تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۸، آبان ۱۴۰۰ (ص ۲۱۴۱-۲۱۲۵)
DOI: 10.22059/ijswr.2021.323968.668977
(علمی - پژوهشی)

Life Cycle Assessment of Sugarcane with Approach of Management Some Agricultural Inputs (Case study; Hakim Farabi Sugarcane Cultivation and Industry Company)

SARA MISAEE[1], MONA GOLABI[*1], ABD ALI NASERI[1], SAEED BOROOMAND-NASAB[1]
1. Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
(Received: May. 17, 2021- Revised: July. 16, 2021- Accepted: July. 19, 2021)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the environmental impacts of sugarcane production in Hakim Farabi Agro-Industry Company through life cycle assessment method in the 2019 crop year. The production of one ton of sugarcane considered as the functional unit. The required data was collected through face-to-face interviews with managers and experts. The results indicated that diesel fuel, electricity, urea fertilizer and direct field emissions from sugarcane cuttings had the greatest effect on all sectors in the studied effect groups. The evaluation showed that Marine aquatic Ecotoxicity released 103447.86 kg 1, 4-DB per one ton of sugarcane which has the highest potential for environmental damage. Therefore, three scenarios were defined to evaluate the effects of sugarcane cultivation on the impact categories in order to reduce water consumption, reduce fertilizers and chemical pesticides consumption and reduce electricity and diesel fuel consumption. The emission rate of this impact category after applying the first, second and third scenarios is estimated to be 99714.6, 95628.02 and 91894.77 kg 1, 4-DB per one ton of sugarcane, respectively. N_2O, CO_2 and CH_4 greenhouse gas emissions were estimated to be 0.915, 261 and 0.506 kg, respectively. After applying the scenarios, CO_2, CH_4 and N_2O emissions were estimated as follows: N_2O emissions were 0.871, 0.827 and 0.784 kg, respectively, CO_2 emissions were 251, 240 and 230 kg, respectively and CH_4 emissions were 0.491, 0.475 and 0.460 kg, respectively.

Keywords: Environmental Effects, Sugarcane, Greenhouse Gas Emissions, Life Cycle Assessment.

* Corresponding Author's Email: m.golabi@scu.ac.ir

ارزیابی چرخه‌حیات گیاه نیشکر با رویکرد مدیریت برخی نهاده‌های کشاورزی (مطالعه موردی: شرکت کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی)

سارا میسائی[۱]، منا گلابی[*۱]، عبدعلی ناصری[۱]، سعید برومندنسب[۱]

۱. گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۷- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۲۵- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۴/۲۸)

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات محیط‌زیستی تولید نیشکر در شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی با روش ارزیابی چرخه‌حیات در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. واحد کارکردی در این پژوهش معادل تولید یک تن محصول نیشکر در نظر گرفته شد. اطلاعات مورد نیاز به روش مصاحبه رو در رو با مدیران و کارشناسان گردآوری شد. نتایج نشان داد که در گروه‌های اثر مورد مطالعه سوخت دیزل، الکتریسیته، کود اوره و انتشارات مستقیم مزرعه‌ای ناشی از تهیه قلمه نیشکر در تمام بخش‌ها بیشترین تاثیر را داشتند. نتایج ارزیابی نشان داد که طبقه اثر مسمومیت آب‌های آزاد، ۱۰۳۴۴۷/۸۶ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن برای هر تن نیشکر به محیط منتشر می‌کند که دارای پتانسیل بیشتری برای آسیب به محیط‌زیست است. پس برای بررسی اثرات کشت نیشکر بر طبقات اثر سه سناریو به‌منظور کاهش مصرف آب، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی و کاهش مصرف الکتریسیته و سوخت دیزل تعریف شد. میزان انتشار این گروه اثر بعد از اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب ۹۹۷۱۴/۶، ۹۵۶۲۸/۰۲ و ۹۱۸۹۴/۷۷ کیلوگرم دی‌کلروبنزن تخمین زده شده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O، CO_2 و CH_4 به ازای هر تن نیشکر تولیدی به ترتیب ۰/۹۱۵، ۲۶۱ و ۰/۵۰۶ کیلوگرم برآورد شد. میزان انتشار N_2O بعد از اعمال‌سناریوها به ترتیب به ۰/۸۷۱، ۰/۸۲۷ و ۰/۷۸۴کیلوگرم، میزان انتشار CO_2 بعد از اعمال سناریوها به ترتیب به ۲۵۱، ۲۴۰ و ۲۳۰ کیلوگرم و میزان انتشار CH_4 بعد از اعمال‌سناریوها به ترتیب به ۰/۴۹۱، ۰/۴۷۵ و ۰/۴۶۰ کیلوگرم کاهش یافتند.

واژه‌های کلیدی : اثرات محیط‌زیستی، نیشکر، انتشار گازهای گلخانه‌ای، ارزیابی چرخه‌حیات.

مقدمه

در عصر حاضر، محیط‌زیست یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست-های کلان جهانی بوده و بسیاری از مولفه‌های دیگر را تحت‌الشعاع قرار داده است. به همین دلیل مهم‌ترین عامل و پیش نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط‌زیست است (Najam *et al.*, 2002). در سال‌های اخیر، کشاورزی با تأکید بر مصرف سوخت‌های فسیلی (توسعه مکانیزاسیون) و نهاده‌های شیمیایی، به یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و منابع‌طبیعی تبدیل شده و به دنبال آن اثرات بسیاری را به محیط زیست وارد نموده است. تولید، نگهداری و توزیع محصولات کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم که به عنوان بزرگ‌ترین چالش پیش روی انسان است، سهم بزرگی دارد (Cooper *et al.*, 2011).تحقیقات نشان داده است که در ایران حدود ۳۶/۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای مهم هم‌چون نیتروکسید (N_2O) به بخش کشاورزی مربوط می‌شود (MOE, 2012). بخش کشاورزی با مصرف نهاده‌های زیاد و متفاوت اثرات محیط‌زیستی گسترده‌ای را تولید می‌کند (Brentrup *et al.*, 2000). به‌طورکلی به‌منظور بررسی اثرات محیط‌زیستی فعالیت-های مختلف، سازمان استاندارد جهانی در استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ ارزیابی چرخه‌حیات را به صورت گردآوری و ارزیابی درون‌دادها، برون‌دادها و پیامدهای بالقوه محیط‌زیستی یک محصول در سراسر چرخه‌ی‌حیات آن تعریف می‌کند. اعتقاد براین است که ارزیابی چرخه‌حیات، اثرات محیط‌زیستی اجزای نظام‌های تولید را بررسی و به دنبال آن بهترین نظام تولیدی را معرفی می‌کند (Consoli *et al.*, 1993). یکی از خصوصیات منحصر به فرد ارزیابی چرخه‌حیات این است که تمام اثرات محیط‌زیستی محصول یا خدمت را در طول چرخه حیات پیگیری می‌کند و تمامی اثرات ممکن، در تمامی مراحل تولید محصول مورد توجه قرار می گیرد (Mohammadi *et al.*, 2013). در طول قرن گذشته از این شیوه بیش‌تر در زمینه تحلیل تولیدات زراعی و تاثیراتی که سامانه‌های زراعی بر روی محیط‌زیست می‌گذارند، استفاده شده است (Sahle and Potting, 2013). مطالعات مختلفی در ایران و

* نویسنده مسئول: m.golabi@scu.ac.ir

جهان در خصوص ارزیابی چرخه‌حیات برای تشخیص اثرات محیط‌زیستی تولید محصولات کشاورزی انجام شده است.

Marashi *et al.* (2019) به ارزیابی چرخه‌حیات صنعت شکر در کشت و صنعت امیرکبیر پرداختند. نتایج نشان داد که در تولید شکر، طبقه اثرهای یوتریفیکاسیون ۴/۶ کیلوگرم فسفات، اسیدی-شدن۲۱/۹۴ کیلوگرم دی‌اکسیدگوگرد، گرمایش جهانی ۱۷۰۱/۷۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، تخلیه غیرزیستی ۰/۰۰۰۰۸۷ کیلوگرم آنتیموان و تخلیه لایه اُزون ۲۸ میلی گرم CFC به محیط منتشر می‌سازند که بر این اساس، الکتریسیته و سوزاندن بقایای گیاهی بیشترین سهم را به ازای یک تن شکر به خود اختصاص داده‌اند.(2019) Kaab *et al.* ارزیابی چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی مورد بررسی قرار دادند. بررسی تاثیرات محیط‌زیستی تولید نیشکر در این منطقه نشان داد که در بخش‌های اثر مورد مطالعه، الکتریسیته، کود نیتروژن و ماشین‌های کشاورزی بیشترین تاثیر را بر انتشار آلایندگی در تمام گروه‌ها داشتند. Haroni *et al.* (2018) در مطالعه‌ای بر روی پیش بینی عملکرد و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید نیشکر در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی نتیجه گرفتند که میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای ۴۱۵۳۷/۱۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن بر هکتار بود. بیشترین مقدار نشر گازهای گلخانه‌ای با سهم ۶۲ درصد مربوط به سوزاندن شاخ و برگ نیشکر قبل از برداشت بوده و پس از آن الکتریسیته با سهم ۳۲ درصد بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است. Renouf *et al.* (2010) با بررسی اثرات محیط‌زیستی نیشکر در استرالیا نشان دادند که استفاده از آب و کاربری زمین مهم‌ترین جنبه‌های تولید نیشکر استرالیا است. پس از آن‌ها، پتانسیل فرسایش، اسیدی شدن و تأثیرات تنفسی (از سوختن نیشکر) قابل توجه است، در حالی که مصرف انرژی تجدید ناپذیر و پتانسیل گرم شدن کره زمین از اهمیت کمتری برخوردار است.

علاوه بر نیشکر، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سایر محصولات کشاورزی نیز با استفاده از چرخه‌حیات انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Kazemizadeh *et al.* (2019) به مطالعه ارزیابی چرخه‌حیات ذرت دانه‌ای تحت دو نظام کشت بهاره و پاییزه در استان خوزستان پرداختند. نتایج نشان داد که گروه‌های اثر یوتریفیکاسیون خشکی و تخلیه منابع فسفات به ازای تولید یک تن دانه ذرت به‌عنوان واحد کارکردی، بیشترین اثرات منفی محیط‌زیستی را داشتند و هریک از آنها به‌ترتیب سهم ۱۸/۷۳ و ۳۴/۰۸ درصدی در انتشار آلاینده‌ها را داشتند. Shiri *et al.* (2018) با ارزیابی چرخه‌حیات ذرت در شرایط آب و هوایی مغان اظهار داشتند، در میان شاخص‌های محیط‌زیستی بیشترین سهم نظام تولیدی ذرت به ترتیب برای گروه‌های مؤثر یوتریفیکاسیون اکوسیستم خشکی و اسیدیته و در میان گروه‌های تخلیه منابع، تخلیه منابع فسیلی بیشترین تأثیر منفی محیط-زیستی را در تولید ذرت در منطقه مغان داشتند. Holka *et al.* (2016) اثرات محیط‌زیستی گندم زمستانه را به روش LCA در کشور هلند برای دو واحد کارکردی یک تن گندم و یک هکتار زمین بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تاثیرگذاری در بین فرآیندهای تولید گندم در مزرعه مربوط به شاخص اسیدی-شدن می‌باشد و پس از آن شاخص‌های اتریفیکاسیون و پتانسیل گرمایش جهانی قرار می‌گیرند. Iriarte *et al.* (2010) اثرات محیط‌زیستی تولید کلزا و آفتابگردان در شیلی را با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات بررسی کردند و نشان دادند که کودهای شیمیایی بالاترین اثرات محیط‌زیستی در هر دو محصول را موجب می‌شود.

