DOI: 10.22059/ijbse.2019.278619.665174 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۹، بهمن ۱۳۹۸ (ص ۷۹۹-۷۸۷)

Investigation of Resources Depletion and Social Costs of Different Management on Rice and Straw

ALI MOTEVALI[*1], SEYEED JAFAR HASHEMI[1], REZA TABATABAEE KOLOOR[1]

1. Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: Apr. 9, 2019- Revised: July. 29, 2019- Accepted: Aug. 25, 2019)

ABSTRACT

The present study investigated the depletion of natural and fossil resources in rice production process in three Northern provinces (Mazandaran, Guilan and Golestan) in two types of regular cultivating systems (conventional and mechanized) and two types of rice (low and high yield). Also distributed pollutants and social costs were estimated in different rice and straw management. The highest final index was obtained to 6.56 (low yield varieties, mechanized cultivation, Golestan province) and the lowest level was 4.02 (high yield varieties, conventional cultivation, Guilan province). Results of emission of pollutants showed that in first scenario (straw burning in the field) pollutant emissions were much higher than the second scenario (straw packing for animal feed). Also, the highest social cost for burning per hectare of straw was 182.76 $ (high yield varieties, traditional cultivation, Guilan province) and the lowest value was 105.34 $ (low yield varieties, traditional cultivation, Mazandaran province).

Keywords: Depletion of resources, pollutants gases, social cost, straw management, rice

* Corresponding Author's Email: a.motevali@sanru.ac.ir

بررسی تخلیه منابع و هزینه‌های اجتماعی در مدیریت‌های مختلف برنج و کاه

علی متولی[1*]، سید جعفر هاشمی[1]، رضا طباطبایی کلور[1]

۱. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۰- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۵/۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۶/۳)

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی تخلیه منابع طبیعی و فسیلی در فرآیند تولید برنج در سه استان شمالی (مازندران، گیلان و گلستان) در دو نوع سامانه کشت (مرسوم و مکانیزه) و دو دسته برنج (ارقام کم‌محصول و پرمحصول) پرداخته شد و به دنبال آن آلاینده‌های منتشرشده و هزینه‌های اجتماعی در مدیریت‌های مختلف برنج و کاه برآورد گردید. بالاترین مجموع شاخص نهایی ۶/۵۶ (ارقام کم‌محصول-کشت مکانیزه-استان گلستان) و پایین‌ترین میزان ۴/۰۲ (ارقام پرمحصول-کشت مرسوم-استان گیلان) به دست آمد. نتایج انتشار گازهای آلاینده در دو سناریو مختلف نشان داد که مقادیر این گازها در سناریو اول (سوزاندن کاه در مزرعه) نسبت به سناریو دوم (بسته‌بندی کاه برای خوراک دام) بسیار بالاتر بود. همچنین بالاترین هزینه اجتماعی برای سوزاندن هر هکتار کاه به میزان ۱۸۲/۷۶ دلار (ارقام پرمحصول-کشت مرسوم-استان گیلان) و پایین‌ترین میزان این پارامتر ۱۰۵/۳۴ دلار (ارقام کم‌محصول-کشت مرسوم-استان مازندران) به دست آمد.

واژه های کلیدی: تخلیه منابع، گازهای آلاینده، هزینه‌های اجتماعی، مدیریت کاه، برنج

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) گیاهی از رده تک لپه‌ای‌ها و تیره گرامینه (*Poaceae*) و جنس اوریزا و مخصوص مناطق گرم و پر آب است و به همراه گندم ۴۰٪ مصرف غذایی مردم در سراسر دنیا را فراهم می‌کند (Singh, 1993). این گیاه اصلی‌ترین غذای بیش از نیمی از مردم جهان بوده و آسیا بزرگترین تولیدکننده و مصرف‌کننده‌ی این محصول در جهان می‌باشد (FAO, 2017). بر اساس آمار ارائه شده توسط FAO (2017) آمار جهانی حکایت از تولید ۹۸۴/۰۹ میلیون تن شلتوک در این سال داشته و بر این اساس سطح تولید جهانی برنج سفید در سال زراعی ۲۰۱۸-۲۰۱۷ به ۵۰۰/۵ میلیون‌تن رسید. وسعت و پراکندگی این محصول مهم کشاورزی در شمال کشور در مقایسه با مناطق دیگر کشور بیشتر بوده به طوری که سه استان مازندران، گیلان و گلستان با سطح زیر کشت به ترتیب ۴۱/۷۳٪، ۲۶/۴۷٪ و ۹٪ از کل کشت برنج در کشور ایران را به خود اختصاص داده‌اند (Anonymous, 2014). بررسی‌ها نشان داد که برنج کشت شده در شمال کشور شامل دو نوع ارقام کم محصول یا بومی (طارم، بی‌نام و ...) و ارقام پرمحصول (فجر، شیرودی، ندا، نعمت و ...) می‌باشد که به دو صورت مکانیزه و سنتی یا مرسوم کشت می‌شوند (Anonymous, 2014). با توجه به سطح بالای کشت این محصول استراتژیک و همچنین محدودیت منابع طبیعی (کودهای فسفات پتاس و آب) و زوال ذخایر سوخت‌های فسیلی، استفاده‌ی بهینه از این منابع امری بدیهی و الزامی بوده و به نظر می‌رسد که مشخص نمودن میزان تخریب این منابع و شاخص‌های زیست محیطی در فرایند تولید، اولین قدم در راستای بهینه نمودن استفاده از منابع موجود می‌باشد (Izadkhah *et al.*, 2011; Kazemi *et al.*, 2015; AghaAlikhani *et al.*, 2013). یکی از روش‌های مهم بررسی این اثرات، روش ارزیابی چرخه زندگی می‌باشد. در این روش کلیه‌ی اثرات زیست محیطی مرتبط با یک محصول (کالا و خدمات) در کل چرخه‌ی زندگی آن از مرحله‌ی استخراج و یا جمع آوری مواد خام، تا مرحله‌ی مصرف و سپس بازیافت و یا امحا ضایعات حاصل از آن ارزیابی می‌شود (Rebitzer *et al.*, 2004). به عبارت دیگر یک روش مناسب برای ارزیابی همه‌ی اثرات زیست محیطی مربوط به یک محصول، فرآیند یا فعالیت است که با شناسایی، کمی‌سازی و ارزیابی منابع مصرف‌شده، انتشارات و پسماندهای آزادشده به محیط زیست، ارزیابی جامعی را ارائه می‌دهد (Rebitzer *et al.*, 2004).

در کنار ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تخریب منابع فسیلی و طبیعی، مدیریت کاه در فرآیند پس از برداشت برنج بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد. در این میان دو سناریو مهم و رایج مدیریت کاه در شمال ایران ۱- آتش زدن کاه در مزرعه و ۲- بسته‌بندی و انتقال به انبار برای مصرف دام‌ها، می‌باشد. در سناریو

* نویسنده مسئول: a.motevali@sanru.ac.ir

نخست آتش‌زدن کاه در مزرعه و در سناریو دوم احتراق سوخت در موتور تراکتور به منظور راه‌اندازی بسته‌بند در مزرعه و حمل و نقل بسته‌های کاه تا انبار سبب تولید گازهای آلاینده، آلودگی هوا و محیط زیست می‌گردد. هزینه‌های ناشی از آلودگی گازهای آلاینده در سناریوهای مختلف مدیریت کاه، می‌تواند به صورت هزینه‌های پولی برای خسارات ایجاد شده ناشی از این گازها در بازه زمانی خاصی تعریف شود (Pearce, 2003). هزینه‌های اجتماعی عبارت از اثرات مخرب یک آلاینده بر اکوسیستم و یا سلامتی انسان‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر ارزش ریالی (معادل دلار) صدمات ناشی از انتشار گازهای آلاینده به هزینه‌های اجتماعی معروف است (Luckow *et al*., 2015; Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2019). بررسی‌ها نشان می‌دهد که این هزینه-ها عموما بر افرادی تحمیل می‌گردد که هیچ نقشی در به وجود آمدن این آلاینده‌ها و آلودگی‌های زیست محیطی ندارند (Rahimi *et al*., 2014).

پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با تخریب منابع طبیعی و فسیلی و همچنین اثرات زیست محیطی، گازهای آلاینده و هزینه‌های اجتماعی انجام شده است. در پژوهشی به بررسی اثرات زیست محیطی تولید بادام زمینی پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر شاخص نهایی زیست محیطی برای تخلیه منابع فسفات و پتاس به ترتیب ۰/۲۶۶ و ۰/۰۲۴۳ برای تولید یک تن بادام زمینی بدست آمد (Nikkhah *et al*., 2014; Nikkhah *et al*., 2016). همچنین در پژوهشی دیگر به بررسی اثرات زیست محیطی تولید بادام زمینی بر مبنای مصرف کود نیتروژن (در سه سطح شاهد، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم بر هکتار) با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی پرداخته شد. نتایج نشان داد که شاخص نهایی زیست محیطی برای تخلیه منابع فسیلی، فسفات و پتاس به ترتیب برای سطح شاهد ۰/۱۷، ۰/۵۸ و ۰/۰۵، برای تیمار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۳۹ و ۰/۲۸ و برای تیمار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۲۸ و ۰/۰۲ بدست آمد (Nor-Hossini & Nikkhah, 2018). در پژوهشی دیگر ارزیابی چرخه زندگی کشت بادام زمینی در نظام‌های تک‌کشتی و مخلوط با لوبیا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که تخلیه منابع فسیلی، فسفات، پتاس و شاخص تغییر کاربری زمین برای نظام تک‌کشتی به ترتیب ۲/۲۶، ۰/۸، ۰/۲۶ و ۰/۱ و برای نظام مخلوط بادام زمینی با لوبیا به ترتیب ۱/۸۹، ۰/۴۱، ۰/۱۳ و ۰/۰۷ می‌باشد (Firouzi & Nikkhah, 2015). بررسی اثرات زیست محیطی تولید هندوانه در استان گیلان با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص نهایی زیست محیطی برای تولید یک تن هندوانه برای تخلیه منابع فسیلی ۰/۰۰۳، تخلیه منابع فسفات ۰/۱۱۶ و برای تخلیه منابع پتاس ۰/۰۰۶ بود (Mohammadi-Barsari *et al*., 2016). همچنین مخاطرات زیست‌محیطی تولید کیوی در استان گیلان با استفاده از ارزیابی چرخه زندگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص نهایی تخلیه منابع فسیلی، فسفات، پتاس و تغییر کاربری اراضی به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۴، ۰/۰۳ و ۰/۰۱ به دست آمد (Emadi et al., 2016; Nikkhah *et al*., 2016).

