مجله مهندسی زیست سامانه

بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در روش‌های مختلف تولید برنج در شمال ایران

علیرضا توکلی پلرم[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷

چکیده:

برنج یکی از مهمترین گیاهان زراعی است که انرژی مصرفی برای تولید هر تن محصول در آن بالا می‌باشد. پژوهش حاضر جهت بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از عملیات زراعی مختلف مصرف کننده انرژی در دو سامانه سنتی و مکانیزه برنج در استان گیلان طراحی و اجرا شد. بدین منظور با استفاده از پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با ۴۰ کشاورز در چهار منطقه مختلف در استان گیلان اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌ها و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج در استان گیلان گردید. بر مبنای معادل انرژی هر یک از نهاده‌های مصرفی، میزان کل انرژی‌های ورودی و خروجی محاسبه گردید و سپس بر اساس میزان انرژی مصرفی کل در هریک از عملیات زراعی، میزان کل گازهای گلخانه‌ای ناشی از آن‌ها، از حاصل‌ضرب میزان انرژی مصرفی و ضرایب تولید هر گاز به صورت معادل CO_2 محاسبه شدند. نتایج بررسی نشان داد بین انرژی‌های ورودی و خروجی در دو سامانه کشت سنتی و مکانیزه و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آنها ارتباط مستقیمی وجود دارد. به‌طوری که در سامانه مکانیزه با مصرف انرژی ورودی بیشتر و انرژی خروجی کمتر، پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) تقریباً دو برابر سامانه سنتی بود. مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی در سامانه مکانیزه ۱۲۸۷/۴۹ و در سامانه سنتی ۷۰۶/۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بود. همچنین در سامانه مکانیزه، مقدار پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از ساخت ماشین‌ها، کاربرد نیتروژن و مصرف سوخت برای عملیات ماشین‌ها به ترتیب بیشترین مقدار کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار را به خود اختصاص دادند.

واژگان کلیدی: انرژی مصرفی، برنج، پتانسیل گرمایش جهانی، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه :

در سال‌های اخیر توجه به مسائل زیست محیطی افزایش یافته است. با افزایش آگاهی زیست محیطی، بخش‌های مختلف اقتصادی به ارزیابی اثرات زیست محیطی فعالیت‌های خود مشغول شده‌اند. کشاورزی یکی از بخش‌های مهم اقتصادی است که اثرات مهمی بر محیط زیست دارد (نمچک و همکاران، ۲۰۰۸).

انتشار روزافزون گازهای‌گلخانه‌ای، تولید هواویزه‌ها (آئروسل-ها)، تغییر در ضریب انعکاس زمین و آلودگی حرارتی عوامل مختلفی هستند که بر سرعت پدیده تغییر آب و هوا تاثیر می‌گذارند و در این بین تأثیر و اهمیت گازهای گلخانه‌ای بسیار بیشتر و شناخته شده‌تر است. بخارآب، دی‌اکسیدکربن، اکسید نیترو، متان، ازن جو پایین، کلروفلوئوروکربن‌ها، هیدروفلوئورو کربن‌ها و پرفلوئوروکربن‌ها گازهای گلخانه‌ای نام دارند. در بین این گازها دی‌اکسیدکربن، متان و نیترو اکسید به دلیل طول عمر زیاد و میزان بازتابش امواج مادون قرمز از مهمترین گازهای گلخانه‌ای هستند، از این رو در گزارش‌های مربوط به میزان نشر گازهای گلخانه‌ای عمدتاً نشر این گازها را در نظر می‌گیرند. همچنین دی‌اکسیدکربن به عنوان مبنای تعیین میزان تأثیر گازهای گلخانه‌ای بر گرمایش زمین در نظر گرفته می‌شود و پتانسیل گرمایش سایر گازها نسبت به این گاز سنجیده می-شود.

بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد با توجه به پتانسیل تولید گازهای گلخانه‌ای در زراعت برنج و نیاز به سوخت‌های فسیلی و نهاده‌های شیمیایی، بررسی مصرف انرژی و میزان تولید گازهای گلخانه‌ای به دست آمده از آن ضروری است. که این امر

[1]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
* نویسنده مسؤول: ar.tavakoli1383@gmail.com

از چند جنبه مهم است: اولاً باعث بهینه‌سازی مصرف سوخت-های فسیلی و کاهش مصرف سوخت شده و در عین حال این منابع ارزشمند برای آیندگان حفظ می‌شود، ثانیاً کنترل مصرف نهاده‌ها (ورودی‌ها) باعث صرفه‌جویی اقتصادی شده و هزینه‌های تولید را پایین می‌آورد و ثالثاً می‌تواند با کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از تغییر اقلیم کمک نماید. (IPCC،۱۹۹۸)

تولید برنج در استان‌های شمالی ایران توسط عملیات مختلف انجام می‌شود که شامل آماده‌سازی زمین، تهیه نشاء، نشاکاری، وجین، کودپاشی و سم‌پاشی، برداشت و خرمنکوبی می‌باشد. تفاوت در نحوه انجام هر یک از این عملیات منجر به ایجاد سامانه‌های مختلف تولید برنج می‌شود. بر این اساس سامانه‌های مختلف تولید برنج در استان‌های شمالی عبارتند از: سامانه کشت سنتی، سامانه کشت نیمه مکانیزه و سامانه کشت مکانیزه. بر طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی(۱۳۹۰)، تنها پنج درصد کشت و کار برنج در استان‌های شمالی به صورت مکانیزه انجام می‌شود و ۹۵ درصد به صورت نیمه مکانیزه یا سنتی انجام می‌گیرد.

