نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 4، زمستان 1396، ص. 909-892

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 892-909

ارزیابی و مقایسه شاخص‌های زیست‌محیطی تولید ذرت (*Zea mays* L.) هیبریدی با سه روش مختلف برداشت در استان البرز به روش ارزیابی چرخه حیات

مجید خانعلی[1*]، بهزاد الهامی[2]، هادی اسلامی[2] و سلیمان حسین پور[1]

تاریخ دریافت: 1394/11/22
تاریخ پذیرش: 1395/08/04

خانعلی، م.، الهامی، ب.، اسلامی، ه.، و حسین‌پور، س. 1396. ارزیابی و مقایسه شاخص‌های زیست‌محیطی تولید ذرت (*Zea mays* L.) هیبریدی با سه روش مختلف برداشت در استان البرز به روش ارزیابی چرخه حیات. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(4): 909-892.

چکیده

ارزیابی چرخه حیات، روشی است که اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول در کل چرخه حیات آن ارزیابی می‌شود. در هر پروژه چرخه حیات، چهار مرحله‌ی اساسی مورد بررسی قرار می‌گیرد که شامل تعریف هدف و دامنه، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی اثرات چرخه حیات و تحلیل نتایج می‌باشند. در این مطالعه، به دلیل کوچک بودن حجم جامعه، سرشماری صورت گرفت و اطلاعات لازم برای تشکیل ممیزی، از 30 مزرعه واقع در شهرستان‌های کرج و نظرآباد در سال زراعی 92-1391 از طریق پرسش‌نامه و پایگاه داده‌ای استخراج گردید. سپس به ارزیابی ده شاخص زیست‌محیطی شامل پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل اسیدی شدن، نقصان لایه اوزون، تقلیل منابع آلی، اکسیداسیون فتوشیمیایی، مسمومیت انسانی، مسمومیت خاک، مسمومیت آب‌های آزاد و مسمومیت آب‌های سطحی با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات بر مبنای روش ایزو 14040 پرداخته شد. یک تن ذرت (*Zea mays* L.) هیبریدی تولید شده و دروازه مزرعه به‌ترتیب به‌عنوان واحد کارکردی و مرز سامانه انتخاب شدند. بیشترین آسیب به محیط‌زیست در بخش شاخص مسمویت آب‌های آزاد صورت گرفت. برای این بخش اثر، میزان انتشارات زیست‌محیطی در سه روش برداشت دستی، کمباین و پیکرهاسکر به‌ترتیب 339132، 368621 و 384660 معادل کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 به ازای یک تن محصول تولیدی محاسبه گردید. در روش برداشت با پیکرهاسکر، مقادیر نرمال شده‌ی تمامی بخش‌های اثر به غیر از تقلیل منابع غیر آلی، پتانسیل گرمایش جهانی و مسمومیت آب‌های سطحی، نسبت به دو روش دیگر برداشت بیشتر می‌باشد. ارزیابی چرخه حیات نشان داد که در بخش مزرعه‌ای، بیش‌ترین بارهای محیطی، به‌ترتیب ناشی از عملیات آبیاری، کود نیتروژن، سوخت دیزل و الکتریسیته مصرفی بوده است. در مجموع، روش برداشت با دست در مقایسه با دو روش دیگر بار محیطی کمتری ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: انتشارات مستقیم، انرژی مصرفی، سوخت دیزل، عملیات آبیاری، نرمال‌سازی

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.)، از خانواده غلات[3]، یکی از چهار غله عمده عمده جهان می‌باشد. تولید سالانه ذرت بذری در ایران برابر 15500 تن و عملکرد آن برابر 2/8 تن در هکتار می‌باشد (Anonymous., 2013). به‌منظور حصول محصول مرغوب در زراعت ذرت از ذرت بذری هیبرید استفاده می‌شود که نتیجه تلاقی پایه‌های مطلوب گرده‌افشان (پایه نر) و پایه‌های بذری (پایه مادری) می‌باشد.

یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در تولید پایدار محصولات غذایی و کشاورزی، مقدار انرژی ورودی به‌ازای تولید یک واحد از محصول می‌باشد. از طرف دیگر، استفاده شدید از انرژی موجب بروز برخی مشکلات برای سلامتی انسان و محیط‌زیست شده است. با توجه به این مسائل، امروزه جهان در یافتن الگوهای پایدار استفاده از انرژی به

1 و 2- به‌ترتیب استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: khanali@ut.ac.ir
DOI:10.22067/JAG.V9I4.52447
3- Poaceae

منظور نگهداری و ذخیره منابع سوخت فسیلی برای نسل‌های آینده و کاهش اثرات سوء ناشی از سوزاندن منابع سوخت فسیلی بر محیط زیست، با چالشی جدی مواجه است (Ozkan et al., 2004).

بر اساس استاندارد ایزو 14040، ارزیابی چرخه حیات روشی است که در آن کلیه اثرات زیست محیطی مرتبط با یک محصول، در کل چرخه حیات آن از مرحله استخراج و یا جمع‌آوری مواد خام تا تولید، مصرف، بازیافت، ضایعات حاصل و در نهایت دفع آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. امروزه مصرف‌کننده‌های متعهد به محیط زیست حساسیت ویژه‌ای بر روی شاخص‌های زیست محیطی از زمان تولید تا مصرف محصول دارند. در واقع کالایی دارای مقبولیت بیشتر است که اثرات زیست‌محیطی کمتری داشته باشد. همچنین کاهش سریع منابع سوخت‌های فسیلی و تأثیرات مخرب استفاده از این سوخت‌ها بر تغییرات آب و هوایی، اهمیت مبحث ارزیابی چرخه حیات را بیش از پیش آشکار می‌سازد (Hauschild et al., 1998; Reddy et al., 2000). به طور کلی ارزیابی چرخه حیات می‌تواند در موارد زیرمفید واقع شود (Rahimyan, 2015):

الف- شناسایی فرصت‌ها به‌منظور بهبود عملکرد زیست‌محیطی محصولات در نقاط مختلف چرخه حیات آن‌ها؛

ب- آگاهی دادن به‌تصمیم‌گیرندگان و تولیدکنندگان؛

ج- انتخاب شاخص‌های مرتبط با عملکرد زیست‌محیطی، از جمله فنون اندازه‌گیری؛

د- بازاریابی (مانند اجرای یک طرح برچسب‌گذاری زیست‌محیطی یا ایجاد اعلامیه زیست‌محیطی محصول).

همان‌طورکه در شکل 1 نیز نشان داده شده است، هر پروژه ارزیابی چرخه حیات بر اساس استاندارد ایزو 14040، دارای چهار مرحله الزامی است (ISO 14040, 2006).

الف- تعریف هدف و دامنه: در این مرحله چهارچوب کلی کار که شامل واحدهای کارکردی (جریان‌های مرجع)، مرزهای سامانه و تخصیص منابع است، مشخص می‌شود.

ب- ممیزی چرخه حیات: در این مرحله، منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها در کل یا بخشی از دوره زندگی محصول که با توجه به مرزهای سامانه تعیین می‌شوند، در نظر گرفته می‌شود.

ج- ارزیابی تأثیرات چرخه حیات: به‌منظور تفسیر نتایج، انتشار آلاینده‌های مهم در بخش‌های اثرگذار ارائه می‌گردد.

د- تحلیل نتایج: در این قسمت تمام نتایج به منظور نتیجه‌گیری و ارائه راه‌کارها مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

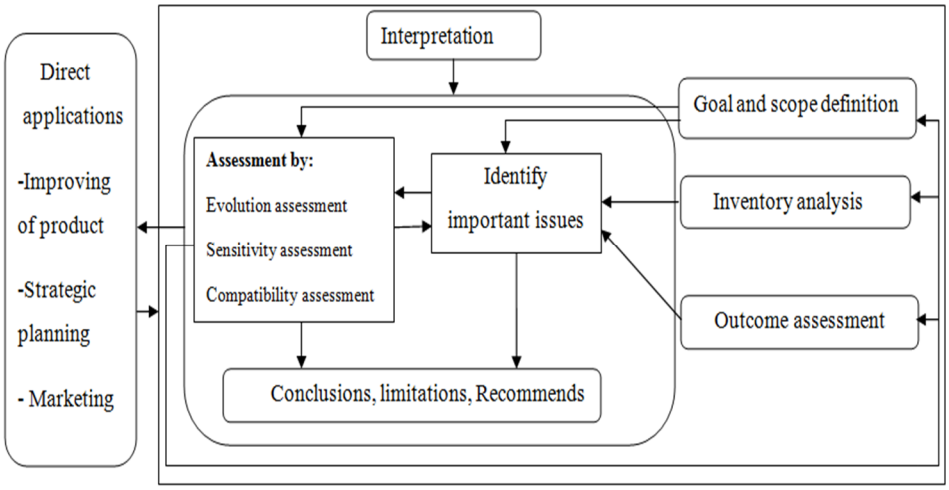
یکی از اقدامات مهم و الزامی در مرحله تعیین هدف و دامنه، انتخاب مرز سامانه است. اهمیت موضوع زمانی مشخص می‌شود که بدانیم مشکلات زیست‌محیطی سامانه‌های کشاورزی حتی پس از برداشت محصول و در طول فرآیندهای پس از برداشت نیز می‌توانند ادامه داشته باشند (Khoshnevisan et al., 2013a).

واحد کارکردی مبنایی است که تمامی محاسبات در طول چرخه حیات محصول بر اساس آن انجام می‌پذیرد (Khoshnevisan et al., 2013a).

در ارزیابی چرخه حیات، شاخص‌های زیست محیطی مورد بررسی عبارتند از؛ پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل اسیدی شدن، نقصان لایه اوزون، تقلیل منابع غیرآلی، مسمومیت انسانی، مسمومیت خاک، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت آب‌های سطحی و اکسیداسیون فتوشیمیایی (Hauschild et al., 1998; Reddy et al., 2000).

تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه تحلیل شاخص‌های زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای به ارزیابی پنج شاخص زیست‌محیطی شامل پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی، مسمومیت انسانی و مسمومیت خاک در کشت نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) در استان اصفهان پرداخته شد. در این بررسی به‌ترتیب آلاینده‌های منتشر شده از کود نیتروژن، کاربرد ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل و کود دامی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را بر پنج شاخص مذکور داشته‌اند. همچنین مقدار شاخص پتانسیل گرمایش جهانی به‌ازای تولید یک تن نخود زراعی 3032 کیلوگرم معادل کربن‌دی‌اکسید گزارش گردید (Elhami et al., 2016). اسماعیل پور و همکاران (Esmaeelpour et al., 2015) به بررسی اثرات زیست محیطی و نظام‌های تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بر مبنای کود نیتروژن با استفاده از ارزیابی چرخه حیات پرداختند. در این مطالعه بخش‌های اثر اندازه‌گیری‌شده شامل پتانسیل اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون و گرمایش جهانی بودند. نتایج نشان داد که بالاترین پتانسیل اوتریفیکاسیون در محیط‌های خشکی و آبی مربوط به سطح کودی بیش از 400 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به‌ترتیب برابر با 0/72 واحد معادل اکسیدهای نیتروژن و 1/80 واحد معادل، فسفات به‌ازای یک تن غده سیب‌زمینی مصرفی بود. در بررسی شاخص‌های

زیست‌محیطی کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) با رویکرد چرخه حیات در استان اصفهان در سطح یک هکتار، شاخص پتانسیل گرمایش جهانی 2711/58 کیلوگرم معادل کربن‌دی‌اکسید برآورد شد که سهم الکتریسیته، کود نیتروژن، سوخت و ماشین به‌ترتیب 74، 11/7، 7/5و 4/5 درصد در آلایندگی زیست‌محیطی محاسبه گردید (Khoshnevisan et al., 2013b). پور قاسمیان و مرادی (Pourghasemian & Moradi, 2017) به ارزیابی انتشارات گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی در کشت سه محصول سیب‌زمینی، پیاز (*Allium cepa* L.) و هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) در استان کرمان پرداختند. نتایج نشان داد که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف کود نیتروژن بیش از سایر نهاده‌های شیمیایی بود. همچنین، میزان سالیانه پتانسیل گرمایش معادل دی اکسید کربن در کشت سیب‌زمینی، هندوانه و پیاز به ترتیب برابر با 6814/2، 6024/2 و 2125 تن محاسبه گردید. در مطالعه‌ای بر روی محصول سویا (*Glycine max* L.) در استان گلستان، پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید یک کیلوگرم سویا، 975 گرم معادل دی‌اکسیدکربن برآورد شد که سهم خاکورزی، کاشت، کاربرد سموم، کود شیمیایی، آبیاری، برداشت و مدیریت بقایای گیاهی به‌ترتیب 35، 9، 26، 524، 301، 41و 91 گرم معادل کربن‌دی‌اکسید به‌دست آمد. همچنین آتش زدن و انتقال بقایای گیاهی، به‌ترتیب باعث بیش‌ترین و کمترین انتشار در گازهای کربن-دی‌اکسید، متان و نیتروژن‌دی‌اکسید گزارش گردید (Mohammadi et al., 2013).



شکل 1- چهار مرحله اساسی ارزیابی چرخه حیات

Fig. 1- Four main stages in life cycle assessment

با توجه به این‌که در کشور ما نقش مهم مدیریت زیست‌محیطی ناشی از تولید محصولات کشاورزی مورد غفلت واقع شده است و همچنین تاکنون تحقیقی در زمینه تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی تولید ذرت بذری هیبرید صورت نگرفته است، بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، بررسی پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف نهاده-ها در ارتباط بخش‌های اثر از قبیل پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، مسمومیت انسانی، پتانسیل اسیدی شدن، نقصان لایه اوزون، تقلیل منابع غیرآلی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت آب‌های سطحی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و مسمومیت خاک ناشی از تولید یک تن ذرت هیبریدی با سه روش مختلف برداشت با کمباین، برداشت با پیکرهاسکر و برداشت دستی به روش ارزیابی چرخه حیات بود.

مواد و روش‌ها

زراعت ذرت هیبریدی

قبل از کشت محصول، زمین زراعی باید به‌طریقی آماده شود که ذرات خاک کاملاً یکنواخت شده، عمق خاک در تمام قسمت‌های زمین یکسان و رطوبت کافی در اعماق زمین موجود باشد. بدین

منظور باید زمین را شخم زده و سپس توسط دیسک، هرس و یا تیلر بستر بذر را کاملاً آماده نمود. سپس مرحله کاشت صورت می‌گیرد. به منظور هم‌زمان شدن گرده‌افشانی در مزرعه‌ی ذرت بذری، کشت والد مادری در یک مرحله و والد پدری با تأخیر و در دو مرحله انجام می‌شود. سپس عملیات آبیاری، کودپاشی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، حذف بوته‌های خارج از تیپ، تاسل‌کشی، فرتیل‌کشی و حذف بوته پدری صورت می‌گیرد. در زمان برداشت، رطوبت مناسب دانه در حدود 20 درصد بر پایه خشک می‌باشد. مزرعه به‌وسیله کمباین، پیکرهاسکر و یا دستی برداشت می‌شود و بلال‌های برداشت شده در فضای مناسب انبار می‌گردد و نسبت به حذف بوته‌های آلوده به بیماری‌های قارچی اقدام می‌شود (Choghan et al., 2004).

جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات مورد نیاز برای تشکیل ممیزی چرخه حیات به دو صورت زیر جمع‌آوری گردیده است.

الف) استفاده از پرسش‌نامه: اطلاعات لازم برای کشت یک هکتار ذرت هیبریدی در سال زراعی 92-1391 از طریق پرسشنامه و گفتگوی مستقیم با کشاورزان گردآوری شد. به دلیل کم بودن حجم جامعه، از روش سرشماری استفاده گردید و بر این اساس تعداد 30 پرسش‌نامه تهیه گردید. این اطلاعات شامل سوخت‌های فسیلی (سوخت دیزل)، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفات، سولفور)، ماشین‌ها و تجهیزات ثابت (عملیات مختلف کشاورزی)، سموم شیمیایی، گاز طبیعی، الکتریسیته (جهت تأمین برق پمپ‌های آبیاری)، منابع طبیعی (آب)، کلیه عملیات زراعی شامل: کاشت، تغذیه گیاه، آبیاری، برداشت و تأمین مصرف سوخت جهت انجام آن‌ها در نظر گرفته شد. در کنار ورودی‌ها، خروجی‌ها شامل میزان عملکرد محصول تولیدی در سه روش مختلف برداشت از مزارع زارعین جمع‌آوری و وارد پرسش‌نامه‌ها گردید.

ب) استفاده از پایگاه داده‌ای: آلاینده‌های منتشر شده از هر یک از فعالیت‌ها و نهاده‌های مصرفی در مرز سامانه که به سه بخش آب، خاک و هوا منتشر می‌شود از پایگاه داده‌ای اکواینونت[1] و مطالعات پیشین انجام شده به‌دست آمد که در بخش‌های بعدی نحوه محاسبات مربوط به این انتشارات شرح داده شده‌اند.

1- Ecoinvent

مراحل مطالعاتی چرخه حیات

همان طور که قبلاً گفته شد، ارزیابی چرخه حیات از روندی که در استاندار ایزو 14040 آورده شده پیروی کرده و از چهار مرحله تشکیل شده است: تعیین هدف و دامنه، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی اثرات و تحلیل نتایج (ISO 14040, 2006).

تعیین هدف و دامنه

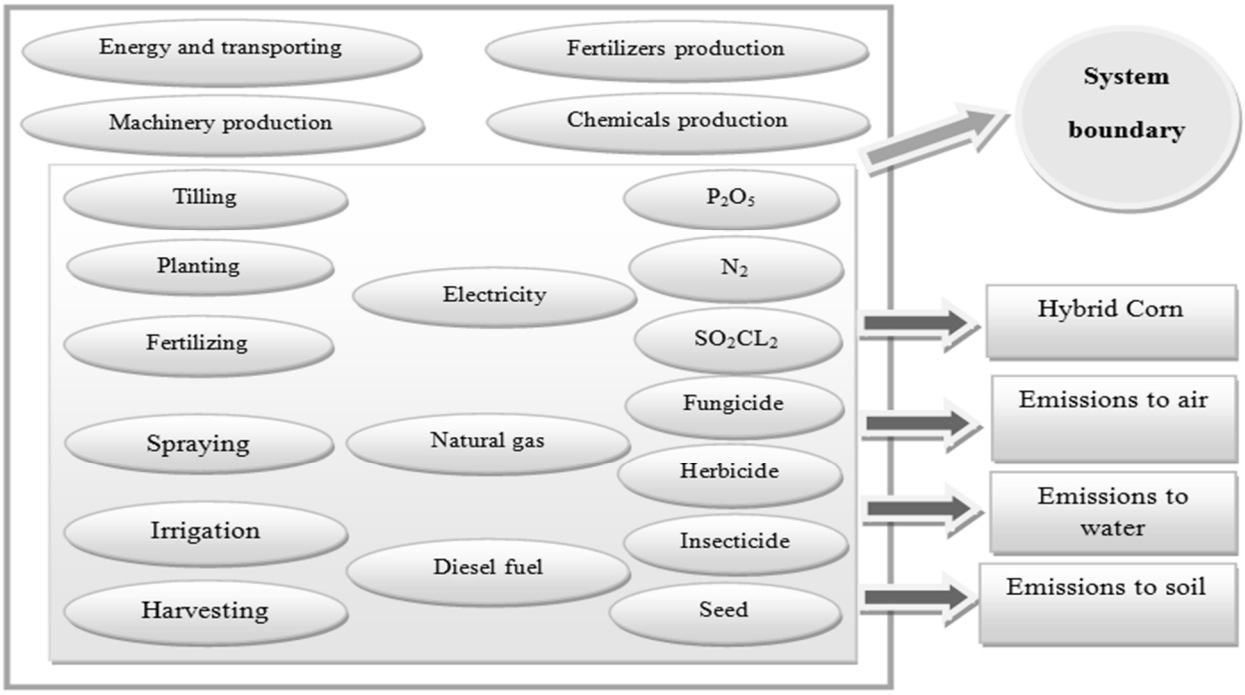
تعیین هدف، نتیجه و عواید حاصل از مطالعه را مشخص می‌کند و تعیین دامنه در رابطه با توصیف واحد کارکردی محصول مورد مطالعه، سامانه تولید و مرزهای آن بحث می‌کند (ISO 14040, 2006). تعیین مرز مطالعه به منظور محاسبه دقیق‌تر مواد منتشرشده ناشی از مصرف درون مزرعه و یا پس از برداشت و خروج از مزرعه و در طی فرآیندهای فرآوری ضروری می‌باشد (Suh et al., 2004). سامانه تولید ذرت هیبریدی مورد مطالعه در شکل 2 نشان داده شده است. دروازه مزرعه به عنوان مرز سامانه تعیین گردید، بدین معنی که تنها آلاینده‌های منتشر شده از مصرف نهاده‌ها در موقع عملیات زراعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یکی دیگر از مراحلی که در یک پروژه‌ی ارزیابی چرخه حیات باید انجام شود، انتخاب واحد کارکردی است. واحد کارکردی یک مفهوم کلیدی در مطالعات ارزیابی چرخه حیات می‌باشد که مقایسه تولیدات و خدمات مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد. در این مطالعه واحد کارکردی مد نظر، بر اساس یک تن ذرت هیبریدی تولید شده در نظر گرفته شده و محاسبات بر مبنای آن صورت می‌پذیرد (IPCC, 2006).

