DOI: 10.22059/ijbse.2019.274473.665151 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۵۲۲-۵۱۳)

Evaluating the Environmental Dimensions of Cucumber Greenhouses Using Life Cycle Assessment (Case Study: East-Azarbaijan Province)

ZAHRA ERAHIMPOUR[1], VALI RASOOLI SHARABIANI[2*], EBRAHIM TAGHINEZHAD[3]

1. M.Sc. in Agricultural Mechanization, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Associate Professor in Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Assistant Professor in Department of Agricultural Machinery, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

(Received: Jan. 25, 2019- Revised: Apr. 27, 2019- Accepted: May. 6, 2019)

ABSTRACT

Agricultural production systems have a wide and varied range of energy consumption and environmental publications. Therefore, the study of environmental dimensions of any agricultural product is necessary. In this study, an integrated approach was used to assess and evaluate the greenhouse cucumber production process in East-Azarbaijan using life cycle assessment. The boundary of the system included all activities related to the production, transport and consumption of various inputs for the production of greenhouse cucumbers. Regarding the conditions of the study area, which has cold and dry air, information on spring cucumber cultivation was investigated. After collecting basic information, we calculated the life cycle log information (including three parts of consumption inputs, direct and indirect agricultural publications), and after obtaining indirect publications (Publication to Water, Publications to the Air and Publications to the Soil), the amount Pollutants were calculated in greenhouse cucumber production. According to the results of the study, the highest amount of contamination with 2914.81 kg of dichlorobenzene 861 was related to free water poisoning. The depletion of fossil resources with 1500 MJ was the second generation of pollutants, and the potential for global warming with a share of 183 Kg of carbon dioxide was the third largest pollutant.

Keywords: Greenhouse cucumber, Impact groups, Environmental pollution

* Corresponding author's Email: vrasooli@uma.ac.ir

ارزیابی ابعاد زیست‌محیطی گلخانه‌های خیار با استفاده از ارزیابی‌چرخه حیات (مطالعه موردی: استان آذربایجان‌شرقی)

زهرا ابراهیم پور[۱]، ولی رسولی شربیانی [۲*]، ابراهیم تقی نژاد [۳]

۱. کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. استادیار گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۵- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۲/۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۱۶)

چکیده

در تحقیق حاضر با رویکردی تلفیقی و با استفاده از ارزیابی چرخه حیات به بررسی و ارزیابی فرآیند تولید خیار گلخانه‌ای در استان آذربایجان شرقی پرداخته شد. محاسبه اطلاعات سیاهه چرخه حیات (شامل سه قسمت نهاده‌های مصرفی، انتشارات مستقیم و غیرمستقیم مزرعه‌ای) پس از جمع آوری اطلاعات اولیه انجام شد. و بعد از به دست آوردن انتشارات غیر مستقیم (انتشارات به آب، انتشارات به هوا و انتشارات به خاک) مقدار آلایندگی‌ها در تولید خیار گلخانه‌ای محاسبه گردید. طبق نتایج به دست‌آمده در بین گروه‌های اثر، به ازای تولید یک تن خیار گلخانه‌ای بیشترین مقدار آلایندگی با میزان ۲۹۱۴۳/۸۶۱ کیلوگرم دی کلرو بنزن، مربوط به مسمومیت آب‌های آزاد بوده است. تخلیه منابع فسیلی با ۱۵۰۰مگاژول در رده دوم تولید آلایندگی ها قرار داشت و پتانسیل گرمایش زمین با سهم ۱۸۳کیلو گرم کربن دی اکسید، رتبه سوم آلایندگی ها را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: گروه های اثر، خیار گلخانه ای، آلودگی محیط زیست

مقدمه

استفاده بهینه از انرژی یکی از الزامات اصلی کشاورزی‌پایدار است. افزایش تقاضا برای تولید موادغذایی به دلیل افزایش جمعیت منجر به استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی، حشره‌کش‌ها و دیگر نهاده‌های تولید شده است که در نهایت باعث مشکلات زیست‌محیطی می‌شود و سلامت عمومی را تهدید می‌کند. استفاده کارآمد از انرژی باعث به حداقل رسیدن مشکلات زیست‌محیطی شده، از تخریب منابع‌طبیعی جلوگیری کرده و کشاورزی‌پایدار را به عنوان، یک سامانه‌ی تولیدی و اقتصادی ارتقا می دهد (Erdal *et al.*, 2007). بر اساس مدل Tenkorang میزان مصرف کود شیمیایی در ایران تا سال ۱۴۰۰ به ۵ میلیون تن افزایش خواهد یافت (Koocheki *et al.*, 2014). طبق برآوردهای انجام گرفته ۲۰ درصد از تولید گازهای گلخانه‌ای به فعالیت‌های کشاورزی مربوط است (Brentrup *et al.*, 2001). و بخش کشاورزی با مصرف نهاده‌های زیاد و متفاوت اثرات زیست‌محیطی گسترده‌ای را تولید می‌کنند (Brentrup *et al.*, 2004). با افزایش آگاهی‌های محیط‌زیستی، فعالین عرصه‌های مختلف شروع به ارزیابی نحوه اثر فعالیت‌های خود بر محیط‌زیست کرده‌اند. عملکرد محیط‌زیستی تولیدات و فرآیندها تبدیل به یک مسئله کلیدی شده است تا صنایع بتوانند اثرات محیط‌زیستی فعالیت‌های خود را به حداقل برسانند. بسیاری از صنایع، استفاده از استراتژی‌های بدون آلایندگی و سیستم‌های مدیریت محیط زیست را برای بهبود عملکرد زیست محیطی مفید می‌دانند. یکی از این ابزارهای مدیریت محیط‌زیست، ارزیابی چرخه حیات[۱] می‌باشد. ارزیابی‌چرخه‌حیات یک رویکرد «گهواره تا گور» برای ارزیابی سیستم‌های صنعتی است. ارزیابی چرخه حیات امکان تخمین اثرات محیط‌زیستی تجمعی ناشی از همه مراحل چرخه حیات محصول را فراهم می‌آورد. ناودین و همکاران مطالعه‌ای را با هدف ارزیابی چرخه حیات کشت مخلوط نخود-گندم در غرب فرانسه انجام دادند. آن‌ها در نهایت به این نتیجه دست یافتند که کشت مخلوط نخود-گندم در مقایسه با کشت گندم به تنهایی آلودگی‌های زیست محیطی خیلی کمتری تولید می‌کند (Naudin *et al.*, 2014).

