نگهداری ادوات و ماشین‌آلات زراعی (Khoshnevisan *et al.*, 2013). سپس با استفاده از ضرایب تبدیل نهاده‌ها به کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار (جدول ۱)، پتانسیل گرمایش جهانی تعیین شد. از تقسیم پتانسیل گرمایش جهانی (بر حسب کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار) بر مقدار تولید شلتوک (بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی) برای تولید هر تن شلتوک یا به عبارتی معدل وزنی تولید شلتوک تعیین گردید (Soltani *et al.*, 2013). به همین ترتیب، از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بر مقدار انرژی خروجی بر حسب گیگاژول، معدل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO₂ بر حسب گیگاژول انرژی تولید شده محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2013).

آب‌های زیرزمینی و پمپ‌های دیزلی استفاده می‌گردد. کشت اول در اواسط اردیبهشت ماه نشاء می‌گردد و زمان برداشت آن نیز در اوایل و اواسط مرداد است. برنج در این دوره ۹۰ روزه می‌تواند بهتر از امکانات زراعی استفاده کند و عملکرد مطلوبی را حاصل کند. کشت دوم در اواسط مرداد کاشته می‌شود و در اواسط مهر ماه برداشت می‌گردد. به علت اینکه در اوایل بهار هوا سرد می‌گردد و بازندگی‌های فصلی آغاز می‌شود کشاورزان نمی‌توانند دوره رشد برنج را بیشتر از ۶۰ روز قرار دهند و عملکرد برنج در کشت دوم کاهش می‌یابد.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی از مقدار نهاده‌های ورودی برنج در الگوهای کشت اول و دوم، استفاده شد. بدین ترتیب، برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی، میزان CO₂ تولید شده ناشی از مصرف انرژی برای تولید نهاده‌ها و عملیات‌های مختلف مدنظر قرار گرفت. این نهاده‌ها و عملیات‌ها عبارت بودند از: تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم

جدول ۱- ضرایب انتشار گاز گلخانه‌ای برای هر یک از نهاده‌های ورودی

Table 1- Emission coefficients of greenhouse gases for each inputs

ورودی‌ها Inputs	واحد Unit	ضریب تبدیل (کیلوگرم CO ₂ بر واحد) co ₂ equivalent	منبع Reference
سوخت Fuel	لیتر (l)	2.76	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
ماشین‌آلات Machinery	مگاژول (MJ)	0.071	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
کود نیتروژن Nitrogen	کیلوگرم (kg)	1.3	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
کود پتاسیم Potassium	کیلوگرم (kg)	0.2	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
کود فسفات Phosphorus	کیلوگرم (kg)	0.2	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
علفکش Insecticide	کیلوگرم (kg)	6.3	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
حشرهکش و قارچکش Herbicide and fungicide	کیلوگرم (kg)	5.1	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)

مبنای CO₂ با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 انجام گردید.

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، دسته‌بندی اطلاعات بر مبنای عملیات مختلف و یکسان‌سازی بر

نتایج و بحث

در هکتار از ماشین‌آلات استفاده گردید، در حالی که این میزان در کشت اول ۳۵۰ ساعت در هکتار تعیین گردید (جدول ۲).

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان استفاده از ماشین‌آلات در الگوی کشت دوم برنج ۱۴ درصد بیشتر از کشت اول بود؛ به طوری که در کشت دوم ۴۰۰ ساعت

جدول ۲- مقدار نهاده‌ها و ستاده‌های برنج در الگوهای کشت اول و دوم به ازای یک هکتار

Table 2- Amount of inputs and outputs for rice at the first and second planting patterns per one hectare