با توجه به سطح وسیع زیرکشت نیشکر در استان خوزستان و توجه به این نکته که نیشکر گیاهی است چندساله و اهمیت این محصول استراتژیک به لحاظ صنایع جانبی تولیدی، با ارزیابی اثرات محیط‌زیستی این محصول می‌توان ضمن شناسایی نقاط ضعف و قوت به سمت تولید پاک این محصول گام برداشت. لذا در پژوهش حاضر چرخه‌حیات نیشکر در شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی مورد ارزیابی قرار گرفت تا بتوان اطلاعات مفیدی درخصوص سیستم تولیدی نیشکر در مزرعه در اختیار مدیران و محققان قرار داد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه و نحوه جمع‌آوری اطلاعات

این تحقیق در شرکت کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی که به عنوان یکی از شرکت‌های هفت‌گانه وابسته به شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان می‌باشد، انجام شد. این شرکت در ۳۵ کیلومتری جاده اهواز-آبادان و در شرق رودخانه کارون واقع شده است. شکل یک موقعیت شرکت مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

مساحت کلی اراضی ۱۴۷۴۷ هکتار و سطح قابل کشت آن ۱۱۷۰۰ هکتار می‌باشد. این پژوهش در شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی از طریق مراجعه حضوری و به روش مصاحبه رو در رو با مدیران و کارشناسان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. اطلاعات مربوط به عملیات رایج در تولید نیشکر به تفکیک نوع عملیات مورد استفاده شامل آماده‌سازی زمین و کاشت، عملیات داشت همچون آبیاری، کوددهی، سم‌پاشی و عملیات برداشت، تعیین و

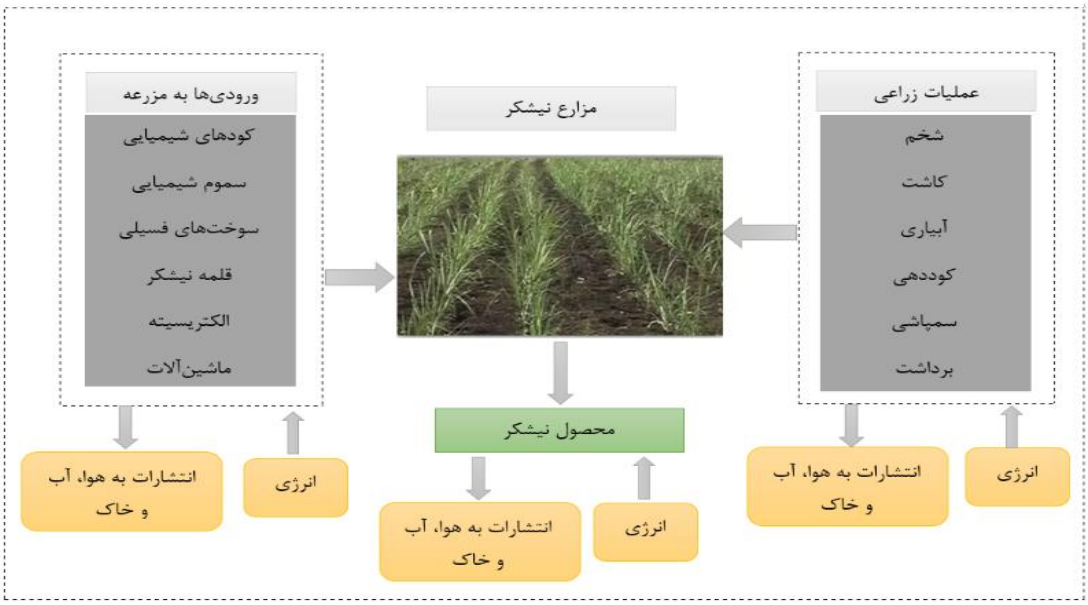
پس از آن مقدار مصرف هر گروه از نهاده‌ها (سوخت مصرفی، ماشین‌آلات، کودها و سموم شیمیایی و میزان عملکرد نیشکر) مشخص شد. میزان خروجی‌ها به محیط براساس ضریب انتشار حاصل شد. ارزیابی اثرات چرخه‌حیات و تجزیه و تحلیل آن با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو ۹ و به روش CML انجام گردید.

شکل۱-موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش ارزیابی چرخه‌حیات

تعریف هدف و دامنه

در این تحقیق هدف از پژوهش بررسی تأثیرات محیط‌زیستی تولید نیشکر در شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی به روش ارزیابی چرخه‌حیات در قالب گروه‌های تأثیر تخلیه به منابع غیر-زنده، اسیدی‌شدن، گرمایش جهانی، اتریفیکاسیون، نقصان لایه اوزون، اکسیداسیون فتوشیمیایی و مسمومیت (آب‌های سطحی، آب‌های آزاد، خاک و انسان‌ها) بودند. در تحقیقات مشابه برای بررسی تأثیرات محیط‌زیستی تولید محصولات کشاورزی، واحد کارکردی تولید یک تن محصول یا تولید در واحد سطحی مشخص یا تولید مقداری مشخص انرژی در نظر گرفته شده است (Buratti *et al.*, 2009; Nikkhah *et al.*, 2015). مرزهای سیستم برای بررسی چرخه‌حیات از مبدأ تولید مواد اولیه تا خروجی مزرعه در نظر گرفته شد. شکل ۲ طرحی از سیستم و مرزهای مورد مطالعه در فرایند را با هدف بررسی اثرات تولید یک تن نیشکر نشان می‌دهد.



شکل ۲- سیستم مورد مطالعه و مرزهای آن

تحلیل سیاهه چرخه‌حیات

این بخش پرکارترین و زمان‌برترین مرحله انجام ارزیابی چرخه-حیات است. در این مرحله کلیه منابع (ورودی‌ها) و نهاده‌های مورد نیاز برای تولید نیشکر و مقادیر تمامی آلاینده‌های منتشر شده در اثر استفاده از انواع مختلف نهاده‌ها فهرست برداری شدند.

نهاده‌های ورودی و خروجی و مقادیرشان در هکتار که به عنوان بخشی از سیاهه چرخه‌حیات برای تولید نیشکر به کار رفتند در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نهاده‌های ورودی و خروجی و مقدار متوسط آن‌ها در یک هکتار نیشکر تولیدی

نهاده‌ها	واحد اندازه‌گیری	مقدار	نهاده‌ها	واحد اندازه‌گیری	مقدار
نیروی انسانی (ورودی)	Hr	۷۷/۲۹	سموم شیمیایی (ورودی)	kg	۵/۱۵
ماشین‌های کشاورزی (ورودی)	Hr	۶/۷۲	آب آبیاری (ورودی)	m^3	۲۵۰۰۱
سوخت دیزل (ورودی)	L	۳۱۵/۰۸	الکتریسیته (ورودی)	kWh	۳۴۵۲/۷
سوخت بنزین (ورودی)	L	۲۶/۹۴	قلمه نیشکر (ورودی)	kg	۷۵۸۰
کود اوره (ورودی)	kg	۳۵۰	نیشکر (خروجی)	kg	۳۵۹۴۲/۴
کود سوپرفسفات‌تریپل (ورودی)	kg	۲۵۰	خاشاک (خروجی)	kg	۱۸۰۰۰

از آنجا که میزان انتشار آلاینده‌ها به خاک، آب و هوا متفاوت است، لذا به جای اندازه‌گیری، از روش‌های مشخص برای تخمین میانگین انتشار استفاده شد (Brentrup *et al*., 2004 a). برای تخمین میزان انتشار انواع ترکیبات نیتروژن‌دار به محیط‌زیست، با توجه به این که میزان انتشار بسته به نوع خاک، آب، هوا و نوع مدیریت نظام تولیدی متفاوت است، لذا از نتایج تحقیقات Brentrup *et al*., 2000؛ Snyder *et al*., 2009 ؛ Gasol *et al*., 2007 استفاده شد. بر این اساس، ضریب انتشار آمونیاک-(NH_3-N)برابر ۱۷ درصد از کل نیتروژن به کار رفته در قالب کود اوره بود (Brentrup *et al*., 2000؛ Goebes *et al*., 2003). اگرچه انتشار N_2O به اتمسفر تحت تأثیر دو پدیده میکروبی نیتریفیکاسیون و دینیتریفیکاسیون در خاک ایجاد می‌شود، ولی این موضوع نیز تحت تأثیر شرایط مختلف خاک، آب و هوا و هم‌چنین نوع مدیریت زراعی متفاوت می‌باشد، لذا میزان انتشار N_2O-N از کل نیتروژن مصرف شده بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC) برابر یک درصد از کل نیتروژن مصرفی به شکل کود اوره می‌باشد (Snyder *et al*., 2009) و میزان انتشار NO_x-N برابر ۱۰ درصد میزان انتشار N_2O در نظر گرفته شد (Gasol *et al*., 2007).

به همین ترتیب، فرض بر این بود که ۳۰ درصد از کل نیتروژن موجود در کود اوره از خاک به عنوان نیترات شسته می-شود (Erickson *et al*., 2001). کودهای فسفره شامل آبشویی فسفات به آب‌های زیرزمینی است و هیچ گاز گلخانه‌ای به هوا منتشر نمی‌شود (Dalgaard *et al*., 2007). در این مطالعه مقدار متوسط فسفر شسته شده به آب‌های زیرزمینی ۰/۰۷ کیلوگرم کود بر پایه فسفر در هر هکتار در نظر گرفته شد (Nemecek *et al*, 2007). هم‌چنین در این تحقیق ضریب انتشار فسفر به رواناب برابر ۱۲/۸ درصد از کل فسفر بکار رفته در قالب کود فسفات بود (Renouf *et al*., 2010). براساس گزارش Renouf *et al*. (2010) میزان انتشار سموم شیمیایی به آب‌های زیرزمینی و سطحی برابر ۱/۵ درصد ماده فعال موجود در سموم شیمیایی برآورد شد. مقادیر انتشار NO_x و SO_x به اتمسفر ناشی از الکتریسیته مصرفی به ترتیب با استفاده از ضرایب ۴/۱۷ gNO_x و ۸/۱ gSO_x به ازای هر کیلووات ساعت محاسبه شد (ESKOM, 2010). ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر گازها به اتمسفر ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، سوخت مصرفی، الکتریسیته و سموم شیمیایی با روش‌های مختلفی محاسبه شدند که به‌طور مختصر در جدول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲-ضرایب محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (برحسب گرم) به ازای هر واحد از نهاده‌های مختلف در کشاورزی