ممیزی چرخه حیات

همان‌طور که در بخش قبل نیز بیان گردید، اطلاعات مربوط به ممیزی چرخه حیات از دو منبع پرسش‌نامه و پایگاه‌های داده‌ای جمع‌آوری می‌گردد. جدول 1، اطلاعاتی که از داده‌های پرسش‌نامه توسط زارعین منطقه مورد مطالعه به‌دست آمده را نشان می‌دهد. نهاده‌های سوخت دیزل و آفت‌کش مصرفی که به صورت لیتر در یک هکتار زمین زراعی به‌دست آمده در محاسبات ارزیابی چرخه حیات به صورت کیلوگرم وارد می‌گردد که بدین منظور، باید آن‌ها را در دانسیته مربوط به هر نهاده ضرب نمود. همچنین در موردکودهای شیمیایی باید مقادیر واقعی آن‌ها بر حسب کیلوگرم بر هکتار را در مقدار مؤثره مربوط به هر کود ضرب نمود تا مقدار واقعی در محاسبات وارد گردد.

در محاسبات مربوط به ارزیابی چرخه حیات، نهاده‌های موجود در جدول 1 تحت عنوان انتشارات غیر مستقیم شناخته می‌شود، این در حالی است که آلاینده‌های منتشر شده مربوط به هر نهاده که ضرایب مربوط به آن از پایگاه‌های داده‌ای و مطالعات صورت گرفته به‌دست می‌آید (انتشارات درون سامانه) را انتشارات مستقیم می‌گویند که در ادامه شرح داده می‌شود.



شکل 2- دروازه مزرعه به عنوان مرز سامانه تولیدی در تولید ذرت هیبریدی

Fig. 2- The farm gate as system boundary in production of hybrid corn

آلودگی‌های ناشی از مراحل کشت ذرت هیبریدی شامل سه دسته انتشار به هوا، آب و خاک می‌باشد. استفاده از کودهای شیمیایی سبب انواع انتشارات مستقیم می‌شود از جمله؛ انتشار آمونیاک به هوا، آبشویی نیترات به آب‌های زیرزمینی، انتشار دی‌نیتروژن منواکسید به هوا و انتشار اکسیدهای نیتروژن به هوا. از میان روش‌های مختلف برای برآورد انتشارات مستقیم مربوط به کودهای شیمیایی، در این مطالعه روش‌های برنتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2000)، سازمان حفاظت محیطزیست[1] (EPA, 1995) و هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی[2] (IPCC, 2006) مورد استفاده قرار گرفت. دستورالعمل‌های منتشرشده توسط هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی برای برآورد انتشارات دی‌نیتروژن منواکسید به هوا استفاده شد. بر این اساس، فرض می‌شود که استفاده از هر 100 کیلوگرم کود بر پایه نیتروژن منجر به انتشار 1/25 کیلوگرم دی‌نیتروژن منواکسید به هوا می‌شود. همچنین فرض شده که انتشار اکسیدهای نیتروژن و آمونیاک به‌ترتیب برابر با دو و هشت درصد از کل مقدار کود نیتروژن اعمال شده می‌باشد (Galloway et al., 1995). علاوه بر این، فرض شد که 30 درصد از کل کودهای شیمیایی نیتروژن به‌صورت نیترات از سطح مقطع خاک آبشویی می‌گردد (Erickson et al., 2001). استفاده از کود فسفر نیز موجب انتشار آلاینده‌هایی به خاک و آب می‌شود. انتشار فسفر به‌صورت فسفات از طریق یک موازنه محاسبه می‌شود که در آن ورودی‌ها شامل فسفر، بذر و کود مصرفی بوده و خروجی‌ها محصول ذرت و فسفر جمع شده در خاک است. از نظر دالگارد و همکاران (Dalgaard et al., 2007) 2/9 درصد از فسفر جمع شده در خاک به‌صورت فسفات آبشویی شده وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود. فسفر باقی‌مانده در خاک تجمع پیدا می‌کند. در این مطالعه فرض شده که میزان فسفر آبشویی شده به صورت فسفات، 0/22 کیلوگرم در هر هکتار است. در بین نهاده‌های مصرفی در منطقه مورد مطالعه، انتشارات حاصل از ماده مؤثره سموم شیمیایی را مانند

1- Environmental Protection Agency
2- Intergovernmental Panel on Climate Change

مطالعات دیگر به عنوان انتشارات به خاک در نظر مـی‌گیرنـد و مقـدار ماده مؤثر هر کدام از سموم به صورت مستقیم در نظر گرفته می‌شـود (IPCC, 2006). برای برآورد انتشارات کربن دی اکسید، دی نیتروژن منواکسید و گاز متان ناشی از مصرف گـاز طبیعـی دسـتورالعمل‌هـای منتشرشده توسط هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد کـه به‌ازای هر مگاژول استحصال انرژی از گاز طبیعـی 56/1 گـرم کـربن دی اکسید، 1 گرم گاز متان و 0/1 گرم دی نیتروژن منو اکسید به هوا منتشر می‌شود (IPCC, 2006).

جدول 1- مقادیر نهاده‌ها و ستانده برای تولید یک هکتار ذرت هیبریدی با سه روش مختلف برداشت

Table 1- The amount of inputs and output for seed corn production per ha in three different harvesting methods

ورودی/ خروجی (واحد) Input / Output (Unit)	دست Manually	کمباین Combine	پیکرهاسکر Picker husker
ورودی Input			
ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery			
الف) تجهیزات کشاورزی (کیلوگرم) a) Agricultural implements (kg)	31.78	35.62	36.02
ب) تجهیزات ثابت (ساعت) b) Stationary equipment (hr)	2.42	2.13	2.42
سوخت دیزل (کیلوگرم) Diesel fuel (kg)	113.98	136.37	136.74
گاز طبیعی (متر مکعب) Natural gas (m^3)	177.35	78.01	119.75
الکتریسیته (کیلو وات ساعت) Electricity (kWh)	1545.27	1886.20	2039.01
Chemical fertilizers (kg) کودهای شیمیایی (کیلوگرم)			
نیترات Nitrate (N_2)	258.32	255.50	260.67
سولفور کلرید Sulfur chloride	63.63	68.75	60.71
فسفات Phosphate	44.11	44.18	43.04
آب آبیاری (متر مکعب) Irrigation (m^3)	15927.2	15500	16457.14
بذر (کیلوگرم) Seed (kg)	25.18	25.21	25.21
آفت‌کش (کیلوگرم) Pesticides (kg)			
حشره‌کش Insecticide	1.33	1.33	1.33
قارچ‌کش Fungicide	1.875	1.875	1.875
علف‌کش Herbicide	0.86	0.92	0.93
خروجی Output			
دانه ذرت (کیلوگرم) Corn seed (kg)	2145.45	2516.60	2414.28

استفاده از سوخت دیزل باعث انتشار آلاینده‌هایی به هوا می‌شود. در این مطالعه از داده‌های ممیزی چرخه حیات در پایگاه داده‌ای اکوواینونت استفاده شد (Nemecek & Kagi, 2007). میزان انتشار آلاینده‌ها به‌ازای هر مگاژول استحصال انرژی از سوخت دیزل در جدول 2 خلاصه شده است.

جدول 2- مقادیر انتشار به هوا مربوط به استحصال یک مگاژول انرژی از سوخت دیزل در پایگاه داده‌ای اکواینونت

Table 2- The amount of emission to air for 1 MJ energy extraction from diesel fuel in Ecoinvent database

انتشارات Emissions	مقدار (گرم به ازای هر مگاژول استحصال انرژی از دیزل) Amount (g per MJ of energy extraction from diesel)
کربن دی اکسید Carbon dioxide (CO_2)	74.5
گوگرد دی اکسید Sulfur dioxide (SO_2)	0.0241
آمونیاک Ammonia (NH_3)	0.000477
اکسیدهای نیتروژن Nitrogen Oxides (NO_x)	1.06
مس Copper (Cu)	0.0000406
نیکل Nickel (Ni)	0.00000167
روی Zinc (Zn)	0.0000239
سلنیوم Selenium (Se)	0.000000239
سایر هیدروکربن‌ها Hydrocarbons (HC, as NMVOC)	0.068
کربن منو اکسید Carbon monoxide (CO)	0.15
ذرات معلق با ابعاد کمتر از 2/5 میکرون Particulates (b<2.5µm)	0.107