الف) نهاده‌ها A) Inputs	کشت اول First planting	کشت دوم Second planting
	مقدار Amount	مقدار Amount
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (hr)	350	400
سوخت (لیتر) Fuel (l)	200	300
کودهای شیمیایی (کیلوگرم) Chemical fertilizers (kg)		
A) Nitrogen (الف) نیتروژن	190	150
B) Potassium (ب) پتاسیم	67	40
C) Phosphorus (ج) فسفات	154	105
سموم شیمیایی (کیلوگرم) Chemical biocides (kg)		
A) Insecticide (الف) علف‌کش	5	5
B) Herbicide and Fungicide (ب) حشره‌کش و قارچ‌کش	13	15
ب) ستاده‌ها Outputs	مقدار Amount	مقدار Amount
شلنوک برنج (کیلوگرم) Paddy rice	3999	2380
کاه برنج (کیلوگرم) Straw	1761	1140
مجموع ستاده‌ها Total output	---	---
	انرژی (MJ) Energy (MJ)	انرژی (MJ) Energy (MJ)
	58258	48926
	22019	48926
	80277	48926

ماشین‌آلات در این الگوی کشت به مراتب بالاتر از کشت اول تعیین گردید. آقاعلیخانی و همکاران (AghaAlikhani *et al.*, 2013) در پژوهشی بر روی برنج در مازندران به این نتیجه رسیدند که میزان استفاده از ماشین‌آلات در کشت مکانیزه ۲۹۰ ساعت در هکتار و در کشت سنتی ۲۳۰ ساعت در هکتار بود. استفاده بیش از حد کشاورزان از ماشین‌آلات عمدتاً مربوط به قیمت نسبتاً ارزان سوخت و هزینه اجاره

افزایش استفاده از ماشین‌آلات در الگوی کشت دوم به دو علت بود: اول اینکه کشاورزان در کشت دوم به منظور عملیات آماده‌سازی بستر کاشت، معمولاً زمان کمتری در اختیار دارند و باید عملیات مربوطه را طی یک تا دو هفته به طور نسبتاً فشرده انجام دهند. علاوه بر این، به دلیل کاهش آب‌های سطحی در الگوی کشت دوم تحت تأثیر گرم‌تر بودن دمای هوا و استفاده کشاورزان از پمپ جهت آبیاری، میزان استفاده از

(Mansoori *et al.*, 2012) در پژوهشی بر روی نظام-های تولید برنج به این نتیجه رسیدند که میزان مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نظام‌های رایج کشت برنج به ترتیب برابر با ۱۹۰، ۹۱ و ۵۶ کیلوگرم در هکتار بود که با نتایج بدست آمده هم‌خوانی داشت. با در نظر گرفتن این مطلب که دوره رشد برنج در کشت اول حدوداً ۹۰ روز است؛ به طوری که برنج بر اساس این الگو، در شهرستان ساری در اوایل اردیبهشت کاشته شده و در اوایل مرداد ماه برداشت می‌شود، ولی دوره رشد آن در کشت دوم حدوداً ۶۰ روز است؛ به طوری که در اوایل مرداد کاشته شده و در اوایل مهر ماه برداشت می‌گردد، به نظر می‌رسد که طول دوره رشد طولانی‌تر برنج در الگوی کشت اول باعث افزایش مصرف کودهای شیمیایی در مقایسه با الگوی کشت دوم شده است. فیض‌بخش و سلطانی (Feiz Bakhsh and Soltani, 2013) در پژوهشی روی مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای استفاده از تناوب زراعی و گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن را به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه در این محصول زراعی پیشنهاد کردند.

میزان مصرف علف‌کش‌های شیمیایی در هر دو الگوی کشت برنج معادل پنج کیلوگرم در هکتار تعیین گردید (جدول ۲). در پژوهشی بر روی برنج در استان گیلان مشخص گردید که میزان استفاده کشاورزان از علف‌کش‌های شیمیایی در الگوی کشت سنتی و مکانیزه برابر با پنج کیلوگرم در هکتار بود (Peyman *et al.*, 2005). به علت اینکه در هر دو الگوی کشت برنج، دو مرحله مبارزه با علف‌های هرز صورت می‌گیرد، لذا میزان مصرف علف‌کش‌های شیمیایی در دو الگوی کشت برابر تعیین گردید.

