

ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید توت‌فرنگی در دو سیستم ارگانیک و مرسوم (مطالعه موردی: استان کردستان)

صلاح مفاخری^۱، هادی ویسی^{۲*}، امید نوری^۳، عبدالمجید مهدوی دامغانی^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱

۱- کارشناسی ارشد گروه کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه شهید بهشتی

۲- دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه شهید بهشتی

۳- استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه شهید بهشتی

* مسئول مکاتبه: Email: hveisi@gmail.com

چکیده

ارزیابی چرخه حیات یکی از روش‌های ارزیابی اثرات محیط زیستی است که بر مبنای فرایند تولید توسعه یافته است. در ارزیابی چرخه حیات اثرات تحمیلی ناشی از تولید یک محصول و یا یک فرایند و یا یک فعالیت به وسیله تشخیص و کمی‌سازی انرژی و مواد استفاده شده و ضایعات و پسماندهای تولیدی که به محیط زیست وارد می‌کند، ارزیابی می‌شود. در این مطالعه ارزیابی اثرات محیط زیستی از ابتدا کاشت تا درب مزرعه برای روش کشت رایج و ارگانیک تولید توت‌فرنگی با استفاده از چرخه عمر در استان کردستان برآورد شد. اطلاعات اولیه از کشاورزان منطقه جمع‌آوری شد. اثرات بررسی شده در این مطالعه گرمایش جهانی، اسیدی شدن، سرشارسازی، اکسیداسیون‌های فتوشیمیایی، سمیت برای آب‌های شیرین، سمیت برای آبزیان دریایی، سمیت برای خشکی‌ها، سمیت برای انسان‌ها، استفاده از منابع غیرزنده و کاهش لایه ازن بر اساس روش *CML2 baseline2000 V2/world1995* بود. واحد کارکردی در این مطالعه یک تن توت‌فرنگی تولیدی در نظر گرفته شد. ارزیابی اثرات در دو سناریو رایج و ارگانیک نشان داد که در همه طبقات اثر، اثرات محیط زیستی کشت رایج توت‌فرنگی بیشتر از کشت ارگانیک بود و در کشت رایج کودها و الکتریسیته بیشترین اثرات مخرب را به محیط زیست وارد می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: اثرات محیط‌زیستی، ارزیابی چرخه حیات، توت‌فرنگی، کشت ارگانیک، کشت رایج

Environmental Impact Assessment of Strawberry Production in Two Conventional and Organic Production Systems: (Case Study: Kurdistan Province)

Salah Mafakheri¹, Hadi Veisi^{2*}, Omid Noori³, Abdolmajid Mahdavi Damghani²

Received: December 28, 2015 Accepted: May 22, 2017

1- MSc of Ecological Agriculture Detp of Shahid Beheshti University, Iran.

2-Assco. Prof. of Ecological Agriculture Detp of Shahid Beheshti University, Iran.

3-Assist. Prof. of Ecological Agriculture Detp of Shahid Beheshti University, Iran.

* Corresponding Author: E-mail: hveisi@gmail.com

Abstract

Life Cycle Assessment (LCA) is one of the environmental impact assessment methods that has been developed on the basis of the production process. In the life cycle assessment, the imposed effects resulting from the production of a product, process or an activity have been investigated by identifying and quantifying energy, materials used and emissions into the environment. In this study, the environmental impacts of cradle-to-farm-gate life cycle assessment (LCA) for the conventional and organic cultivation methods of strawberry in Kurdistan province of Iran have been estimated. The preliminary data were collected from the farmers of the studied region during the growing season. The resulting impacts consisted of the following: Abiotic Depletion potential, Acidification potential, Eutrophication potential, Global Warming potential, Ozone Depletion potential, Human Toxicity potential, Freshwater and Marine Aquatic Ecotoxicity potential, Terrestrial Ecotoxicity potential, and Photochemical Oxidation potential, all of which were selected based on CML2baseline 2000 V2/world, 1995/characterization method. The functional unit in the present study revolved around one ton of strawberry. Assessing the impacts of the two scenarios indicated that in all impact categories, the environmental impacts of the Conventional cultivation method of strawberry are more than those of organic production system. The results signified that in the Conventional cultivation method, fertilizers and electricity had the most detrimental impacts on the environment.