ارزیابی اثرات چرخه حیات

در مرحله ارزیابی اثرات، ورودی‌های منابع طبیعی و انتشارات زیست‌محیطی به سهم آن‌ها در محدوده بخش‌های اثر منتخب محاسبه می‌شود. هدف از ارزیابی اثرات چرخه حیات تفسیر بیشتر داده‌های ممیزی این چرخه می‌باشد (Khoshnevisan et al., 2013a). روش ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی بر اساس روش CML 2 baseline 2000 V2.05 / World, 1997 /characterization انتخاب گردیده است (Pre Consultants, 2003). با استفاده از این روش، 10 بخش اثر شامل پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، مسمومیت انسانی، پتانسیل اسیدی شدن، نقصان لایه اوزون، تقلیل منابع غیرآلی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت آب‌های سطحی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و مسمومیت خاک مورد ارزیابی قرار گرفته است. تقلیل منابع به بخشی از منابع طبیعی (شامل منابع انرژی مانند نفت خام، انرژی باد و غیره) اطلاق می‌گردد که موجودات و منابع زنده مانند درختان و جنگل‌ها را در بر نمی‌گیرد. در حقیقت این بخش اثر به بررسی میزان مصرف منابع غیر آلی در طول چرخه حیات محصولات می‌پردازد. یکای این شاخص کیلوگرم معادل سرب می‌باشد. اسیدی شدن تأثیر بسیار گسترده‌ای بر روی خاک، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، ارگانیسم‌ها و اکوسیستم دارد و واحد آن کیلوگرم معادل گوگرد دی اکسید می‌باشد. گرمایش جهانی به منظور بیان سهم گازهای منتشر شده از سامانه‌های زراعی که سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌شود استفاده می‌گردد و دارای یکای کیلوگرم معادل کربن دی‌اکسید می‌باشد. مسمومیت انسانی و

مسمومیت خاک شاخص‌هایی هستند برای بررسی تأثیر مواد سمی منتشر شده از مصرف نهاده‌ها که به ترتیب بر روی انسان‌ها و موجودات خاکی تأثیر گذار هستند. این شاخص‌ها بر حسب کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 بیان می‌شود. اختناق دریاچه‌ای پوشش دهنده‌ی تأثیرات ناشی از مصرف ریز مغذی‌های استفاده شده است که مهم‌ترین آن‌ها ازت و فسفر می‌باشد. واحد این شاخص کیلوگرم معادل فسفات می‌باشد. نقصان لایه اوزون مربوط به کاهش مولکول‌های ازن در استراتوسفر زمین در اثر انتشار کلروفلوئوروکربن‌ها می‌باشد (Brasseur & Grunier, 2001). یکای مورد استفاده برای این شاخص کیلوگرم معادل کلرو فلوئورو کربن-11 است. مسمومیت آب‌های سطحی و مسمومیت آب‌های آزاد به ترتیب بر پایه بیشترین قابلیت آب‌های سطحی و آزاد در دارا بودن مقدار ماده سمی می‌باشد. این دو شاخص نیز بر حسب کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 اندازه‌گیری می‌شوند. در نهایت، اکسیداسیون فتوشیمیایی مربوط به انتشار اکسیدان‌های شیمیایی است. عوامل اکسیدکننده‌ای مانند اوزون (O_3)، پراکسی استیل نیترات ($C_2H_3NO_5$)، اسید فرمیک (HCOOH) و سایر موادی که بتوانند بلور پتاسیم را اکسید کنند در زمره اکسیدان‌های فتوشیمیایی قرار دارند. واحد این شاخص کیلوگرم معادل اتیلن است.

به‌منظور انجام محاسبات ارزیابی چرخه زندگی از نرم‌افزار سیماپرو (SimaProV 8.0) استفاده گردیده است.

تفسیر نتایج

در چهارمین مرحله از ارزیابی چرخه حیات، تمام نتایج به منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها، موردبررسی قرار می‌گیرند. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه در بخش بعد مورد بحث قرار خواهد گرفت.

نتایج و بحث

میزان شاخص‌های زیست محیطی در کشت یک تن ذرت هیبریدی در سه روش مختلف برداشت

شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه شده به ازای یک تن ذرت هیبریدی در سه روش مختلف برداشت در جدول 3 نشان داده شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود به ازای یک تن برداشت ذرت هیبریدی توسط کمباین، در سه بخش اثر شامل پتانسیل گرمایش جهانی، تقلیل منابع غیرآلی و مسمومیت آب‌های سطحی بارهای محیطی بیشتری نسبت به دو روش دیگر برداشت ایجاد می‌گردد. در بقیه بخش‌های اثر، روش برداشت با پیکرهاسکر نسبت به روش‌های برداشت دیگر اثرات زیست‌محیطی بیشتری ایجاد می‌شود.

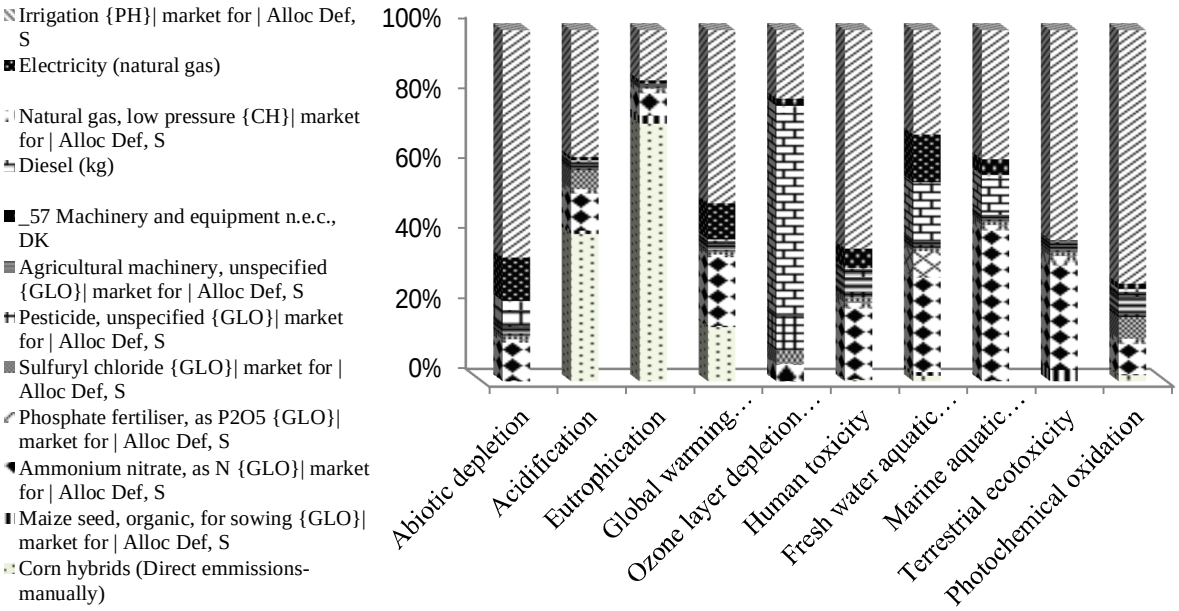
سهم هر یک از نهاده‌ها و انتشارات مستقیم مزرعه‌ای بر شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید یک تن ذرت هیبریدی

شکل‌های 3، 4 و 5 سهم هر یک از نهاده‌های ورودی و همچنین انتشارات مستقیم (انتشارات درون مزرعه) مربوط به کشت ذرت هیبریدی را به ترتیب با روش‌های برداشت دستی، کمباین و پیکرهاسکر نمایش می‌دهند. همان‌طورکه مشاهده می‌شود در شاخص تقلیل منابع غیر آلی به‌ازای یک تن محصول تولیدی، عملیات آبیاری در سه روش برداشت دستی، کمباین و پیکر هاسکر به‌ترتیب با 18، 20 و 21/5 کیلوگرم معادل سرب بیشترین بار زیست محیطی را در این قسمت داشته است. برخی از تحقیقات حاکی بر این است که در اثر مصرف الکتریسیته و گاز طبیعی برای تولید مواد غذایی در سطوح صنعتی، منابع غیر آلی تا 26 درصد تقلیل یافته‌اند (CalderónIglesias et al., 2010). در شاخص پتانسیل اسیدی شدن انتشارات مستقیم مزرعه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها در سه روش برداشت پیکرهاسکر، کمباین و دستی به‌ترتیب با مقادیر 18، 16/5 و 15/5 کیلوگرم معادل گوگرددی‌اکسید بیشترین بار محیطی را در این بخش ایجاد نموده‌اند. کود شیمیایی بر پایه نیتروژن بیشتر بار زیست‌محیطی را بر این شاخص گذاشته است. پتانسیل اسیدی شدن محصولات خربزه (*Cucumis melo* L.)، فلفل (*Capsicum annuum* L.)، کدو سبز (*Cucurbita pepo* L.) و گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) به‌ازای یک تن محصول تولیدی در ایتالیا به‌ترتیب، 11/2، 6/9، 13و 5/7 کیلوگرم معادل گوگرددی‌اکسید برآورد گردید که در تمامی محصولات اثر آبیاری اعمال شده، کودهای شیمیایی و تجهیزات حمل و نقل بیشترین آلاینده منتشر شده را بر تمامی شاخص‌های زیست‌محیطی داشته است (Cellura et al., 2012).