در سامانه کشت سنتی که سامانه رایج کشت و تولید برنج در استان گیلان می‌باشد فقط از ماشین‌های تیلر و خرمنکوب برای عملیات تهیه زمین و خرمنکوبی استفاده می‌شود و سایر عملیات کشاورزی با دست انجام می‌گیرد. در سامانه کشت نیمه مکانیزه علاوه بر تیلر و خرمنکوب از ماشین‌های نشاکار برنج و دروگر نیز برای عملیات نشاکاری و دروی برنج استفاده می‌شود (پیمان و همکاران، ۲۰۰۵). اما در سامانه کشت مکانیزه از تراکتور شالیزاری، نشاکار، وجین‌کن و کمباین برنج برای شخم، مرزبندی، نشاکاری، وجین و برداشت و خرمنکوبی برنج استفاده می-شود. هر یک از این سامانه‌های تولید برنج مزایا و معایب خاص خود را دارند. در سامانه کشت سنتی به علت بالا بودن هزینه‌های تولید و کمبود نیروی کارگری و در سامانه‌های نیمه مکانیزه و مکانیزه با توجه به مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی نمی‌توان یک سامانه تولید پایدار واحد را برای همه مناطق کشت توصیه نمود.

با توجه به ضرورت ذکر شده در بررسی پتانسیل تولید گاز-های گلخانه‌ای در زراعت برنج، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در روش‌های مختلف تولید برنج و برآورد سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی در افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای در زراعت برنج در استان گیلان طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها

به منظور بررسی میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده در تولید برنج، تمام عملیات زراعی دو سامانه(سنتی و مکانیزه) تولید برنج در استان گیلان با استفاده از رقم بومی هاشمی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان مختلف (۴۰ کشاورز از طریق تکمیل پرسش-نامه در چهار منطقه مختلف در استان گیلان) اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌ها و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در هر یک از روش‌ها شد. همچنین برای کنترل و اطمینان از اطلاعات بدست آمده برای انجام مراحل مختلف کشاورزی از مشاوره مدیران واحدها، مدیران میانی و رانندگان هر یک از بخش‌های عملیاتی استفاده شد. بدین منظور در ابتدا در مرحله داده برداری به موارد زیر توجه شد.

۱- زیرساخت‌ها شامل ساخت، نگهداری و استهلاک ماشین-ها و ساختمان‌ها (پناهگاه برای ماشین‌ها). ۲- کلیه عملیات زراعی شامل تهیه بستر، کاشت، تغذیه گیاه، حفاظت گیاه، آبیاری، برداشت و حمل و نقل ادوات و تأمین و مصرف سوخت برای انجام آن‌ها. ۳- تولید کودها و آفت‌کش‌ها و حمل و نقل آن‌ها.

در مواردی مثل کودها، سموم و ماشین‌ها فهرست برداری مربوط به آن‌ها (یعنی کلیه منابع مصرف شده در تولید آن‌ها و انتشارات مرتبط به محیط زیست؛ موارد و همکاران،۲۰۰۷) از سایر منابع گرفته شد. در این مورد چون اطلاعات خاص برای کشور در دست نبود، از اطلاعات مربوط به اروپا استفاده شد و فرض شد، فرآیند تولید این مواد در کشور مشابه اروپا است. روش انجام عملیات زراعی برای هر دو سامانه تولید برنج در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- روش انجام عملیات زراعی برای دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج در استان گیلان

عملیات زراعی	سنتی	مکانیزه
شخم	تیلر	تراکتور
مرزبندی	دستی	مرزکش پشت تراکتوری
تهیه نشاء	خزانه سنتی	بانک نشاء
روش نشاءکاری	دستی	نشاءکار
روش وجین	دستی	وجین‌کن
کنترل آفات و بیماری‌ها	سمپاش پشتی	سمپاش پشتی
برداشت	دستی	کمباین برنج
خرمن‌کوبی	خرمن‌کوب پشت تراکتوری	کمباین برنج

پس از جمع‌آوری داده‌ها، داده‌های مربوط به مصرف سوخت و نهاده‌های مصرفی هر سامانه کشت وارد نرم‌افزار Excel شد و گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف آنها بر مبنای معادل دی-اکسیدکربن محاسبه گردید.

پردازش داده‌ها

در این بررسی گازهای گلخانه‌ای تولید شده به صورت معادل CO_2 بیان می‌شود (IPCC، 1996). برای این منظور تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 ناشی از مصرف انرژی در تولید نهاده‌ها و عملیات مختلف مدنظر قرار گرفت. این نهاده‌ها و عملیات شامل تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم شیمیایی علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش، مصرف سوخت‌های فسیلی برای انجام عملیات زراعی، آبیاری، حمل و نقل، تولید و نگهداری ادوات و ماشین‌های زراعی می‌باشند.