Keywords: Conventional Cultivation, Environmental Impact, Organic Cultivation, Life Cycle Assessment, Strawberry

مقدمه

کیلوگرم در هکتار و تولید سالانه ۳۳۲۲۴ کیلوگرم قطب اصلی و مقام اول تولید توت‌فرنگی را در کشور داراست (وزارت جهاد کشاورزی ۲۰۱۴). با توجه به آنچه گفته شد و نظر به اینکه استان کردستان با تولید بیش از ۷۵ درصد توت‌فرنگی کشور قطب اصلی کشت توت‌فرنگی کشور محسوب می‌شود، بنابراین به یک ارزیابی نیاز

از دو دهه‌ی گذشته محصول توت‌فرنگی به‌عنوان یکی از محصولات اصلی باغی استان کردستان همواره مورد توجه تولیدکنندگان محصولات باغی و سیاست‌گذاران استان و کشور قرار گرفته است. استان کردستان با سطح زیر کشت معادل ۲۲۰۴ هکتار، عملکرد ۱۳۹۷۵

منظر توسعه پایدار را ممکن می‌سازد (چهب ۱۹۹۷ و گرادل ۱۹۹۸). پوشش کامل چرخه حیات یک محصول، این امکان را می‌دهد تا نقاط داغ چرخه حیات را با کمترین تلاش و هزینه به دست آوریم. ارزیابی چرخه حیات امکان رسیدگی به بیش‌ترین اثرات محیط‌زیستی مربوط و همه مراحل چرخه عمر یک محصول را فراهم می‌کند (گواین ۲۰۰۱ و سازمان بین‌المللی استاندارد ۲۰۰۶ الف). ارزیابی چرخه حیات به سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان این کمک را خواهد نمود تا فرایندی را انتخاب نمایند تا کمترین تأثیر را بر روی محیط‌زیست داشته باشد. این اطلاعات می‌تواند با استفاده از دیگر عوامل، همچون هزینه و اطلاعات عملکرد به‌منظور انتخاب فرایند تولیدی به کار گرفته شود.

پتانسیل رشد برای تولیدات باغی در کشورهای درحال‌توسعه بالا است. افزایش تولیدات باغی در این کشورها می‌تواند باعث خودکفایی در تولیدات غذا و خوراک، افزایش درآمد و فقرزدایی شود؛ اما باغبانی به علت استفاده از ماشین‌های کشاورزی، سیستم‌های آبیاری، نهاده‌های شیمیایی، حمل‌ونقل و سیستم‌های ذخیره محصولات، مصرف‌کننده بخش معنی‌داری از انرژی و مواد در بخش کشاورزی است. مصرف این انرژی و مواد باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای مثل دی‌اکسید کربن، متان و نیتروز اکسید می‌شود (هورن و همکاران ۲۰۰۹). در مقیاس محلی، مزارع فردی بر کیفیت آب‌های نزدیک، چرخه تغذیه، کنترل میکرو کلیمات و کیفیت بصری از چشم‌انداز و در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی، کشاورزی می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر کیفیت و دسترسی به منابع بزرگ آب، حفاظت از تنوع زیستی و ترسیب کربن داشته باشد (اسچر و مک نیلی، ۲۰۰۲).

یوشیکاوا و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای از تولید توت‌فرنگی گلخانه را در ژاپن مورد-بررسی قرار دادند. مرز سیستم در این مطالعه

است که شامل همه اثرات محیط‌زیستی مربوط به توت-فرنگی باشد.

در چند دهه اخیر تولیدات کشاورزی افزایش چشم‌گیری داشته است. استفاده از کودها، ماشین‌آلات، آفت‌کش‌ها و بهبود روش‌های تولید باعث افزایش تولید شده است؛ بنابراین افزایش تولید و استفاده گسترده از نهاده‌ها باعث مشکلات محیط‌زیستی مثل مردابی شدن شده است (برنتراپ و همکاران ۲۰۰۴). به‌عنوان مثال ۹۳ درصد انتشارات آمونیاک ناشی از فعالیت‌های کشاورزی است (هاسچلد ۲۰۰۰).