جدول 3- شاخص‌های زیست محیطی تولید یک تن ذرت هیبریدی در سه روش مختلف برداشت

Table 3- Environmental impacts for production of one ton hybrid corn with three different harvesting methods

بخش‌های اثر Impact Categories	واحد Unit	دستی Manually	کمباین Combine	پیکر هاسکر Piker husker
پتانسیل گرمایش جهانی Global warming potential	کیلوگرم معادل کربن دی‌اکسید Kg CO_2 eq.	4752.158	5272.98	5187.97
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	کیلوگرم معادل فسفات Kg PO_4^{3-} eq.	8.869	9.477	10.370
پتانسیل مسمومیت انسانی Human toxicity potential	کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 Kg 1.4- DB eq.	1871.416	2044.77	2111.726
پتانسیل اسیدی شدن Acidification potential	کیلوگرم معادل گوگرد دی اکسید Kg SO_2 eq.	36.825	39.488	43.121
نقصان لایه‌ی ازون Ozone layer depletion	کیلوگرم معادل کلرو فلوئورو کربن-11 Kg CFC-11 eq.	0.00048	0.00051	0.00052
Abiotic depletion تقلیل منابع غیر آلی	کیلوگرم معادل سرب Kg Sb eq.	27.587	30.621	30.011
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	کیلوگرم معادل اتیلن Kg C_2H_4eq.	1.293	1.401	1.535
پتانسیل مسمومیت خاک Terrestrial ecotoxicity	کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 Kg 1.4-DB eq.	19.611	21.311	23.326
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater aquatic ecotoxicity potential	کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 Kg 1.4-DB eq.	71.038	76.576	71.700
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotoxicity potential	کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 Kg 1.4-DB eq.	339132.400	368621.100	384660.100



شکل 3- سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی بر بخش‌های اثر زیست‌محیطی در تولید ذرت هیبریدی به روش برداشت دستی

Fig. 3- Contribution of inputs to environmental impact categories in hybrid corn production by manual harvesting method

در شاخص پتانسیل اختناق دریاچه‌ای نیز وضعیتی مشابه با شاخص اسیدی شدن حاکم می‌باشد و پس از انتشارات مستقیم در کشت ذرت هیبریدی، اثر آبیاری در هر سه روش برداشت با سهم 15 درصد بیشترین اثر زیست‌محیطی را بر این شاخص گذاشته است. در

ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی که روی تولید گوجه‌فرنگی در مزرعه صورت گرفت، مشخص شد که کود شیمیایی در مرحله تولید بیشترین تأثیر را بر اختناق دریاچه‌ای داشته است (Martínez-Blanco et al., 2011).

در شاخص پتانسیل گرمایش جهانی برای برداشت یک تن ذرت هیبریدی با سه روش دستی، کمباین و پیکرهاسکر، به‌ترتیب آلاینده‌های منتشر شده با مقادیر 2343، 2592 و 2824 کیلوگرم معادل کربن‌دی‌اکسید از اثر آبیاری و 926، 985 و 1098 کیلوگرم معادل کربن‌دی‌اکسید از کود نیتروژن بر این شاخص اعمال گردیده است. همچنین پس از دو نهاده ذکر شده، انتشارات مستقیم ناشی از مصرف نهاده‌های کود شیمیایی و سوخت دیزل به‌ترتیب با 735، 868 و 910 کیلوگرم معادل کربن‌دی‌اکسید اثر چشم‌گیری بر شاخص پتانسیل گرمایش جهانی نهاده است. در مطالعه‌ای در کشور سوئیس نشان داده شد که به‌ترتیب، نیتروژن‌دی‌اکسید و کربن دی‌اکسید (انتشارات مستقیم) منتشر شده از کودهای شیمیایی و سوخت دیزل بیشترین تأثیر را بر پتانسیل گرمایش جهانی داشته‌اند (Nemecek et al., 2011).

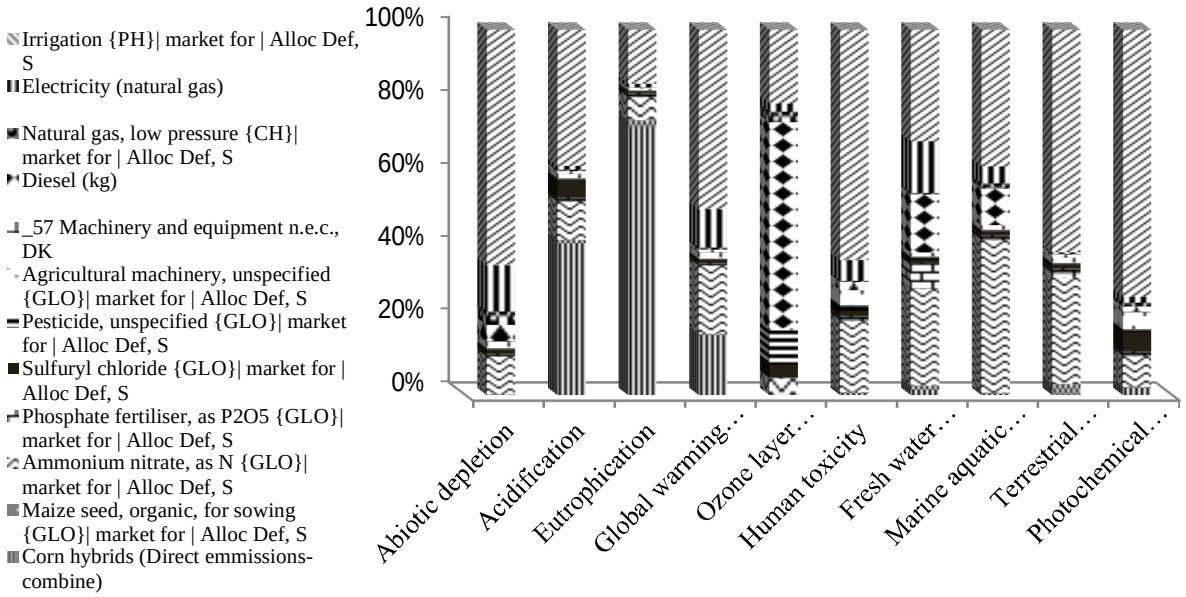
در شاخص نقصان لایه اوزون، سوخت دیزل در سه روش مختلف برداشت دستی، کمباین و پیکرهاسکر به‌ترتیب با سهم 57 سهم، 56 درصد و 52 درصد از سهم کل نهاده‌ها بیشترین بارهای محیطی را بر این شاخص ایجاد کرده است. همچنین کاربرد ماشین‌های کشاورزی و انتشارات مستقیم ناشی از مصرف آلاینده‌ها بر روی این شاخص بدون اثر بوده است. در شاخص پتانسیل مسمومیت انسانی برای برداشت یک تن ذرت هیبریدی با سه روش دستی، کمباین و پیکرهاسکر، به‌ترتیب آلاینده‌های منتشر شده با مقادیر 1164، 1288 و 1403 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن -1/4 از اثر آبیاری و 372، 396 و 442 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن -1/4 از کود نیتروژن بر این شاخص اثرگذار بوده است. در این شاخص انتشارات مستقیم مزرعه‌ای سهم بسیار ناچیزی از بارهای زیست‌محیطی را در هر سه روش برداشت تولید نموده است. در مطالعه‌ای در استان اصفهان برای کشت یک تن نخود زراعی، میزان شاخص مسمومیت انسانی برابر با 2030/6 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 برآورد گردید که کاربرد ماشین‌های کشاورزی با سهم 70 درصد بیشترین بار زیست محیطی را در این شاخص داشته است (Elhami et al., 2016).

در شاخص مسمومیت آب‌های سطحی برای برداشت یک تن ذرت هیبریدی با سه روش دستی، کمباین و پیکرهاسکر، به ترتیب آلاینده‌های منتشر شده با مقادیر 21، 23 و 25 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن -1/4 از اثر آبیاری و 19، 20 و 23 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن -1/4 از کود نیتروژن بر این شاخص اعمال گردیده است. همچنین پس از دو نهاده‌ی ذکر شده، مصرف سوخت دیزل به ترتیب با 11، 12 و 11 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن -1/4 اثر به نسبت چشم‌گیری بر شاخص مسمومیت آب‌های سطحی گذاشته است. همچنین در این شاخص کاربرد ماشین‌های کشاورزی بدون اثر بوده است.

در شاخص مسمومیت آب‌های آزاد نیز برای برداشت یک تن ذرت هیبریدی با سه روش دستی، کمباین و پیکرهاسکر، به ترتیب آلاینده‌های منتشر شده با سهم 43 درصد، 42 درصد و 45 درصد از کود نیتروژن و سهم 37 درصد، 37 درصد و 39 درصد از اثر آبیاری بر این شاخص اعمال گردیده است. مسمومیت آب‌های آزاد، به ازای یک تن توت فرنگی تولیدی در قالب دو کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در استان گیلان به ترتیب 25/9 و 5/83 کیلوگرم معادل دی کلرو بنزن-1/4 برآورد گردید (Khoshnevisan et al., 2013c). در نهایت در مورد دو شاخص مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی نیز اثر آبیاری و کود نیتروژن از دیگر نهاده‌های مصرفی و انتشارات مستقیم مزرعه‌ای، بارهای زیست محیطی بیشتری را تولید نموده است. در تحقیقی شاخص اکسیداسیون فتو شیمیایی، برای کلزا (*Brassica napus* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به ازای یک تن محصول تولیدی به ترتیب 0/24 و 1/1 کیلوگرم معادل اتیلن برآورد گردید. سوخت دیزل و کودشیمیایی به ترتیب در محصولات آفتابگردان و کلزا بیشترین بار محیطی را در شاخص مورد نظر ایجاد نمودند (Iriarte et al., 2009).

با توجه به نتایج حاصل شده از سهم هر یک از نهاده‌ها و انتشارات مستقیم مزرعه‌ای بر شاخص‌های زیست محیطی یک تن محصول تولیدی در سه روش مختلف برداشت می‌توان استنباط نمود که نامناسب بودن سیستم‌های آبیاری، استفاده از الکتروموتورهای فرسوده و با کارایی پایین و عدم آگاهی کشاورزان از نیاز واقعی آب در مراحل مختلف تولید محصول، از دلایل افزایش آلاینده‌های زیست محیطی این نهاده می‌باشد. به منظور کاهش مصرف آبیاری مسائلی از قبیل یکپارچه‌سازی مزارع، تسطیح مناسب زمین‌ها و ایجاد شیب مناسب برای آبیاری می‌تواند گره‌گشا باشد. همچنین استفاده‌ی بی

رویه از نهاده‌ی کود نیتروژن، ریشه در باورهای نادرست کشاورزان این منطقه دارد.