Namdari *et al.* (2016) مطالعه‌ای را با هدف کاهش اثرات‌زیست محیطی تولید چغندرقند با افزایش کارایی کشاورزان به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها در استان همدان انجام

* نویسنده مسئول: vrasooli@uma.ac.ir

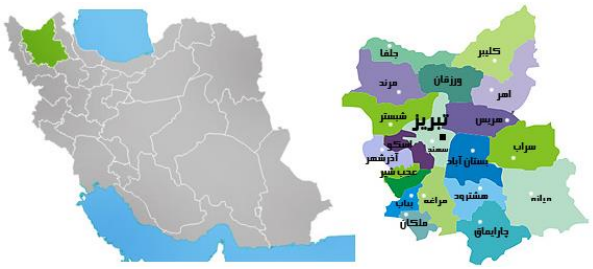
1- Life Cycle Assessment

دادند. در نهایت به این نتیجه رسیدند که شاخص نهایی برای تولید یک تن چغندرقند در منطقه برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب برابر ۰/۱۳۸، ۲/۰۵۵، ۰/۱۹۱ و ۲/۹۷۰ می‌باشد. در بین گروه‌های تأثیر مورد بررسی، تخلیه منابع آبی بیشترین اثر را دارد.

با وجود تحقیقات گسترده‌ای که در زمینه مصرف و بهینه-سازی انرژی تولیدات گلخانه‌ای در ایران صورت گرفته است اما کمتر، از منظر ارزیابی چرخه حیات و پیامدهای زیست محیطی ناشی از آن، با تاثیر گذاری بر روی بخش‌های مختلف محیط زیست، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج اکثر تحقیقات صورت گرفته نشان می دهد که بخش قابل توجهی از انرژی مصرفی در بخش کشاورزی را انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهند. لذا بررسی تولید گلخانه‌ای خیار از منظر زیست‌محیطی و مواد منتشر شده از این بخش در حفظ محیط‌زیست و رسیدن به کشاورزی پایدار گره‌گشا خواهد بود.

مواد روش ها

تحقیق حاضر در استان آذربایجان شرقی صورت گرفته است. استان آذربایجان‌شرقی که در گوشه شمال‌غرب کشور واقع گردیده‌است و از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۴۵ درجه و ۷ دقیقه الی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته‌است. این استان با مساحتی برابر ۴۵۴۹۰/۸۸ کیلومتر مربع (حدود ۲/۸۱ درصد مساحت کل کشور) می باشد و از لحاظ وسعت در بین استان‌های کشور در رتبه دهم قرار دارد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان شرقی

نحوه جمع آوری داده‌های میدانی

به علت گسترده بودن جامعه آماری مورد مطالعه در این تحقیق، نمونه برداری انجام شد. در این مطالعه از روش نمونه گیری تصادفی ساده استفاده شده است. نمونه گیری تصادفی در واقع آسان ترین روش نمونه‌گیری با رعایت اصول قابل اعتماد و قابل تعمیم به کل جامعه است. برای تعیین حجم نمونه از فرمول آماری پیشنهاد شده توسط کوکران رابطه (۱) استفاده گردید (Mansourfar, 2010).

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2+t^2s^2}$$ (رابطه ۱)

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد گلخانه داران منطقه مورد مطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می آید. S بر آورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است. که در نهایت ۱۳۵گلخانه خیار استان که تقریبا دارای شرایط محیطی و کشت یکسانی بودند به عنوان نمونه انتخاب شد و اطلاعات آن‌ها جمع آوری گردید.

یکی از مراحلی که در یک پروژه ارزیابی چرخه حیات هر فرآیند یا محصول باید صورت پذیرد، تعیین واحد کارکردی[1] می باشد. واحد کارکردی مبنایی است که تمامی محاسبات در طول چرخه حیات محصول بر اساس آن انجام می‌پذیرد. نمسک و همکاران سه واحد کارکردی متفاوت برای ارزیابی محصولات زراعی پیشنهاد کرده اند. (۱) بر اساس واحد سطح، (۲) بر اساس واحد پول و (۳) بر اساس وزن مادهٔ تولیدی (Nemecek *et al.*, 2011). در این مطالعه واحد کارکردی بر اساس واحد سطح در نظر گرفته شده است، بدین معنا که تمامی آلاینده‌های انتشار یافته بر پایه نهاده‌های مصرفی برای یک هکتار محاسبه و گزارش می‌شود.

محاسبه سیاهه‌های چرخه ارزیابی حیات

اطلاعات سیاهه چرخ حیات در این مطالعه شامل سه قسمت نهاده‌های مصرفی، انتشارات مستقیم در گلخانه و انتشارات غیرمستقیم مربوط به مرحله تولید نهاده‌ها در کارخانه است. همه انتشارات مستقیم (موادی که مستقیماً در مزرعه ساطع می‌شوند) و غیر مستقیم مزرعه‌ای (مثلاً فرآیندهایی که برای تولید نهاده‌های کشاورزی صورت گرفته است) با استفاده از پایگاه جهانی اطلاعات ارزیابی چرخه حیات محصولات غذایی، آماده شده توسط Nemecek *et al.*(2014) و پایگاه های داده‌ای اکواینونت۲۳ موجود در نرم افزار سیماپرو[3] نسخه ۸,۳,۰,۰ محاسبه شدند (Weidema *et al.*, 2013). برای ارزیابی اثرات زیست محیطی از بین مجموعه روش‌های مختلف نرمالسازی و وزن دهی مرتبط با *CML-IA baseline V3.04* از روش *World2000* به دلیل جدید بودن و سازگاری بیشتر با شرایط

1. Functional unit
2. EcoInvent®3.0
3. SimaPro

ایران استفاده شد که به وسیله مرکز علوم محیط زیست دانشگاه لیدن[1] هلند توسعه داده شده است (Khoshnevisan *et al.*, 2013). البته در نرمالسازی و وزن دهی داده‌ها در صورت وجود داده‌های ملی از آن‌ها به جای داده‌های جهانی استفاده می‌شد.

به منظور ارزیابی زیست‌محیطی کشت محصول مورد مطالعه، چرخه حیات این محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا برداشت در گلخانه مورد مطالعه قرار گرفت. که از مواد اولیه در نظر گرفته شده می‌توان به کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم)، کود حیوانی، نیروی کارگری، سوخت مصرفی (گاز طبیعی، گازوئیل) و الکتریسیته اشاره نمود به طوری که متوسط مقادیر نهاده‌های ورودی در هکتار به عنوان سیاهه‌چرخه‌حیات یعنی به عنوان ورودی نرم افزار برای تولید محصول خیار به کار گرفته شدند. قابل ذکر هست که در این نرم افزار آلایندگی های ایجاد شده در حین تولید هر یک از نهاده ها و همچنین حین مصرف آن‌ها برای تولید محصول محاسبه گردید، که آلایندگی ها در حین تولید نهاده‌ها توسط خود نرم افزار و آلایندگی در حین مصرف به واسطه یک سری فرمول محاسبه گردید.