بهره‌وری از انرژی یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای افزایش بهره‌وری در استفاده از انرژی است؛ اگرچه آنالیزهای انرژی نشان می‌دهد روش‌هایی برای کم کردن استفاده از انرژی ورودی و بنابراین افزایش بهره‌وری انرژی وجود دارد (فلوک و بیرد ۱۹۸۲). با انتشار کتاب بهار خاموش راشل کارسون در رابطه با اثرات زیان‌بار استفاده از کودها و سموم شیمیایی و نشست محیط-زیست انسانی سازمان ملل در استکهلم سوئد و طرح مقوله بحران آینده کره زمین و مفهوم امنیت محیط زیستی برای نخستین بار در سال ۱۹۷۲ و همچنین طرح مفهوم پایداری در گزارش "آینده مشترک ما" در سال ۱۹۸۷ گزارش برونتلند سبب توجه به مسائل محیط-زیستی در عرصه‌های مختلف مانند کشاورزی و صنعت شد (نمچک و کاگی ۲۰۰۷).

ارزیابی چرخه حیات^۱ یک روش مناسب برای ارزیابی همه اثرات محیط‌زیستی مربوط به یک محصول، فرایند یا فعالیت است که با شناسایی، کمی‌سازی و ارزیابی منابع مصرف‌شده، انتشارات و پسماندهای آزادشده به محیط زیست ارزیابی جامعی را ارائه می‌دهد (ریتزر و همکاران ۲۰۰۴). ارزیابی چرخه حیات این فرصت را فراهم می‌کند که ارزیابی کاملی از اثرات متنوع روی محیط‌زیست صورت گیرد و توانایی شناسایی فرصت‌های مناسب از

کشت رایج و ارگانیک در چارچوب ارزیابی چرخه حیات به شرح زیر جمع‌آوری شد:

کشت رایج

این نوع از کشت در منطقه کردستان بیشترین نوع کشت را به خود اختصاص می‌دهد. در این نوع کشت بیشترین کودهای شیمیایی استفاده شده شامل کودهای نیترا، فسفات‌دار و پتاسه است. آبیاری مزارع به صورت قطره‌ای و بارانی صورت می‌گیرد، به طوری که تا مرحله گلدهی از آبیاری بارانی و بعد از آن از آبیاری قطره‌ای برای جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی استفاده می‌شود. از نیروی الکتریسیته برای پمپاژ آب آبیاری و برای مقابله با علف‌های هرز موجود در مزرعه از آفت‌کش‌های انتخابی و عمومی استفاده می‌شود. در هنگام آماده‌سازی زمین کود دامی را با خاک برای حاصلخیزی بیشتر مخلوط می‌کنند.

کشت ارگانیک

در استان کردستان تولید توت‌فرنگی ارگانیک نسبت به توت‌فرنگی رایج از مقدار کمتری برخوردار است. در این نوع کشت از کود شیمیایی و آفت‌کش‌ها استفاده نمی‌شود و به جای آن از کود دامی و روش‌های بیولوژیک برای مقابله با آفات استفاده می‌شود. آبیاری به هر دو صورت قطره‌ای و بارانی و از الکتریسیته برای پمپاژ آن استفاده می‌شود.

ارزیابی چرخه حیات

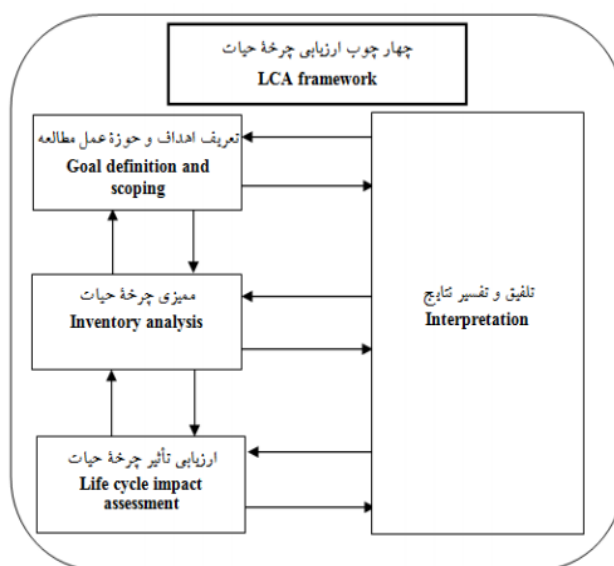
ارزیابی چرخه حیات روشی است که به وسیله سازمان بین‌المللی استاندارد-ISO 14040 تأیید شده است (سازمان بین‌المللی استاندارد ۲۰۰۶). ارزیابی چرخه حیات در سال‌های اخیر برای مقایسه تولیدات،