برآورد میزان مصرف انرژی

برای هر نهاده و عملیات زراعی میزان مصرف انرژی از منابع مختلف برمبنای معادل انرژی (مگاژول بر واحد مصرف) (جدول ۲) محاسبه گردید. برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌ها به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه (۱) بین میزان سوخت بر اساس مدت زمان کارکرد ماشین‌ها بر حسب ساعت در هکتار(FH) و سوخت موردنیاز یک ساعت کار تیلر یا تراکتور بر حسب لیتر در ساعت (T) میزان سوخت مصرفی (FT) تعیین شد. (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۳)

$$FT= FH\times T \qquad (۱)$$

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آنها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد. (جدول ۲)

جدول ۲- معادل‌های انرژی (مگاژول در هکتار) برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید برنج

ورودی‌ها / خروجی-ها	واحد مصرف	معادل انرژی (مگاژول بر واحد مصرف)	منبع
بذر برنج	کیلوگرم	۱۷	(کیتانی، ۱۹۹۹)
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	ازکان و همکاران (۲۰۰۴)
نیتروژن (N)	کیلوگرم	۶۰/۶	(اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹؛ ازکان و همکاران، ۲۰۰۴)
فسفر (P_2O_5)	کیلوگرم	۱۱/۱	(اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹؛ ازکان و همکاران، ۲۰۰۴)
پتاسیم (K_2O)	کیلوگرم	۶/۷	(اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹؛ ازکان و همکاران، ۲۰۰۴)
گازوئیل	لیتر	۳۸	(ترازنامه هیدروکربوری ایران، ۲۰۰۷)
علف‌کش‌ها	کیلوگرم ماده	۲۸۷	(تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵؛ راتکه و دایپن بروک،
حشره‌کش‌ها	کیلوگرم ماده	۲۳۷	(تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵؛ راتکه و دایپن بروک،
قارچ‌کش‌ها	کیلوگرم ماده	۹۹	استراپاتسا و همکاران (۲۰۰۶)
شلتوک برنج	کیلوگرم	۱۴/۵۷	اقبال، ۲۰۰۷
کاه برنج	کیلوگرم	۱۲/۰۵	اقبال، ۲۰۰۷
ماشین‌ها	**کیلوگرم**	**۱۴۲/۷**	کالتاس و همکاران(۲۰۰۷)

برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

پس از محاسبه میزان انرژی مصرفی کل در هریک از عملیات زراعی برای هر دو سامانه سنتی و مکانیزه، میزان کل گاز-های گلخانه‌ای ناشی از آن‌ها، از حاصل‌ضرب میزان انرژی مصرفی و ضرایب تولید هر گاز (با بکارگیری ضرایب تولید گاز-های CO_2، N_2O و CH_4 به ترتیب یک، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم معادل CO_2) به صورت معادل CO_2 محاسبه شدند. (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰) در نهایت میزان کل گازهای گلخانه‌ای تولید شده در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 تولید شده در هکتار)، در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 تولید شده در تُن محصول برنج)، در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگا ژول) و در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگا ژول)، نیز محاسبه گردید. (سلطانی و همکاران،۲۰۱۳)

نتایج

انرژی مصرفی

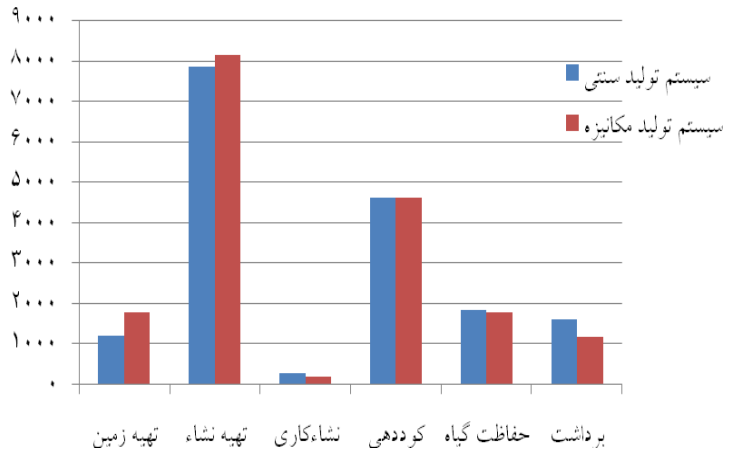
با توجه به متفاوت بودن عملیات زراعی در روش‌های مختلف تولید برنج، مقادیر ورودی‌ها جهت تولید محصول و همچنین مقادیرخروجی‌ها در یک هکتار زمین در هر یک از روش‌های تولید برنج در جدول (۳) ارائه شده است. مصرف سوخت در سامانه کشت مکانیزه با ۷۶ لیتر در هکتار گازوئیل و ۲۰ کیلووات ساعت در هکتار الکتریسیته بود که این مقدار بطور قابل توجه‌ای بالاتر از مصرف سوخت در سامانه کشت سنتی می‌باشد. مرزبندی و ترمیم مرزها با مرزکش پشت تراکتوری، تهیه نشاء به روش مکانیزه در بانک نشاء، نشاکاری با دستگاه نشاکار و برداشت با استفاده از کمباین مخصوص برنج دلیل بالا بودن مصرف سوخت در سامانه مکانیزه می‌باشد.