در الگوی کشت دوم میزان استفاده کشاورزان از حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌های شیمیایی بیشتر از الگوی کشت اول بود؛ به طوری که حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌های شیمیایی در الگوی کشت اول و دوم به ترتیب ۱۳ و ۱۵

ماشین‌آلات می‌باشد. استفاده از انرژی الکتریسیته برای پمپ آبیاری نیز یکی دیگر از راهکارهای کاهش انرژی مصرفی توسط ماشین‌آلات است که علاوه بر کاهش مصرف انرژی می‌تواند اثرات زیست‌محیطی تولید برنج را نیز کاهش دهد.

در الگوی کشت دوم سوخت بیشتری نسبت به کشت اول مصرف گردید. میزان استفاده از سوخت در کشت دوم ۳۰۰ لیتر در هکتار بود؛ در حالی که در کشت اول ۲۰۰ لیتر در هکتار سوخت مصرف گردید (جدول ۲). افزایش ۵۰ درصدی استفاده از سوخت در کشت دوم عمدتاً به دلیل استفاده از پمپ آب برای آبیاری مزرعه بود. نیکخواه و همکاران (Nikkhah *et al.*, 2014) در پژوهشی روی تولید شلتوک در شهرستان ساری به این نتیجه رسیدند که میزان مصرف سوخت حدوداً ۳۴۰ لیتر در هکتار بوده که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در کشت اول برنج، کشاورزان عمدتاً از آب‌های سطحی و کانال‌های آب برای آبیاری استفاده می‌کنند و انرژی کمتری مصرف می‌گردد، اما در کشت دوم عموماً از آب چاه جهت آبیاری استفاده می‌کنند که این امر باعث افزایش سوخت مصرفی در کشت دوم گردید. استفاده از پمپ‌های برقی یکی از اصلی‌ترین راهکارهای کاهش میزان سوخت مصرفی در مزارع کشت دوم است که سبب می‌گردد میزان ورود آلاینده‌ها به محیط‌زیست هم کاهش پیدا کند.

میزان مصرف هر سه نوع کود شیمیایی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم در الگوی کشت اول به دلیل طولانی‌تر بودن طول دوره رشد و در نتیجه افزایش نیاز گیاه به عناصر غذایی به مراتب بیشتر از کشت دوم تعیین گردید. میزان مصرف کود نیتروژن در کشت اول و دوم به ترتیب برابر با ۱۹۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. این میزان برای کود فسفر به ترتیب ۱۵۴ و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. کود پتاس در کشت اول و دوم به ترتیب برابر با ۶۷ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید (جدول ۲). منصوری و همکاران

زیادتی بین عملکرد شلتوک و کاه و کلش در الگوهای کشت اول و کشت دوم وجود داشت. میزان عملکرد شلتوک در کشت اول ۳۹۹۹ کیلوگرم در هکتار بوده و در کشت دوم ۲۳۸۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد تولید شد. انرژی گرفته شده از شلتوک در کشت اول ۵۸۲۵۸ مگاژول در هکتار بود. میزان انرژی شلتوک در کشت دوم ۳۴۶۷۶ مگاژول در هکتار محاسبه گردید (جدول ۲). میزان کاه و کلش نیز در کشت اول بیشتر از کشت دوم بود. به طوری که در کشت اول ۱۷۶۱ کیلوگرم در هکتار کاه و کلش تولید شده که ۲۲۰۱۹ مگاژول در هکتار انرژی را از زمین خارج کرد. میزان عملکرد کاه و کلش در کشت دوم ۱۱۴۰ کیلوگرم در هکتار بود که ۱۴۲۵۰ مگاژول در هکتار انرژی را شامل شد (جدول ۲).