مزرعه تا بازار در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین سهم انتشار به سوخت، برق و آب ۷۵/۹ درصد، کودها ۶/۳ درصد و ماشین‌آلات و تجهیزات ۵/۳ درصد بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که سوختن نفت خام عامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای (به خصوص CO₂) است. در مطالعه دیگر، پتانسیل گرم شدن جهانی ناشی از تولید کاهو، قارچ تکمه‌ای و توت‌فرنگی توسط گاوندی و همکاران (۲۰۱۲) ارزیابی گردید. واحد عملکردی برای توت‌فرنگی ۰/۳ کیلوگرم و برای کاهو و قارچ تکمه‌ای ۰/۵ کیلوگرم در نظر گرفته شد. محققین مرز سیستم را کل چرخه عمر که شامل مطالعه قبل از مزرعه، مزرعه و پس از مزرعه بود، انتخاب کردند. اثرات محیط‌زیستی پس از مزرعه ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای ماشین‌آلات، تولید مواد شیمیایی و حمل‌ونقل مواد اولیه بود. عوامل مربوط به مزرعه شامل عملیات کشاورزی استفاده از مواد شیمیایی، آب آبیاری، مصرف برق و انرژی بود و اثرات محیط‌زیستی پس از مزرعه شامل حمل محصولات به مرکز پخش و انتقال به خرده‌فروشی‌ها بود. نقاط داغ برای هر سه محصول مشخص شد و در نهایت نتایج آن-ها نشان داد که انتشارات توت‌فرنگی و کاهو بیشتر بود که این ناشی از عملیات کشاورزی در مرحله مزرعه بود. هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات محیط‌زیستی تولید توت‌فرنگی در استان کردستان با استفاده از ارزیابی چرخه حیات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش و جمع‌آوری داده‌ها

این پژوهش در استان کردستان که بین طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی تا ۴۷ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه واقع شده است، انجام شد. داده‌های اولیه مطالعه حاضر از طریق مصاحبه رو در رو با کشاورزان منطقه در سال زراعی ۹۴-۹۳ در دو نظام



شکل ۱- چارچوب ارزیابی چرخه حیات (ISO, 2006)

مشخص می‌شود (سدربرگ و متسون ۲۰۰۰). هدف از مطالعه حاضر مقایسه اثرات محیط زیستی تولید توت‌فرنگی کشت رایج و کشت ارگانیک در کردستان است. مرز سیستم در این مطالعه مزرعه انتخاب شده است؛ یعنی از ساخت مواد اولیه تا مرحله تولید توت‌فرنگی در مزرعه را شامل می‌شود (شکل ۲). واحد ساختاری یک‌تن توت‌فرنگی تولیدی در نظر گرفته شده است. هدف از تعریف واحد عملیاتی فراهم آوردن واحد مرجع برای این امر است که داده‌های به‌دست‌آمده در بخش صورت‌برداری نرمال‌سازی شوند. تعریف واحد عملیاتی بستگی به نوع اثرات و هدف مطالعه دارد. واحد عملیاتی اغلب بر اساس جرم محصول تولیدی در شرایط مطالعه تعریف می‌شود (کوران ۱۹۹۶).

فرایندها و محصولات محیط‌زیست دوست با موفقیت در کشاورزی استفاده شده است (اسچاو و فیت ۲۰۰۸). این رویکرد بر شناسایی و مقدار اثرات محیط زیستی تأکید دارد. در مطالعه حاضر از ارزیابی چرخه حیات بر اساس روش ارائه‌شده در ISO14044 (برنتراپ و همکاران ۲۰۰۴ الف و سازمان بین‌المللی استاندارد ۲۰۰۶) که شامل ۴ مرحله اصلی تعریف هدف و حوزه، صورت‌برداری^۲ چرخه حیات، ارزیابی اثرات^۳ و تفسیر^۴ نتایج می‌باشد استفاده شد که در شکل ۱ نشان داده شده است.