در پژوهشی دیگر در کشور تایلند به بررسی ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید سوخت و کود از کاه برنج با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی پرداخته شد. سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از ۱- اشتعال مستقیم کاه برای تولید الکتریسیته، ۲- تبدیل کاه به بیواتانول و بیوگاز، ۳- تبدیل به ماده دی‌متیل اتر و ۴- مخلوط کاه با خاک به منظور تبدیل به کود آلی. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که تبدیل کاه به کود و تولید سوخت بیواتانول و بیوگاز بهترین شرایط زیست محیطی را ایجاد می‌کند (Silalertruksa & Gheewala, 2013). همچنین مدیریت کاه برنج در سه سناریو مختلف (سوزاندن در مزرعه، خرد کردن و مخلوط کردن با خاک به عنوان کود و تولید الکتریسیته) مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین میزان معادل گازهای گلخانه در سناریو مربوط به سوزاندن مستقیم کاه در مزرعه و بالاترین میزان ذرات معلق در هوا مربوط به سناریو تولید الکتریسیته از کاه بود (Yodkhum *et al*., 2019). در پژوهش دیگر به ارزیابی زیست محیطی مدیریت‌های مختلف کاه (۱- مخلوط کردن با خاک به عنوان کود، ۲- خوراک دام، ۳- تولید الکتریسیته و ۴- تولید بیوگاز) در مقایسه با روش مرسوم سوزاندن در مزرعه پرداخته شد. نتایج نشان داد که بیشترین آسیب زیست محیطی در چهار سناریو مخالف، در روش سوزاندن کاه در مزرعه ایجاد می‌گردد. همچنین نتایج نشان داد که بالاترین میزان معادل گازهای گلخانه‌ای در سناریو اول، مخلوط کردن کاه با خاک به عنوان کود به میزان ۱۲۶۰ $kgCO_2eq/ton\ straw$ تولید گردید (Soam *et al*., 2017). همچنین در پژوهشی دیگر به ارزیابی هزینه اجتماعی سفید کردن شلتوک برنج در استان گیلان پرداخته شد. در این پژوهش میزان گازهای تولید در فرآیند سفیدکردن برنج محاسبه گردید و هزینه اجتماعی (معادل دلاری) هر یک از گازهای تولیدی برآورد گردید. نتایج نشان داد که میزان هزینه‌های اجتماعی برآورد شده با استفاده از بکارگیری از روش الگوریتم ژنتیک چند هدفه ۲۳/۹۰ دلار بدست آمد (Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2019).

مطالعات فراوانی در ممیزی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی مزارع برنج در شمال ایران از جمله (Khoramdel *et al*.,

2017; Homauini *et al.*, 2017; Dastan *et al.*, 2015; Kazemi *et al.*, 2015; Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2017) انجام شده است اما بررسی منابع مختلف نشان داد که پژوهش‌های بسیار کمی در ارتباط با تخلیه منابع طبیعی و فسیلی در فرآیند تولید برنج در سه استان مهم تولید این محصول یعنی مازندران، گیلان و گلستان است و اکثر پژوهش‌های صورت گرفته بر ارزیابی اثرات زیست محیطی برای تولید این محصول معطوف شده است و پسماندهای مربوط به این محصولات در فرآیند بررسی اثرات زیست محیطی در نظر گرفته نشده است. یکی از مهمترین گام-های تولید برنج، مدیریت کاه بوده که به دلیل سطح زیر کشت بالای این محصول در شمال ایران، اثرات اجتماعی بالایی را برای ساکنان این منطقه به همراه خواهد داشت. بررسی‌ها نشان می-دهد که تقریبا پژوهشی در این باره انجام نشده است و نوآوری این پژوهش بررسی همزمان تولید برنج و مدیریت‌های مختلف کاه در فرآیند تولید این محصول است. هدف از این پژوهش عبارت است از: ۱- بررسی تخلیه منابع طبیعی و فسیلی در فرآیند تولید برنج کم محصول و پرمحصول در سه استان شمالی کشور ۲- بررسی میزان تولید آلاینده‌ها در مدیریت‌های مرسوم کاه و برنج و ۳- بررسی هزینه‌های اجتماعی مدیریت‌های مرسوم کاه و برنج در شمال ایران.

مواد و روش‌ها

بررسی تخلیه منابع طبیعی و فسیلی

در پژوهش حاضر به طبقه‌بندی و کمی‌سازی اثرات تخیله منابع طبیعی و فسیلی در کشت برنج پرداخته شد. روش ارزیابی چرخه زندگی در پژوهش حاضر دارای ۴ مرحله ۱- هدف و میدان کاری، ۲-صورت‌برداری از چرخه زندگی، ۳- ارزیابی تأثیر در چرخه زندگی و ۴- تفسیر نتایج بود.

گام اول (هدف و میدان کاری): هدف از این پژوهش مقایسه طبقه‌بندی و کمی‌سازی اثرات تخیله منابع طبیعی و فسیلی در کشت برنج در سه استان شمالی کشور (مازندران، گیلان و گلستان) برای ارقام کم محصول (طارم، بی‌نام) و پرمحصول (فجر، شیرودی، ندا، نعمت و سپیدرود) در دو سامانه کشت مرسوم یا سنتی و مکانیزه با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی بود. تعداد پرسش‌نامه‌های تکمیل شده برای استان گلستان برای هر دو رقم کم و پر محصول ۴۸ عدد، برای استان مازندران برای هر دو رقم کم و پرمحصول ۱۷۴ عدد و برای استان گیلان برای رقم کم محصول ۱۲۶ عدد بود. میدان کاری در پژوهش حاضر برای تخلیه منابع دروازه‌های مزرعه در نظر گرفته شد و واحد کارکردی مورد استفاده برای یک تن شلتوک در نظر گرفته شد، به‌این معنی که اثرات زیست‌محیطی (شاخص نهایی زیست محیطی تخلیه منابع) به ازای یک تن وزن شلتوک برداشت شده از سطح زمین محاسبه شد.

گام دوم (تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه): در این مرحله میزان مصرف نهاده‌های ورودی به مزرعه (سوخت دیزل، کودهای فسفات و پتاس و همچنین آب و استفاده از زمین) تعیین و برحسب واحد کارکردی محاسبه شد.

گام سوم (ارزیابی اثرات): هدف از ارزیابی اثرات، تفسیر بیشتر ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید شلتوک برنج می‌باشد که دارای سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی می‌باشد (ضرایب مربوطه در جدول ۱ آورده شد). در مرحله وزن‌دهی (رابطه ۲) به هر اثر زیست محیطی بر اساس کارایی برای آسیب زدن به محیط زیست یک وزن داده شد (Nikkhah *et al.*, 2015).

$$N_i = \frac{I_i}{\mathrm{I}_{i,ref}} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$W_{ijk} = \frac{C_{ijk}}{T_{ijk}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در رابطه‌های بالا N_i مقدار نرمال‌شده مربوط به گروه i (به ازای یک تن برنج)، I_i مقدار شاخص محاسبه شده مربوط به گروه i (به ازای یک تن برنج)، $I_{i,ref}$ مقدار شاخص مربوط به هر گروه تاثیر در شرایط مرجع، W_{ijk} وزن مربوط به شاخص i در منطقه $C_{ijk,j}$ مقدار شاخص i در منطقه j و T_{ijk} مقدار هدف برای شاخص i در منطقه j می‌باشد.

گام چهارم (تفسیر نتایج): برای محاسبه و تفسیر نتایج لازم است تا شاخص نهایی برای گروه‌های مختلف استخراج گردد. بدین منظور باید شاخص نرمال‌شده را در فاکتور وزن‌دهی ضرب گردد تا شاخص نهایی برای هر اثر زیست محیطی محاسبه گردد.

$$EcoX = \sum_i [N_i \times WF_i] \quad \text{(رابطه ۳)}$$

EcoX: شاخص نهایی زیست محیطی برای هر واحد کارکردی، N: ضریب نرمال‌سازی و WF: فاکتور وزن‌دهی است.