ورودی‌ها	واحد	CH_4	N_2O	CO_2	NH_3	SO_2	C_6H_6	CO	منبع
دیزل	kg	۰/۱۲۹	۰/۱۲	۳۱۲۰	۰/۰۲	۱/۰۱	۰/۰۰۷	۷/۱۷	(Nemecek *et al*, 2007)
بنزین	kg	۲/۹۲	۰/۱۳	۳۰۰۰	۰/۰۴	۰/۰۷۲	۹/۴۸	_	(Nemecek *et al*, 2007)
الکتریسیته	kWh	۰/۰۲	۸/۸۲	۶۱/۲	_	_	_	_	(Tzilivakis *et al*., 2005)
کود اوره	kg	۳/۷	۰/۰۳.	۳۱۰۰	_	_	_	_	(Snyder *et al*., 2009)
کود سوپرفسفات تریپل	kg	۱/۸	۰/۰۲	۱۰۰۰	_	_	_	_	(Snyder *et al*., 2009)
سموم شیمیایی	kg	۰/۰۱	۰/۰۲	۵۱۰۰	_	_	_	_	(Green, 1987)

جدول ۳- ضرایب انتشارات مستقیم مزرعه‌ای نهاده‌های کشاورزی در تولید نیشکر

انتشارات مستقیم	مقدار	واحد	منبع
انتشارات مزرعه به هوا			
N_2O (دی‌نیتریفیکاسیون)	۱	% applied N (as N_2O-N)	(Snyder *et al*., 2009)
NH_3 (تصعید)	۱۷	% applied Urea N (as NH_3-N)	(Brentrup *et al*., 2000)
NO_x (دی‌نیتریفیکاسیون+ نیتریفیکاسیون)	۱۰	% applied N (as NO_x-N)	(Gasol *et al*., 2007)
انتشارات مزرعه به آب			
آبشویی نیترات (NO_3-N)	۳۰	% applied N (as NO_3-N)	(Erickson *et al*., 2001)
P (آبشویی فسفر)	۰/۰۷	kg kg^{-1} P_2O_5	(Nemecek *et al*, 2007)
P (رواناب)	۱۲/۸	% applied P (as P)	2010) (Renouf *et al*.,
انتقال سموم شیمیایی(آب‌های سطحی/ زیرزمینی)	۱/۵	% active ingredient	2010) (Renouf *et al*.,
انتشارات حاصل از سوختن بقایا نیشکر به هوا			
متان	۹۰	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)
دی‌نیتروژن مونواکسید	۶	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)
نیتروژن اکسید	۳۳۱	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)
آمونیوم و آمونیاک	۱۲۰	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)
کربن مونواکسید	۳۹۴۴	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)
سولفوراکسید	۴۱	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)
ترکیبات آلی فرار بدون متان	۲۰۴	g/t Sugarcane	(Renouf *et al*.,2010)

ارزیابی تاثیر چرخه‌حیات

هدف از اجرای این بخش، تجزیه و تحلیل کمی نتایج بخش ممیزی چرخه‌حیات است. در واقع ارزیابی اثر، مرحله‌ای از ارزیابی چرخه‌حیات است که در آن بزرگی و اهمیت و پیامدهای بالقوه محیط‌زیستی، برای یک سیستم یا محصول در سراسر چرخه حیات آن درک و ارزش‌گذاری می‌شود. ارزیابی اثر به‌طور کلی شامل طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی است (Roy *et al*., 2009). در این مطالعه، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی براساس روش CML 2 Baseline 2000 انجام شد. این روش توسط پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه لیدن (Leiden) هلند ارائه شده و یکی از روش‌هایی است که بیشتر برای استفاده در سطح بین‌المللی طراحی شده و به منطقه خاصی اختصاص ندارد (Guinée and Lindeijer, 2002). روش مذکور شامل ۱۰ طبقه اثر تخلیه مواد غیرزنده، اسیدی‌شدن، اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه ازون، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی می‌باشد (Milutinović *et al*., 2017). طبقات اثر بهره گرفته شده در این مطالعه و واحدهای اندازه گیری آن‌ها در جدول ۴ آمده اند.

جدول ۴- طبقات اثر مرتبط با تولید یک تن نیشکر، نماد و واحد هرکدام از آن‌ها

طبقات اثر	نماد	واحد	طبقات اثر	نماد	واحد
تخلیه مواد غیرآلی	AD	kg Sb eq.	مسمومیت انسان‌ها	HT	kg 1,4-DB eq*
اسیدی‌شدن	AC	kg SO_2 eq.	مسمومیت آب‌های سطحی	FAET	kg 1,4-DB eq
اختناق دریاچه‌ای	EU	kg $(PO_4)^{-3}$ eq.	مسمومیت آب‌های آزاد	MAET	kg 1,4-DB eq.
گرمایش جهانی	GW	kg CO_2 eq.	مسمومیت خاک	TE	kg 1,4-DB eq.
نقصان لایه ازون	OD	kg CFC11 eq.	اکسیداسیون فتوشیمیایی	PhO	kg C_2H_4 eq.

*kg 1, 4 Dichlorobenzene equivalent

تفسیر نتایج چرخه حیات

در آخرین مرحله از ارزیابی چرخه‌حیات، اثرات محیط‌زیستی بالقوه تولید نیشکر در واحد کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی محاسبه و راهکارهای پیشنهادی جهت اصلاح نقاط داغ محیط-زیستی بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه ارائه می‌شود. سپس برای رسیدن به شرایط مناسب با هدف حداقل اثرات محیط‌زیستی و ارائه سیستم مدیریت مصرف بهینه نهاده‌ها به‌منظور حرکت به سمت تولید پاک این محصول سناریوهایی با رویکرد کاهش مصرف سوخت دیزل، کود اوره، کود فسفات، الکتریسیته، سموم شیمیایی و آب‌آبیاری تعریف می‌شود.

نتایج و بحث

آلاینده‌های انتشار یافته

میزان انواع آلاینده‌های انتشار یافته به بخش‌های مختلف محیط-زیست به ازای یک تن نیشکر تولیدی براساس نتایج به دست آمده از اجرای مدل در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- میزان انواع آلاینده‌های انتشار یافته به بخش‌های مختلف محیط‌زیست به ازای یک تن نیشکر تولیدی

انتشارات مستقیم	میزان انتشار (کیلوگرم در هرتن)	منبع انتشار
انتشار در هوا		
N_2O	۰/۹۱۵	(کودهای شیمیایی، سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته، سموم شیمیایی و سوزاندن نیشکر)
NO_x	۱/۴۸	(الکتریسیته، سوزاندن نیشکر و کود اوره)
NH_3	۰/۹۹	(سوزاندن نیشکر، سوخت‌های فسیلی و کود اوره)
CO_2	۲۶۱	(کود اوره، کود فسفات، دیزل، بنزین، الکتریسیته و سموم شیمیایی)
SO_2	۰/۵۹	(بنزین و دیزل)
SO_X	۰/۸۱۹	(الکتریسیته و سوزاندن نیشکر)
CH_4	۰/۵۰۶	(کود اوره، کود فسفات، دیزل، بنزین، الکتریسیته، سموم شیمیایی و سوزاندن نیشکر)
CO	۵/۱۹	(سوزاندن نیشکر و دیزل)
C_6H_6	۰/۰۱۵۱	(دیزل و بنزین)
ترکیبات آلی فرار بدون متان	۰/۳۴۸	(سوزاندن نیشکر)
انتشار در آب		
NO_3 (آبشویی)	۱/۷۹	(کود اوره)
P (آبشویی)	۰/۲۲۱	(کود سوپر فسفات تریپل)
P (رواناب)	۰/۴۰۱	(کود سوپر فسفات تریپل)
سموم شیمیایی	۰/۰۰۲۱۵	(سموم شیمیایی)
انتشار در خاک		
N_{tot}	۴/۴۸	(کود اوره)
P_{tot}	۳/۱۳	(کود سوپر فسفات تریپل)

میزان انتشار گاز N_2O ۰/۹۱۵ کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر برآورد شد که این میزان عمدتاً شامل تلفات مستقیم کودهای مصرفی و نیتروژن قابل دسترس خاک و تلفات غیرمستقیم ناشی از انتشار آمونیاک و نیترات می‌باشد. هم‌چنین بخش عمده‌ای از آن ناشی از کاربرد جریان الکتریسیته در فرآیند آبیاری و سوخت دیزل در استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی است. نتایج برخی بررسی‌ها (Brentrup *et al*., 2004 a) نیز نشان داده است که انتشار اکسید نیتروز در بوم‌نظام‌های زراعی به میزان زیادی وابسته به شدت مصرف کودهای نیتروژدار می‌باشد. میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن برای تولید یک واحد کارکردی نیشکر در شرایط خوزستان ۱/۴۸ کیلوگرم به ازای هرتن نیشکر تولیدی تخمین زده شد که بخش عمده‌ای از انتشارات این گاز ناشی از کاربرد الکتریسیته در آبیاری و سوزاندن بقایای نیشکر است. انتشار گاز آمونیاک به میزان ۰/۹۹ کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر برآورد شد؛ که به دلیل تصعید و فرار از کودهای نیتروژنی و هم-چنین سوخت دیزل اتفاق می‌افتد. مقدار دی‌اکسید کربن منتشر شده به هوا ۲۶۱ کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر می‌باشد که بخش عمده انتشار این گاز به دلیل استفاده از الکتریسیته در آبیاری، کودهای شیمیایی، سموم و و کاربرد سوخت‌های دیزلی در فرآیند تولید این نهاده‌ها و عملیات زراعی است. در همین راستا نتایج برخی مطالعات (Brentrup et Brentrup *et al*., 2004 b ؛ al., 2002 a) نشان داده است که بخش زیادی از انتشار دی‌اکسید کربن تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی عمدتاً مربوط به تولید و انتقال نهاده‌های ورودی به مزرعه بوده و بقیه مربوط به استفاده از ماشین‌آلات می‌باشند. میزان انتشار کربن مونواکسید ناشی از سوزاندن بقایای نیشکر و کاربرد سوخت دیزل ۵/۱۹ کیلوگرم به ازای تولید هرتن نیشکر برآورد شده است. مقدار SO_2 و SO_x انتشار یافته به اتمسفر به ازای یک واحد کارکردی نیشکر به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۸۱۹ کیلوگرم به ازای یک تن نیشکر برآورد گردید. مقدار انتشار نیترات به آب‌های زیرزمینی و نیتروژن به خاک به ترتیب ۱/۷۹ و ۴/۴۸ کیلوگرم به ازای یک تن نیشکر تولیدی برآورد شده است.