جدول۳- مقادیر ورودی‌های مختلف جهت تولید محصول و مقادیر خروجی‌ها در یک هکتار در دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج در استان گیلان

		واحد	کشت سنتی	کشت مکانیزه
ورودی‌ها				
بذر برنج		کیلوگرم در هکتار	۹۰	**۴۰**
نیروی انسانی		ساعت	۶۴۴	**۲۰۳**
سوخت	گازوئیل	لیتر در هکتار	۵۱/۵	**۷۶**
	الکتریسیته	کیلووات ساعت در هکتار	۰	**۲۰**
مواد شیمیایی	نیتروژن (N)	کیلوگرم در هکتار	۱۵۰/۵	**۱۵۰/۵**
	فسفر (P_2O_5)	کیلوگرم در هکتار	۵۰/۵	**۵۰/۵**
	پتاسیم (K_2O)	کیلوگرم در هکتار	۵۰	**۵۰**
	علف‌کش‌ها	گرم ماده موثره در هکتار	۳۷۵۰	**۳۷۵۰**
	حشره‌کش‌ها	گرم ماده موثره در هکتار	۳۰۰۰	**۳۰۰۰**
	قارچ‌کش‌ها	گرم ماده موثره در هکتار	۱۴۷۰	**۱۴۷۰**
ماشین‌ها	تهیه نشاء	مرتبه	-	**۱**
	نشاءکاری	مرتبه	-	**۱**
	شخم	مرتبه	۲	**۲**
	مرزکشی	مرتبه	-	**۱**
	پادلر (روتیواتور شالیزار)	مرتبه	۱	**۱**
	سم پاشی (آفت‌کش و علف‌کش)	مرتبه	۳	**۳**
	برداشت	مرتبه	۱	**۱**
خروجی‌ها				
شلتوک		کیلوگرم در هکتار	۴۰۰۰	**۳۸۰۰**
کاه و کلش		**کیلوگرم در هکتار**	**۸۸۸۸/۸۹**	**۸۴۴۴/۴۴**

در نمودار شکل ۱ مشاهده می‌شود که بیشترین انرژی ورودی در هر دو سامانه تولید برنج مربوط به تهیه نشاء و پس از آن کوددهی است. در هر دو سامانه، انرژی ورودی حاصل از آبیاری دلیل افزایش سهم انرژی مصرف شده در تهیه نشاء نسبت به سایر عملیات بود. همچنین با توجه به متفاوت بودن عملیات‌ها و روش‌های تهیه نشاء در دو سامانه مورد بررسی، انرژی مصرف شده در تهیه نشاء در سامانه مکانیزه بالاتر از انرژی مصرف شده در سامانه سنتی بود. مطابق با یافته های حاضر باروح و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعات خود بدون در نظر گرفتن روش تهیه نشاء، مهمترین انرژی ورودی در مزارع کشت برنج را کود شیمیایی معرفی کردند. همچنین در بررسی حاضر کمترین انرژی ورودی مربوط به نشاکاری در هر دو سامانه بود که البته سهم انرژی ورودی برای سامانه تولید برنج به روش مکانیزه با کاربرد کمتر نیروی انسانی کمتر بود. همچنین انرژی ورودی در مرحله تهیه زمین در سامانه مکانیزه بالاتر از انرژی ورودی در سامانه سنتی می‌باشد. این تفاوت با توجه به یکسان بودن تعداد دفعات شخم در هر دو سامانه تولید برنج، در سامانه مکانیزه ناشی از کاربرد ماشین‌ها در مرزبندی و مصرف سوخت بیشتر و درسامانه سنتی

به دلیل استفاده از نیروی انسانی در مرزبندی بود. (جدول‌های "۴ و ۵")



شکل۱- مقادیر انرژی ورودی هر یک از عملیات زراعی در دو سامانه تولید سنتی و مکانیزه برنج برحسب مگاژول در هکتار

جدول ۴- مقادیر انرژی ورودی به تفکیک گروه زراعی و نوع مواد مصرفی در روش سنتی تولید برنج برحسب مگاژول در هکتار

	تهیه زمین		تهیه نشاء			نشاءکاری		حفاظت گیاه	برداشت		
	مرزبندی	شخم	ساختمان خزانه (چوب، پلاستیک و نخ)	بذر پاشی	نگهداری نشاء (آبیاری، کود اوره و سوپر فسفات)	انتقال نشاء به زمین اصلی	نشاءکاری	کوددهی	برداشت	جمع آوری و انتقال به محل خرمنکوبی	خرمنکوبی
کاربرد مواد	۰	۰	۸۴۷/۵	۱۹۸۷	۴۹۲۳/۸۸	۰	۰	۴۵۹۷/۵	۱۱۳۰/۸۹	۰	۰
ماشین‌ها	۲۹	۲۵۴/۹۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴/۲۷	۰	۲۲۴/۷۵
مصرف سوخت	۰	۷۴۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۵۶	۰	۷۶۰
انتقال ماشین‌ها	۰	۱۰/۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۱۵	۰	۳۰۲/۴
کارگر	۹۸	۷۸/۴	۴۷/۰۴	۱۵/۶۸	۲۳/۵۲	۵۸/۸	۲۱۵/۶	۳۱/۳۶	۲۳۱/۲۸	۹۴/۰۸	۲۳/۵۲
مجموع انرژی مصرفی هر بخش از هر عملیات	۱۲۷	۱۰۸۴/۴	۸۹۴/۵۴	۲۰۰۲/۶۸	۴۹۴۷/۴	۵۸/۸	۲۱۵/۶	۴۶۲۸/۸	۱۸۳۵/۵۹	۹۴/۰۸	۱۳۱۰/۶۷
مجموع انرژی مصرفی هر عملیات		۱۲۱۱/۴۹			۷۸۴۴/۶۲		۲۷۴/۴	۴۶۲۸/۸	۱۸۳۵/۵۹		۱۶۱۰/۳۱