بررسی آلاینده‌ها و هزینه‌های اجتماعی در مدیریت‌های مرسوم کاه برنج

در این بخش آلاینده‌های تولید شده در مدیریت‌های مختلف برنج (جدول ۲) و مدیریت‌های مختلف کاه (جدول ۳) برنج (۱- سوزاندن کاه در مزرعه و ۲- بسته‌بندی و حمل و نقل به انبار برای مصرف دام) بررسی شد و در ادامه هزینه‌های اجتماعی (Rahimi *et al.*, 2014) با استفاده از رابطه (۴) در مدیریت‌های مرسوم کاه و برنج (جدول ۳) مورد بررسی قرار گرفت.

(رابطه ۴)

هزینه اجتماعی = هزینه‌های غیرمستقیم (هزینه‌های محیط زیست و سلامتی) + هزینه‌های مستقیم (هزینه عوامل تولید)

در سناریو اول مدیریت کاه یعنی سوزاندن کاه برنج در مزرعه، ضرایب مربوط به آن از منابع (Yodkhum *et al*., 2019) استخراج شد. در سناریو دوم مدیریت کاه یعنی بسته‌بندی با دستگاه بیلر متصل به تراکتور انجام گردید و بعد از آن بسته‌ها با بارکش‌های متصل به تراکتور به انبار منتقل گردید. در این فرآیند میزان مصرف سوخت از طریق پرسش‌نامه توسط صاحبان تراکتور جمع‌آوری گردید و سپس آلاینده‌های مربوط به آن (EcoInvent database, SimaPro 8) محاسبه گردید. همچنین مطابق مطالعه نبوی و همکاران (۲۰۱۹) مقادیر معادل هزینه‌های اجتماعی مربوط به تولید هر گاز آلاینده استخراج (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2019) و در جدول (۲) ارائه شد.

جدول ۱. فاکتورهای طبقه‌بندی و وزن‌دهی واحدهای مختلف مورد استفاده

طبقه‌بندی تاثیرات			
گروه تاثیر	اجزا	کارایی هر ترکیب	منبع
تخریب منابع فسیلی	مصرف سوخت دیزل	۴۲/۸۶	(Brentrup *et al*.,2004)
تخریب منابع فسفات	مصرف کود فسفات	۰/۲۵	(Brentrup *et al*.,2004)
تخریب منابع پتاس	مصرف کود پتاس	۰/۱۰۵	(Brentrup *et al*.,2004)
تخریب منابع آب	مصرف آب	۱	(Buratti *et al*., 2009)
تغییر کاربری اراضی	استفاده از زمین زراعی	۰/۸	Brentrup *et al*., 2004
وزن‌دهی و نرمال‌سازی فاکتورها			
گروه تاثیر	فاکتور نرمال‌سازی (واحد)	فاکتور وزن‌دهی	منبع
تخریب منابع فسیلی	39167 (MJ)	۱/۱۴	Mirhaji *et al*., 2013
تخریب منابع فسفات	7.66 ($\mathbf{kg}P_2O_5\ eq$)	۱/۲۰	Brentrup *et al*., 2004
تخریب منابع پتاس	8.14 ($\mathbf{kg}\ K_2O\ eq$)	۰/۳	Brentrup *et al*., 2004
تخریب منابع آب	626.36 (m^3)	۰/۲۱	Wang *et al*., 2010
تغییر کاربری اراضی	1.86 (m^2)	۱	Brentrup *et al*., 2004

جدول ۲. ضرایب مربوط به گازهای آلاینده در تولید برنج

شماره معادله	معادله	ضریب آلودگی
	آلودگی‌های مستقیم	
۳	$\left[\frac{kg\ \ N_2O-N}{kgN_{in\ \ fertilizer\ and\ manure\ applied}}\right]$	۰/۰۱
۴	$\left[\frac{kg\ \ co_2-c}{kg\ \ Urea}\right]$	۰/۲
۵	$\left[\frac{kg\ NH_3-N}{kg\ N_{in\ \ fertilizer\ applied}}\right]$	۰/۱
۶	$\left[\frac{kg\ NO_x}{kg\ N_2O_{From\ fertilisers\ and\ soil}}\right]$	۰/۲۱
۷	$\left[\frac{kg\ \ CO_{2eq}}{man-h\ Labor}\right]$	۰/۷
	آلودگی‌های غیرمستقیم	
۸	$\left[\frac{kgN_2O-N}{kg\ N_{in\ chemical\ fertilizer\ applied}}\right]$	۰/۰۱ × ۰/۱

جدول ۳. ضرایب مربوط به گازهای آلاینده و هزینه‌های اجتماعی در مدیریت کاه و برنج

	گازهای آلاینده							
	CO_2	N_2O	CH_4	PM 10	NO_x	SO_2	CO	NH_3
سوزاندن کاه (kg/ton)	۱۴۶۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۳/۷	۳/۱	۰/۷	۳۴/۷	۰
احتراق گازوییل (g/MJ)	۴۱۹۵/۰۹۵	۰/۱۶۱	۰/۱۷۳	۶/۰۲۵	۵۹/۶۸۸	۱/۳۵۷	۸/۴۴۶	۰
	هزینه اجتماعی							
هزینه‌های مربوط به هر گاز ($/kg)	۰/۰۱	۴/۵۸	۰/۲۱	۴/۳	۰/۶	۱/۸۲۵	۰/۱۸۷	۲/۸۳

نتایج و بحث

شاخص‌های تخلیه منابع

نهاده‌های ورودی و خروجی مربوط به کشت برنج در سه استان شمالی کشور در جدول ۴ آورده شده است. مقایسه نتایج بدست آمده حاصل از طبقه‌بندی شاخص‌های مختلف تخلیه منابع طبیعی و فسیلی به همراه شاخص تغییر کاربری اراضی به ازای یک تن محصول برنج (جدول ۵) نشان داد که تمامی شاخص‌ها

به غیر از تخلیه منابع فسیلی در کشت مکانیزه پایین‌تر از کشت مرسوم می‌باشد. مقایسه داده‌های طبقه‌بندی در استان‌های مختلف نشان داد که بالاترین شاخص تخلیه شامل تخلیه منابع فسیلی به میزان ۱۷۴۴۷۸/۷۶ MJ (ارقام کم‌محصول، کشت مکانیزه، استان گلستان)، تخلیه منابع فسفات به میزان ۵/۳۰۱ kg P_2O_5 (ارقام کم‌محصول، کشت سنتی، استان مازندران)، تخلیه منابع پتاس به میزان ۳/۰۹۶ kg K_2O (ارقام کم‌محصول، کشت مکانیزه، استان گیلان)، تخلیه منابع آبی به میزان ۲۱۳۹/۰۵۲ m^3 (ارقام کم‌محصول، کشت سنتی، استان گلستان) و تغییر کاربری اراضی به میزان ۰/۲۱۲ ha (ارقام کم‌محصول، کشت سنتی، استان مازندران) اتفاق افتاد. یکی از دلایل مهم بدست آمدن این نتایج آن است که در کشت مکانیزه ادوات و تجهیزات بیشتری نسبت به کشت مرسوم مورد استفاده قرار گرفته و مصرف سوخت توسط این تجهیزات نسبت به کشت مرسوم (که بیشتر توسط نیروی کاگری انجام می‌گردد) بالاتر می‌باشد. همچنین کشت ارقام پر محصول به دلیل تولید محصول بالاتر نسبت به ارقام کم محصول، سبب کارکرد بیشتر در زمان کمباین برای برداشت محصول شده و مصرف سوخت بالاتری را به همراه خواهد داشت، اما باید توجه داشت که شاخص طبقه‌بندی به ازای یک تن محصول در نظر گرفته شده است و از آنجا که محصول تولیدی در ارقام پرمحصول بالا می‌باشد لذا شاخص طبقه‌بندی برای ارقام پر محصول پایین‌تر از ارقام کم‌محصول می‌باشد. نتایج AghaAlikhani *et al*. (2013) در بررسی سامانه‌های کشت مکانیزه و مرسوم و سه رقم برنج محلی (کم محصول)، پر محصول و هیبرید نشان داد که کشت مکانیزه نسبت به کشت مرسوم در هر سه رقم مورد استفاده مصرف سوخت بالاتری را به همراه دارد. همچنین نتایج این محققین نشان داد که استفاده و کشت ارقام پرمحصول نسبت به ارقام کم‌محصول سبب مصرف سوخت بالاتری می‌شود و در عین حال میزان تولید محصول در ارقام پرمحصول بالاتر از ارقام کم محصول می‌باشد. همچنین نتایج پژوهش Kazemi *et al*. (2015) نشان داد که مصرف سوخت برای کشت برنج در استان گلستان بالاتر از دو استان دیگر یعنی مازندران و گلستان می‌باشد.