ارزیابی چرخه‌حیات نیشکر

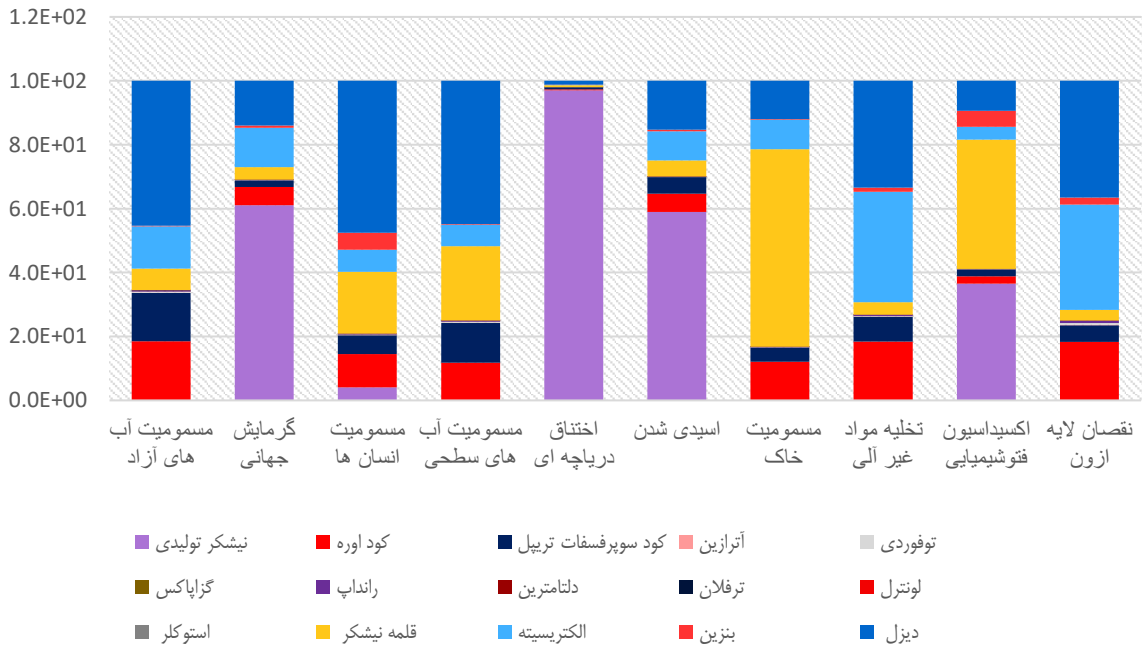
در این تحقیق به منظور ارزیابی انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی

در تولید نیشکر، کل چرخه‌حیات محصول مورد مطالعه از استخراج منابع اولیه تا برداشت محصول در مزرعه مورد مطالعه قرار گرفت. تمامی محاسبات بر اساس یک تن محصول تولید شده انجام و میزان انتشار هر بخش اثر به ازای تولید یک تن نیشکر تولید شده در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول۶- طبقات اثر مرتبط با تولید یک تن نیشکر، نماد و واحد هر کدام از آن‌ها

طبقات اثر	نماد	واحد	مقدار	طبقات اثر	نماد	واحد	مقدار
تخلیه مواد غیرآلی	AD	kg Sb eq.	۱/۵۶	مسمومیت انسان‌ها	HT	kg 1,4-DB eq	۲۷۰/۱۷۴
اسیدی‌شدن	AC	kg SO_2 eq.	۳/۰۲۹	مسمومیت آب‌های سطحی	FAET	kg 1,4-DB eq	۵۷/۳۲۷
اختناق دریاچه‌ای	EU	kg $(PO_4)^{-3}$ eq.	۱۳/۰۵۳	مسمومیت آب‌های آزاد	MAET	kg 1,4-DB eq.	۱۰۳۴۴۷/۸۶
گرمایش جهانی	GW	kg CO_2 eq.	۵۶۴/۱۳۷	مسمومیت خاک	TE	kg 1,4-DB eq.	۲/۶۷
نقصان لایه ازون	OD	kg CFC11 eq.	۰/۰۰۰۰۲۴	اکسیداسیون فتوشیمیایی	PhO	kg C_2H_4 eq.	۰/۳۰۲

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، شاخص نهایی محیط‌زیستی در تولید یک تن نیشکر برای مسمومیت آب‌های آزاد، گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها به ترتیب ۱۰۳۴۴۷/۸۶، ۵۶۴/۱۳۷ و ۲۷۰/۱۷۴ بدست آمد که دارای بیشترین آسیب محیط‌زیستی نسبت به سایر اثرات می باشند. در بین گروه‌های اثر بررسی شده در این مطالعه، سه گروه اثر تخلیه مواد غیرآلی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و نقصان لایه ازون به ترتیب ۱/۵۶، ۰/۳۰۲ و ۰/۰۰۰۰۲۴ دارای کمترین آسیب محیط-زیستی هستند. شکل ۳ سهم هریک از نهاده‌های ورودی و هم-چنین نیشکر خروجی را در هریک از طبقات اثر مورد مطالعه نمایش می‌دهد.



شکل ۳- بخش های اثر به ازای یک تن نیشکر (ساقه تر)

همان‌طور که مشاهده می‌گردد، سوخت دیزل، الکتریسیته، کود اوره و انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر در تمام بخش‌ها بیشترین تاثیر را در افزایش شاخص های بدست آمده، دارا می-باشند.

تحلیل هریک از گروه های اثر

سمیت

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که مقدار سمیت برای اکوسیستم-های دریایی معادل ۱۰۳۴۴۷/۸۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن برای هر تن نیشکر می‌باشد. در تحقیق حاضر دیزل با ۴۶۸۵۷/۱۹ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن، بیشترین تاثیر را در سمیت آب‌های آزاد داشته است و پس از آن کود اوره، کود فسفات، الکتریسیته، انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر و علف‌کش راندآپ[۱] به ترتیب با ۱۹۱۱۶/۰۵، ۱۵۷۱۳/۰۲، ۱۳۶۷۴/۳۸، ۷۰۰۴/۰۳ و ۵۰۴/۶۱

۱ Roundup

معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در این طبقه اثر نقش داشته‌اند. نتایج نشان دادند که گروه اثر مسمومیت آب‌های آزاد دارای بیشترین کارایی تخریب محیط‌زیستی می‌باشد. مصرف سوخت-های فسیلی و کودهای شیمیایی در سامانه های کشاورزی سهم بالایی در این گروه اثر دارد.

Kaab *et al*. (2019) در ارزیابی چرخه حیات نیشکر به این نتیجه رسیدند که مسمومیت آب‌های آزاد با انتشار ۵۱۶۳۶/۹۱ کیلوگرم دی‌کلروبنزن در مزارع تازه‌کشت و ۳۵۴۴۸/۰۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن در مزارع بازرویی بیشترین اثر محیط‌زیستی را در میان گروه‌های تاثیر ایجاد کرده است. بررسی‌های Farahani and Asoodar (2017) نیز نشان دادند که در تولید نیشکر، الکتریسیته با سهم ۷۰/۵ درصد و کود اوره با سهم ۱۷/۸درصد بیشترین سهم را در این طبقه اثر داشتند. در مطالعه حاضر در طبقه اثر سمیت برای انسان‌ها، ۲۷۰/۱۷۳۶ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن به ازای تولید یک تن نیشکر به محیط منتشر می‌شود. سوخت دیزل با ۱۲۸/۵۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن، بیشترین تاثیر را در سمیت انسان‌ها داشته است و پس از آن قلمه نیشکر، کود اوره و الکتریسیته به ترتیب با مقادیر ۵۲/۰۴، ۲۸/۰۲ و ۱۸/۷۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین تأثیرات روی این گروه اثر داشته اند. Kaab *et al*. (2019) طبقه اثر مسمومیت برای انسان‌ها ۱۱۱/۹۳ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در مزارع تازه‌کشت و ۶۴/۴۲ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در مزارع بازرویی به دست آوردند. مقدار سمیت برای آبزیان آب‌های سطحی به ازای تولید یک تن نیشکر ۵۷/۳۲۷۴ کیلوگرم دی‌کلروبنزن برآورد شده است. سوخت دیزل، انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر، کود فسفات و کود اوره به ترتیب ۲۵/۷۲، ۱۳/۲۹، ۷/۱۰، ۶/۷۸ معادل کیلوگرم دی‌کلرو بنزن بیشترین تاثیر را در این گروه اثر ایفا کردند. در شرایط خوزستان تولید یک تن نیشکر در طبقه اثر مسمومیت خاک ۲/۶۷ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن به محیط منتشر می‌کند. به طوری که انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر با ۱/۶۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین نقش را در این طبقه اثر داشته است. بعد از آن کود اوره، دیزل، الکتریسیته و کود فسفات به ترتیب ۰/۳۲۳، ۰/۳۲۱، ۰/۲۴۸ و ۰/۱۲ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در این طبقه اثر بیشترین نقش را داشتند.

تخلیه منابع غیرزنده

نتایج پژوهش نشان داد که مقدار طبقه اثر تخلیه منابع غیرآلی برای تولید یک تن نیشکر ۱/۵۶ کیلوگرم آنتیموان است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که الکتریسیته با ۰/۵۴، دیزل با ۰/۵۲، کود اوره با ۰/۲۹ و کود فسفات با ۰/۱۲ کیلوگرم آنتیموان بیشترین نقش را در این گروه اثر ایفا کردند. Marashi *et al*. (2019) در ارزیابی چرخه حیات صنعت شکر نشان دادند که در تولید شکر، تخلیه غیرزیستی معادل ۰/۰۰۰۸۷ کیلوگرم آنتیموان به محیط‌زیست منتشر می‌کند.

گرمایش جهانی

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که به ازای تولید هر تن نیشکر ۵۶۴/۱۳۶۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن به محیط منتشر می‌شود. در این تحقیق در طبقه اثر گرمایش جهانی، انتشار مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر ۳۴۴/۴۷، دیزل ۷۸/۹ ، الکتریسیته ۶۹/۵۶ و کود اوره ۳۲/۱۹ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن سهم دارند. Kaab *et al*. (2019) میزان پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن محصول تولیدی در مزارع تازه‌کشت و مزارع بازرویی به ترتیب، برابر ۱۲۶/۵۱ و ۱۰۳/۹۵ کیلوگرم معادل دی-اکسیدکربن و Farahani and Asoodar (2017) میزان انتشار طبقه اثر گرمایش جهانی را معادل ۳۱۷/۷ کیلوگرم دی‌اکسید-کربن برآورد کردند که در بخش تولید نیشکر، سوزاندن نیشکر با ۴۷٪ و الکتریسیته با ۲۶٪ بیشترین تاثیر را در طبقه اثر گرمایش جهانی داشته‌اند. Renouf *et al*. (2010) با بررسی اثرات محیط-زیستی تولید نیشکر در استرالیا نشان دادند که میزان پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن محصول تولیدی ۷۷/۹ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن به محیط‌زیست منتشر می‌کند. انتشار N_2O ناشی از دی‌نیتریفیکاسیون عامل اصلی اثرگذار بر این طبقه اثر است.

اتریفیکاسیون

در شرایط خوزستان تولید یک تن نیشکر در طبقه اثر اتریفیکاسیون، ۱۳/۰۵۳ کیلوگرم معادل فسفات به محیط منتشر می‌کند. تلفات مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر با ۱۲/۶۷ کیلوگرم معادل فسفات بیشترین نقش را در طبقه اثر اتریفیکاسیون داشته است و سایر نهاده‌ها تاثیر چندانی در این طبقه اثر برجای نگذاشتند. تلفات از ترکیبات دارای نیتروژن و فسفر که در مزرعه استفاده می‌شوند، منشا اصلی اتریفیکاسیون هستند.

اسیدی شدن

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که به ازای تولید هر تن نیشکر معادل ۳/۰۳ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد به محیط‌زیست منتشر می‌شود که دارای اثرات اسیدی شدن است. به‌طوری که انتشارات مستقیم مزرعه‌ای برای تولید نیشکر ۱/۷۹، سوخت دیزل ۰/۴۶، الکتریسیته ۰/۲۷ و کود اوره ۰/۱۷ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد در اسیدی‌شدن سهم داشته‌اند. Kaab *et al*. (2019) برای تولید یک تن نیشکر در شرکت کشت و صنعت امام خمینی ، معادل ۰/۵۱۶

کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد در مزارع تازه‌کشت بدست آورند. در تحقیقی Renouf *et al*. (2010) نشان دادند که طبقه اثر پتانسیل اسیدی‌شدن (آبزیان) معادل ۰/۸۳ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد به محیط منتشر می‌کند.