جدول۵- مقادیر انرژی ورودی به تفکیک گروه زراعی و نوع مواد مصرفی در سامانه مکانیزه تولید برنج برحسب مگاژول در هکتار

	تهیه زمین		تهیه نشاء			نشاءکاری		کوددهی	حفاظت گیاه	برداشت
	مرزبندی	شخم	ساختمان خزانه (چوب، پلاستیک و نخ)	بذر پاشی	نگهداری نشاء (آبیاری، کوداوره و سوپر فسفات)	انتقال نشاء به زمین اصلی	نشاءکاری			
کاربرد مواد	۰	۰	۱۱۱۴/۵	۷۲۹	۲۰۶۷/۸۸	۰	۰	۴۵۹۷/۵	۱۱۳۰/۸۹	۰
ماشین آلات	۵۱/۸۵	۱۲۷/۸۴	۰	۳۷۷۳/۵	۰	۰	۱۳/۳۱	۰	۱۴/۲۷	۷۷/۷۷
مصرف سوخت	۳۸۰	۹۵۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۸	۰	۴۵۶	۹۵۰
انتقال ماشین آلات	۱۲۷/۲۶	۱۲۶	۰	۰	۰	۰	۱۰/۰۸	۰	۳/۱۵	۱۳۷/۳
کارگر	۳/۹۲	۹/۸	۷/۸۴	۳/۹۲	۲۳/۵۲	۱۵/۶۸	۱۳/۷۲	۳۱/۳۶	۱۸۴/۲۴	۵/۸۸
مصرف الکتریسیته	۰	۰	۰	۴۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع انرژی مصرفی هر بخش از هر عملیات	۵۶۳/۰۳	۱۲۱۳/۶	۱۱۲۲/۳۴	۴۹۲۸/۴	۲۰۹۱/۴	۱۵/۶۸	۱۸۵/۱۱	۴۶۲۸/۹	۱۷۸۸/۵۵	۱۱۷۰/۹
مجموع انرژی مصرفی هر عملیات	۱۷۷۶/۶۳			۸۱۴۲/۱۴			۲۰۰/۷۹	۴۶۲۸/۹	۱۷۸۸/۵۵	۱۱۷۰/۹
کل انرژی مصرفی در تولید برنج به روش مکانیزه	۴۸۴۰۶/۰۵									

در جدول (۶) انرژی مصرفی در دو سامانه مختلف به دو بخش انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی شده و برآورد گردیده است. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی، نیروی انسانی و انرژی مورد نیاز برای بانک نشاء (الکتریسیته) ارائه شده است. انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، مرزبندی، تسطیح، نشاءکاری و سمپاشی می‌باشد. در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم، انرژی مورد نیاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، علف‌کش، بذر و وزن ماشین‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. جدول (۶) نشان می‌دهد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع برنج مربوط به سوخت و غیرمستقیم مربوط به کود نیتروژن و بعد از آن ماشین‌ها است. که این یافته‌ها مطابق با نتایج بررسی‌های دیگران است. (فیض بخش و سلطانی، ۱۳۹۲؛ لرزاده و همکاران، ۲۰۱۲). لرزاده و همکاران (۲۰۱۲) نیز استفاده از انواع ماشین‌ها کاشت، داشت و برداشت در مزارع مکانیزه را عامل اصلی افزایش مصرف سوخت معرفی کردند.

اگر چه نوع ادوات و ماشین‌های زراعی نیز ارتباط مستقیمی با میزان مصرف سوخت در کل عملیات تولید دارد. با مقایسه مصرف سوخت تراکتورهای زراعی مسی فرگوسن ۲۸۵ ، مسی فرگوسن ۳۹۹، جاندیر ۲۰۴۰، رومانی ۶۵۰و جاندیر ۳۱۴۰ نشان دادند که تراکتورهای جاندیر ۳۱۴۰ و رومانی ۶۵۰ بیشترین مصرف سوخت و انرژی را در هنگام عملیات زراعی دارند. بنابراین با توجه به این که در سامانه مکانیزه برای انجام تمام عملیات زراعی از ماشین‌های متفاوت‌تر از ماشین‌های مورد استفاده در سامانه سنتی استفاده شده بود می‌توان مصرف سوخت بیشتر در این مزارع را به دلیل کاربرد این نوع ماشین‌ها دانست.