جدول ۴. نهاده‌های ورودی و خروجی کشت یک هکتار برنج در استان‌های شمالی

استان	واریته (محصول)	کشت	دیزل (L)	نیتروژن (kg)	فسفات (kg)	پتاس (kg)	علف‌کش (kg)	قارچ‌کش (kg)	حشره‌کش (kg)	الکتریسیته (kWh)	آب (m^3)	ماشین‌آلات (kg)	کود (kg)
مازندران	کم	مرسوم	۲۳۱	۱۳۰/۶	۸۱/۶	۴۹/۸	۳/۷	۲/۴	۴/۶	۲۷۶	۷۱۲۰/۰	۳۸۵۰/۷	۱۸۷۸/۹
		مکانیزه	۲۸۲	۱۴۰/۲	۸۵/۵	۵۶/۳	۴/۰	۲/۴	۴/۹	۲۹۷	۷۴۸۷/۳	۴۲۲۹/۱	۲۰۴۷/۷
	زیاد	مرسوم	۲۴۵	۲۱۰/۳	۱۲۰/۴	۷۰/۴	۴/۲	۲/۷	۵/۱	۳۲۶	۹۱۱۰/۱	۶۱۴۸/۲	۲۹۸۳/۳
		مکانیزه	۲۹۸	۲۲۰/۱	۱۲۷/۶	۶۴/۴	۴/۴	۲/۴	۵/۴	۳۸۶	۹۵۸۹/۵	۶۶۹۷/۲	۳۱۷۸/۴
گیلان	کم	مرسوم	۲۴۴	۶۵/۰	۵۲/۱	۱۰۱/۱	۵/۱	۱/۸	۳/۱	۲۵۲	۶۵۲۶/۴	۳۷۷۳/۴	۱۸۸۱/۸
		مکانیزه	۲۷۵	۷۴/۰	۶۱/۰	۱۱۹/۱	۵/۵	۲/۳	۳/۶	۲۷۸	۶۸۸۲/۳	۴۱۳۶/۲	۲۰۳۹/۳
	زیاد	مرسوم	۲۵۵	۹۶/۰	۷۹/۰	۱۳۶/۱	۶/۱	۲/۵	۳/۹	۳۰۴	۸۴۴۷/۹	۶۰۵۵/۷	۳۰۰۶/۶
		مکانیزه	۳۰۵	۱۰۷/۰	۸۶/۰	۱۴۷/۲	۶/۷	۲/۶	۴/۲	۳۴۷	۸۹۱۷/۵	۶۴۸۱/۴	۳۱۰۳/۹
گلستان	کم	مرسوم	۲۵۱	۱۰۴/۳	۶۳/۳	۵۸/۴	۵/۷	۲/۵	۴/۳	۳۱۱	۸۱۳۶/۱	۳۸۰۳/۶	۱۸۵۶/۴
		مکانیزه	۲۹۷	۱۱۱/۲	۷۸/۱	۶۹/۷	۶/۳	۲/۶	۴/۶	۳۲۹	۸۴۴۶/۳	۴۱۹۸/۲	۲۰۶۳/۴
	زیاد	مرسوم	۲۹۶	۱۶۴/۳	۹۶/۴	۹۲/۳	۶/۹	۲/۶	۴/۷	۳۵۸	۹۵۸۴/۱	۶۰۸۳/۴	۲۸۰۹/۳
		مکانیزه	۳۱۸	۱۷۹/۶	۱۱۳/۲	۱۰۸/۴	۷/۴	۲/۷	۴/۸	۳۸۶	۱۰۱۹۱/۵	۶۵۱۷/۸	۳۰۷۸/۶

جدول ۵. داده‌های طبقه‌بندی شده نهاده‌های مختلف مورد استفاده

استان	واریته (محصول)	کشت	دیزل	فسفر	پتاس	آب	تغییر کاربری اراضی
مازندران	کم	سنتی	۱۴۴۷۸۰/۴۷۲	۵/۳۰۱	۱/۳۵۷	۱۸۹۲/۴۶۱	۰/۲۰۸
		مکانیزه	۱۶۲۴۶۵/۴۰۳	۵/۱۰۲	۱/۴۱۰	۱۶۹۹/۶۴۸	۰/۱۹۱
	زیاد	سنتی	۹۶۱۷۳/۱۱۳	۴/۸۹۶	۱/۲۰۲	۱۴۷۸/۴۰۱	۰/۱۳۰
		مکانیزه	۱۱۲۴۲۵/۲۹۳	۴/۹۸۸	۱/۰۵۷	۱۴۰۸/۴۴۶	۰/۱۲۵
گیلان	کم	سنتی	۱۵۶۰۶۱/۱۰۴	۳/۴۴۵	۲/۸۱۰	۱۷۲۹/۵۸۱	۰/۲۱۲
		مکانیزه	۱۶۴۴۳۶/۳۰۵	۳/۷۷۸	۳/۰۹۶	۱۶۵۵/۵۹۲	۰/۱۹۸
	زیاد	سنتی	۱۰۱۶۲۸/۰۳۴	۳/۲۶۱	۲/۳۵۸	۱۳۹۵/۰۳۳	۰/۱۳۲
		مکانیزه	۱۱۹۰۸۳/۲۵۲	۳/۴۷۸	۲/۴۹۷	۱۳۹۰/۸۶۶	۰/۱۲۹
گلستان	کم	سنتی	۱۵۹۲۶۳/۶۱۸	۴/۱۶۱	۱/۶۱۲	۲۱۳۹/۰۵۲	۰/۲۱۰
		مکانیزه	۱۷۴۴۷۸/۷۶۰	۴/۷۵۳	۱/۷۸۱	۲۰۰۷/۲۷۸	۰/۱۹۵
	زیاد	سنتی	۱۰۶۷۱۹/۴۵۵	۳/۹۶۲	۱/۵۹۳	۱۴۳۹/۰۱۴	۰/۱۳۲
		مکانیزه	۱۲۱۴۷۸/۳۶۶	۴/۴۷۹	۱/۸۰۲	۱۴۰۲/۶۲۴	۰/۱۲۷

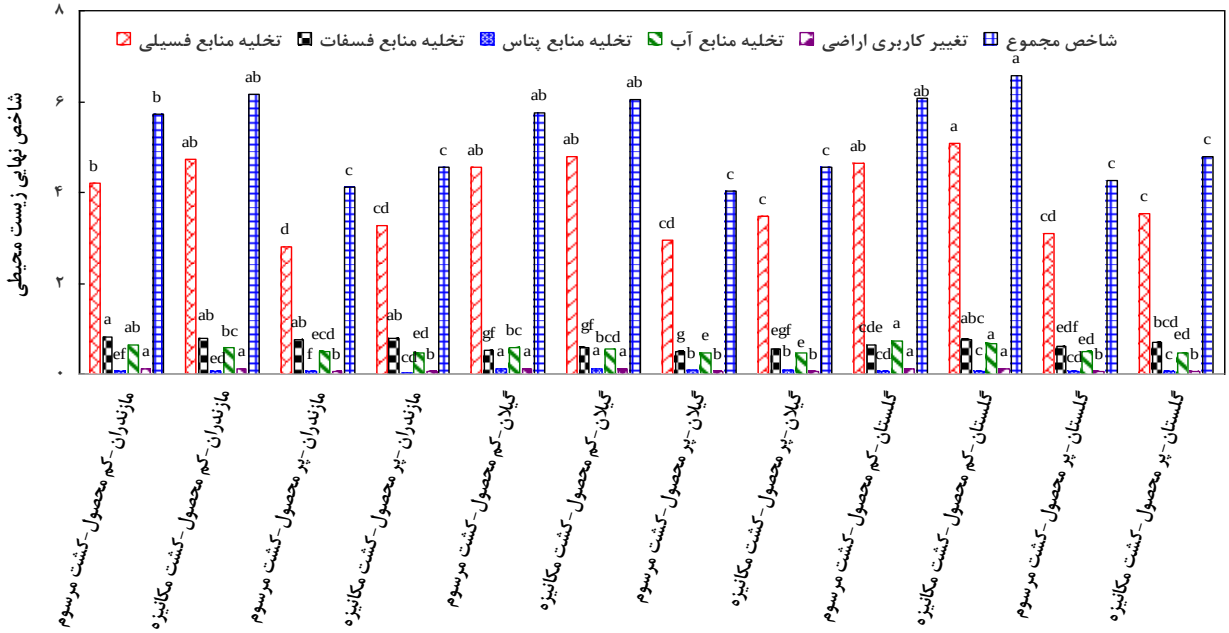
بررسی شاخص نهایی زیست‌محیطی برای تخلیه منابع طبیعی و فسیلی نشان داد که بالاترین میزان شاخص تخلیه به میزان ۵/۰۸ و پایین‌ترین میزان شاخص تخلیه مربوط به تخلیه پتاس به میزان ۰/۰۳۹ بود. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان شاخص تغییر کاربری اراضی به ترتیب به میزان ۰/۱۱۴ (ارقام پرمحصول-کشت مرسوم-استان گیلان) و ۰/۰۶۷ (ارقام کم محصول-کشت مکانیزه-استان مازندران) بدست آمد. همچنین بالاترین شاخص نهایی مجموع در ۶/۵۶ (ارقام کم‌محصول-کشت مکانیزه-استان گلستان) و پایین‌ترین میزان ۴/۰۲ (ارقام پرمحصول-کشت مرسوم-استان گیلان) بدست آمد. بررسی شاخص نهایی زیست محیطی تخلیه منابع در تولید یک تن برنج نشان داد که کشت مرسوم به دلیل استفاده پایین از تجهیزات و ماشین‌های کشاورزی برای آماده‌سازی، فرآیند داشت و برداشت محصول اثرات سو کمتر زیست محیطی را نسبت به کشت مکانیزه به همراه دارد. همچنین فرسوده بودن تجهیزات از جمله تراکتورها و عدم مهارت کافی (تنظیم دقیق گاز و کلاچ) و اطلاعات علمی رانندگان تراکتور برای رعایت الگوی‌های خاک‌ورزی، داشت و برداشت سبب می‌گردد تا مصرف سوخت بالایی در فرآیند تولید برنج مصرف گردد و سهم شاخص تخلیه منابع فسیلی در تخریب کل بالاترین مقدار نسبت به سایر شاخص‌ها باشد. نتایج نشان داد که شاخص نهایی تخلیه منابع در تولید کیوی در استان گیلان ۱/۱۰ (Nikkhah *et al*., 2015, Emadi *et al*., 2016)، در تولید بادام زمینی در دو نظام کشت تک و مخلوط با لوبیا به ترتیب ۳/۶۱ و ۲/۶۹ (Firouzi & Nikkhah, 2015)، در تولید هندوانه ۰/۱۲ (Mohammadi-Barsari *et al*., 2016) و تولید بادام زمینی در سه سطح کودهی شاهد، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژنه به ترتیب ۰/۸، ۰/۵۳ و ۰/۳۸ بدست آمد که بسیار پایین‌تر از کشت برنج در استان‌های شمالی می‌باشد. یکی از مهمترین دلایل اختلاف بالای نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهش‌ها این است که کشت برنج نیاز به آماده‌سازی زمین برای عملیات نشاکاری می‌باشد. این عملیات در زمین‌های باتلاقی و گل‌آلود انجام شده و تراکتور نیاز به ساعات کار بالایی برای آماده-سازی زمین دارد. در حالی که در کشت و تولید بادام زمینی، کیوی و کشت ترکیبی بادام و لوبیا با یک بار شخم و دو بار عملیات دیسک زمین برای کاشت محصول آماده شده در حالی که این عملیات در آماده‌سازی زمین برای نشاکاری بخش کوچکی از عملیات را شامل می‌شود.