نقصان لایه ازون

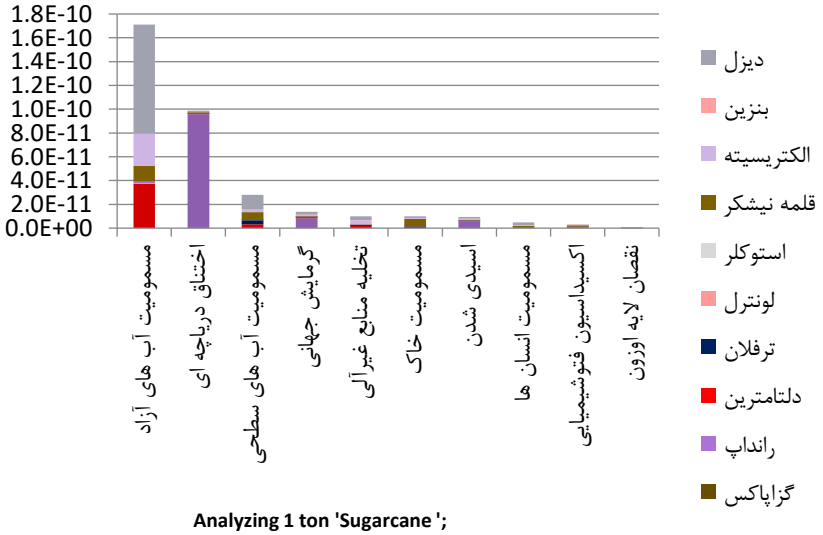
در شرایط خوزستان به ازای تولید یک تن نیشکر، معادل ۰/۰۰۰۰۲۴ کیلوگرم کلروفلوروکربن به محیط‌زیست منتشر می‌شود که موجب تخریب لایه اوزون در استراتوسفر می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سوخت دیزل با ۰/۰۰۰۰۰۸۸ کیلوگرم کلروفلوروکربن بیشترین سهم را در این طبقه اثر ایفا کرده است. الکتریسیته، کود اوره و کود فسفات به ترتیب با ۰/۰۰۰۰۰۸۰، ۰/۰۰۰۰۰۴۴ و ۰/۰۰۰۰۰۱۳ کیلوگرم کلروفلوروکربن بعد از سوخت دیزل بیشترین اثرات را در این طبقه اثر داشتند.

اکسیداسیون فتوشیمیایی

در این تحقیق تجزیه و تحلیل تولید نیشکر با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو مشخص کرد که به ازای تولید هر تن نیشکر در کشت و صنعت حکیم فارابی، ۰/۳۰۲ معادل کیلوگرم اتیلن به هوا وارد می‌شود. اتیلن (C_2H_4) منجر به ایجاد اکسیداسیون فتوشیمیایی می‌شود. در تولید نیشکر در کشت و صنعت حکیم فارابی، تهیه قلمه با ۰/۱۲ و انتشارات مستقیم مزرعه از تولید نیشکر با ۰/۱۱معادل کیلوگرم اتیلن بیشترین اثرات را در پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی داشته‌اند. Kaab *et al*. (2019) میزان اتیلن را ۰/۱۲ کیلوگرم در تولید نیشکر و Farahani and Asoodar (2017) معادل ۱/۸۸ کیلوگرم در کل تولید شکر به دست آوردند.

مقایسه بخش های اثر به ازای یک تن نیشکر (ساقه تر)

شکل ۴ که بخش‌های اثر نرمال شده به ازای یک تن نیشکر را نشان می‌دهد.



Analyzing 1 ton 'Sugarcane ';
Method: CML 2 baseline 2000 V2.05 / World, 1995 / Normalization

شکل ۴- مقایسه بخش های اثر به ازای یک تن نیشکر (ساقه تر)

باتوجه به شکل ۴ که بخش‌های اثر نرمال شده به ازای یک تن نیشکر را نشان می‌دهد، شاخص مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین تاثیر را در کشت نیشکر بر روی محیط‌زیست دارد. نکته‌ای که حایز اهمیت است این است که چون شاخص مسمومیت آب‌های آزاد مهم‌ترین شاخص از نظر کارایی تخریب محیط‌زیستی می‌باشد، بایستی نهاده‌هایی که در مرحله طبقه‌بندی شاخص‌ها باعث این امر شدند مورد بررسی قرار گرفته تا در صورت امکان به سمت مطلوب سوق داده شوند.

تغییرات نهاده‌های ورودی در صورت اعمال سناریوها

در این مرحله پس از بررسی نتایج بدست آمده از شرایط موجود، مشخص شد در طبقه اثر مسمومیت آب‌های آزاد که ۱۰۳۴۴۷/۸۶ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن به محیط منتشر می‌کند، نهاده‌ی ورودی دیزل با ۴۶۸۵۷/۱۹ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن، بیشترین تاثیر را در سمیت آب‌های آزاد داشته است و پس از آن کود اوره، کود فسفات، الکتریسیته، تهیه قلمه نیشکر و علف‌کش رانداپ به ترتیب با ۱۹۱۱۶/۰۵، ۱۵۷۱۳/۰۲، ۱۳۶۷۴/۳۸، ۷۰۰۴/۰۳ و ۵۰۴/۶۱ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در این طبقه اثر نقش داشته اند. پس برای رسیدن به شرایط مناسب با هدف حداقل اثرات محیط‌زیستی سناریوهایی با رویکرد کاهش مصرف سوخت دیزل، کود اوره، کود فسفات، الکتریسیته، سموم شیمیایی

و آب‌آبیاری تعریف می‌شود. سناریو اول: کاهش مصرف سوخت دیزل و الکتریسیته به میزان ۵ درصد مصرف فعلی، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی به میزان ۲ درصد مصرف فعلی و کاهش مصرف آب به میزان ۰/۲۵ درصد مصرف فعلی. سناریو دوم: کاهش مصرف سوخت دیزل و الکتریسیته به میزان۱۰ درصد مصرف فعلی، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی به میزان ۵ درصد مصرف فعلی و کاهش مصرف آب به میزان ۰/۵ درصد مصرف فعلی. سناریو سوم: کاهش مصرف سوخت دیزل و الکتریسیته به میزان ۱۵ درصد مصرف فعلی، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی به میزان ۷ درصد مصرف فعلی و کاهش مصرف آب به میزان ۱ درصد مصرف فعلی.

میزان انتشار آلاینده‌ها با اعمال سناریوها

میزان انتشار آلاینده‌ها با اعمال سناریوهای مورد مطالعه به ازای هر تن نیشکر تولیدی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- میزان انواع آلاینده‌های منتشره به بخش‌های مختلف محیط‌زیست به ازای یک تن نیشکر تولیدی با اعمال سناریوها

انتشارات مستقیم	میزان انتشار (کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر)				منبع انتشار
انتشار در هوا	انتشار فعلی	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	
N_2O	۰/۹۱۵	۰/۸۷۱	۰/۸۲۷	۰/۷۸۴	(کود و سموم شیمیایی، سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته و سوزاندن نیشکر)
NO_x	۱/۴۸	۱/۴۲	۱/۳۷	۱/۳۲	(الکتریسیته، سوزاندن نیشکر و کود اوره)
NH_3	۰/۹۹	۰/۹۷۴	۰/۹۵	۰/۹۳۴	(سوزاندن نیشکر، سوخت‌های فسیلی و کود اوره)
CO_2	۲۶۱	۲۵۱	۲۴۰	۲۳۰	(کود اوره، کود فسفات، دیزل، بنزین، الکتریسیته و سموم شیمیایی)
SO_2	۰/۵۹	۰/۵۶۷	۰/۵۴۳	۰/۵۲۱	(بنزین و دیزل)
SO_X	۰/۸۱۹	۰/۷۸	۰/۷۴۱	۰/۷۰۲	(الکتریسیته و سوزاندن نیشکر)
CH_4	۰/۵۰۶	۰/۴۹۱	۰/۴۷۵	۰/۴۶	(اوره، فسفات، دیزل، بنزین، الکتریسیته، سموم شیمیایی و سوزاندن نیشکر)
CO	۵/۱۹	۵/۱۵	۵/۱۲	۵/۰۸	(سوزاندن نیشکر و دیزل)
C_6H_6	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۴۸	(دیزل و بنزین)
ترکیبات آلی فرار بدون متان	۰/۳۴۸	۰/۳۴۲	۰/۳۳۶	۰/۳۳	(سوزاندن نیشکر)
انتشار در آب					
NO_3 (آبشویی)	۱/۷۹	۱/۷۷	۱/۷۲	۱/۷	(کود اوره)
P (آبشویی)	۰/۲۲۱	۰/۲۱۷	۰/۲۱	۰/۲۰۶	(کود سوپر فسفات تریپل)
P (رواناب)	۰/۴۰۱	۰/۳۹۳	۰/۳۸۱	۰/۳۷۳	(کود سوپر فسفات تریپل)
سموم شیمیایی	۰/۰۰۲۱۵	۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۰۲۱۱	۰/۰۰۲۱	(سموم شیمیایی)
انتشار در خاک					
N_{tot}	۴/۴۸	۴/۳۹	۴/۲۶	۴/۱۷	(کود اوره)
P_{tot}	۳/۱۳	۳/۰۷	۲/۹۷	۲/۹۱	(کود سوپر فسفات تریپل)

میزان انتشار فعلی گاز N_2O ۰/۹۱۵ کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر برآورد شد؛ نتایج نشان داد پس از اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب به ۰/۸۷۱، ۰/۸۲۷ و ۰/۷۸۴ کیلوگرم کاهش یافته است. میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن برای تولید یک واحد کارکردی نیشکر در شرایط خوزستان ۱/۴۸ کیلوگرم به ازای هرتن نیشکر تولیدی تخمین زده شد؛ تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو مشخص کرد که بعد از اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب به ۱/۴۲، ۱/۳۷ و ۱/۳۲ کیلوگرم کاهش پیدا کرده است. میزان انتشار فعلی گاز آمونیاک که ۰/۹۹ کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر برآورد شده است، با اعمال سناریو اول به ۰/۹۷۴ کیلوگرم، با اعمال سناریو دوم به ۰/۹۵ و با اعمال سناریو سوم به ۰/۹۳۴ کیلوگرم کاهش پیدا کرده است. مقدار دی‌اکسیدکربن منتشر شده به هوا ۲۶۱ کیلوگرم به ازای هر تن نیشکر می‌باشد که بخش عمده انتشار این گاز به دلیل استفاده از الکتریسیته در آبیاری، کودهای شیمیایی، سموم و و کاربرد سوخت‌های دیزلی در فرآیند تولید این نهاده‌ها و عملیات زراعی بود پس از اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب به ۲۵۱، ۲۴۰ و ۲۳۰ کاهش یافته است. با اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم مقدار SO_2 انتشار یافته به اتمسفر به ازای یک واحد کارکردی نیشکر به ترتیب به ۰/۵۶۷، ۰/۵۴۳ و ۰/۵۲۱ کیلوگرم کاهش پیدا می‌کند، در صورتی که میزان انتشار فعلی این گاز ۰/۵۹کیلوگرم برآورد شده است. میزان SO_x انتشار یافته به

اتمسفر به ازای یک واحد کارکردی نیشکر ۰/۸۱۹ کیلوگرم برآورد گردید که با اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب به۰/۷۸، ۰/۷۴۱ و ۰/۷۰۲ کاهش پیدا کرده است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که به ازای تولید هر تن نیشکر در شرایط فعلی معادل ۱/۷۹ کیلوگرم نیترات به آب‌های زیرزمینی انتشار می‌یابد که با اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب به ۱/۷۷، ۱/۷۲ و ۱/۷۰ کاهش یافته است. میزان انتشار نیتروژن و فسفر به خاک ناشی از استعمال کودها در شرایط فعلی به ترتیب ۴/۴۸ و ۳/۱۳ کیلوگرم برآورد گردید. پس از اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم میزان انتشار نیتروژن به ترتیب به ۴/۳۹، ۴/۲۶ و ۴/۱۷ کیلوگرم و میزان انتشار فسفر به ترتیب به ۳/۰۷، ۲/۹۷ و ۲/۹۱ کاهش پیدا کرده است. با اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم میزان انتشار فسفر به آب‌های زیرزمینی به ترتیب از ۰/۲۲۱ کیلوگرم به ۰/۲۱۷، ۰/۲۱۰ و ۰/۲۰۶ کیلوگرم کاهش یافته است. میزان انتشار فعلی کربن مونواکسید ناشی از سوزاندن بقایای نیشکر و کاربرد سوخت دیزل ۵/۱۹ کیلوگرم برآورد شده است که پس از اعمال سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب به ۵/۱۵، ۵/۱۲ و ۵/۰۸ کیلوگرم کاهش یافته است.