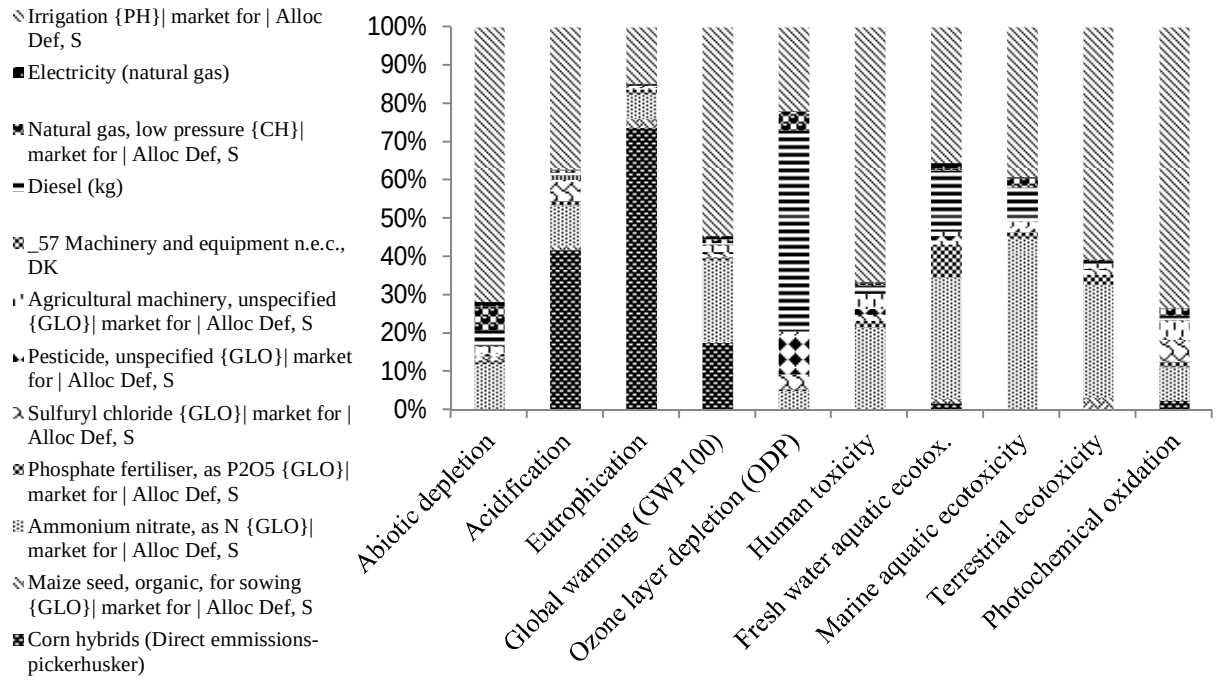
شکل 4- سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی بر بخش‌های اثر زیست محیطی در تولید ذرت هیبریدی به روش برداشت با کمباین

Fig. 4- Contribution of inputs to environmental impact categories in hybrid corn production by combine harvesting method

انجام تحقیقات کاربردی به منظور تعیین میزان نیاز گیاه به مواد غذایی در مراحل مختلف رشد و تعیین مقدار مناسب کود شیمیایی مورد نیاز خاک با استفاده از آزمون خاک و نظر کارشناسان، تأثیر قابل توجهی در کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی این نهاده خواهد داشت. استفاده از کودهای ارگانیک وآلی، بخصوص کود سبز به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشد که علاوه بر کاهش میزان کودهای شیمیایی، آلایندگی‌های زیست‌محیطی را نیز به طور قابل توجهی کاهش خواهد داد. به منظور کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی مربوط به مصرف سوخت دیزل توصیه می‌شود تا در حد امکان از تردد بیش از حد ماشین‌ها در مزرعه جلوگیری شود و این کار از طریق استفاده از کمبینات‌ها در عملیات مختلف زراعی میسر خواهد بود.

مقایسه میزان شاخص‌های زیست‌محیطی در کشت ذرت هیبریدی با سه روش مختلف برداشت

به منظور مقایسه شاخص‌های مختلف زیست‌محیطی در منطقه‌ی مورد مطالعه لازم است تمامی شاخص‌ها با واحد یکسانی برآورد گردند. هرکدام از بخش‌های اثر دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند. این امر موجب می‌شود که مقایسه اهمیت بخش‌های اثر متفاوت ممکن نباشد. روش‌های مختلفی مقایسه‌ی شاخص هر بخش اثر با یک مقدار مرجع (نرمال) را امکان‌پذیر می کند؛ بدین‌صورت که هر بخش اثر به یک مقدار مرجع تقسیم می شود. این فرآیند، نرمال-سازی نامیده می‌شود (Khoshnevisan et al., 2013c). نتایج نرمال‌سازی در کشت یک تن ذرت هیبریدی برای سه روش مختلف برداشت در شکل‌های 5، 6 و 7 خلاصه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود بخش‌های اثر مسمومیت آب‌های آزاد، پتانسیل اسیدی شدن، مسمومیت خاک و پتانسیل گرمایش جهانی به ترتیب با مقادیر نرمال $1/06\times10^{-7}$، $5/49\times10^{-8}$، $2/14\times10^{-8}$ و $1/88\times10^{-8}$ در روش برداشت دستی، $1/16\times10^{-7}$، $5/88\times10^{-8}$، $2/32\times10^{-8}$ و $2/06\times10^{-8}$ در روش برداشت با کمباین و $1/21\times10^{-7}$، $6/43\times10^{-8}$، $2/54\times10^{-8}$ و $2/09\times10^{-8}$ در روش برداشت با پیکرهاسکر دارای بیشترین بار زیست‌محیطی در فرآیند تولید ذرت هیبریدی می‌باشند. به علت مصرف بی رویه‌ی عملیات آبیاری، الکتریسیته مصرفی و سوخت دیزل در روش برداشت با پیکرهاسکر، مقادیر نرمال شده‌ی تمامی بخش‌های اثر به غیر از تقلیل منابع غیر آلی، مسمومیت آب‌های سطحی و پتانسیل گرمایش جهانی، نسبت به دو روش دیگر برداشت بیشتر می‌باشد.



شکل 5- سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی بر بخش‌های اثر زیست محیطی در تولید ذرت هیبریدی به روش برداشت با پیکرهاسکر

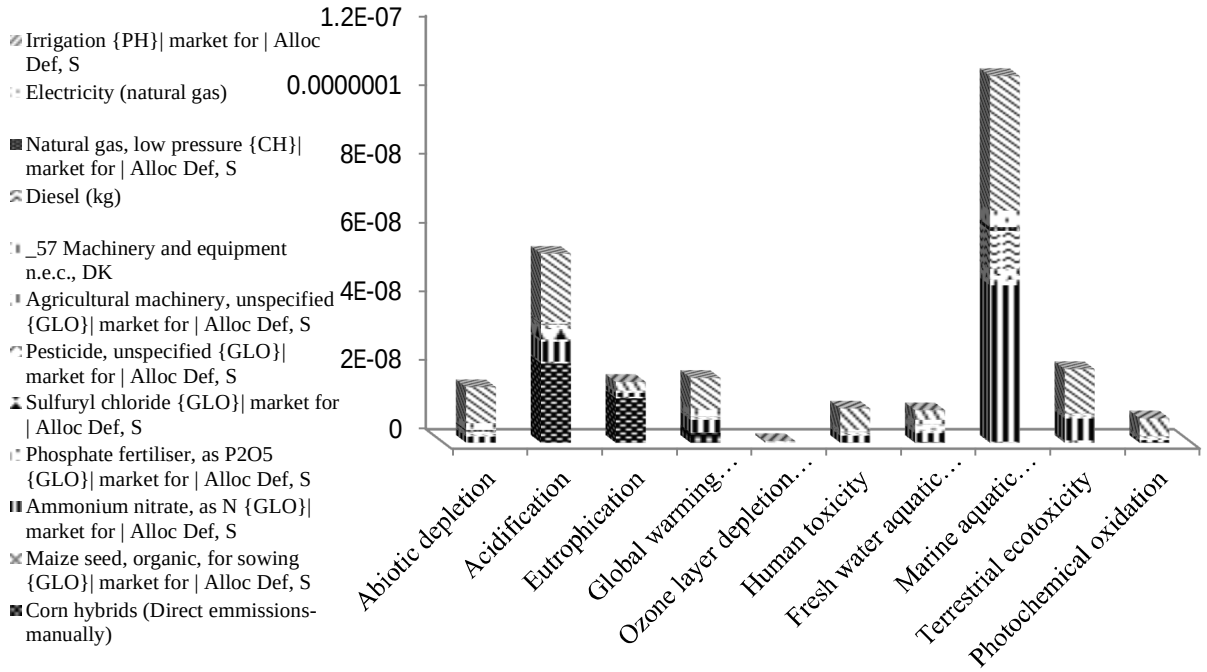
Fig. 5- Contribution of inputs to environmental impact categories in hybrid corn production by picker husker harvesting method

در مطالعه رحیمیان (Rahimyan, 2015) در خصوص ارزیابی تأثیرات زیست محیطی در کشت نخود شهرستان بوکان، بیشترین میزان آلاینده‌های منتشر شده به صورت نرمال مربوط به شاخص‌های مسمومیت آب‌های آزاد، پتانسیل اسیدی شدن، مسمومیت خاک و پتانسیل گرمایش جهانی به‌ترتیب برابر با $8/5\times10^{-9}$، 6×10^{-9}، $4/5\times10^{-8}$ و $3/5\times10^{-8}$ بوده است

برای درک بهتر میزان بار زیست‌محیطی واردشده از طرف نهاده‌ها در سامانه مورد مطالعه، برای هرکدام از نهاده‌ها، مقادیر نرمال شده بخش‌های اثر متفاوت با هم جمع شده و بر مقدار کل تقسیم گردید. شکل 9 سهم هر یک از نهاده‌های تولید ذرت هیبریدی و همچنین انتشارات مستقیم مزرعه‌ای (انتشارات درون مزرعه) در کشت این محصول در سه روش مختلف برداشت از مقادیر نرمال شده بخش‌های اثر متفاوت را نمایش می‌دهد.