بررسی تخلیه منابع آب نشان داد که کشت مکانیزه نسبت به کشت مرسوم به ازای تولید یک تن برنج کمتر از کشت مرسوم می‌باشد. بررسی میدانی نشان می‌دهد که دوره کشت برنج به روش مکانیزه نسبت به روش مرسوم حدودا دو هفته طولانی‌تر می‌باشد که دلیل آن کوچکتر بودن اندازه نشاها در روش مکانیزه است. این دوره هرچند کوتاه سبب مصرف بیشتر آب در کشت مکانیزه نسبت به کشت مرسوم می‌شود، اما باید توجه داشت که محصول نهایی در کشت برنج به روش مکانیزه بالاتر از روش مرسوم بوده و در نهایت میزان آب مصرفی به ازای تولید یک تن برنج در روش مکانیزه پایین‌تر از روش مرسوم می‌گردد. همچنین مقایسه میزان آب مصرفی در هر هکتار نشان می‌دهد که کشت برنج پر محصول به دلیل دوره کشت طولانی‌تر (حداقل ۲۰ روز) نسبت به برنج کم‌محصول، نیاز آبی بالاتری داشته و در هر هکتار آب بالاتری مصرف می‌کند. مقایسه شاخص طبقه‌بندی تخلیه منابع آب برای برنج پر محصول و کم محصول نشان می‌دهد که کشت برنج پرمحصول دارای شاخص پایین‌تر می‌باشد که دلیل این امر تولید بالاتر در واحد سطح (به ازای هکتار) می‌باشد. نتایج پژوهش Wang *et al.* (2010) در تولید برنج نشان می‌دهد که شاخص نهایی تخلیه منابع آب ۰/۶۸ می‌باشد و بازه تغییرات این شاخص در پژوهش حاضر از ۰/۴۶۶ تا ۰/۷۱۷ می‌باشد. بررسی نتایج نشان داد در کشت مکانیزه نشان داد که شاخص نهایی تغییر کاربری زمین به دلیل تولید محصول بالاتر نسبت به کشت مرسوم دارای مقادیر پایین‌تر می‌باشد. همچنین پایین‌ترین شاخص تغییر کاربری در استان‌های مختلف مربوط به استان مازندران بود که دلیل آن تولید محصول بیشتر در این استان نسبت به دو استان دیگر به ازای واحد سطح (یک هکتار) بود. بررسی تغییر کاربری اراضی در تولید میوه کیوی به میزان ۰/۰۱ (Emadi *et al*., 2016، Nikkhah *et al*., 2016)، در تولید بادام زمینی در نظام کشت‌های تک و مخلوط با لوبیا به ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۷ گزارش شد. مقایسه میانگین نتایج داده‌های بدست آمده با استفاده از طرح کاملا تصادفی در سطح ۵٪ انجام شد و حروف معنی‌داری بر روی هر یک نمودارهای آورده شد. این تحلیل برای سایر پارامترها نیز انجام گردید.

انتشار گازهای آلاینده در تولید برنج

جدول ۶ گازهای آلاینده ناشی از مصرف نهاده‌های مختلف در کشت برنج در استان‌های مختلف را نشان می‌دهد. نهاده‌های ورودی در مزرعه در کشت برنج شامل (سوخت دیزل، انواع کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، الکتریسیته، نیروی کارگری و آب) می‌باشد. همچنین میزان انتشار گاز آلاینده متان از سطح مزرعه در طول دوره کشت (Ghani Nugroho *et al*., 1997) نیز به میزان انتشار این گاز در اثر احتراق سوخت دیزل در موتور تراکتور اضافه گردید. بررسی میزان گازهای آلاینده نشان می‌دهد

که در کشت مکانیزه میزان انتشار آلاینده‌ها به جز گاز دی-اکسیدکربن بالاتر از کشت مرسوم می‌باشد. دلیل این امر آن است که در کشت سنتی ساعات کلی کارکرد نیروی انسانی در مزرعه بسیار بالاتر از سامانه مکانیزه بوده و این امر سهم انتشار مستقیم کاز دی‌اکسیدکرین در سطح مزرعه افزایش می‌یابد. همچنین بررسی‌های داده‌های آلاینده نشان می‌هد که از بین سه استان شمالی در کشت برنج، استان گیلان بدلیل میزان پایین‌تر نهاده-های مصرفی مانند (کودها و سموم شیمیایی) میزان آلاینده‌های کمتری را مصرف می‌کند. همچنین به دلیل میزان بارندگی بالاتر در استان گیلان، میزان زمان کارکرد پمپ‌های آب و به دنبال آن مصرف الکتریسته کاهش یافته و این امر می‌تواند میزان آلاینده-های غیرمستقیم را کاهش دهد.



شکل ۱. شاخص نهایی (زیست محیطی) تخلیه منابع در کشت برنج در استان‌های مختلف

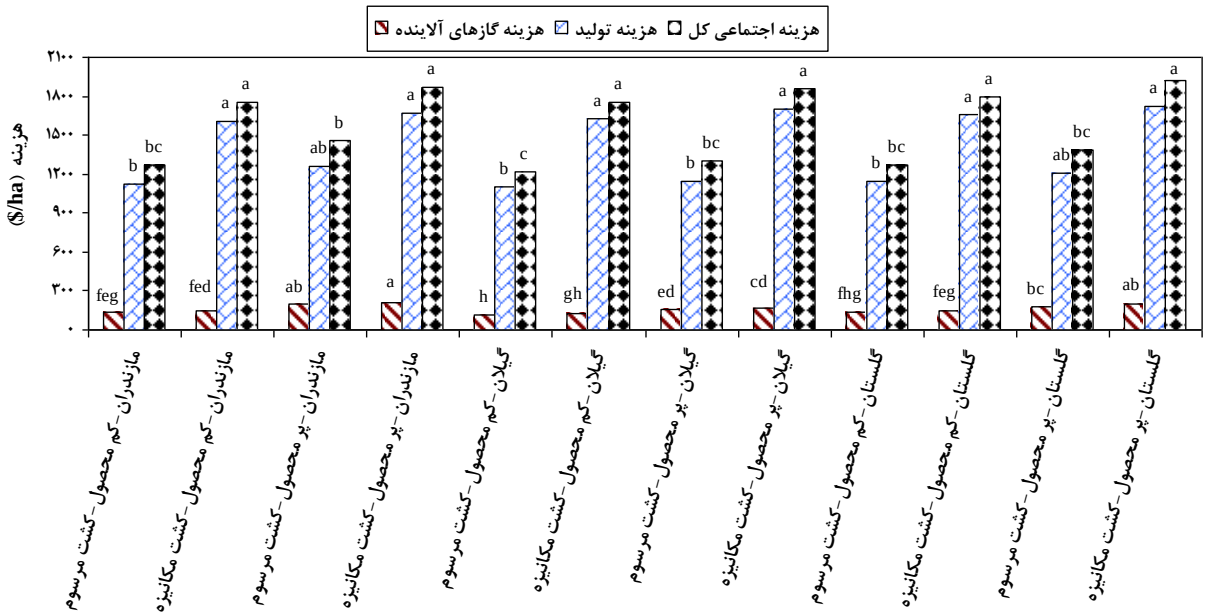
جدول ۶. گازهای آلاینده ناشی از منتشر شده از نهاده‌های ورودی مختلف (در یک هکتار)