میزان انتشار طبقات اثر با اعمال سناریوها

میزان انتشار هر بخش اثر به ازای تولید یک تن نیشکر تولید شده در سناریوهای مختلف در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸- طبقات اثر مرتبط با تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریوهای مختلف ، نماد و واحد هرکدام از آن ها

طبقات اثر	نماد	واحد	معادل انتشار فعلی	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم
تخلیه مواد غیر آلی	AD	kg Sb eq.	۱/۵۶	۱/۴۹	۱/۴۳	۱/۳۷
اسیدی‌شدن	AC	kg SO_2 eq.	۳/۰۳	۲/۹۵	۲/۸۶	۲/۷۸
اختناق دریاچه‌ای	EU	kg $(PO_4)^{-3}$ eq.	۱۳/۰۵۳	۱۲/۷	۱۲/۴	۱۲/۱۳
گرمایش جهانی	GW	kg CO_2 eq.	۵۶۴/۱۴	۵۴۰/۷۶	۵۱۶/۴۱	۴۹۳/۰۴
نقصان لایه ازون	OD	11eq. kg CFC	۰/۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۲۱
مسمومیت انسان‌ها	HT	kg 1,4-DB eq	۲۷۰/۱۷۴	۲۶۱/۸۸	۲۵۳/۱۵	۲۴۴/۸۷
مسمومیت آب‌های سطحی	FAET	kg 1,4-DB eq	۵۷/۳۲۷	۵۵/۵۶	۵۳/۶۶	۵۱/۹
مسمومیت آب‌های آزاد	MAET	kg 1,4-DBeq.	۱۰۳۴۴۷/۸۶	۹۹۷۱۴/۶	۹۵۶۲۸/۰۲	۹۱۸۹۴/۷۷
مسمومیت خاک	TE	kg 1,4-DBeq.	۲/۶۷	۲/۶۳	۲/۶۰	۲/۵۵
اکسیداسیون فتوشیمیایی	PhO	kg C_2H_4 eq.	۰/۳۰۲	۰/۲۹۹	۰/۲۹۷	۰/۲۹۴

میزان انتشار طبقات اثر با اعمال سناریو اول

طبقه اثر مسمومیت آب‌های آزاد در سناریو اول معادل انتشار ۹۹۷۱۴/۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن می‌باشد که به میزان ۳۷۳۳/۲۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش پیداکرده است. در این طبقه اثر میزان مصرف سوخت دیزل از ۴۶۸۵۷/۱۹ به ۴۴۵۱۴/۳۳ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، کود اوره از ۱۹۱۱۶/۰۵ به ۱۸۷۳۳/۷۳ کیلوگرم دی‌کلروبنزن و کود فسفات از ۱۵۷۱۳/۰۲ به ۱۵۳۹۸/۷۶کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش یافته است. با اعمال سناریو اول طبقه اثر گرمایش جهانی با معادل انتشار ۵۴۰/۷۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، به میزان ۲۳/۳۸ کیلوگرم دی-اکسیدکربن کاهش یافته است. در این تحقیق در طبقه اثر گرمایش جهانی، انتشار مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر از ۳۴۴/۴۷ به ۳۲۹/۴۱ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، دیزل از ۷۸/۹۰ به ۷۴/۹۴ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و الکتریسیته از ۶۹/۵۷ به ۶۶/۰۸ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن کاهش یافتند.

نتایج پژوهش نشان داد که مقدار طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده برای تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریو اول از ۱/۵۶ به ۱/۵۰ کیلوگرم آنتیموان تولیدی کاهش یافته است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که الکتریسیته از ۰/۵۴ به ۰/۵۲، دیزل از ۰/۵۲ به ۰/۴۹، کود اوره از ۰/۲۹ به ۰/۲۸ و کود فسفات از ۰/۱۲ به ۰/۱۱۸ کیلوگرم آنتیموان تولیدی بیشترین کاهش را داشته‌اند.

در این تحقیق تجزیه و تحلیل تولید نیشکر نشان داد که به ازای تولید هر تن نیشکر در کشت و صنعت حکیم فارابی، ۰/۲۹۹ معادل کیلوگرم اتیلن در طبقه اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی بعد از اعمال سناریو اول به هوا وارد می‌شود که تهیه قلمه با ۰/۱۲۱۹ و انتشارات مستقیم مزرعه از تولید نیشکر با ۰/۱۱۰۲ معادل کیلو-گرم اتیلن بیشترین اثر را در پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی داشته‌اند. در شرایط خوزستان به ازای تولید یک تن نیشکر، معادل ۰/۰۰۰۰۲۳ کیلوگرم کلروفلوروکربن بعد از اعمال سناریو اول به محیط‌زیست انتشار می‌یابد که معادل ۰/۰۰۰۰۰۱ کیلوگرم کلروفلورو کربن کاهش یافته است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد سوخت دیزل که بیشترین سهم را در این طبقه اثر ایفا کرده است، از ۰/۰۰۰۰۰۸۸ به ۰/۰۰۰۰۰۸۴کیلوگرم کلروفلوروکربن کاهش یافته است. الکتریسیته، کود اوره و کود فسفات به ترتیب با ۰/۰۰۰۰۰۷۶، ۰/۰۰۰۰۰۴۳ و ۰/۰۰۰۰۰۱۲۵ کیلوگرم کلروفلوروکربن بعد از سوخت دیزل و پس از اعمال سناریو اول

بیشترین اثر را در این طبقه اثر داشتند. در مطالعه حاضر شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر سمیت برای انسان‌ها با اعمال سناریو اول، از ۲۷۰/۱۷۳۶ به ۲۶۱/۸۸ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن به ازای تولید یک تن نیشکر بدست آمده است. در این گروه تاثیر دیزل با ۱۲۲/۱۲ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن، بیشترین تاثیر را در سمیت انسان‌ها بعد از اعمال سناریو اول داشته است و پس از آن قلمه نیشکر، کود اوره و الکتریسیته به ترتیب با مقادیر ۵۲/۰۴، ۲۷/۴۶ و ۱۷/۸۱ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین تأثیر را در سناریو اول داشته‌اند. میزان انتشار شاخص سمیت برای آبزیان آب‌های سطحی به ازای تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریو اول از ۵۷/۳۲۷۴ به ۵۵/۵۷ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش داشته است. سوخت دیزل، انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر، کود فسفات و کود اوره به ترتیب ۲۴/۴۳، ۱۳/۲۸، ۶/۹۶ و ۶/۶۵ معادل کیلوگرم دی‌کلرو بنزن در سناریو اول بیشترین نقش را در این گروه اثر ایفا کردند. در شرایط خوزستان تولید یک تن نیشکر در طبقه اثر اتریفیکاسیون در سناریو اول، ۱۲/۷ کیلوگرم معادل فسفات برآورد شده است. تلفات مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر که بیشترین نقش را در طبقه اثر اتریفیکاسیون داشته است از ۱۲/۶۷ به ۱۲/۴۱ کیلوگرم معادل فسفات کاهش یافته است و سایر نهاده‌ها تاثیر چندانی در این طبقه اثر برجای نگذاشتند. یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که به ازای تولید هر تن نیشکر در شرایط فعلی معادل ۳/۰۳ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد به محیط‌زیست منتشر می‌شود که دارای اثرات اسیدی‌شدن است و پس از اعمال سناریو اول این میزان به ۲/۹۵ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد کاهش پیدا کرده است. به طوری که انتشارات مستقیم مزرعه‌ای برای تولید نیشکر از ۱/۷۹ به ۱/۷۵ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد، سوخت دیزل از ۰/۴۶ به ۰/۴۴ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد، الکتریسیته از ۰/۲۷ به ۰/۲۶ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد و کود اوره از۰/۱۷ به ۰/۱۶۷ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد در این طبقه اثر کاهش یافته‌اند. در شرایط خوزستان شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر مسمومیت خاک برای تولید یک تن نیشکر ۲/۶۷ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن محاسبه شد که بعد از اعمال سناریو اول به ۲/۶۳ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش پیدا کرده است. به طوری که انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر با ۱/۶۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین نقش را در این طبقه اثر داشته است. بعد از انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر، نهاده‌های کود اوره، دیزل، الکتریسیته و کود فسفات به ترتیب ۰/۳۱۶، ۰/۳۰۵، ۰/۲۳۵ و ۰/۱۱۹ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در سناریو اول در انتشار این طبقه اثر بیشترین نقش را داشتند.

میزان انتشار طبقات اثر با اعمال سناریو دوم

طبقه اثر مسمومیت آب‌های آزاد در سناریو دوم معادل انتشار ۹۵۶۲۸/۰۲ کیلوگرم دی‌کلروبنزن می‌باشد که به میزان ۷۸۱۹/۸۴ کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش پیداکرده است. در این طبقه اثر میزان مصرف سوخت دیزل از ۴۶۸۵۷/۱۹ به ۴۲۱۷۱/۴۷ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، کود اوره از ۱۹۱۱۶/۰۵ به ۱۸۱۶۰/۲۵ کیلوگرم دی‌کلروبنزن و کود فسفات از ۱۵۷۱۳/۰۲ به ۱۴۹۲۷/۳۷ کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش یافته است. با اعمال سناریو دوم طبقه اثر گرمایش جهانی با معادل انتشار ۵۱۶/۴۱ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، به میزان ۴۷/۷۳ کیلوگرم دی-اکسیدکربن کاهش یافته است. در این تحقیق در طبقه اثر گرمایش جهانی، انتشار مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر از ۳۴۴/۴۷ به ۳۱۳/۸۴ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، دیزل از ۷۸/۹۰ به ۷۱ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، الکتریسیته از ۶۹/۵۷ به ۶۲/۶۰ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و کود اوره ۳۲/۱۹ به ۳۰/۵۸ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن کاهش یافتند. نتایج پژوهش نشان داد که مقدار طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده برای تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریو دوم از ۱/۵۶ به ۱/۴۳ کیلوگرم آنتیموان تولیدی کاهش یافته است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که الکتریسیته از ۰/۵۴به ۰/۴۸، دیزل از ۰/۵۲ به ۰/۴۷، کود اوره از۰/۲۹ به ۰/۲۷ و کود فسفات از ۰/۱۲ به ۰/۱۱۵ کیلوگرم آنتیموان تولیدی بیشترین کاهش را داشته‌اند.