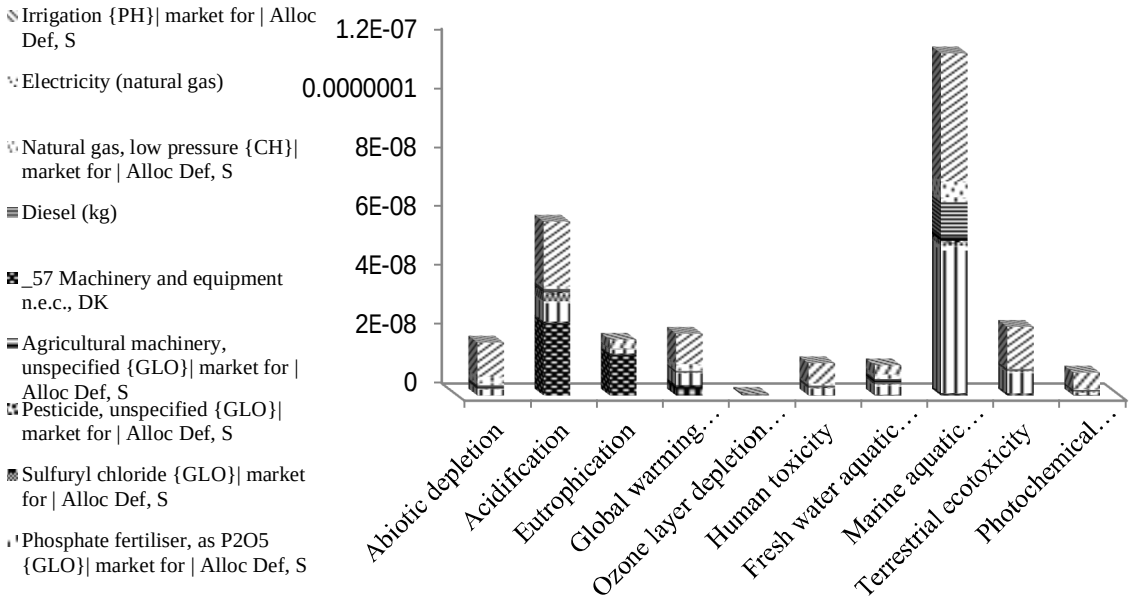
نتایج نشان داد که عملیات آبیاری، کود نیتروژن، سوخت دیزل و الکتریسیته به‌ترتیب با سهم 36 درصد، 36 درصد، 32 درصد و 4 درصد در روش برداشت با پیکرهاسکر، 33 درصد، 32 درصد، 34 درصد و 50 درصد در روش برداشت با کمباین و 30 درصد، 30 درصد، 33 درصد و 44 درصد در روش برداشت دستی، بیشترین تأثیر را از سهم مجموع نهاده‌ها بر روی ده شاخص زیست‌محیطی داشته است. با توجه به این‌که سهم اکثر نهاده‌های مصرفی در روش برداشت با پیکرهاسکر از دو روش دیگر بیشتر می‌باشد؛ لذا انتشارات مستقیم حاصل از مصرف این نهاده‌ها در روش برداشت با پیکرهاسکر نیز بیشتر از دو روش دیگر نشان داده شده است.

لازم به ذکر است که در این مطالعه و مطالعات مشابه دیگری که با رویکرد ارزیابی چرخه حیات در تولیدات گیاهی انجام می‌شود تنها انتشار آلاینده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند، در حالی که گیاهان توانایی جذب آلاینده‌های زیست‌محیطی را نیز دارند. مثلاً ممکن است انتشار گاز دی‌اکسیدکربن توسط گیاهی بیشتر از میزان جذب آن در طول دوره رشد خود باشد. بر این اساس، گیاهان توانایی برقراری توازن کربن در طبیعت را دارا هستند، با توجه به حد زیاد انتشار کربن-دی‌اکسید از سایر بخش‌ها باید انتشار آلاینده‌های بخش کشاورزی به حداقل برسد تا گیاهان بتوانند توازن کربن را برقرار سازند (Rahimyan, 2015).



شکل 6- نرمال‌سازی شاخص‌های اثر به ازای یک تن ذرت هیبریدی تولیدی در روش برداشت دستی

Fig. 6- The normalization of impact categories for production of one ton hybrid corn in manual harvesting method



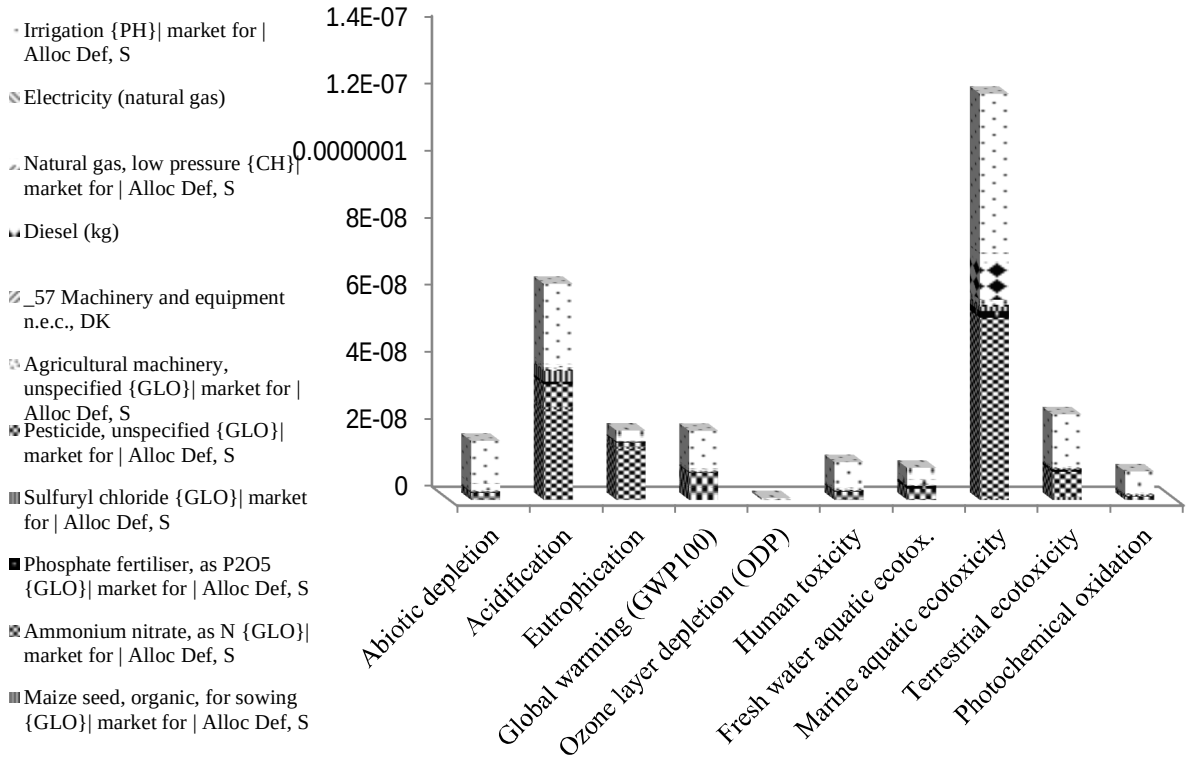
شکل 7- نرمال‌سازی شاخص‌های اثر به‌ازای یک تن ذرت هیبریدی تولیدی در روش برداشت با کمباین

Fig. 7- The normalization of impact categories for production of one ton hybrid corn in combine harvesting method

نتیجه‌گیری

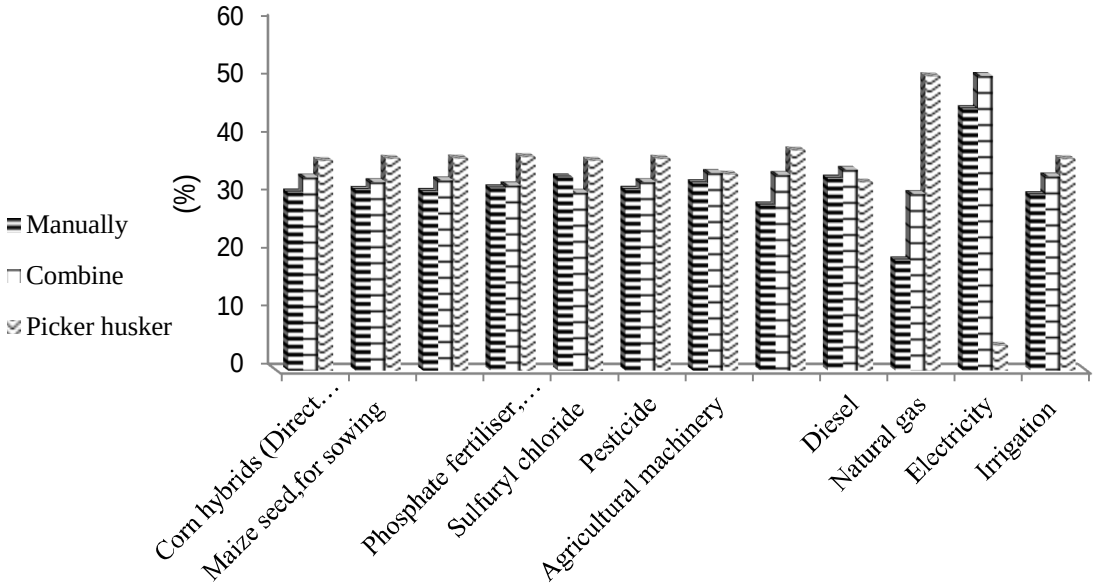
شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه‌شده بیان می‌کنند که روش برداشت دستی نسبت به دو روش دیگر بار محیطی کمتری تولید می‌کند. در روش برداشت با پیکرهاسکر، مقادیر نرمال شده تمامی بخش‌های اثر به غیر از تقلیل منابع غیر آلی و مسمومیت آب‌های سطحی و پتانسیل گرمایش جهانی، نسبت به دو روش دیگر برداشت

بیشتر می‌باشد. ارزیابی چرخه حیات نشان داد که در بخش مزرعه‌ای، بیش‌ترین بارهای محیطی، به‌ترتیب ناشی از عملیات آبیاری، کود نیتروژن، سوخت دیزل و الکتریسیته مصرفی بوده است.