استان	واریته (محصول)	کشت	CO_2	N_2O	CH_4	PM 10	NO_x	SO_2	NH_3
مازندران	کم	سنتی	۲۴۱۶/۹۷	۱/۰۸	۲۵۱/۴۹	۱/۳۹	۱/۷۸	۵/۸۴	۱۴/۶۰
		مکانیزه	۱۹۷۱/۹۲	۱/۱۶	۲۷۳/۶۰	۱/۷۰	۲/۰۵	۷/۰۲	۱۵/۶۷
	زیاد	سنتی	۲۷۲۹/۷۸	۱/۷۱	۴۰۱/۵۳	۱/۴۸	۲/۰۸	۶/۲۸	۲۳/۵۰
		مکانیزه	۲۱۶۶/۲۸	۱/۸۰	۴۱۷/۷۹	۱/۸۰	۲/۴۱	۷/۵۶	۲۴/۵۹
گیلان	کم	سنتی	۲۳۸۳/۳۲	۰/۵۶	۲۴۶/۴۵	۱/۴۷	۱/۶۸	۶/۰۶	۷/۲۶
		مکانیزه	۱۹۱۳/۳۰	۰/۶۳	۲۶۳/۶۲	۱/۶۶	۱/۸۸	۶/۸۲	۸/۲۷
	زیاد	سنتی	۲۴۴۷/۷۸	۰/۸۱	۳۹۵/۴۹	۱/۵۴	۱/۹۰	۶/۴۴	۱۰/۷۲
		مکانیزه	۲۱۲۴/۱۷	۰/۹۰	۴۰۳/۷۰	۱/۸۴	۲/۲۲	۷/۶۶	۱۱/۹۵
گلستان	کم	سنتی	۲۴۷۰/۸۹	۰/۸۷	۲۴۸/۴۲	۱/۵۱	۱/۹۱	۶/۳۷	۱۱/۶۵
		مکانیزه	۲۰۵۴/۰۶	۰/۹۳	۲۶۸/۳۲	۱/۷۹	۲/۱۵	۷/۴۴	۱۲/۴۲
	زیاد	سنتی	۲۶۴۲/۱۴	۱/۳۵	۳۹۷/۳۰	۱/۶۲	۲/۱۸	۶/۸۹	۱۸/۳۵
		مکانیزه	۲۲۴۷/۲۶	۱/۴۸	۴۱۲/۶۱	۱/۹۲	۲/۴۷	۸/۰۵	۲۰/۰۷

هزینه‌های اجتماعی در تولید برنج

بررسی هزینه‌های اجتماعی در تولید برنج در استان‌های مختلف (شکل ۲) نشان می‌دهد که هزینه‌های تولید (هزینه مستقیم) سهم بالایی در هزینه اجتماعی کل دارد. هزینه‌های تولید مستقیم شامل (نیروی کارگری، آماده‌سازی زمین برای نشا، تجیزات نشا و نشاکاری در کشت مکانیزه، کودها و سموم شیمیایی، اکتریسیته، آب و نایلون برای خزانه در کشت مرسوم) و هزینه‌های تولید غیر مستقیم شامل هزینه‌های آلاینده‌ها (گازهای انتشار یافته به صورت مستقیم و غیرمستقیم از سطح مزرعه) می‌باشد. بررسی هزینه‌های مستقیم نشان داد که بالاترین میزان این شاخص

۱۹۱۷/۵۴ دلار بر هکتار (ارقام پرمحصول-کشت مکانیزه-استان گلستان) و پایین‌ترین میزان این شاخص ۱۲۲۲/۰۶ دلار بر هکتار (ارقام کم‌محصول-کشت مرسوم-استان گیلان) می‌باشد. بررسی میزان هزینه‌های اجتماعی نشان از بالا بودن این هزینه‌ها در تولید ارقام پر محصول می‌باشد، البته باید در نظر داشت که میزان درآمد کشاورزان از کشت این محصول بالاتر از ارقام کم‌محصول (به ازای هر هکتار تولید برنج) می‌باشد. قیمت دلار در محاسبات این پژوهش بر اساس قیمت دلار مبادله‌ای (۹۰۰۷۷ ریال) در نظر گرفته شد و تمامی اعداد بدست آمده بر اساس آن تبدیل شدند.



شکل ۲. هزینه اجتماعی (مستقیم و غیرمستقیم) ناشی از تولید برنج در یک هکتار در استان‌های مختلف

انتشار گازهای آلاینده در مدیریت کاه

بررسی‌ها نشان می‌دهد که دو سناریو رایج برای مدیریت کاه در شمال کشور وجود دارد که یکی از آنها سوزاندن آن در مزرعه و دومی بسته‌بندی برای مصرف دام‌ها می‌باشد. در جدول ۷ گازهای منتشر شده حاصل از سوختن کاه برنج در مزرعه و در جدول ۸ گازهای منتشر شده حاصل از احتراق سوخت دیزل در موتور تراکتور را در اثر کارکرد در مزرعه به منظور بسته‌بندی و انتقال کاه آورده شد. مقایسه نتایج نشان داد که بالاترین میزان انتشار گازهای آلاینده در هر دو سناریو مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن بود. مقایسه انتشار گازهای آلاینده در دو سناریو مختلف نشان داد که سناریو اول (سوزاندن کاه در مزرعه) نسبت به سناریو دوم (بسته‌بندی کاه برای خوراک دام) دارای مقادیر بسیار بالاتری بود. مقایسه تیمارهای مختلف مورد بررسی نشان داد که بالاترین میزان گازهای آلاینده در مدیریت کاه مربوط به استان گیلان می‌باشد. نتایج نشان داد که در کشت مکانیزه میزان تولید گازها به نسبت کشت سنتی بالاتر می‌باشد که دلیل این امر آن است که در هنگام برداشت به روش سنتی کارگران به صورت هوشمند و با آگاهی میدانی شروع به بریدن ساقه‌ها کرده و مخصوصا در نقاطی از مزرعه که ورس اتفاق افتاده است، برداشت توسط کارگر با دقت بالاتری صورت می‌پذیرد. اما در عین حال برداشت در کشت مکانیزه مستقیما توسط کمباین صورت گرفته و برای افزایش دقت در برداشت ساقه‌هایی که در آنها ورس اتفاق افتاده است، ارتفاع برش ساقه‌ها را نسبت به سطح زمین کم کرده و به دنبال آن میزان کاه موجود در سطح زمین افزایش می‌یابد. این امر سبب می‌گردد تا تعداد بسته‌های کاه در کشت مکانیزه بیشتر از کشت مرسوم گردد. همچنین مقایسه میزان کاه تولیدی در ارقام پرمحصول بیشتر از ارقام کم‌محصول بوده که دلیل آن تعداد خوشه‌ها و ساقه‌های کمتر در برنج کم محصول می‌باشد. بررسی نتایج پژوهش Kazemi *et al.*, (2015) نشان داد که کاه تولیدی در استان گیلان نسبت به دو استان دیگر مازندران و گیلان در فرآیند تولید برنج بالاتر می‌باشد. همچنین نتایج پژوهش‌های AghaAlikhani *et al.*, (2013) نشان داد که میزان کاه تولیدی در روش کشت مکانیزه بالاتر از روش مرسوم بوده و میزان کاه تولیدی در ارقام پرمحصول بالاتر از ارقام محلی یا کم محصول می‌باشد. بررسی میزان گازهای آلاینده تولیدی در دو روش سوزاندن و بسته‌بندی نشان از حجم بالای تولید گازهای آلاینده در روش سوزاندن می‌باشد. بررسی نتایج Yodkhum *et al.*, (2019) نشان داد که میزان گازهای معادل دی‌اکسیدکربن در سناریو سوزاندن

کاه در مزرعه ۱۷۱۴ کیلوگرم بر هر تن کاه، در سناریو تبدیل کاه به کود آلی در مجموع کلیه فرآیندها (خرد کردن، کشت و ...) در حدود ۱۱۲۷ کیلوگرم بر هر تن کاه و در سناریو تولید الکتریسیته در مجموع فرآیندها (بسته‌بندی، حمل و نقل، تبدیل به الکتریسیته) در حدود ۱۳۳۹ کیلوگرم بر هر تن کاه بدست آمد. در پژوهش حاضر میزان گاز آلاینده دی‌اکسیدکربن در بازه ۳۵۰۲/۴۱ تا ۶۰۱۰/۲۴ کیلوگرم در هکتار در اثر سوزاندن مستقیم کاه در مزرعه بدست آمد. همچنین میزان گازهای آلاینده معادل دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی و حمل نقل یک تن کاه در پژوهش Yodkhum *et al.*, (2019) در حدود ۱۹/۹۷ کیلوگرم بدست آمد در حالی که بازه تغییرات میزان گاز دی اکسیدکربن برای عملیات بسته‌بندی و حمل ونقل در پژوهش حاضر ۵۹/۹۶ تا ۹۸/۴۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. نتایج پژوهش Silalertruksa & Gheewala (2013) نشان داد که میزان معادل گاز دی-اکسیدکرین برای عملیات بسته‌بندی و حمل و نقل به ازای هر تن کاه، به ترتیب ۳ و ۸ کیلوگرم می‌باشد.