کیلوگرم در هکتار مصرف گردید (جدول ۲). در پژوهشی پیشگام کومله و همکاران (*et al., Pishgar Komleh*) (2011) روی آنالیز انرژی برنج در استان گیلان به این نتیجه رسیدند که به طور میانگین ۱۶/۸ کیلوگرم حشره کش و قارچ کش در مزارع مصرف می شود. از آنجا که در کشت دوم شرایط آب و هوایی گرم تر و دمای محیط نسبتاً بالاتر از دیگر الگوی کاشت بود، لذا میزان هدررفت آب افزایش یافت که در نتیجه به دلیل رطوبت بیشتر تحت تأثیر آبیاری بالاتر (جدول ۲)، حشرات، قارچها و آفات نیز حضور بیشتری در بوتهها تحت این الگوی کاشت داشتند که این امر باعث افزایش مصرف حشره کشها و قارچ کشهای شیمیایی در این الگوی کاشت نسبت به دیگر الگو گردید.

مجموع ستادهها در کشت اول بیشتر از کشت دوم بوده و بدلیل متفاوت بودن طول دوره رشد، اختلاف

جدول ۳- میزان و درصد پتانسیل گرمایش جهانی در الگوی کشت اول و دوم برنج به تفکیک نهادهها

Table 3- Rate and percentage of global warming potential for the first and second rice cropping pattern each as each input

ورودیها Inputs	کشت اول First planting		کشت دوم Second planting	
	کیلوگرم معادل CO ₂ به ازای یک هکتار kg CO ₂ -equiv./ one ha	درصد از کل Percent of total	کیلوگرم معادل CO ₂ به ازای یک هکتار kg CO ₂ -equiv./ one ha	درصد از کل Percent of total
	سوخت Fuel	552	56	828
ماشین آلات Machinery	24	2	28	2
کود نیتروژن Nitrogen	274	29	195	16
کود پتاسیم Potassium	13	1	8	1
کود فسفات Phosphorus	30	3	21	3
علف کش Insecticide	31	3	31	3
حشره کش و قارچ کش Herbicide and fungicide	66	6	76	6
مجموع Total	990		1187	

برابر با ۷۴ و ۹۰ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار محاسبه گردید.

پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده توسط کود فسفر و پتاس درصد کمی از پتانسیل گرمایش جهانی کل را به خود اختصاص داد که این میزان در کشت اول به ترتیب برابر ۱۳ و ۳۰ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود که معادل ۱ و ۳ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی بود. این میزان برای کشت دوم نیز به ترتیب ۸ و ۲۱ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار محاسبه گردید که معادل ۱ و ۳ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی کل را شامل شد (جدول ۳). با توجه به نتایج سایر مطالعات، به نظر می‌رسد که این دو نوع کود تأثیر زیادی بر روی تشدید پتانسیل گرمایش جهانی ندارند. در این راستا، خوش-نویسان و همکاران (Khoshnevisan *et al.*, 2013) نیز پتانسیل گرمایش جهانی گندم در استان اصفهان تحت تأثیر مصرف کودهای شیمیایی به ویژه نیتروژن برابر با ۳۷۱ کیلوگرم معادل CO₂ گزارش نمودند.

در کشت اول میزان پتانسیل گرمایش جهانی تحت تأثیر مصرف علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها به ترتیب برابر ۳۱ و ۶۶ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود. مقدار این پتانسیل برای کشت دوم به ترتیب برابر با ۳۱ و ۷۶ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار محاسبه گردید. در هر دو الگوی کشت میزان پتانسیل تولید شده تحت تأثیر کاربرد سموم شیمیایی شامل علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها به ترتیب برابر با ۳ و ۶ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی کل بود (جدول ۳). دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2012) در تحقیقی بر روی برنج به این نتیجه رسیدند که آفت‌کش‌ها سهم نه درصدی در تولید پتانسیل گرمایش جهانی را دارا هستند که با نتایج این پژوهش نزدیکی داشت. استفاده از سموم شیمیایی علاوه بر تشدید پتانسیل گرمایش جهانی، اثرات زیست محیطی و آلودگی‌های دیگری را نیز به دنبال دارد و سبب آلوده شدن آب‌های زیرزمینی می‌شود که برای انسان و سایر موجودات بسیار خطرناک است. از این‌رو،

بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در هر دو الگوی کشت اول و دوم برنج مربوط به نهاده سوخت بود. سوخت مصرفی در کشت اول سبب انتشار ۵۵۲ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار شد که ۵۶ درصد از کل پتانسیل گرمایش جهانی را به خود اختصاص داد. سهم سوخت در کشت دوم افزایش یافته و با انتشار ۸۲۸ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار سهم ۶۹ درصدی از پتانسیل گرمایش جهانی کل را دارا بود (جدول ۳). افزایش سهم سوخت به دلیل استفاده زیاد از ماشین‌آلات در الگوهای کشت و همچنین عمر زیاد ماشین‌آلات مورد استفاده است. بر این اساس، از آنجا که با فرسوده شدن ماشین‌آلات، کارایی مصرف سوخت کاهش پیدا می‌کند، لذا این امر باعث افزایش میزان سوخت مصرفی گردید. پورشیرازی و همکاران (Pour Shirazi *et al.*, 2012) در پژوهشی بر روی پتانسیل گرمایش جهانی برنج به این نتیجه رسیدند که سوخت یکی از نهاده‌های اصلی تشدیدکننده پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع تولید این غله مهم است که جایگاه دوم را در این نظام تولید به خود اختصاص داد. رجبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2011) با مطالعه بر روی نظام‌های تولید گندم در گرگان به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در بخش زراعی مربوط به نهاده سوخت است و باعث ایجاد ۲۹۱ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار می‌گردد.

در هر دو الگوی کشت برنج، بعد از سوخت، بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به کود نیتروژن بود. میزان پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده توسط کود نیتروژن در الگوهای کشت اول و دوم به ترتیب برابر با ۲۷۴ و ۱۹۵ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار تعیین گردید که معادل ۲۹ و ۱۶ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی کل بود (جدول ۳). پورشیرازی و همکاران (Pour Shirazi *et al.*, 2012) گزارش کردند که میزان پتانسیل گرمایش جهانی ایجاد شده توسط کود نیتروژن در کشت سنتی و مکانیزه به ترتیب

برای مبارزه با علف‌های هرز و حشرات مختلف آفت از کنترل بیولوژیکی استفاده می‌کنند. نتایج این پژوهش مشخص نمود که پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در الگوی کشت دوم به مراتب بالاتر از کشت اول برنج بود. پتانسیل کل گرمایش جهانی تولید شده در الگوهای کشت اول و دوم به ترتیب برابر با ۹۹۰ و ۱۱۸۷ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود (جدول ۴).

توصیه می‌شود که استفاده از این مواد به اندازه‌ای صورت گیرد تا باعث بروز اثرات جبران‌ناپذیر زیستی در محیط نگردد. یکی دیگر از راهکارهای کاهش اثرات مخرب سموم شیمیایی استفاده از مبارزه بیولوژیکی برای مدیریت پایدار علف‌های هرز، حشرات، آفات و بیماری‌ها است که بهره‌گیری از این راهکار اکولوژیکی امروزه در مزارع برنج در حال رواج یافتن است و کشاورزان معمولاً

جدول ۴- پتانسیل گرمایش جهانی برنج در الگوهای کشت اول و دوم به ازای یک هکتار
Table 4- Global warming potential for rice in the first and second rice cropping pattern

پتانسیل گرمایش جهانی Global warming potential	کشت اول First planting	کشت دوم Second planting
کیلوگرم معادل CO ₂ به ازای یک هکتار kg CO ₂ -equiv./ one ha	990	1187
کیلوگرم معادل CO ₂ به ازای یک تن شلتوک kg CO ₂ equiv./ t paddy	248	498
کیلوگرم معادل CO ₂ به ازای گیگاژول انرژی kg CO ₂ equiv./ GJ energy	12	24

نیتروژن در هکتار و برای گندم دیم برابر با ۹۳۷/۷۳ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی بیش از ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. این محققان در مطالعه‌ای دیگر (Khorramdel *et al.*, 2014a)، بالاترین پتانسیل گرمایش جهانی در نظام جو آبی را برابر با ۸۹۸/۲۴ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی ۱۸۰-۱۴۰ نیتروژن در هکتار و برای نظام جو دیم برابر با ۶۰۴/۶۶ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه در سطح کودی ۴۰-۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند.