نتایج و بحث

انتشارات مستقیم از کشت محصول مورد مطالعه

مقادیر انتشارات به هوا برای تولید محصول خیار گلخانه ای در جدول (۱) آورده شده است. در میان انتشارات مختلف به هوا، کربن دی اکسید ناشی از نیروی انسانی (کارگر) با سهم ۱۰۱۵۱/۹۱ کیلو گرم بر هکتار در صدر انتشارات به هوا قرار دارد. و بعد از آن آمونیوم ناشی از کود های نیتروژن و کود حیوانی و گازوئیل قرار دارد و کادمیم ناشی از سوخت گازوئیل با سهم $۲/۳۹\times۱۰^{-۷}$ کمترین مقدار انتشارات هوا را به خود اختصاص داده است. در قسمت انتشارات به آب، نیترات ناشی از کود نیتروژن با ۶۵/۶۲ کیلوگرم بر هکتار بیشترین سهم در انتشارات به هوا را دارد. در قسمت انتشارات به خاک سم کنفیدور (ایمیدالکوپوید) با سهم ۳/۱۵ کیلو گرم بر هکتار بیشترین سهم در انتشارات به خاک را دارد.

در مطالعه Ghaderpour et al. (2016b) که در مورد اثرات زیست محیطی یونجه ، سیب ، نخود انجام دادند نیز کربن دی اکسید به ترتیب با سهم ۳۷۷/۴۲ ، ۷۱۲/۸ و ۴۶۹ کیلوگرم در هکتار ناشی از نیروی انسانی بیشترین سهم را در انتشارات به هوا برآورد کردند. در مطالعه Mousavi-Avval *et al.* (2016) که در مورد اثرات زیست محیطی کلزا در استان مازندران انجام دادند نیز نیترات با سهم ۲۰۴/۲۴ کیلوگرم بر هکتار بیشترین انتشارات به آب را داشت. در این مطالعه علت مقدار بالای انتشار کربن دی اکسید ناشی از، کار کارگری زیاد در جریان تولید محصول به خصوص زمان برداشت می باشد. و همچنین مقدار مصرف بالای کود اوره دومین عامل انتشار بالای کربن دی اکسید است. و علت مقدار بالای انتشارآمونیاک NH_3 ناشی از مصرف بالای کود نیتروژن و کود دامی بوده و بخش کمی از انتشار آن به سوخت گازوئیل مربوط می‌شود. علت بالای انتشار نیترات در قسمت انتشارات به آب ، به مصرف بالای کود نیتروژن در کودهای شیمیایی و کود دامی بر می‌گردد.

محاسبه شاخص‌های آلایندگی

به منظور بررسی میزان تاثیر نهاده های مصرفی در کشت خیار گلخانه‌ای بر روی بخش های اثر ابتدا باید نرمال‌سازی انجام گیرد. نرمال سازی، محاسبه اهمیت نتایج شاخص ها در ارتباط با برخی اطلاعات مرجع است. توجه به نرمال سازی برای درک بهتر میزان ارتباط با نتایج شاخص سیستم تحت مطالعه است به عبارت دیگر در این بخش اهمیت یا بزرگی شاخص‌های محاسبه شده با توجه به اطلاعات مرجع محاسبه می شود. بخش های اثر نرمال شده به ازای تولید یک تن خیار گلخانه‌ای در استان آذربایجان شرقی در سال۹۵ در جدول (۲) نشان داده شده است.

مقادیری که برای هر کدام از گروه‌های تاثیر به‌دست آمده است، حاصل مجموع اثرات هر کدام از نهاده‌هایی است که در لیست سیاهه موجود بود. هر کدام از نهاده‌ها اثری مشخص بر گروه‌های تاثیر دارند.

تحلیل هریک از گروه های اثر

تقلیل منابع غیرآلی[2]

در بخش اثر تقلیل منابع غیرآلی به بررسی میزان مصرف منابع غیرآلی در طول چرخه‌حیات محصولات می‌پردازد. طبق نتایج به دست آمده در جدول (۲) مقدار آلایندگی زیست محیطی تقلیل منابع غیر آلی برابر ۰/۰۰۰۳۶ کیلو گرم آنتیموان معادل قرار دارد و طبق نتایج شکل (۲) کود پتاسیم با سهم ۰/۰۰۰۱۳ و کود فسفات با سهم ۰/۰۰۰۰۸۳ بیشترین اثر و محصول خیار با کمترین اثر بر آلایندگی زیستی تقلیل منابع غیر آلی را داشتند در واقع می توان گفت کود های شیمیایی و دامی با ۸۴٪ بیشترین تاثیر را داشتند. Gasol *et al.* (2007) با ارزیابی چرخه حیات کلزا به منظور تولید انرژی زیستی در اسپانیا بیشترین اثر زیست محیطی را به دلیل استفاده زیاد از انواع کودهای شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنه به تخلیه منابع غیرقابل تجدید مربوط دانستند.

1. Leiden

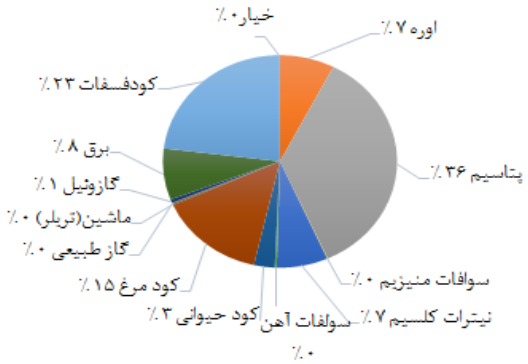
2. Abiotic depletion

جدول ۱. انتشارات مستقیم مزرعه در کشت خیار گلخانه‌ای استان آذربایجان‌شرقی به هوا

انتشارات مستقیم	واحد بر هکتار		مقدار
انتشار به هوا			
	Kg	Carbon dioxide	۱۰۱۵۱/۹۱
	Kg	Sulfur dioxide	۰/۰۲۴۱
	Kg	Benzene	۰/۰۰۱۷۴
	Kg	Methane	۰/۰۰۳۰۸
	Kg	Cadmium	۲/۳۹e-۰۷
	Kg	Chromium	۱/۱۹e-۰۶
	Kg	Copper	۴/۰۶e-۰۵
	Kg	Nickel	۱/۶۷e-۰۶
	Kg	Benzo(a)pyrene	۷/۱۶e-۰۷
	Kg	Ammonia	۸۷/۷۵۳
	Kg	Selenium	۲/۳۹e-۰۷
	Kg	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	۷/۸۵e-۰۵
	Kg	Carbon monoxide	۰/۱۵
	Kg	Particulates, < 2.5um	۰/۱۰۷
	Kg	Dinitrogen monoxide	۸/۹۰۰۰
	Kg	Hydrocarbons, unspecified	۰/۰۶۸
	Kg	Zinc	۲/۳۹e-۰۵
	Kg	Nitrogen oxides	۱/۰۶
انتشارات به آب			
	Kg	Nitrate	۶۵/۶۲۰
	Kg	Phosphorus	۹/۰۴۱
انتشارات به خاک			
	Kg	Imidacloprid	۳/۱۵
	Kg	Pymetrozine	۰/۵
	Kg	Abamectin	۱/۸
	Kg	Penconazole	۱/۸