در هر دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج بیشترین مصرف سوخت در مرحله آماده سازی زمین و خرمنکوبی محصول بود. کاناکسی و همکاران (۲۰۰۵) بیشترین میزان مصرف سوخت را در تولید گندم با ۴۶/۵ لیتر در هکتار مربوط به عملیات تهیه زمین گزارش کردند. تیپی و همکاران (۲۰۰۹) نیز با ارزیابی میزان سوخت مصرفی در تولید گندم در ترکیه نشان دادند که عملیات تهیه زمین در حدود ۳۰ لیتر در هکتار سوخت مصرف می‌کند که نسبت به سایر عملیات زراعی بیشتر است. سایر

محققان نیز بیشترین میزان مصرف سوخت و ورودی انرژی را مربوط به عملیات تهیه زمین دانسته‌اند. (پیمنتل و همکاران، ۱۹۷۳؛ بورین و همکاران، ۱۹۹۷؛ کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵)

رجبی و همکاران(۱۳۹۱) با ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان نشان دادند که متوسط انرژی ورودی برابر ۱۵۵۷۸/۶ مگاژول در هکتار در کل مزارع گندم در گرگان بوده است. در بررسی آنها حداکثر انرژی ورودی معادل ۲۱۱۷۹/۳ مگاژول در هکتار و حداکثر انرژی خروجی معادل ۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول در هکتار بود. در بین انرژیهای ورودی کودهای شیمیایی (۴۵/۸ درصد) عمدتاً نیتروژن (۳۸/۳ درصد) بیشترین سهم را در کل انرژی‌های ورودی دارا بوده و به دنبال آن انرژی ورودی سوخت (۲۲/۵ درصد) قرار داشت. متوسط نسبت انرژی خروجی به ورودی ۶/۳ و حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۹/۳ و ۳/۷ بود. متوسط انرژی ویژه چهار گیگاژول بر تن و متوسط بهره‌وری انرژی ۰/۳ تن بر گیگاژول برآورد گردید.

جدول۶- مقادیر انرژی‌های ورودی مستقیم و غیرمستقیم در دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج برحسب مگاژول در هکتار

	سنتی		مکانیزه	
انرژی‌های ورودی	میانگین	درصد از کل	میانگین	**درصد از کل**
مستقیم				
سوخت برای عملیات زراعی	۱۹۵۷	۱۷/۱۴	۲۸۸۴	**۱۹/۶۷**
الکتریسیته	۰	۰	۴۲۲	**۲/۸۷**
نیروی انسانی	۱۲۶۲/۲۴	۱۱/۰۶	۳۹۷/۸۸	**۲/۷۱**
غیر مستقیم				
کود نیتروژن	۴۱۹۵/۳۴	۳۶/۷۵	۴۱۹۵/۳۴	**۲۸/۶۲**
کود فسفر	۲۵۷/۸۵	۲/۲۶	۲۵۷/۸۵	**۱/۷۵**
کود پتاسیم	۱۶۰/۸۰	۱/۴۱	۱۶۰/۸۰	**۱/۰۹**
بذر	۱۵۳۰	۱۳/۴	۶۸۰	**۴/۶۳**
علف‌کش‌ها	۶۴۴/۸۹	۵/۶۵	۶۴۴/۸۹	**۴/۳۹**
قارچ‌کش‌ها	۱۲۵/۰۳	۱/۱	۱۲۵/۰۳	**۰/۸۵**
حشره‌کش‌ها	۴۲۶/۶۰	۳/۷۴	۴۲۶/۶۰	**۲/۹۱**
ماشین‌ها	۵۴۰/۳۸	۴/۷۳	۴۰۵۸/۵۷	**۲۷/۶۹**
حمل‌ونقل	۳۱۵/۶۸	۲/۷۷	۴۰۳/۸۳	**۲/۷۵**
جمع کل	۱۱۴۱۵/۸۱	۱۰۰	۱۴۶۵۶/۷۹	**۱۰۰**

پتانسیل گرمایش جهانی

نتایج حاصل از ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی در روش‌های مختلف تولید برنج در جدول (۶) ارائه شده است این نتایج نشان می‌دهد که مقدار پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در سامانه سنتی با سامانه مکانیزه دارای تفاوت-هایی هستند. طوری که مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی در سامانه مکانیزه ۱۲۸۷/۴۹ و در سامانه سنتی ۷۰۶/۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بود.

با توجه به بررسی‌های انجام شده و مقایسه عملیات‌های زراعی متفاوت در دو سامانه تولید برنج به نظر می‌رسد استفاده بیشتر از ماشین‌ها و مصرف بیشتر از سوخت‌های فسیلی در سامانه مکانیزه دلیل بالاتر بودن مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در این سامانه بوده است. در بررسی حاضر در سامانه سنتی، کاربرد نیتروژن با تولید ۴۳/۲ درصد و مصرف سوخت برای عملیات ماشین‌ها با تولید ۲۱/۵۹ درصد بیشترین و کاربرد پتاسیم با تولید ۱/۸۶ درصد کمترین مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی را نسبت به کل مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در این سامانه را به خود اختصاص دادند (جدول(۶)). لال(۲۰۰۴) بیان نمود که شخم، کود، آفت‌کش‌ها و آبیاری مهمترین عملیاتی هستند که کربن تولید می‌کنند و علت آن مصرف سوخت و انرژی است. در این راستا فیض بخش و سلطانی (۱۳۹۲) با ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در روش‌های مختلف کشت ذرت دانه‌ای در گرگان اظهار نمودند پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) حاصل از آتش زدن بقایا در کشت ذرت تابستانه بدون بقایا بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای (۵۹ درصد) را به خود اختصاص داده است و

پس از آن مصرف سوخت و کود نیتروژن در رتبه‌های بعدی قرار دارند کمترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود پتاسیم به میزان ۳۹/۵ کیلوگرم معادل CO_2 است.