عامل اصلی ایجادکننده پتانسیل گرمایش جهانی در این پژوهش مربوط به سوخت فسیلی بود. طاهری‌راد و همکاران (Taherirad *et al.*, 2013) در پژوهشی مشابه نتیجه گرفتند که پتانسیل گرمایش جهانی در کشت برنج برابر با ۸۶۶ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود که با نتایج بدست آمده مطابقت داشت. دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2012) به این نتیجه رسیدند که پتانسیل گرمایش جهانی نظام‌های برنج برابر با ۲۳۰۷ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار است. همچنین رجبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2011) پتانسیل گرمایش جهانی تولید گندم در استان گرگان را بین ۲۶۸ و ۹۲۳ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار تعیین نمودند. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel *et al.*, 2014b) با ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نظام‌های تولید گندم آبی و دیم در سطوح مختلف کود نیتروژن گزارش نمودند که بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی نظام آبی برابر با ۸۸۹/۶۱ واحد معادل دی‌اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی بیش از ۲۲۰ کیلوگرم

پتانسیل گرمایش جهانی به ازای تولید یک تن شلتوک در الگوهای کشت اول و دوم به ترتیب برابر با ۲۴۸ و ۴۹۸ کیلوگرم معادل CO₂ به ازای یک تن شلتوک محاسبه گردید (جدول ۴). همانگونه که مشخص است، پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن شلتوک تولید شده در الگوی کشت دوم به مراتب بیش از دو برابر کشت اول بود که این افزایش عمدتاً به دو

تولید شده به ازای هر هکتار، مشخص است که میزان این اثرات زیست‌محیطی تحت تأثیر الگوی کشت دوم بسیار شدیدتر از الگوی کشت اول می‌باشد که این اثرات زیست‌محیطی به تدریج سبب تشدید پتانسیل گرمایش جهانی و بروز تغییرات مختلف اقلیمی می‌گردد و هر ساله کشاورزان ضررهای زیادی را از طریق کاهش عملکرد تحت تأثیر افزایش دمای هوا و تسریع و کوتاه شدن طول دوره رشد متحمل می‌شوند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به ویژه نیتروژن و افزایش مصرف حاصلخیزکننده‌های آلی و وارد کردن گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب زراعی با برنج، بکارگیری خاکورزی‌های کاهش یافته و مبارزه بیولوژیکی و مدیریت تلفیقی برای مدیریت پایدار علف‌های هرز، حشرات، آفات و بیماری‌ها را به عنوان راهکارهایی اکولوژیک در بوم‌نظام‌های تولید برنج در الگوهای کشت اول و دوم به منظور تخفیف تغییر اقلیم مدنظر قرار داد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۲/۳۱۶۴۵ مصوب ۱۳۹۳/۰۲/۰۷ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

- AghaAlikhani, M., Kazemi-Poshtmasari, H., and Habibzadeh, F. 2013. Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. **Energy Conversion and Management** 69: 157-162.
- Alam, M.S., Alam, M.R., and Islam, K.K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. **American Journal of Environmental Science** 1(3): 213-22.
- Chabra, D., Kashani nezhad, M., and Rafiee, S.H. 2006. Comparison of the contents of waste in different drying rice. **Proceedings of the First National Conference on Rice** 5-4 December, Amol. (In Persian).
- Chamsing, A., Salokhe, V., and Singh, G. 2006. Energy consumption analysis for selected crops in different regions of Thailand. **Agricultural Engineering International** 8: 118-136.
- Dalgaard, T., Halberg, N., and Fenger, J. 2000. Fossil energy use and emissions of greenhouse gases- three scenarios for conversion to 100% organic farming in Denmark. In: van Lerland, E., A.Q. Lansink, and E. Schmieman. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on*