جدول۲. مقدار هریک از بخش‌های اثر به ازای تولید یک تن خیار گلخانه‌ای در استان آذربایجان‌شرقی

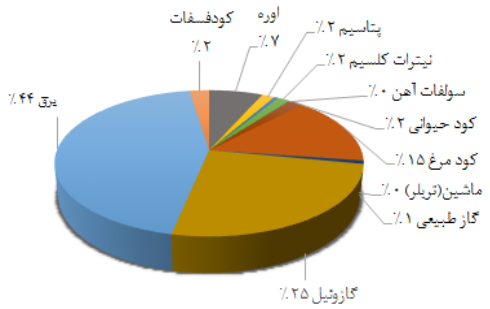
بخش های تاثیر	اختصار	واحد	مقدار کل
تقلیل منابع غیر آلی	AD	kg Sb eq	۰/۰۰۰۰۳۶۳۶
تخلیه منابع فسیلی	AD	MJ	۱۵۰۰/۵۷۸
پتانسیل گرمایش جهانی	GWP	kg CO_2 eq	۱۸۳/۰۰۳۶۱
تخریب لایه ازون	ODP	kg CFC-11 eq	۱/۲۱۷*۱۰$^{-۵}$
پتانسیل مسمومیت انسان	HTP	kg 1,4-DB eq	۱۸/۶۲۶۶۸۱
مسمومیت آب های سطحی	FWAE	kg 1,4-DB eq	۷/۹۲۹۳۲۹
مسمومیت آب های آزد	MAE	kg 1,4-DB eq	۲۹۱۴۳/۸۶۱
مسمومیت خاک	TE	kg 1,4-DB eq.1	۱/۸۲۴۳۲۵۱
اکسیداسیون فتو شیمیایی	PO	kg C_2H_4 eq	۰/۰۳۵۶۸۹۴
اسیدی شدن	AP	kg SO_2 eq	۱/۶۹۹۶۹۶۳
اختناق دریاچه ای	Eu	kg PO $_{2-4}$ eq	۰/۶۵۱۵۶۰۸



شکل ۲. سهم هریک از نهاده ها درتقلیل منابع آلی

تخلیه منابع فسیلی[1]

طبق نتایج به دست آمده در جدول (۲) مقدار آلایندگی زیست محیطی تخیله منابع فسیلی برابر ۱۵۰۰/۵۷۸ مگاژول است. و طبق شکل (۳) از میان نهاده های مصرفی الکتریسیته و گازوئیل بیشترین سهم را در ایجاد آلایندگی در تخلیه منابع فسیلی بر عهده داشتند. Mirhaji *et al.* (2012) در خراسان جنوبی به بررسی ارزیابی زیست‌محیطی تولید چغندرقند با روش ارزیابی چرخه‌ی حیات پرداختند. آن‌ها از ارزیابی چرخه‌ی حیات برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی بهره گرفتند. نتایج ارزیابی آن‌ها نشان داد که شاخص نهایی زیست‌محیطی برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ به‌دست آمد.



شکل ۳. سهم هر یک از نهاده ها در تخلیه منابع فسیلی

پتانسیل اسیدی شدن[2]

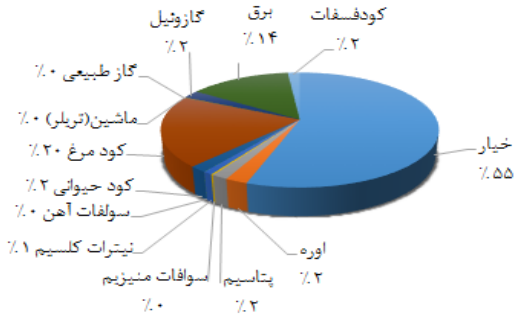
در مطالعه حاضر مقصود از اسیدیته، بررسی عوامل مؤثر بر باران اسیدی می باشد. در گروه تاثیر پتانسیل اسیدی شدن طبق نتایج جدول (۲) بار آلایندگی زیست محیطی پتانسیل اسیدی شدن برابر ۱/۶۹۹ گیلوگرم سولفوردی اکسید معادل است. طبق شکل (۴) عملکرد محصول خیار با سهم ۰/۹۳۸ بیشتریت تاثیر و ماشین آلات با سهم ۰/۰۰۰۹ کمترین اثر را در آلایندگی پتانسیل

1. Abiotic depletion (fossil fuels)

2. Acidification

اسیدی شدن داشتند.

در تحقیق بنتراپ و همکاران نیز انتشار NH_3 از مصرف اوره مهمترین عامل در ایجاد اثر اسیدیته بوده است Brentrup *et al* (., 2004). Gasol et al. (2007) با ارزیابی چرخه حیات کلزا به منظور تولید انرژی زیستی در اسپانیا بیشترین اثر زیست محیطی را به دلیل استفاده زیاد از انواع کودهای شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنه به تخلیه منابع غیرقابل تجدید مربوط دانستند. Wang et al. (2010) با ارزیابی چرخه حیات برای برنج در چین، بیشترین اثر زیست محیطی تولید این گیاه زراعی را برای تخلیه منابع آبی گزارش نمودند.



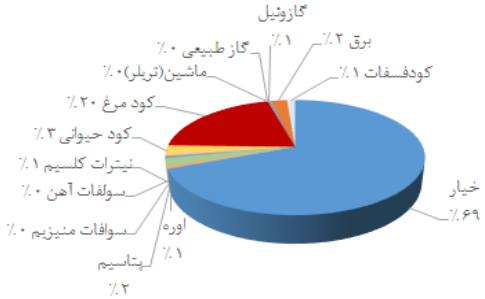
شکل ۴. سهم هر یک از نهاده ها در پتانسیل اسیدی شدن

پتانسیل اختناق دریاچه‌ای[1]

یکی از جدی ترین تهدیدهای زیست محیطی اکوسیستم های آبی پدیده اختناق دریاچه ای (اوتریفیکاسیون) است که فقط در دریاچه-ها، خلیج‌ها، حوضچه‌های تثبیت و بعضی اوقات در رودخانه‌هایی که با سرعت کم در حرکت می باشند رخ می دهد. پتانسیل اختناق دریاچه‌ای پوشش دهنده تاثیرات ناشی از مصرف ریز مغذی‌های استفاده شده است که مهمترین آنها ازت و فسفر می‌باشد.