نتایج نشان دادند که به ازای تولید هر تن نیشکر در کشت و صنعت حکیم فارابی، ۰/۲۹۷ معادل کیلوگرم اتیلن در طبقه اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی بعد از اعمال سناریو دوم به هوا وارد می‌شود، که تهیه قلمه با ۰/۱۲۱۹ و انتشارات مستقیم مزرعه از تولید نیشکر با ۰/۱۱۰۱ کیلوگرم اتیلن بیشترین اثر را در پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی داشته‌اند. در شرایط خوزستان به ازای تولید یک تن نیشکر، معادل ۰/۰۰۰۰۲۲ کیلوگرم کلروفلوروکربن بعد از اعمال سناریو دوم به محیط‌زیست انتشار می‌یابد که سوخت دیزل با بیشترین سهم از ۰/۰۰۰۰۰۸۸ به ۰/۰۰۰۰۰۷۹کیلوگرم کلروفلوروکربن کاهش یافته است. الکتریسیته، کود اوره و کود فسفات به ترتیب با ۰/۰۰۰۰۰۷۲، ۰/۰۰۰۰۰۴۲ و ۰/۰۰۰۰۰۱۲۱ کیلوگرم کلروفلوروکربن بعد از سوخت دیزل و پس از اعمال سناریو دوم بیشترین اثر را در این طبقه اثر داشتند.

در مطالعه حاضر شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر سمیت برای انسان‌ها با اعمال سناریو دوم، از ۲۷۰/۱۷۳۶ به ۲۵۳/۱۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن به ازای تولید یک تن نیشکر بدست آمده است. در این گروه تاثیر دیزل با ۱۱۵/۷ معادل کیلوگرم

دی‌کلروبنزن، بیشترین تاثیر را بعد از اعمال سناریو دوم داشته است و پس از آن قلمه نیشکر، کود اوره و الکتریسیته به ترتیب با مقادیر ۵۲/۰۴، ۲۶/۶۲ و ۱۶/۸۸ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین تأثیر را در سناریو دوم دراین گروه داشتند. میزان انتشار شاخص سمیت برای آبزیان آب‌های سطحی به ازای تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریو دوم از ۵۷/۳۲۷۴ به ۵۳/۶۶ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش داشته است. سوخت دیزل، انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر، کود فسفات و کود اوره به ترتیب ۲۳/۱۴، ۱۳/۲۸، ۶/۷۵ و ۶/۴۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در سناریو دوم بیشترین نقش را در این گروه اثر ایفا کردند. در شرایط خوزستان تولید یک تن نیشکر در طبقه اثر اتریفیکاسیون در سناریو دوم، ۱۲/۴ کیلوگرم معادل فسفات برآورد شده است. تلفات مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر که بیشترین نقش را در طبقه اثر اتریفیکاسیون داشته است از ۱۲/۶۷ به ۱۲/۰۳ کیلوگرم معادل فسفات کاهش یافته است و سایر نهاده‌ها تاثیر چندانی در این طبقه اثر برجای نگذاشتند.

یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که به ازای تولید هر تن نیشکر در شرایط فعلی معادل ۳/۰۳ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد به محیط‌زیست منتشر می‌شود که دارای اثرات اسیدی‌شدن است و پس از اعمال سناریو دوم این میزان به ۲/۸۶ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد کاهش پیدا کرده است. به طوری که انتشارات مستقیم مزرعه‌ای برای تولید نیشکر از ۱/۷۹ به ۱/۷۰ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد، سوخت دیزل از ۰/۴۶ به ۰/۴۲ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد و الکتریسیته از ۰/۲۷ به ۰/۲۵ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد در این طبقه اثر کاهش یافته‌اند. در شرایط خوزستان شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر مسمومیت خاک برای تولید یک تن نیشکر ۲/۶۷ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن محاسبه شد که بعد از اعمال سناریو دوم به ۲/۶۰ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش پیدا کرده است. به‌طوری که انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر با ۱/۶۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین نقش را در این طبقه اثر داشته است و بعد از آن نهاده-های کود اوره، دیزل، الکتریسیته و کود فسفات به ترتیب ۰/۳۰۶، ۰/۲۸۹، ۰/۲۲۳ و ۰/۱۱۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در سناریو دوم در انتشار این طبقه اثر بیشترین نقش را داشتند.

میزان انتشار طبقات اثر با اعمال سناریو سوم

طبقه اثر مسمومیت آب‌های آزاد در سناریو سوم معادل انتشار ۹۱۸۹۴/۷۷ کیلوگرم دی‌کلروبنزن می‌باشد که به میزان ۱۱۵۵۳/۰۹ کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش پیداکرده است. در این طبقه اثر میزان مصرف سوخت دیزل از ۴۶۸۵۷/۱۹ به ۳۹۸۲۸/۶۱ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، کود اوره از ۱۹۱۱۶/۰۵ به ۱۷۷۷۷/۹۳ کیلوگرم دی‌کلروبنزن و کود فسفات از ۱۵۷۱۳/۰۲ به ۱۴۶۱۳/۱۱ کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش یافته است. با اعمال سناریو سوم طبقه اثر گرمایش جهانی با معادل انتشار ۴۹۳/۰۴ کیلوگرم دی‌اکسید کربن، به میزان ۷۱/۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن کاهش یافته است. در این تحقیق در طبقه اثر گرمایش جهانی، انتشار مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر از ۳۴۴/۴۷ به ۲۹۸/۷۸ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، دیزل از ۷۸/۹۰ به ۶۷/۰۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، الکتریسیته از ۶۹/۵۷ به ۵۹/۱۳ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و کود اوره ۳۲/۱۹ به ۲۹/۹۴ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن کاهش یافتند. نتایج پژوهش نشان داد که مقدار طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده برای تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریو سوم از ۱/۵۶ به ۱/۳۷ کیلوگرم آنتیموان تولیدی کاهش یافته است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که الکتریسیته از ۰/۵۴ به ۰/۴۶، دیزل از ۰/۵۲ به ۰/۴۴، کود اوره از ۰/۲۹ به ۰/۲۶ و کود فسفات از ۰/۱۲۰ به ۰/۱۱۲ کیلوگرم آنتیموان تولیدی بیشترین کاهش را داشته‌اند.

در این تحقیق مشخص شد که به ازای تولید هر تن نیشکر در کشت و صنعت حکیم فارابی، ۰/۲۹۴ معادل کیلوگرم اتیلن در طبقه اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی بعد از اعمال سناریو سوم به هوا وارد می‌شود، که معادل ۰/۰۰۸ کیلوگرم اتیلن کاهش یافته است. در تولید نیشکر در کشت و صنعت حکیم فارابی، تهیه قلمه با ۰/۱۲۱۹ و انتشارات مستقیم مزرعه از تولید نیشکر با ۰/۱۱۰ معادل کیلوگرم اتیلن بیشترین اثر را در پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی داشته‌اند. در شرایط خوزستان به ازای تولید یک تن نیشکر، معادل ۰/۰۰۰۰۲۱ کیلوگرم کلروفلوروکربن بعد از اعمال سناریو سوم به محیط‌زیست انتشار می‌یابد که معادل ۰/۰۰۰۰۰۳ کیلوگرم کلروفلوروکربن کاهش یافته است. سوخت دیزل که بیشترین سهم را در این طبقه اثر ایفا کرده است، از ۰/۰۰۰۰۰۸۸ به ۰/۰۰۰۰۰۷۵کیلوگرم کلروفلوروکربن کاهش یافته است. الکتریسیته، کود اوره و کود فسفات به ترتیب با ۰/۰۰۰۰۰۶۸، ۰/۰۰۰۰۰۴۱ و ۰/۰۰۰۰۰۱۱۹ کیلوگرم کلروفلوروکربن پس از اعمال سناریو سوم بیشترین اثر را در این طبقه اثر داشتند.

در مطالعه حاضر شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر سمیت برای انسان‌ها با اعمال سناریو سوم، از ۲۷۰/۱۷۳۶ به ۲۴۴/۸۷ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن به ازای تولید یک تن نیشکر بدست آمده است. در این گروه تاثیر دیزل با ۱۰۹/۲۶ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن، بیشترین تاثیر را در سمیت انسان‌ها بعد از اعمال سناریو سوم داشته است و پس از آن قلمه نیشکر، کود اوره و الکتریسیته به ترتیب با مقادیر ۵۲/۰۴، ۲۶/۰۶ و ۱۵/۹۴ معادل

کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین تأثیر را در این طبقه اثر داشته‌اند. میزان انتشار شاخص سمیت برای آبزیان آب‌های سطحی به ازای تولید یک تن نیشکر با اعمال سناریو سوم از ۵۷/۳۲۷۴ به ۵۱/۹ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش داشته است. سوخت دیزل، انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر، کود فسفات و کود اوره به ترتیب ۲۱/۸۶، ۱۳/۲۸، ۶/۶۰ و ۶/۳۱ معادل کیلوگرم دی‌کلرو بنزن در سناریو سوم بیشترین نقش را در این گروه اثر ایفا کردند. در شرایط خوزستان تولید یک تن نیشکر در طبقه اثر اتریفیکاسیون در سناریو سوم، ۱۲/۱۳ کیلوگرم معادل فسفات برآورد شده است. تلفات مستقیم از مزرعه برای تولید نیشکر که بیشترین نقش را در طبقه اثر اتریفیکاسیون داشته است از ۱۲/۶۷ به ۱۱/۷۸ کیلوگرم معادل فسفات کاهش یافته است و سایر نهاده‌ها تاثیر چندانی در این طبقه اثر برجای نگذاشتند. یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که به ازای تولید هر تن نیشکر در شرایط فعلی معادل ۳/۰۳ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد به محیط‌زیست منتشر می‌شود که دارای اثرات اسیدی‌شدن است و پس از اعمال سناریو سوم این میزان به ۲/۷۸ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد کاهش پیدا کرده است. به طوری که انتشارات مستقیم مزرعه‌ای برای تولید نیشکر از ۱/۷۹ به ۱/۶۷ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد، سوخت دیزل از ۰/۴۶ به ۰/۴۰ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد، الکتریسیته از ۰/۲۷ به ۰/۲۳ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد و کود اوره از۰/۱۷ به ۰/۱۵۹ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد در این طبقه اثر کاهش یافته‌اند. در شرایط خوزستان شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر مسمومیت خاک برای تولید یک تن نیشکر ۲/۶۷ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن محاسبه شد که بعد از اعمال سناریو سوم به ۲/۵۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن کاهش پیدا کرده است. به طوری که انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر با ۱/۶۵ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن بیشترین نقش را در این طبقه اثر داشته است. بعد از انتشارات ناشی از تهیه قلمه نیشکر، نهاده‌های کود اوره، دیزل، الکتریسیته و کود فسفات به ترتیب ۰/۳، ۰/۲۷۲، ۰/۲۱۰ و ۰/۱۱۳ معادل کیلوگرم دی‌کلروبنزن در سناریو سوم در انتشار این طبقه اثر بیشترین نقش را داشتند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارزیابی چرخه‌حیات گیاه نیشکر با رویکرد مدیریت برخی نهاده‌های کشاورزی در شرکت کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی پرداخته شد. نتایج نشان داد که در مرحله طبقه‌بندی شاخص‌ها، شاخص نهایی محیط‌زیستی در تولید یک تن نیشکر برای مسمومیت آب‌های آزاد، گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها به ترتیب ۱۰۳۴۴۷/۸۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، ۵۶۴/۱۳۷ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و ۲۷۰/۱۷۴ کیلوگرم دی‌کلروبنزن بدست آمد که دارای بیشترین آسیب محیط‌زیستی نسبت به سایر اثرات می‌باشند. در بین گروه‌های اثر بررسی شده در این مطالعه، سه گروه اثر تخلیه مواد غیرآلی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و نقصان لایه ازون به ترتیب ۱/۵۶ کیلوگرم آنتیموان، ۰/۳۰۲ کیلوگرم اتیلن و ۰/۰۰۰۰۲۴ کیلوگرم کلروفلروکربن بدست آمدند که دارای کمترین آسیب محیط‌زیستی هستند. مهم است که به نهاده‌های پرمصرف در این شاخص مورد توجه قرار گیرد. از این رو برای رسیدن به شرایط مناسب با هدف حداقل اثرات محیط‌زیستی، سناریوهایی با رویکرد کاهش مصرف سوخت دیزل، کود اوره، کود فسفات، الکتریسیته، سموم شیمیایی و آب‌آبیاری تعریف شد.