در سامانه مکانیزه، مقدار پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از ساخت ماشین‌ها، کاربرد نیتروژن و مصرف سوخت برای عملیات ماشین‌ها به ترتیب بیشترین مقدار کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار را به خود اختصاص دادند. (جدول(۶))

با توجه به تنوع تعداد ماشین‌های مورد استفاده و تعداد عملیات زراعی بیشتر در سامانه مکانیزه از جمله تهیه نشاء به روش مکانیزه در بانک نشاء، نشاکاری با دستگاه نشاکار، مرزبندی با مرزکش پشت تراکتوری و برداشت با کمباین مخصوص برنج این نتایج دور از انتظار نبود تا نسبت به سامانه سنتی که بیشتر عملیات با نیروی انسانی انجام می‌شود میزان مصرف سوخت و انرژی بیشتری داشته باشد و از آن جا که سوخت-های فسیلی خود عامل مهمی در انتشار گازهای گلخانه‌ای به خصوص CO_2 می‌باشند (IPCC,199) میزان تولید گازهای گلخانه‌ای آن بالاتر باشد. در مطالعه‌ای دیگر بیان شد در بین عملیات زراعی مختلف در تولید گندم، عملیات خاک ورزی (تهیه زمین) بیش‌ترین سهم را در مصرف سوخت‌های فسیلی دارد. (رجب ، ۲۰۱۰)

در سامانه مکانیزه کاربرد پتاسیم و فسفر کمترین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی را تولید کردند اما کاربرد نیتروژن ۲۳/۷۲ درصد از کل پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در این سامانه را به خود داشتند.

جدول ۶- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از عملیات مختلف در دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج

عملیات زراعی	پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)			
	سنتی		مکانیزه	
	میانگین	درصد از کل	میانگین	درصد از کل
کاربرد نیتروژن	۳۵/۴۷	۴۳/۲	۳۰۵/۴۷	۲۳/۷۲
کاربرد فسفر	۲۲/۰۷	۳/۱۲	۲۲/۰۷	۱/۷۱
کاربرد پتاسیم	۱۳/۱۸	۱/۸۶	۱۳/۱۸	۱/۰۲
کاربردآفت‌کش‌ها	۱۲۱/۲۹	۱۷/۱۵	۱۲۱/۲۹	۹/۴۲
مصرف سوخت برای انتقال ماشین‌ها	۲۴/۶۲	۳/۴۸	۳۱/۴۹	۲/۴۴
مصرف سوخت برای عملیات ماشین‌ها	۱۵۲/۶۴	۲۱/۵۹	۲۲۴/۹۵	۱۷/۴۷
مصرف برق	-	-	۶۱/۳۰	۴/۷۶
ساخت ماشین‌ها	۶۷/۵۹	۹/۵۶	۵۰۷/۷۰	۳۹/۴۳
مجموع	۷۰۶/۹	۱۰۰	۱۲۸۷/۴۹	۱۰۰

نتایج مقایسه بین انرژی‌های ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن در این پژوهش نشان داد که بین انرژی‌های ورودی در سامانه‌های تولید برنج و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن ارتباط مستقیمی وجود دارد. همان گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، انرژی ورودی سوخت برای انجام عملیات زراعی (انرژی ورودی مستقیم) و همچنین انرژی ورودی کود نیتروژن (انرژی ورودی غیرمستقیم) بالاترین سهم را در مصرف انرژی ورودی در هر دو سامانه دارا بودند.

مقایسه مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار برای هریک از سامانه‌های تولید برنج نشان می‌دهد که تفاوت بسیار قابل توجه بین سامانه‌ها وجود دارد (جدول ۷) به‌طوری‌که در سامانه مکانیزه پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) تقریباً دو برابر سامانه سنتی است. پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف سوخت بیشتر طی عملیات زراعی دلیل این تفاوت است. جابر و همکاران (۲۰۰۷) جریان دی‌اکسید کربن تحت تأثیر شخم و آبیاری را بررسی و محاسبه کردند و گزارش نمودند که تفاوت معنی داری بین جریان‌های دی‌اکسید کربن در اعمال مدیریتی زمین (آبیاری و شخم) در داده‌های اندازه‌گیری شده وجود دارد. فیض بخش و سلطانی(۱۳۹۲) با ارزیابی و مقایسه مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار برای هریک از روش‌های متفاوت کاشت گندم در گرگان نشان دادند که تفاوت بسیار قابل توجه‌ای بین روش‌های متفاوت کاشت وجود دارد. به‌طوری‌که در کشت تابستانه بدون بقایا در پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ۲/۷ برابر کشت بهاره بود.

.