نتایج بررسی نشان می‌دهد جدول (۲) که بار زیستی اثر پتانسیل اختناق ۰/۵۶۱۵ کیلوگرم یون فسفات معادل می باشد. در مورد اختناق طبق شکل (۵) دریاچه ای خیار با سهم ۰/۴۴۹ بیشترین تاثیر و ماشین آلات با سهم $۸* ۱۰^{-۵}$ کمترین تاثیر را به خود اختصاص دادند.

Brentrup *et al.* (2004) نیز با ارزیابی چرخه حیات برای بوم نظام‌های تولید گندم در شرایط استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن‌دار پی بردند که در سطوح پایین و بالای مصرف این کود، بیشترین تأثیر زیست محیطی تولید یک واحد کارکردی گندم به ترتیب برای گروه‌های مؤثر کاربری زمین و اوتریفیکاسیون مشاهده شد.

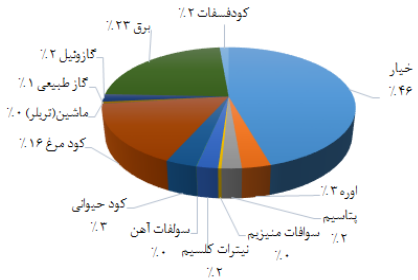


شکل ۵. سهم هر یک از نهاده ها در اختناق دریاچه ای

پتانسیل گرمایش جهانی[2]

این شاخص جزء مهمترین شاخص‌ها در ارزیابی چرخه حیات است. شاخص پتانسیل گرمایش جهانی به منظور بیان سهم گازهای منتشر شده از سامانه‌های زراعی که سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شود استفاده می‌گردد. نتایج بررسی نشان می-دهد جدول (۲) بار زیستی پتانسیل گرمایش جهانی ۱۸۳ کیلو گرم کربن دی اکسید معادل قرار دارد. در پتانسیل گرمایش جهانی طبق شکل (۶) خیار با سهم۸۳/۳۰۶ بیشترین تاثیر و ماشین با سهم ۰/۱۶ کمترین تاثیر داشته ند. البته مقدار برق مصرفی و کودهای دامی محسوس به طوری که ۱۹٪ از اثرات را کود های دامی به خود اختصاص داده ند و از طرفی بیشترین انتشارات آمونیاک با سهم ۱۲٪ از کود دامی صورت می گیرد.

Ghaderpour (2016) مقدار پتانسیل گرمایش جهانی را در کشت نخود ۱۶ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن به دست آوردند و علت بالای آن را عمکرد محصول نخود بیان کردند. در تحقیقی Dadras (2015) موثرترین عامل بر پتانسیل گرمایش جهانی استفاده از کودهای شیمیایی به ویژه کود نیترات با سهم ۷۶ درصد را محاسبه کردند. انتشارات متان و دی نیتروژن منوکسید با سهم ۷۰/۴۴ و ۱۹/۷۶ درصد در کشت کلزا باعث بیشترین مقدار در این گروه اثر بوده و سهم انتشارات متان و دی نیتروژن منوکسید از بار زیست محیطی این گروه اثر برای گندم ۶۹/۹۳ و ۱۹/۹۵ و برای ذرت دانه‌ای ۶۷/۷۶ و ۱۹/۷ درصد به دست آورده بودند



شکل ۶. سهم هر یک از نهاده ها در پتانسیل گرمایش جهانی

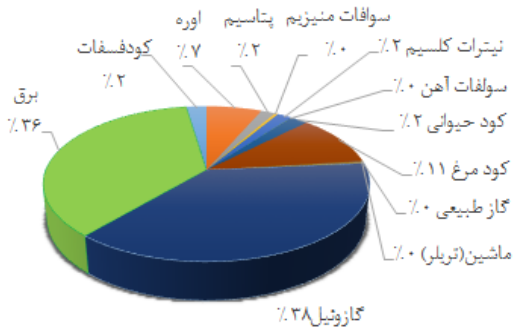
1- Global warming

2- Eutrophication

تخریب لایه اوزن[1]

اوزن سپر محافظتی زمین در برابر تابش‌های زیان‌آور خورشید می‌باشد. این لایه به عنوان یک فیلتر طبیعی نور، اشعه‌های زیان-بار خورشید مخصوصاً UV-B را تا حدی جذب می‌کند. پتانسیل تخریب لایه اوزن تأثیر مواد انتشاریافته در از بین بردن لایه اوزن را کمی می‌کند.

طبق نتایج به دست آمده در جدول (۲) میزان آلایندگی تخریب لایه ازون $۱۰^{-۵}$ * ۱/۲۱، ۱۱-کلروفلوروکربن کیلوگرم معادل قرار دارد. طبق شکل (۷) سوخت گازوئیل با سهم $۱۰^{-۶}$* ۴/۵۹ بیشترین اثر و خیار با سهم صفر کمترین تاثیر را بر تخریب لایه ازون داشته ند. دی اکسید کربن با سهمی برابر ٪۹۸ یشترین مقدار انتشار را بین انتشارات گازوئیل دارد. وعلت بالای مصرف برق برای به راه انداختن پمپ ها آب و سیستم های گرمایشی و سرمایشی(فن ها) است. در مطالعه ای به ازای یک تن تولید ذرت دانه ای ،کلزا و گندم به ترتیب بار زیست محیطی لایه ازون را با مقدار ۰/۰۰۰۰۸۴۷ و ۰/۰۰۰۰۲۵۷و ۰/۰۰۰۰۸۱۱ کیلوگرم CFC-11 معادل محاسبه کردند (Dadras, 2015). یکی از بخش‌های تولید کننده گازهای مخرب لایه اوزن بخش دفع آفات کشاورزی می‌باشد (Nemecek *et al.*, 2011).