جدول ۷. گازهای آلاینده ناشی از سوختن کاه برنج (در یک هکتار)

استان	واریته (محصول)	کشت	CO_2	N_2O	CH_4	PM 10	NO_x	SO_2	CO
مازندران	کم	سنتی	۳۵۰۲/۴۱	۱/۹۰	۱/۷۸	۸/۸۸	۷/۴۴	۱/۶۸	۸۳/۲۴
		مکانیزه	۳۶۴۶/۶۳	۱/۹۷	۱/۸۵	۹/۲۴	۷/۷۴	۱/۷۵	۸۶/۶۷
	زیاد	سنتی	۵۸۴۳/۳۶	۳/۱۶	۲/۹۶	۱۴/۸۱	۱۲/۴۱	۲/۸۰	۱۳۸/۸۸
		مکانیزه	۵۷۳۵/۴۵	۳/۱۰	۲/۹۱	۱۴/۵۴	۱۲/۱۸	۲/۷۵	۱۳۶/۳۲
گیلان	کم	سنتی	۳۶۲۳/۴۳	۱/۹۶	۱/۸۴	۹/۱۸	۷/۶۹	۱/۷۴	۸۶/۱۲
		مکانیزه	۳۶۶۳/۵۸	۱/۹۸	۱/۸۶	۹/۲۸	۷/۷۸	۱/۷۶	۸۷/۰۷
	زیاد	سنتی	۶۰۱۰/۲۴	۳/۲۵	۳/۰۵	۱۵/۲۳	۱۲/۷۶	۲/۸۸	۱۴۲/۸۵
		مکانیزه	۵۸۱۶/۴۹	۳/۱۵	۲/۹۵	۱۴/۷۴	۱۲/۳۵	۲/۷۹	۱۳۸/۲۴
گلستان	کم	سنتی	۳۵۸۶/۳۴	۱/۹۴	۱/۸۲	۹/۰۹	۷/۶۱	۱/۷۲	۸۵/۲۴
		مکانیزه	۳۷۴۲/۵۶	۲/۰۳	۱/۹۰	۹/۴۸	۷/۹۵	۱/۷۹	۸۸/۹۵
	زیاد	سنتی	۵۹۱۷/۸۲	۳/۲۰	۳/۰۰	۱۵/۰۰	۱۲/۵۷	۲/۸۴	۱۴۰/۶۵
		مکانیزه	۵۸۲۳/۳۶	۳/۱۵	۲/۹۵	۱۴/۷۶	۱۲/۳۶	۲/۷۹	۱۳۸/۴۰

جدول ۸. گازهای آلاینده خروجی از تراکتور در حین بسته‌بندی و حمل و نقل کاه برنج (یک هکتار)

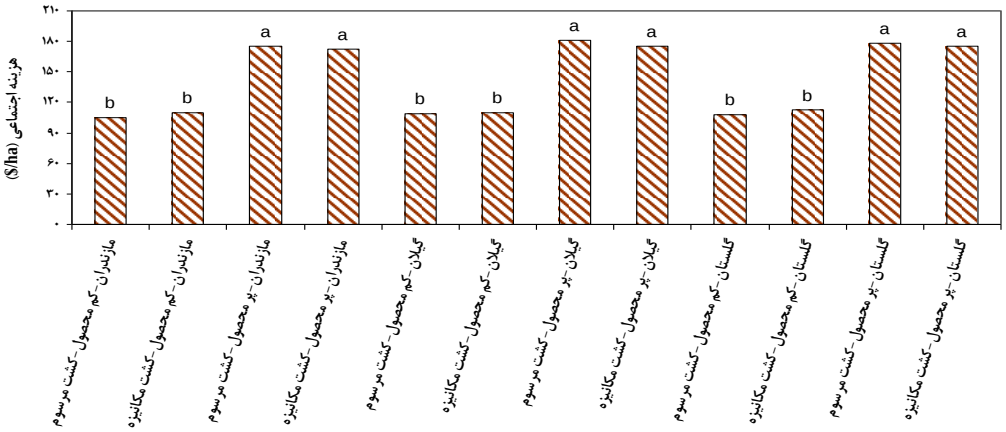
استان	واریته (محصول)	کشت	CO_2	N_2O	CH_4	PM 10	NO_x	SO_2	CO
مازندران	کم	سنتی	۵۹/۹۶۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۸۶	۰/۸۵۳	۰/۰۱۹	۰/۱۲۱
		مکانیزه	۶۲/۱۷۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۸۹	۰/۸۸۵	۰/۰۲۰	۰/۱۲۵
	زیاد	سنتی	۹۵/۸۳۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۳۸	۱/۳۶۴	۰/۰۳۱	۰/۱۹۳
		مکانیزه	۹۴/۱۸۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۳۵	۱/۳۴۰	۰/۰۳۰	۰/۱۹۰
گیلان	کم	سنتی	۶۱/۸۲۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۸۹	۰/۸۸۰	۰/۰۲۰	۰/۱۲۴
		مکانیزه	۶۲/۴۳۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۹۰	۰/۸۸۸	۰/۰۲۰	۰/۱۲۶
	زیاد	سنتی	۹۸/۳۹۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۴۱	۱/۴۰۰	۰/۰۳۲	۰/۱۹۸
		مکانیزه	۹۵/۴۲۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۳۷	۱/۳۵۸	۰/۰۳۱	۰/۱۹۲
گلستان	کم	سنتی	۶۱/۲۵۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۸۸	۰/۸۷۲	۰/۰۲۰	۰/۱۲۳
		مکانیزه	۶۳/۶۴۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۹۱	۰/۹۰۶	۰/۰۲۱	۰/۱۲۸
	زیاد	سنتی	۹۶/۹۸۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۳۹	۱/۳۸۰	۰/۰۳۱	۰/۱۹۵
		مکانیزه	۹۵/۵۳۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۳۷	۱/۳۵۹	۰/۰۳۱	۰/۱۹۲

هزینه‌های اجتماعی در مدیریت‌های مختلف کاه

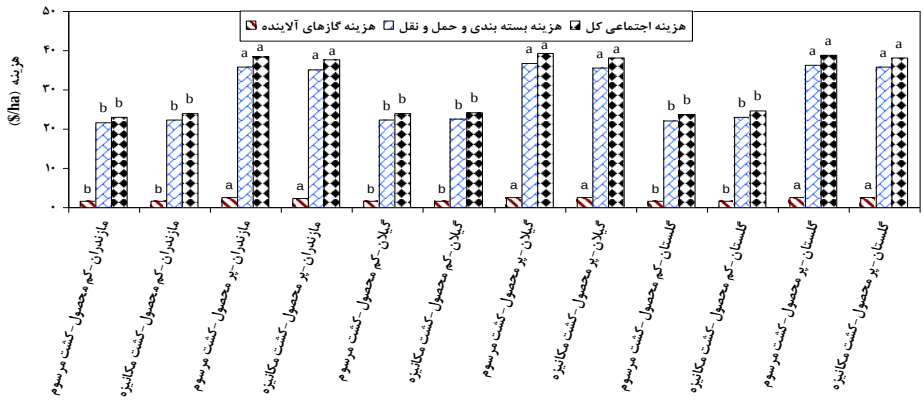
هزینه‌های اجتماعی ناشی از سوزاندن کاه در مزرعه در شکل ۳ و هزینه‌های اجتماعی ناشی از بسته‌بندی کاه در شکل ۴ آورده شده است. مقایسه نتایج بدست آمده نشان داد که بالاترین هزینه اجتماعی برای سوزاندن هر هکتار کاه به میزان ۱۸۲/۷۶ دلار (ارقام پرمحصول-کشت مرسوم-استان گیلان) و پایین‌ترین میزان این پارامتر ۱۰۵/۳۴ دلار (ارقام کم‌محصول-کشت مرسوم-استان مازندران) بدست آمد. همچنین بالاترین هزینه اجتماعی برای بسته‌بندی و حمل و نقل به میزان ۳۶/۸۴ دلار برای هر هکتار (ارقام پرمحصول-کشت مرسوم-استان گیلان) و پایین‌ترین میزان این پارامتر ۲۱/۵۴ دلار بر هکتار (ارقام کم‌محصول-کشت مرسوم-استان مازندران) بدست آمد. همچنین مقایسه نتایج نشان

داد که برداشت مکانیزه محصول هزینه اجتماعی بالاتری را نسبت به برداشت دستی (روش مرسوم) به همراه خواهد داشت.

بررسی هزینه‌های اجتماعی در مدیریت مرسوم کاه در استان‌های شمالی نشان می‌دهد که فرآیند سوزاندن کاه در سناریو نخست دارای هزینه اولیه نبوده و فقط این عملیات سبب آلودگی محیط زیست می‌گردد. در سناریو دوم هزینه مستقیم شامل تجهیزات (تراکتور، بسته‌بند و واگن حمل و نقل) و هزینه غیرمستقیم شامل زیست محیطی و سلامتی (گازهای آلاینده ناشی از کارکرد تراکتور برای بسته‌بندی و حمل و نقل) می‌باشد. بررسی نتایج نشان داد که بالاترین هزینه‌های اجتماعی در سناریو اول و دوم مربوط به برنج ارقام پرمحصول می‌باشد که دلیل آن حجم بالای تولید کاه در این ارقام می‌باشد. البته در کنار هزینه بالای اجتماعی در تولید ارقام پرمصرف باید توجه داشت که در کنار هزینه بالا، تولید محصول بالاتری نیز خواهیم داشت. این دو عامل (هزینه اجتماعی و تولید شلتوک) در هر دو سناریو کاملا معکوس بوده و البته راه‌کارهایی مدرن و جدید در مدیریت کاه به کار گرفته شود و موادی با ارزش افزوده بالاتر تولید گردد. پژوهش Silalertruksa & Gheewala (2013) نشان داد سناریوهای مدرن‌تری از جمله ۱- اشتعال مستقیم کاه برای تولید الکتریسیته، ۲- تبدیل کاه به بیواتانول و بیوگاز، ۳- تبدیل به ماده دی‌متیل اتر و ۴- مخلوط کاه با خاک به منظور تبدیل به کود آلی برای مدیریت کاه می‌توان در نظر گرفت که اثرات زیست محیطی به مراتب کمتری نسبت به سناریو اول این پژوهش یعنی سوزاندن مستقیم کاه در مزرعه می‌باشد. البته باید توجه داشت که یکی از دلایل سوق کشاورزان برای سوزاندن کاه به صورت مستقیم در مزرعه به دلیل باور غلط (از بین رفتن کرم‌ها و آفت‌ها با آتش-سوزی کاه در مزرعه) می‌باشد. همچنین بررسی نتایج در سناریو دوم نشان داد که سهم بالای هزینه اجتماعی مربوط به هزینه‌های بسته‌بندی و حمل و نقل بوده و از میان سهم کمی مربوط به هزینه‌های گازهای آلاینده و اثرات زیست محیطی مربوط می-گردید. بررسی منابع نشان داد که پژوهش مرتبطی در ارتباط با هزینه‌های اجتماعی مدیریت کاه برنج یا سایر بقایای گیاهی صورت نگرفته است تا داده‌های آن با نتایج پژوهش حاضر مقایسه گردد. نتایج پژوهش Nabavi-Pelesaraei *et al.*, (2019) نشان دادند که هزینه‌های اجتماعی مربوط به گازهای تولیدی و هزینه-های زیست محیطی برای سفیدکردن شلتوک برنج به ازای هر تن محصول برابر با ۳۰/۹۹ دلار و در حالت بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک در حدود ۲۲/۸۸ دلار بدست آمد.