علت بود: اول اینکه پتانسیل گرمایش جهانی در کشت دوم بیشتر از کشت اول بود. دوم اینکه، عملکرد شلتوک در الگوی کشت دوم ۴۰ درصد کمتر از کشت اول بود که این عوامل در نهایت، اختلافات زیادی را از نظر پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب تن شلتوک بین این دو الگوی کشت ایجاد نمود. طاهری‌راد و همکاران (Taherirad *et al.*, 2013) پتانسیل گرمایش جهانی در ارقام دانه بلند و پرمحصول برابر با ۶۷۰ کیلوگرم معادل CO₂ برای یک تن شلتوک گزارش نمودند.

در الگوی کشت اول و دوم به ازای هر گیگاژول انرژی تولید شده، به ترتیب ۱۲ و ۲۴ کیلوگرم معادل CO₂ ایجاد گردید (جدول ۴). از آنجا که در کشت دوم میزان انرژی خروجی کمتر و نهاده‌های ورودی بالاتر از کشت اول بود، بنابراین، پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO₂ در گیگاژول انرژی در کشت دوم دو برابر کشت اول بود. دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2012) پتانسیل گرمایش جهانی برنج را به طور میانگین ۱۲ کیلوگرم CO₂ در هر گیگاژول انرژی تعیین نمودند که با نتایج بدست آمده هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که با توجه به اینکه سطح زیر برنج در شمال کشور به صورت کشت دوم نسبتاً زیاد است و با برآورد میزان پتانسیل گرمایشی

- Sustainable Energy: New Challenges for Agriculture and Implications for Land Use, Wageningen, The Netherlands. Chapter 7.2.1, 11 p.
- Dalgaard, T., Halberg, N., and Porter, J.R. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 87: 51-65.
- Dastan, S., Soltani, A., Noor Mohammadi, G.H., and Madani, H. 2013. Global warming potential of carbon dioxide emissions and energy consumption in the paddy planting. **Journal of Agricultural Ecology** 6(4) 823-835. (In Persian with English Summary).
- Feiz bakhsh, M., and Soltani, A. 2013. The flow of energy and global warming potential in corn pellets in the city of Gorgan. **Journal of Crop Production** 6(3) 89-107. (In Persian with English Summary).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007a.** Summary for policy makers. **The Physical Science Basis** 7: 165-177.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007b.** Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability. In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., and Hanson, C. E. editors. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 976 pp.
- Kasmapraru, S., Paengjuntuek, W., Saikhwon, P., and Phunggrassami, H. 2009. Life cycle assessment of milled rice production: case study in Thailand. **European Journal of Scientific Research** 30(2): 195-203.
- Khorramdel, S., Ghorbani, R., and Amin Ghafari, A. 2014a. Comparison of environmental impacts for dryland and irrigated barley Agroecosystems of Iran by using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. **Journal of Plant Production Research** 22(1): 243-264. (In Persian with English Summary).
- Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Amin Ghafari, A. 2014b. Evaluation of environmental impacts for wheat agroecosystems of Iran by using life cycle assessment methodology. **Cereal Research** 4(1): 27-44. (In Persian with English Summary).
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., and Mousazadeh, H. 2013. Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production. **Energy** 58: 588-593.
- Khoshnevisan, B., Rajaeifar, M.A., Sean Clark, Shamahirband, S.D., Anuar, N.B., Shuib, N.L.M., Gani, A. 2014. Evaluation of traditional and consolidated rice farms in Guilan Province, Iran, using life cycle assessment and fuzzy modeling. **Science of the Total Environment** 481: 242-251.
- Lal, L. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution** 116: 353-362.
- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., and Hati, K.M. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. **Biomass Bioenergy** 23(5): 337-45.
- Mansoori, H., Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Energy budget and economic analysis in conventional and organic rice production systems and organic scenarios in the transition period in Iran. **Frontiers in Energy** 6(4): 341-350.
- Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. **Applied Energy** 87(1): 191-196.
- Nasirian, N., Almasi, M., Minaie, S., and Bakhoda, H. 2006. This flow of energy in the production of sugarcane in an agro-industrial unit in south of Ahvaz. Fourth National Conference on

- Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 14-15 September in Tabriz University. (In Persian).
- Nikkhah A., Khoramdel S., Soluki H.A., and Kalkenari H.H. 2014. The sensitivity analysis in the energy production system in the province of paddy rice. First International Congress of the Thirteenth Congress of Crop Science. September, Karaj. (In Persian).
- Pathak, H., and Wassmann, R. 2007. Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients. **Agricultural Systems** 94: 807-825.
- Pishgar Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Rafiee, S. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. **Energy** 36(10): 5824-5831.
- Pour Shirazi, S., Rasam, G., Dadkhah, A., and Gholami, M. 2013. Energy consumption in the semi-traditional, semi-mechanized rice planting in the case study: Dargaz. Third National Conference on Fuel, Energy and the Environment. September. Karaj. Iran. (In Persian).
- Raie jadidi, M., Homayuni far, M., Sabuhi Sabuni, M., and Kherad Mand, V. 2010. Evaluation of performance and energy efficiency in the production of tomato case study: Marand. **Journal of Agricultural Economics and Development** 24 (3): 363-370. (In Persian with English Summary).
- Rajabi, M., Soltani A., Zeynali, A., and Soltani, A. 2012. Evaluation of energy consumption in wheat production in Gorgan. **Journal of Herbal Products** 19 (3): 143-172. (In Persian with English Summary).
- Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1980. Statistical Methods. Iowa State University Press.
- Soleymani, A., and Amiri Lahijani B. 2005. Rice Cultivation. Arvyj Publications. 316 pp. (In Persian).
- Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases missions in wheat production in Gorgan, Iran. **Energy** 50: 54-61.
- Taheri rad, A., Khojaste poor, M., Rohani, A., Khoramdel, S. 2014. Review evacuation of rice production systems approach Life Cycle Assessment: A Case Study of Golestan province. The first national conference on environmental health, environmental health and sustainable. 20 September, Hamadan. (In Persian).

Evaluation of global warming potential for rice in the first and second cropping patterns (Case study: Sari Province)

Mohammad Jaber Ansari¹, Surur Khoramdel^{2*}, Reza Ghorbani³ and Hemmatollah Pirdashti⁴

- 1- Msc student in Agroecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- 2- Assistant Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- 3- Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- 4- Associate Professor, University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari, Iran.

*Corresponding author: khoramdel@um.ac.ir

Received: 2015.05.19

Accepted: 2015.08.23

Abstract

This study was conducted to study the global warming potential for rice systems at the first and second planting patterns in Sari province as questionnaire during year of 2014. Studied indices included amount of input and output, output energy and global warming potential. The results showed that global warming potential for the second planting pattern (1187 kg CO₂ equiv.ha⁻¹) was 20% higher than the first planting pattern (990 kg CO₂ equiv.ha⁻¹). The global warming potential based on one ton paddy for the second planting pattern (498 kg CO₂ equiv. one ton paddy) was computed 110% higher than the first planting pattern (248 and 498 kg CO₂ equiv. one ton paddy). The global warming potential as energy outputs were calculated with 12 and 24 kg CO₂ equiv.GJ⁻¹ for the first and second patterns, respectively. The highest share of global warming potential was related to fuel consumption that it determined 56 and 69 percent of total global warming potential for the first and second patterns, respectively. The second factor for global warming potential was observed for fertilizer application that it was computed with 29 and 16 percent of total global warming potential for the first and second patterns, respectively. The third input was affected global warming potential in both cropping patterns was related to insecticides.

Keywords: Planting pattern, Nitrogen fixation, Climate change, Organic fertilizer, Reduced tillage