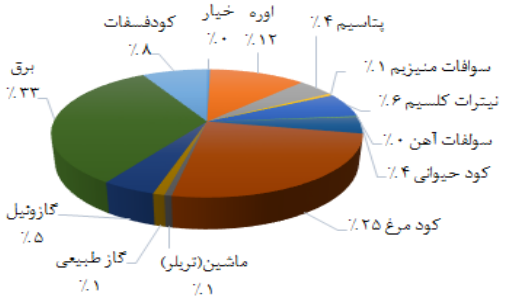


شکل ۷. سهم هر یک از نهاده ها در تخریب لایه ازون

مسمومیت انسانی[2]

پتانسیل مسمومیت انسان‌ها شاخصی است برای بررسی تاثیر مواد سمی منتشر شده از مصرف نهاده‌ها که بر روی انسان‌ها تاثیر گذار می باشند. نتایج بررسی در جدول (۲) نشان می دهد مقدار آلایندگی زیست محیطی مسمومیت انسانی ۶۲۶/ کیلوگرم ۱/۴- دی کلروبنزن معادل قرار دارد. طبق شکل (۸) برق با سهم ۶/۰۶ بیشترین میزان اثر و خیار با سهم ۰/۰۷ کمترین میزان اثر بر آلایندگی مسمومیت انسانی را داشته ند.

Dadras (2015) در بررسی آلایندگی ها در مورد شاخص مسمومیت انسانی، انتشارات آلاینده‌ها ناشی از سوختن گازوئیل به هوا، با سهم ۷۴/۲۰، در کشت کلزا ،در کشت ذرت دانه‌ای انتشارات آلاینده‌ها ناشی از سوختن گازوئیل به هوا، با سهم ۷۵/۳۴، و برای کشت گندم برابر با ۷۴/۰۹، بیشترین عامل میزان تاثیر را بر روی آلایندگی مسمویت انسانی بیان کردند. در مطالعه انجام گرفته بر روی یونجه، سیب، چغندر و نخود تقریبا در بخش های اثر به جز اختناق دریاچه ای، بیشترین سهم آلایندگی ها ناشی از نهاده الکتریسیته می باشد (Ghaderpour *et al.*, 2016a).



شکل (۸) سهم هر یک از نهاده ها در پتانسل مسمومیت انسانی

مسمومیت آب‌های سطحی[3]

مسمومیت آب‌های سطحی اشاره به تاثیر مواد سمی منتشر شده به اکوسیستم های آب‌های سطحی است.

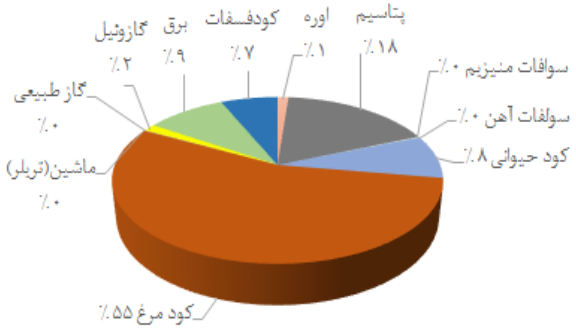
نتایج بررسی نشان می‌دهد طبق جدول (۲) که میزان آلایندگی زیست محیطی مسمویت های آب های سطحی برابر ۹۲۹/ ۷، ۱/۴-دی کلروبنزن معادل کیلوگرم است.

کود مرغی با سهم ۴/۳۶۸ بیشترین اثر و خیار با سهم $۱۰^{-۵}$* ۷ کمترین اثر را بر روی آلایندگی مسمومیت های آب های سطحی داشته ند. در ارتباط با اثرکود های مصرفی می توان طبق شکل(۹) گفت که کود ها در حالت کلی با ٪۸۹ بیشترین تاثیر را بر روی این گروه اثر داشتند. که انتشارات آمونیاک از مصرف کودها با سهم ۷۴/۶۶ کیلوگرم بر هکتار مهم ترین عامل بوده است. در مورد انتشار آمونیاک به صورت تصعید از اوره می‌توان گفت، تصعید آمونیاک یک فرآیند فیزیکی و شیمیایی است و بیشتر از انتشار N_2O به مدیریت مصرف کود حساس است. انتشار آمونیاک از کود اوره بیشتر از سایر کودهاست و متأسفانه از کود اوره، به میزان زیادی در کشور استفاده شده و استفاده از سایر کودهای نیتروژنه بسیار کم می‌باشد. برای کاهش انتشار آمونیاک ابتدا باید خاک زراعی را از لحاظ داشتن شرایط اعم از pH و CEC خاک بررسی کرد و اقدام به اصلاح خاک نمود. مصرف اوره در هوای خنک و مخلوط نمودن آن نیز از روش‌های مدیریتی مناسب جهت کاهش تصعید است.

1. Ozone layer depletion
2. Human toxicity
3. Fresh water aquatic eco-toxicity

در تحقیقی Dadras *et al.* (2015) در مورد شاخص مسمومیت آب‌های سطحی انتشارات مواد شیمیایی به آب در مرحله تولید کودهای فسفاته و نیتروژنه وهمچنین تولید سموم شیمیایی با سهم ۷۴/۱۵ بیشترین سهم از آلایندگی‌ها را در این گروه در کشت کلزا و سهم انتشارات مواد شیمیایی به آب در کشت ذرت ۷۴/۱ درصد و در کشت گندم ۴۳/۵ درصد بیان کردند.

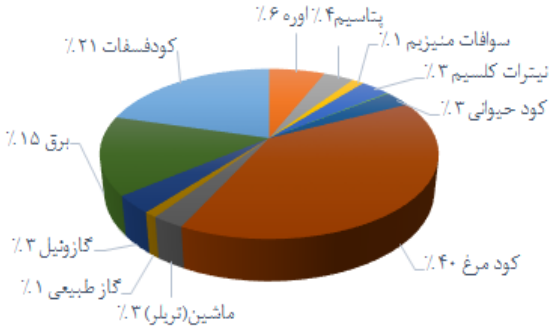
Khoshnevisan *et al.* (2013) شاخص مسمومیت آب‌های سطحی را به ازای یک تن توت فرنگی تولیدی در قالب دو کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای به ترتیب ۲۵/۹ و ۵/۸۳ کیلوگرم DB ۱/۴برآورد کردند.



شکل ۹. سهم هر یک از نهاده ها در مسمومیت آب های سطحی

مسمومیت آب‌های آزاد[1]

مسمومیت آب‌های آزاد اشاره به تاثیر مواد سمی منتشر شده به اکوسیستم های آب‌های آزاد است. تحقیقات انجام شده حاکی از بیشتر بودن شاخص مسمومیت آبهای آزاد نسبت به شاخص‌های زیست محیطی دیگر می‌باشد(Khoshnevisan *et al.*, 2013).