جدول ۷- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم معادل CO_2 در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در دو سامانه سنتی و مکانیزه تولید برنج

پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)	سامانه‌های تولید برنج	
	سنتی	مکانیزه
در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)	۷۰۶/۹	**۱۲۸۷/۴۹**
در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در هرتن محصول)	۱۷۶/۷۲	**۳۳۸/۸۱**
در واحد انرژی ورودی مستقیم(کیلوگرم معادل CO_2 درگیگاژول)	۲۱۹/۵۹	**۳۴۷/۶۰**
در واحد انرژی ورودی غیرمستقیم(کیلوگرم معادل CO_2 درگیگاژول)	۸۶/۲۴	**۱۱۷/۵۴**
در واحد انرژی ورودی کل(کیلوگرم معادل CO_2 درگیگاژول)	۶۱/۹۲	**۸۷/۸۴**
درواحد انرژی خروجی(کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول)	۴/۲۷	**۸/۱۹**

نتیجه‌گیری

در بررسی حاضر استفاده از ماشین‌ها و سوخت‌های فسیلی بیشتر در سامانه تولید مکانیزه برنج تا به میزان دو برابر پتانسیل گرمایش جهانی را افزایش داد. طوری که در این راستا مقدار پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از ساخت ماشین‌ها، کاربرد نیتروژن و مصرف سوخت برای عملیات ماشین‌ها به ترتیب بیشترین مقدار کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار را به خود اختصاص داده بودند از این جهت پیشنهاد می‌گردد با تلفیقی از سامانه کشت سنتی و مکانیزه تولید برنج در شرایط استان گیلان انجام شود تا علاوه بر کاهش اثرات زیست محیطی، کارائی انرژی مصرفی افزایش یابد.

References

Kocheki.A and Hosseini, M. 1994. Energy efficiency in Agricultural Ecosistemes. Ferdowsi university of Mashhad Press. 230p. (In Persian).

Lorzadeh, SH., Mahdavidameghani, A., Enayatgholizadeh, M. R., and Yosefi, M. 2012. Reasearch of Energy use efficiency for Maize production system in Izeh, Iran. Acta Agric, Slovinica, 99: 137- 142.

Payman, M.H., Rouhi, Gh.R. and Alizadeh, M.R. 2005. A Determination of Energy Consumption in Traditional and Semi-Mechanized Methods for Rice Production (A Case Study in Gilan Province). Journal of Agricultural Engineering Research 22: 67- 80. (In Farsi)

Pimentel, D. 1992. Energy inputs in production agriculture. In R.C.Fluck, Energy in World Agriculture, 6: 13-29.

Pimentel, D. and M. karpenstein machan, 1998. Energy use in agriculture: An overview.

Pimentel, D. Energy inputs in production agriculture.1999. In: R.C. Fluck (Ed), Energy in Farm Production, Elsevier, Amsterdam, pp.13- 29.

Pimentel, D., and Pimentel, M. 1996. Food, Energy and Society. Colorado Press, Niwet.

Pimentel, D., Hurd, L.E., Bellotti, A.C., Forster, M.J., Oka, I.N., Sholes, O.D. and Whitman, R.J. 1973. Food production and the energy crisis. Science 182, 443–449.

Rajabi, M.H. 2010. Evaluation of energy balance and greenhouse gases emission in wheat production in Gorgan. Agronomy M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Bojnourd Branch. p 110 (in Persian with English abstract).

Rajabi, M.H. 2010. Evaluation of energy balance and greenhouse gases emission in wheat production in Gorgan. Agronomy M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Bojnourd Branch, 110p.

Rajabi, M.H., Soltani, A., Vahidnia, B., Zeinali, E., and Soltani, E. 2012. Evaluation of Fuel Consumption in Wheat Fields in Gorgan. Environ. Sci. 9:143-164 (in Persian with English abstract).

Soltani, A., Rajabi, M. H., and Soltani, E., and Zeinali, E., 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan.Reasercher report of Agricultural Science and Natural Resours of Gorgan University.

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

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E., 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Elc J. Crop Prod, 3: 201-218. (In Persian).

Tipi, T., Cetin, B. and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. J.Agric. Environ. 7: 352-356.

Investigating the Amount of Greenhouse Gas Emissions in Different Rice Production Methods in Northern Iran

Alireza Tavakoli Polram[1]*

1- M.Sc, Department of Biosystems Engineering, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran

*Coresponding author: ar.tavakoli1383@gmail.com

Received: 06 Dec 2022

Accept: 06 Feb 2023

Abstract

Rice is one of the most important crops, which consumes a lot of energy to produce each ton of the product. The present study was designed and implemented to investigate the amount of greenhouse gas emissions resulting from different energy-consuming agricultural operations in two traditional and mechanized rice systems in Gilan province. For this purpose, by using a questionnaire and face-to-face interviews with 40 farmers in four different regions in Gilan province, we collected the data required for machines and consumables, including seeds, fertilizers, fuel, and pesticides in two traditional and mechanized system of rice production in Gilan province. Based on the energy equivalent of each of the consumed inputs, the total amount of input and output energy was calculated, and then based on the amount of total energy consumed in each agricultural operations, the total amount of greenhouse gases caused by them was calculated.were calculated from the product of the amount of energy consumed and the production coefficients of each gas as CO2 equivalent. The results of the investigation showed that there is a direct relationship between the input and output energies in both traditional and mechanized farming systems and the global warming potential caused by them. So, in the mechanized system with more input energy consumption and less output energy, the global warming potential (GWP) was almost twice that of the traditional system. The total amount of global warming potential in the mechanized system was 1287.49 and in the traditional system was 706.9 kg CO2 equivalent per hectare. Also, in the mechanized system, the amount of global warming potential resulting from the construction of machines, the use of nitrogen and the consumption of fuel for the operation of the machines respectively accounted for the highest amount of kilograms equivalent of CO2 per hectare.

Keywords: energy consumption, rice, global warming potential, greenhouse gases