در سناریو اول سه طبقه اثر مسمومیت آب‌های آزاد، گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها که دارای بیشترین آسیب محیط‌زیستی نسبت به سایر اثرات می باشند، با اعمال سناریو اول به‌ترتیب ۹۹۷۱۴/۶ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، ۵۴۰/۷۶ کیلوگرم - دی‌اکسیدکربن و ۲۶۱/۸۸ کیلوگرم دی‌کلروبنزن تخمین زده شدند. گروه‌های اثر تخلیه مواد غیرآلی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و نقصان لایه ازون نیز که دارای کمترین آسیب محیط‌زیستی هستند، با اعمال سناریو اول به ترتیب ۱/۴۹ کیلوگرم آنتیموان، ۰/۲۹۹ کیلوگرم اتیلن و ۰/۰۰۰۰۲۳ کیلوگرم کلروفلروکربن بدست آمدند. در سناریو دوم کاهش مصرف سوخت دیزل و الکتریسیته به میزان ۱۰ درصد مصرف فعلی، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی به میزان ۵ درصد مصرف فعلی و کاهش مصرف آب به میزان ۰/۵درصد مصرف فعلی در نظر گرفته شد. طبقات اثر مسمومیت آب‌های آزاد، گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها با اعمال سناریو دوم به ترتیب ۹۵۶۲۸/۰۲ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، ۵۱۶/۴۱ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و ۲۵۳/۱۵ کیلوگرم دی‌کلروبنزن بدست آمدند. گروه‌های اثر تخلیه مواد غیرآلی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و نقصان لایه ازون نیز با اعمال سناریو دوم به ترتیب ۱/۴۳ کیلوگرم آنتیموان، ۰/۲۹۷ کیلوگرم اتیلن و ۰/۰۰۰۰۲۲ کیلوگرم کلروفلروکربن تخمین زده شدند. سناریو سوم به صورت کاهش مصرف سوخت دیزل و الکتریسیته به میزان ۱۵ درصد مصرف فعلی، کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی به میزان ۷ درصد مصرف فعلی و کاهش مصرف آب به میزان ۱درصد مصرف فعلی تعریف شد. طبقات اثر با بیشترین کارایی تخریب مسمومیت آب‌های آزاد، گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها با اعمال سناریو سوم به ترتیب ۹۱۸۹۴/۷۷ کیلوگرم دی‌کلروبنزن، ۴۹۳/۰۴ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و ۲۴۴/۸۷ کیلوگرم

دی‌کلروبنزن بدست آمدند. گروه‌های اثر با کمترین کارایی تخریب تخلیه مواد غیرآلی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و نقصان لایه ازون نیز با اعمال سناریو سوم به ترتیب ۱/۳۷ کیلوگرم آنتیموان، ۰/۲۹۴ کیلوگرم اتیلن و ۰/۰۰۰۰۲۱ کیلوگرم کلروفلروکربن محاسبه شدند. از راهکارهای مفید جهت کاهش سوخت مصرفی و در نهایت کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌توان به جایگزینی ماشین‌آلات فرسوده با نو، به‌کارگیری شیوه‌های حفاظتی از قبیل کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، استفاده از ادواتی با مصرف سوخت کمتر، تولید سوخت‌های سازگار با محیط‌زیست از قبیل اتانول، متانول، بیوگاز و ... از ضایعات تجدیدپذیر کشاورزی به‌منظور تامین بخشی از انرژی مزرعه اشاره کرد. هم‌چنین استفاده از الکتروموتورهای جدید و با قابلیت اطمینان کاری بالا باعث کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای مربوط به الکتریسیته مصرفی می‌گردد. با توجه به این که آب آبیاری یکی از نهاده‌های پرمصرف در این مطالعه شناخته شده است، راهکارهایی مانند تغییر سامانه‌های آبیاری به سامانه‌های کارا و استفاده بهینه از آب پمپاژ شده می‌تواند نقش به سزایی در مدیریت مصرف این نهاده در زراعت نیشکر داشته باشد. به‌منظور کاهش آلایندگی تولید نیشکر در منطقه مورد مطالعه بایستی بر مصرف بهینه کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژن و فسفر، جایگزین کردن کودهای شیمیایی با کودهای آلی و استفاده از کودهای بیولوژیکی و ارگانیک تاکید شود.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه GN:SCU.WI98.281 تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین در انجام این تحقیق از اطلاعات شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی استفاده شد. بدین‌وسیله، نویسندگان این مقاله از مدیریت عامل و معاونت محترم کشاورزی شرکت کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی جهت در اختیار دادن اطلاعات لازم و فراهم آوردن امکانات این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. and Lammel, J., (2004a). 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), pp.247-264.

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. *The international journal of life cycle assessment*, *5*(6), pp.349-357.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J. and Kuhlmann, H., (2002a). Impact assessment of abiotic resource consumption conceptual considerations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *7*(5), pp.301-307.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P. and Kuhlmann, H., (2004b). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy*, *20*(3), pp.265-279.

Buratti, C., Barbanera, M. and Fantozzi, F., (2009). Environmental impact assessment of fiber sorghum (Sudan-Grass) production systems for biomass energy production in a central region of Italy.

Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., Fava, J., Franklin, W., Jensen, A.A., De Oude, N., Parrish, R., Perriman, R., Postlethwaite, D. and Quay, B., (1993) March. Guidelines for life-cycle assessment: a “Code of practice”. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). In *SETAC Workshop, Sesimbra, Portugal* (Vol. 31).

Cooper, J.M., Butler, G. and Leifert, C. (2011). Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with and without bio-energy options. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, *58*(3-4), pp.185-192.

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

Erickson, J.E., Cisar, J.L., Volin, J.C. and Snyder, G.H., (2001). Comparing nitrogen runoff and leaching between newly established St. Augustinegrass turf and an alternative residential landscape. *Crop Science*, *41*(6), pp.1889-1895.

Eskom. (2010). Eskom Integrated Report. from https://www.eskom.co.za

Farahani, S.S. and Asoodar, M.A., (2017). Life cycle environmental impacts of bioethanol production from sugarcane molasses in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(28), pp.22547-22556.

Gasol, C.M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., Solano, M.L. and Rieradevall, J., (2007). Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in southern Europe. *Biomass and Bioenergy*, *31*(8), pp.543-555.

Goebes, M.D., Strader, R. and Davidson, C., (2003). An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States. *Atmospheric Environment*, *37*(18), pp.2539-2550.

Green, M.R., 1987. Energy in pesticide manufacture, distribution and use. *Energy in world agriculture*, (2), pp.166-177.

Guinée, J.B. and Lindeijer, E. eds., (2002). *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.

Haroni, S., Sheykhdavodi, M.J. and Kiani Deh Kiani, M., (2018). Application of Artificial Neural Networks for Predicting the Yield and GHG Emissions of Sugarcane Production. *Journal of Agricultural Machinery*, *8*(2), pp.389-401.

Holka, M., Jankowiak, J., Bieńkowski, J. and Dąbrowicz, R., (2016). Life cycle assessment (LCA) of winter wheat in an intensive crop production system in Wielkopolska region (Poland). *Appl. Ecol. Environ. Res*, *14*(535), p.e545.

Iriarte, A., Rieradevall, J. and Gabarrell, X., (2010). Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production*, *18*(4), pp.336-345.

Kaab, A., Sharifi, M. and Mobli, H., (2019). Analysis and optimization of energy consumption and greenhouse gas emissions in sugarcane production using data envelopment analysis. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, *50*(1), pp.19-30.

Kazemizadeh, M., Hooshmand, A., Naseri, A., Golabi, M. and Meskarbashee, M., (2019). Study of life cycle assessment in corn production under two spring and autumn cultivars (case study of Khuzestan province). *Journal of Natural Environment*, *72*(4), pp.485-498.

Marashi, F., HAGHIGHIFARD, N.J., Khorasani, N. and MONAROUEI, S.M., (2019). Life Cycle Assessment of the sugar industry: a case study of Amir Kabir sugar cane industry. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *49*(4), pp.597-608.

Milutinović, B., Stefanović, G., Đekić, P.S., Mijailović, I. and Tomić, M., (2017). Environmental assessment of waste management scenarios with energy recovery using life cycle assessment and multi-criteria analysis. *Energy*, *137*, pp.917-926.

MOE, Ministry Of Energy. (2012). Energy balance in Iran. From http://www.moe.gov.ir

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Dalgaard, T., Knudsen, M.T., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H. and Hermansen, J.E., (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*, pp.89-100.

Najam, A., Poling, J.M., Yamagishi, N., Straub, D.G., Sarno, J., De Ritter, S.M. and Kim, E.M., (2002). From Rio to Johannesburg Progress and Prospects. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, *44*(7), pp.26-38.

Nemecek, T., Kägi, T. and Blaser, S., (2007). Life cycle inventories of agricultural production systems. *Final report ecoinvent v2. 0 No*, *15*.

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

Renouf, M.A., Wegener, M.K. and Pagan, R.J., (2010). Life cycle assessment of Australian sugarcane production with a focus on sugarcane growing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *15*(9), pp.927-937.

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N. and Shiina, T., (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of food engineering*, *90*(1), pp.1-10.

Sahle, A. and Potting, J., (2013). Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. *Science of the total environment*, *443*, pp.163-172.

Shiri, M., Ataei, R. and Golzardi, F., (2018). Life cycle assessment (LCA) for maize production system under Moghan climatic conditions. *Environmental Sciences*, *16*(1), pp.191-206.

Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L. and Fixen, P.E., (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *133*(3-4), pp.247-266.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A. and Jaggard, K., (2005). An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (Beta vulgaris) production in the UK. *Agricultural Systems*, *85*(2), pp.101-119.