شکل ۱۰. سهم هر یک از نهاده ها در مسمومیت آب های آزاد

نتایج بررسی نشان می‌دهد در جدول (۲) که میزان آلایندگی های زیست محیطی مسمومیت آب های آزاد برابر ۲۹۱۴۳/۸۶ دی کلرو بنزن کیلو گرم معادل است. طبق شکل (۱۰) کود مرغ با سهم ۱۱۵۲۱/۳۵ و خیار با سهم ۰/۳۲ کمترین تاثیر را بر روی آلایندگی مسمومیت آب های آزاد داشته ند. در این گروه اثر هم مثل گروه مسمومیت آب های سطحی کود های مصرفی بیشترین سهم، در ایجاد آلایندگی را به خود اختصاص دادند . به طوری که از ۷۸٪ سهم کل کود ها ۴۰ درصد ناشی از کود حیوانی و ۲۱٪ ناشی از کود فسفات بود. و این در حالی است که در انتشارات به آب ۸۸٪ انتشارات مربوط به نیترات و ۱۲٪ مربوط به فسفات است. افزایش بیش از حد مصرف کودهای نیتروژنه در مزارع باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها به محیط شده مسمومیت آب های آزاد را افزایش می‌دهد.

Dadras (2015) در مورد شاخص مسمومیت آب‌های آزاد انتشارات مواد شیمیایی به آب در مرحله تولید کودهای فسفاته و نیتروژنه با سهم ۷۳/۱۹ درصد بیشترین سهم را محاسبه کردند.به طوری که سهم این نهاده ها در کشت ذرت ۷۳/۵۶ و ۷۲/۸۹ درصد بوده است.

مسمومیت خاک[2]

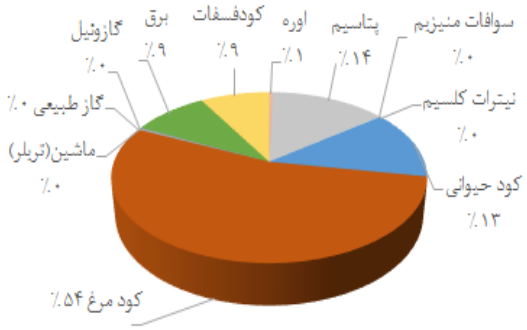
سمیت خاک اشاره به تاثیر مواد سمی منتشر شده به اکوسیستم-های خاکی است. پتانسیل مسمومیت خاک شاخصی برای بررسی تاثیر مواد سمی منتشر شده از مصرف نهاده‌ها که بر روی موجودات خاکی تاثیر گذار هستند. بررسی ها نشان می دهد در جدول(۲) که میزان آلایندگی های زیستی مسمومیت خاک ۱/۸۲۴ دی کلرو بنزن کیلو گرم است.

طبق شکل (۱۱) کود مرغ با سهم ۰/۲۳۸ بیشترین اثر و خیار با سهم $۵/۳ \times ۱۰^{-۶}$ کمترین اثر را در ایجاد آلایندگی مسمومیت خاک را داشته است و درمیان انتشارات به خاک، بیشترین سهم انتشار ناشی از مصرف زیاد سم (*Imidacloprid*) با سهم ۳/۱۵ کیلوگر در هکتار بوده است. در این گروه اثر هم کودهای مصرفی با ۹۱٪ بیشترین سهم در ایجاد آلایندگی را دارند به طوری که کودها دامی با ۶۷٪ و کود پتاسیم ۱۴٪ و کود فسفات با ۹٪ بیشترین سهم ها را به خود اختصاص دادند.

Dadras *et al.* (2015) در مورد شاخص مسمومیت خاک در کشت کلزا، انتشارات آلاینده‌های ناشی از تولید بذر کلزا با سهم ۴۵/۸۲ درصد و بعد از آن انتشارات ناشی از تولید کود اوره با سهم ۳۴/۵۹ و در کشت ذرت سهم انتشار را تولید کود اوره با سهم ۷۱/۸۴ درصد و پس از آن انتشارات ناشی از مصرف زیاد سم کشاورزی (آترازین) با مقدار ۱۰/۰۱ درص محاسبه کردند.همچنین سهم انتشار آلاینده‌های ناشی از تولید بذر کلزا و تولید کود اوره در کشت گندم به ترتیب ۴۶/۴۵ و ۳۳/۱ به دست آوردند.

1 - Marine aquatic eco-toxicity

2. Terrestrial eco-toxicity

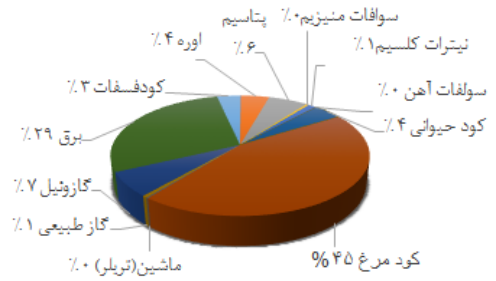


شکل ۱۱. سهم هر یک از نهاده ها در مسمومیت خاکی

پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی[1]

پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی به طور عمده ناشی از تشکیل اوزن در لایه تحتانی اتمسفر می‌باشد(Soltani *et al.*, 2010). البته در طبیعت اوزن به مقدار کم تولید می‌شود، ولی در شرایط انتشار آلاینده‌ها، تولید آن افزایش می‌یابد و می‌تواند اثرات سوئی بر سلامت انسان و اکوسیستم بگذارد. از نشانه‌های قابل رویت مجاورت با اوزن صدماتی از جمله آسیب آشکار به برگ‌ها، کاهش رشد گیاهان و محصولات کشاورزی و در نتیجه افزایش تنش‌های زیستی می‌باشد (Bare *et al.*, 2003). نتایج بررسی نشان می‌دهد (جدول ۲) گروه اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی آلایندگی زیست محیطی ۰/۰۳۵ کیلو گرم اتیلن معادل را داراست.

طبق شکل (۱۲) کود مرغ با سهم ۰/۰۱۵ بیشترین اثر و خیار با $۳/۵ * ۱۰^{-۵}$ کمترین اثر را بر روی آلایندگی زیست محیطی اکسیداسیون فتوشیمیایی را دارند. در این گروه اثر هم کود های مصرفی با ۶۶٪ بیشترین اثر را قبل از برق با ۲۹٪ داشتند. در تحقیقی Dadras *et al.* (2015) بار زیست محیطی اکسیداسون فتوشیمیایی کلزا را ۱/۳۵۲۵۳۴ برای گندم ۰/۶۳۱۷۲۶ و ذرت دانه‌ای ۰/۶۱۰۹۵۳ کیلوگرم اتیلن محاسبه کردند. شاخص اکسیداسیون فتو شیمیایی (دودمه)، برای کلزا و آفتاب گردان به ازای یک تن محصول تولیدی را به ترتیب کیلوگرم ۰/۲۴و ۱/۱ C_2H_4 برآورد شد. و شاخص اکسیداسیون فتوشیمیایی به ازای تولید هر تن گندم در گرگان معادل ۰/۵ کیلوگرم C_2H_4 برآورد شد.