شکل ۳. هزینه اجتماعی ناشی از سوزاندن کاه برنج در یک هکتار تولید کاه در استان‌های مختلف



شکل ۴. هزینه اجتماعی برای بسته‌بندی کاه برنج در یک هکتار تولید کاه در استان‌های مختلف

بررسی تحلیل حساسیت داده‌های بدست آمده از تولید برنج در سه استان شمالی نشان داد که به ازای افزایش استفاده از یک واحد در نهاده‌های ورودی، کود شیمیایی نیتروزنه بالاترین میزان انتشار آلاینده‌ها را به همراه داشت و سبب ایجاد هزینه‌های اجتماعی بالاتری گردید. همچنین در بررسی هزینه‌های اجتماعی ناشی از مدیریت‌های مختلف کاه، نتایج نشان داد که افزایش یک واحد کود نیتروژنه سبب افزایش بیشتر محصول شده (برنج و کاه) و با افزایش تولید کاه و هزینه‌های اجتماعی مربوط به بسته‌بندی و یا سوزاندن این محصول افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثرات زیست محیطی تولید برنج و مدیریت‌های مختلف کاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین میزان تخلیه منابع مربوط به منابع فسیلی و پایین‌ترین میزان این شاخص مربوط به تخلیه منابع پتاس بود. همچنین نتایج نشان داد که گازهای آلاینده و هزینه‌های اجتماعی مربوط به کشت برنج در روش مکانیزه اتفاق افتاد. بالاترین میزان شاخص هزینه-های اجتماعی در تولید برنج در تیمار (ارقام پرمحصول-کشت مکانیزه-استان گلستان) و پایین‌ترین میزان این شاخص در تیمار (ارقام کم‌محصول-کشت مرسوم-استان گیلان) بود. همچنین بالاترین میزان انتشار گازهای آلاینده در هر دو سناریو مدیریت کاه مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن بود. همچنین نتایج انتشار گاز-های آلاینده در دو سناریو مختلف نشان داد که سناریو اول (سوزاندن کاه در مزرعه) نسبت به سناریو دوم (بسته‌بندی کاه برای خوراک دام) دارای مقادیر بسیار بالاتری بود.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از طرح مصوب به شماره ۰۲-۱۳۹۶-۲۶ در بوده و از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری قدردانی و سپاسگزاری می‌گردد.

REFERENCES

AghaAlikhani, M., Kazemi-Poshtmasari, H. & Habibzadeh, F. (2013). Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. Energy Conversion & Management 69, 157-162.

Agricultural statistical, (2014). Iran Agricultural Ministry. Tehran, Iran.

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. & Lammel, J. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20 (3), 247-264.

Buratti, C., Barbanera, M., & Fantozzi, F. (2009). Environmental impact assessment of fiber sorghum (Sudan-Grass) production systems for biomass energy production in a central region of Italy. Available at:https://www.researchgate.net/publication/254398987_ENVIRONMENTAL_IMPACT_ASSESSMENT_OF_FIBER_SORGHUM_SUDANGRASS_PRODUCTION_SYSTEMS_FOR_BIOMASS_ENERGY_PRODUCTIN_IN_A_CENTRAL_REGION_OF_ITALY.

Dastan, S., Noormohamadi, G., Madani, H., Soltani, A. (2015). Analysis of Energy Indices in Rice Production Systems in the Neka Region, Environmental Sciences, 13 (1): 53-66.

Emadi, B., Nikkhah, A. & Soltanali, H. (2016). Investigating the environmental impacts of kiwifruit production in Guilan province of Iran based on life cycle assessment methodology. Journal of Natural Environment 69 (1), 131-141. (In *Farsi*)

FAO, (2012). FAO statistical year book, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO, (2013). FAO statistical year book, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Firouzi, S. & Nikkhah, A. (2015). Life cycle assessment of peanut production in sole cropping & mixed intercropping with bean systems. Journal of Plant Ecophysiology 7 (22), 268-279. (In *Farsi*)

Ghani Nugroho, S., Sunyoto, Lumbanraja, J., Suprapto, H., Sabe Ardjasa, W. & Kimura, M. (1997) Effect of rice variety on methane emission from an Indonesian paddy field, Soil Science & Plant Nutrition, 43:4, 799-809.

Homauini, Z., Abolhassani L., Sabouhi, M. (2017). Environmental Impact Assessment of Different Varieties of Rice (Oryza sativa L.) Paddy in the Kordkoy, Journal of Agroecology 10 (2): 580-602.

Izadkhah, M., Tajbakhsh, M., Hassanzadeh, A., 2011. Evaluation of Energy Efficiency of Conventional & Mechanized Farming System on Potato Production in East Azarbyjan Province. Iranian Journal of Field Crops Research, 8 (2): 297-284. (In *Farsi*)

Kazemi, H., Kamkar, B., Lakzaei, S., Badsar, M. & Shahbyki, M. (2015). Energy flow analysis for rice production in different geographical regions of Iran. Energy 84, 390-396.

Khoramdel S, Shabahang, J., A. Ghafouri A. (2017). Evaluation of Environmental Impacts for Rice Agroecosystems using Life Cycle Assessment (LCA). Iranian Journal of Applied Ecology, 5(18): 1-14.

Luckow, P., Stanton, E.A., Fields, S., Biewald, B., Jackson, S., Fisher, J. & Wilson, R. (2015). Carbon Dioxide Price Forecast. Synap. Energy

Economics Inc. 1–39.

Mirhaji, H., Khojastehpour, M., & Abaspour-fard, M.H. (2013). Environmental effects of wheat production in the Marvdasht region. Journal of Natural Environment, 66(2), 223-232. (In *Farsi*)

Mohammadi-Barsari, A., Firoozi, S. & Aminpanah, H. (2016). Environmental impacts of watermelon production in Guilan province through Life Cycle Assessment. Iranian Journal of Bio-system Engineering, 47 (1), 139-146. (In *Farsi*)

Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-B&bafha, H. & Chau, K. (2019). Assessment of optimized pattern in milling factories of rice production based on energy, environmental and economic objectives. Energy 169, 1259-1273.

Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Chau, K., 2017. Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. Journal of Cleaner Production, 162: 571-586.

Nikkhah, A., Emadi, B., Soltanali, H., Firouzi, S., Rosentrater, K.A. & Allahyari, M.S. (2016). Integration of life cycle assessment and Cobb-Douglas modeling for the environmental assessment of kiwifruit in Iran. Journal of Cleaner Production 137, 843-849.

Nikkhah, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., Taheri-Rad, A. & Khorramdel, S. (2015). Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. Journal of Cleaner Production 92, 84-90.

Nikkhah, A., Taheri-radm A., Khojastehpourm M., Emadim B. & Paymanm H. (2014). Environmental Impacts of Peanut Production in Astaneh Ashrafiyeh of Guilan Province. Journal of Agroecology 6 (2), 373-382. (In *Farsi*)

Nor-Hossini, S.A. & Nikkhah A., (2018). Investigating the environmental impacts for peanut production in Astaneh Ashrafieh based on nitrogen fertilizer consumption through Life Cycle Assessment (LCA). Journal of Plant Ecophysiology 10 (33): 156-173. (In *Farsi*)

Pearce, D. (2003). The Social Cost of Carbon & its Policy Implications. Oxford Review Economic Policy 19, 362–384.

Rahimi, N., Kargari, N., Samadyar, H. & Nikkhah Monfared, M. (2014). So0cial (External) Costs of NO_x, SO_2 and CO_2 Emissions from Energy Sector (Power Plants) in Iran, Journal of Environmental Science & Technology 16 (3), 107-117. (In *Farsi*)

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W., Suh, S., Weidema, B.P. & Pennington, D.W. (2004). Life cycle assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environmental International 30, 701–720.

Silalertruksa, T. & Gheewala, S.H., (2013). A comparative LCA of rice straw utilization for fuels and fertilizer in Thailand. Bioresource Technology 150, 412–419.

Singh, R.B. (1993). Research and development strategies for intensification of rice production in Directorate of Rice Research. 25-44.

Soam, S., Borjesson, P., Sharma, P. K., Gupta, R. P., Tuli, D. K. & Kumar, R. (2017). Life cycle assessment of rice straw utilization practices in India. Bioresource Technology 228, 89–98.

Wang, M., Xia, X., Zhang, Q. & Liu, J. (2010). Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region, China. International Journal of Sustainable Development & World Ecology 17(2), 157-161.

Yodkhum, S., Sampattagul, S. & Gheewala, S.H. (2018). Energy & environmental impact analysis of rice cultivation and straw management in northern Thailand. Environmental Science & Pollution Research, 25, 17654–17664