شکل 8- نرمال‌سازی شاخص‌های اثر به‌ازای یک تن ذرت هیبریدی تولیدی در روش برداشت با پیکر هاسکر

Fig. 8- The normalization of impact categories for production of one ton of hybrid corn in picker husker harvesting method



شکل 9- سهم نهاده‌های تولید در سه روش برداشت ذرت هیبرید از مقادیر نرمال شده بخش‌های اثر

Fig. 9- The share of production inputs in tree harvesting method of corn hybrid from normalized values of impact categories

مـدیریت مصـرف سـموم و کودهـای شـیمیایی و اسـتفاده از روش‌های بیولوژیک و کودهای سبز بر کاهش برخی از شاخص‌هـای زیست‌محیطی، تحقیقات کاربردی به‌منظور تعیین میزان نیاز گیـاه بـه مواد غذایی در مراحـل مختلـف رشـد و تعیـین مقـدار مناسـب کـود شیمیایی مورد نیاز خاک با استفاده از آزمون خاک نقش بـه‌سـزایی در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی در منطقه مورد مطالعـه دارد. عـدم کارایی سیستم‌های آبیاری، استفاده از الکتروموتورهای فرسوده و عدم آگاهی کشاورزان از نیاز واقعی آب مورد نیاز گیـاه، از دلایـل افـزایش آلاینده‌های زیست‌محیطـی در عملیـات آبیـاری مـی‌باشـد. بنـابراین، توصیه به بازنگری سامانه‌های فرسوده و از کارافتاده در بخش آبیـاری می‌گردد. برای این منظـور یکپارچـه‌سـازی مـزارع، تسـطیح مناسـب زمین‌ها و ایجاد شیب مناسب برای آبیاری مـی‌تـوان گـره‌گشـا باشـد. الکتریسیته مصرفی در فرآیند تولیـد در نیروگـاه‌هـا بارهـای محیطـی فراوانی ایجاد می‌کنند، لذا با توجه به سـاعات آفتـابی و درجـه تـابش خورشید در کشور، مطالعه بیش‌تر در زمینه امکـان اسـتفاده از انـرژی خورشیدی جهت تولید الکتریسیته پیشنهاد می‌گردد. به‌علاوه اقـدامات حمایتی و تشویقی دولت در جهت ایجاد زیـر سـاخت‌هـا و اسـتفاده از انرژی‌های پاک می‌توانـد سـبب توجـه بـیش‌تـر کشـاورزان بـه ایـن تکنولوژی شود.

منابع

Anonymous. 2013. Annual agricultural statistics, Ministry of Jahad-e-Agriculture of Iran (www.maj.ir). (In Persian)

Brasseur, G., and Granier, C. 1992. Mount Pinatubo aerosols, chlorofluorocarbons, and ozone depletion. Science 257: 1239-1242.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. International Journal of Life Cycle Assessment 5(6): 349-357.

CalderónIglesias, L., Laca, A., Herrero, M., and Díaz, M. 2010.The utility of life cycle assessment in the ready meal food industry. Resources, Conservation and Recycling 54(12): 1196-1207.

Cellura, M., Longo, S., and Mistretta, M. 2012. Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: An Italian case study. Journal of Cleaner Production 28: 56-62.

Choghan, R. 2004. The Production of Maize Seed. Tehran, Iran: Education and Agricultural Extension p. 103. (In Persian)

Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M., and Pengue, W.A. 2007. LCA of soybean meal. International Journal of LCA 15: 1-15.

Elhami, B., Akram, A., and Khanali, M. 2016. Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. Information Processing in Agricuture 3(3):190-225.

EPA.1995. Compilation of air pollutant emissions factors (http://www.epa.gov.).

Erickson, J., Cisar, J., Volin, J., and Snyder, G. 2001. Comparing nitrogen run off and leaching between newly established St. Augustinegrass turf and an alternative residential landscape. Crop Science 41: 1889-1895.

Esmaeelpour, B., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2015. Investigation of environmental impacts in potato production systems in Iran based on nitrogen fertilizer using Life Cycle Assessment. Electronic Journal of Crop Production 8(3):199-224. (In Persian with English Summary)

Galloway, J.N., Schlesinger, W.H., Levy, H., Michaels, A., and Schnoor, J.L. 1995. Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement-environmental response. Global Biogeochemical Cycles 9: 235-252.

Hauschild, M., and Wenzel, H. 1998. Environmental Assessment of Products. Scientific Background. London, NY: Chapman and Hall p. 237.

Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2009. Life Cycle Assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18: 336-345.

ISO. 2006. ISO 14040- Environmental Management– Life Cycle Assessment– Principles and Framework (www.iso.org).

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., and Sefeedpari, P. 2013a. Prognostication of environmental

indices in potato production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production 52: 402-409.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., and Movahedi, M. 2013b. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy 52: 333-338.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., and Mousazadeh, H. 2013c. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. European Journal of Agronomy 50: 29-37.

Martínez-Blanco, J., Munoz, P., Anton, A., and Rieradevall, J. 2011. Assessment of tomato mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. Journak of Cleaner Production 19: 985-997.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Dalgaard, T., Trydeman, M., Knudsen, M.T., Keyhani, A., Mousavi Avval, H., and Hermansen, J. 2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: A combined use of Life Cycle Assessment and data envelopment analysis. Journal of Cleaner Production 54: 89-100.

Nemecek, T., and Kagi, T. 2007. Life cycle inventories of agricultural production systems. Final report ecoinvent V2.0: No. 15, Dübendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories (http://www.EcoInvent.org/ documentation/reports).

Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., and Gaillard, G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. Agricultural Systems 104: 217-232.

Ozkan. B., Akcaoz, H., and Fert, C., 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.

Pourghasemian, N., and Moradi, R. 2017. Greenhouse gases emission and global warming potential as affected by chemical inputs for main cultivated crops in Kerman province: Horticultural Crops. Journal of Agroecology 9(3): 689-704. (In Persian with English Summery)

PRé Consultants, 2003. SimaPro 5 Database Manual.

Rahimyan, B. 2015. Determination of economic, energy and environmental indicators of some crops (sugarbeet, wheat and pea) in West Azarbaijan province (Boukan Region) using computional intelligence techniques. University of Tehran, College of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agricultural Engineering and Technology pp. 129. (In Persian)

Reddy, K.R., and Hodges, H.F. 2000. Climate Change and Global Crop Productivity. CABI p. 488.

Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., Klann, U., Krewitt, W., and Moriguchi, Y. 2004. System boundary selection in life cycle inventories using hybrid approaches. Environmental Science and Technology 38: 657-664.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 892-909

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 4، زمستان 1396، ص. 909-892

Evaluation and Comparison of Environmental Indicators of Hybrid Corn (*Zea mays* L.) Production by Three Different Harvesting Methods in Alborz Province using Life Cycle Assessment

M. Khanali[1]*, B. Elhami[2], H. Eslami[2] and S. Hosseinpour[1]

Submitted: 11-02-2013
Accepted: 25-10-2013

Khanali, M., Elhami, B., Eslami, H., and Hosseinpour, S. 2017. Evaluation and comparison of environmental indicators of hybrid corn (*Zea mays* L.) production by three different harvesting methods in Alborz province using life cycle assessment. Journal of Agroecology 9(4): 892-909.

Introduction

Agriculture itself serves a dual role as an energy user and also energy supplier in the form of bio-energy. Recently, the energy use in agriculture has been intensified in response to the rising population, the increasing of standards of living and the limitation sources of energy. Efficient use of energy is a possible pathway for reducing the environmental impacts of energy inputs in agriculture, and providing sustainable agricultural production, since it brings financial savings, fossil resources preservation and air pollution reduction. Life cycle assessment (LCA) is defined as the compilation and evaluation of the inputs, outputs and potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle. Hybrid seed in agriculture is produced by cross-pollinated plants. Hybrid seed production is one of the main contributors to the dramatic rise in agricultural output during the last half of the 20th century. The alternatives to hybridization are open pollination and cloonal propagation. All of the hybrid seeds planted by the farmer will produce similar plants while the seeds of the next generation from those hybrids will not consistently have the desired characteristics. Controlled hybrids provide very uniform characteristics because they are produced by crossing two inbred strains.

Materials and Methods

The purpose of this study was to compare the energy consumption pattern and environmental consequences caused by the use of agricultural inputs in the production of seed corn harvested by hand, combine and picker husker. Information required was prepared by the questionnaire method in Alborz Province using census the total producers of hybrid corn in the Province. The investigated inputs were labor, agricultural machinery, diesel fuel, chemical pesticides, fertilizers, gas, electricity, water and seed. The energy of each input was calculated by multiplying the amount of that input with its energy equivalent. The ten environmental indicators including eutrophication potential (EP), global warming potential (GWP), acidification potential (AP), ozone layer depletion (OD), abiotic depletion (AD), photochemical oxidation (PO), human toxicity (HT), terrestrial ecotoxicity (TE), marine aquatic ecotoxicity (MAE) and fresh water aquatic ecotoxicity (FAE) were investigated. LCA was conducted using Sima Pro software from cradle to grave, i.e., from the production of raw materials to the production of hybrid corn considering the both farming and processing stages. One ton of produced hybrid corn was chosen as the functional unit in this study.

Results and Discussion

Total energy input to produce hybrid corn harvested by hand, combine and picker husker methods were calculated as 118711, 111335 and 120403 MJ ha^{-1}, respectively. Electricity and nitrate fertilizer were the most important energy inputs for their investigated harvesting methods. The results of life cycle assessment revealed

1 and 2- Assistant Professor and graduated MSc in Agricultural Mechanization Engineering, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: khanali@ut.ac.ir)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.52447

that electricity and diesel fuel used for irrigation had the most environmental impact in production of hybrid corn in the farm, while the consumption of fungicides had the largest environmental impacts in the processing stage. On the other hand, in harvesting method by picker husker, environmental indicators such as GWP, EU, HT, AP, AD and PO were higher than other harvesting methods. The different harvesting methods had no significant effect on OD and TE. MAE and FAE were higher than those of other harvesting methods because of the high consumption of diesel fuel and electricity in hand harvesting method,. Combine harvesting method had less environmental damage than other methods.

Conclusion

The combine harvesting method was recognized as the best harvesting method from environmental viewpoint. Electricity and diesel fuel consumption for supplying irrigation alter had the most environmental burdens in the agricultural stage. The right application of inputs such as herbicides and chemical fertilizers, substitution of non-renewable energy resources with renewable ones and green manure application can reduce the environmental burdens in hybrid corn production.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the University of Tehran for providing the financial support for this research.

Keywords: Environmental indicators, Harvesting method, Hybrid seed corn, Life cycle assessment