شکل۱۲. سهم هر یک از نهاده‌ها در آلایندگی اکسیداسیون فتوشیمیایی

نتیجه گیری

در حالت کلی می توان نتیجه گرفت که بیشتربن عامل تاثیر گذار بر روی آلایندگی بخش های اثر؛ تقلیل منابع آلی، مسمومیت آب های سطحی، مسمومیت آب های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمایی کودهای مصرفی می باشند. که در این مطالعه به دلیل استفاده کمتر از کودهای شیمیایی و استفاده بیشتر از کود حیوانی، اثر کودهای شیمیایی بر روی شاخص پتانسیل گرمایش جهانی پایین است. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی و حیوانی می تواند روش خوبی برای کاهش اثرات زیست محیطی باشد .

عملکرد محصول تولیدی (خیار) در بخش های اثر پتانسیل گرمایش جهانی،پتانسیل اسیدی شدن، و اختناق دریاچه ای، بیشترین اثر را داشته است. در حالی که در بقیه بخش ها کمترین اثر را داشته است. الکتریسیته نیز در ایجاد آلودگی در بخش های اثر؛ تخلیه منابع و پتانسیل مسمومیت انسانی بیشترین نقش را ایفا کردند. به علت استفاده بیشتر از گاز طبیعی به عنوان سوخت در گلخانه ها، مصرف سوخت دیزل کمتر شده و آلایندگی ناشی از آن فقط در بخش اثر لایه ازون مشاهده گردید. به طور متوسط به علت کمتر استفاده شدن ماشین آلات در گلخانه ها و اصلا استفاده نشدن در گلخانه های هیدروپونیک، ماشین آلات تقریبا در کل کمترین اثر را در ایجاد آلایندگی ها از بین کل کود ها، عملکرد خیار، سوخت و الکتریسیته داشتند و در بین کودهای مصرفی کود آهن (سولفات آهن) کمترین مقدار را به خود اختصاص داده بود.

REFERENCES

Bare, J.C., Norris, G.A., Pennington, D.W., and McKone. T. (2003). TRACI: The tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. *J. Ind. Ecol*. 6: 49-78

Brentrup F., Küsters J., Kuhlmann H. and Lammel J. (2001). Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilizers. *European Journal of Agronomy*, 14: 221–233.

Brentrup F., Küsters J., Lammel J. and Kuhlmann H. (2004). 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):349-357

1. Photochemical oxidation

Dadras Sofiani, S. (2015). *Evaluation of the life cycle of some crops in the dominant cropping pattern of Moghan*. Master's thesis for energy mechanization engineering, Tabriz University, Tabriz. (in Farsi)

Dadras Sofiani, S.; Abdi; R.; Maysami; M. A.; Hataf, H. (2015). Comparison and Evaluation of Environmental Sustainability of Organic and Conventional Olive Culture Using the Life Cycle Assessment. In: Proceedings of *the Second International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges, The focus of agriculture, natural resources and the environment and tourism*. (in Farsi)

Erdal G., Esengün K., Erdal H., Gündüz O. (2007). Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32:35-41

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: 543–555

Ghaderpour, O. (2016). *The Effect of Agricultural Reduced Water on Energy Indicators and Appropriate Solutions*. Master's Thesis in Agricultural-Energy Mechanization Engineering, University of Tehran. (in Farsi)

Ghaderpour, O.; Rafiei, S. (2016 a). Analysis and Modeling of Energy and Performance of Dry Chickpea Production in Bokan County. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 47, 4, (p. 711-720). (in Farsi)

Ghaderpour, O.; Rafiei, S.; Sharifi, M. (2016 b). Analysis and prediction of energy and cost of alfalfa crop production using Multilayer Adaptive Neural Fuzzy Inference System in Bokan. In: Proceedings of the *Second National Conference on Mechanization and Modern Technologies in Agriculture*. (in Farsi)

Khoshnevisan B., Rafiee S., Omid M., Mousazadeh H. (2013). Regression modeling of field emissions in wheat production using a life cycle assessment (LCA) approach. *Electronic Journal of Energy & Environment*. 1:9-19.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Kiani, M, R. (2014). Long-term forecasting of demand for fertilizers in agriculture. *Journal of Agricultural Ecology*. 4 (1),1-14. (In Farsi)

Mansourfar K. *Advanced statistical methods*. (2010). Tehran University Press. (in Farsi)

Mirhaji H., Khojastehpour M., Abbaspour Fard M., Mahdavi Shahri S.M. (2012). Evaluation of environmental impacts of sugar beet production (Beta vulgaris L.) with Hayat cycle method (case study: Farms of South Khorasan province). *Journal of Agricultural Ecology*. 4 (2): 120-112. (in Farsi)

Mousavi-Avval S.H., Rafiee S., Sharifi M., Hosseinpour S., Notarnicola B., Tassielli G., Renzulli P.A. (2016). Application of multi-objective genetic algorithms for optimization of energy, economics and environmental life cycle assessment in oilseed production. *Journal of Cleaner Production*. 140:808.

Namdari, M.; Rafiei, Sh.; Hosseinpour, S. (2016). Decreasing Environmental Burden by improving efficiency of sugar beet production using data envelopment analysis approach. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 47:2 (353-361). (in Farsi)

Naudin C., van der Werf H.M., Jeuffroy M.-H., Corre-Hellou G. (2014). Life cycle assessment applied to pea-wheat intercrops: a new method for handling the impacts of co-products. *Journal of Cleaner Production.* 73:80

Nemecek T., Bengoa X., Lansche J., Mouron P., Rossi V., Humbert S. (2014). *Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products*. World Food LCA Database (WFLDB). Quantis and Agroscope, Version 2.0, July. Lausanne and Zurich, Switzerland.

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

Nemecek, T., Huguenin-Elie, O., Dubois, D., Gaillard, G., Schaller, B., Chervet, A., (2011b). Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. *Agricultural Systems*104, 233-45.

Soltani A., M.H. Rajabi, E. Zeinali and E. Soltani. (2010). Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. *Journal of crop Production*. Volume 3 (3) 201-218. (in Farsi)

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

Weidema B.P., Bauer C., Hischier R., Mutel C., Nemecek T., Reinhard J., Vadenbo C., Wernet G. (2013) *Overview and methodology: Data quality guideline for the ecoinvent database*. version 3, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.