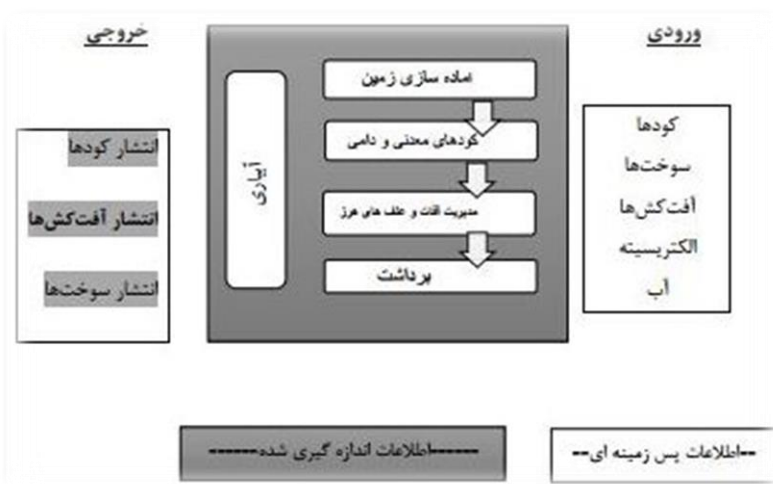
تعریف هدف و حوزه

تعریف هدف و حوزه اساس و مهم‌ترین بخش در ارزیابی چرخه حیات است. در این مرحله اهداف مطالعه، محصول نهایی مورد انتظار، مرزهای سیستم مورد-مطالعه، واحد عملیاتی و درنهایت پیش‌فرض‌های مطالعه

^۴ Interpretation

^۲ Inventory

^۳ Impact Assessment



شکل ۲- مرز سیستم تولیدی توت‌فرنگی در رهیافت ارزیابی چرخه حیات

اما در کشت ارگانیک از هیچ‌گونه کود شیمیایی استفاده نمی‌شود و به‌جای آن از کود دامی استفاده می‌شود. در مرحله صورت‌برداری برای تولید کودها از پایگاه داده‌ای Ecoinvent3.0 استفاده شد. محاسبه انتشارات حاصل از کودهای نیتروژنه با روش برنتراپ و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد. انتشارات حاصل از کودهای فسفات دار به کمک روش نمچک و همکاران (۲۰۰۷) محاسبه شد.

آفت‌کش‌ها

بررسی‌های میدانی نشان داد که در کشت ارگانیک از هیچ‌گونه آفت‌کشی استفاده نمی‌شود؛ اما در کشت رایج از انواع آفت‌کش‌های عمومی و اختصاصی استفاده می‌گردد. در این رابطه، محاسبه انتشارات آفت‌کش‌ها بر اساس روش پیشنهادی وان دن برگ و همکاران (۱۹۹۹) صورت گرفت. بر اساس روش پیشنهادی ۳۰-۵۰ درصد از کل آفت‌کش‌ها به هوا انتشار می‌یابد. اسپری کردن آفت‌کش هنگام استفاده و تبخیر از مهم‌ترین عوامل انتشار آفت‌کش‌ها هستند.

صورت‌برداری چرخه حیات

بعد از تعریف هدف و حوزه سیستم، صورت‌برداری زنجیره تولید توت‌فرنگی صورت گرفت. این مرحله از ارزیابی چرخه حیات نسبت به مراحل دیگر زمان‌بر است. این زمان‌بر بودن اغلب به خاطر زمانی است که در جمع‌آوری اطلاعات در این مرحله صرف می‌شود. داده اولیه مورد نیاز به‌صورت مستقیم از کشاورزان توت‌فرنگی کار منطقه و جهاد کشاورزی استان کردستان جمع‌آوری شد. داده‌های ثانویه برای تحلیل اثرات محیط‌زیستی از پایگاه داده‌ای Ecoinvent3.0 گرفته شد. این داده‌ها شامل انواع گازه‌های گلخانه‌ای، کودها، آفت‌کش‌ها، الکتروسیته و انرژی استفاده شده است. جزئیات صورت‌برداری برای سامانه‌های کشت رایج و کشت ارگانیک در جدول ۱ آورده شده است.

کودها

در کشت رایج منطقه کردستان بیشتر کودهای نیتروژنه، K_2O و P_2O_5 مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از کود دامی نیز قبل از کاشت استفاده می‌شود؛

جدول ۱- صورت‌برداری چرخه حیات به ازای یک تن توت‌فرنگی

ورودی	واحد	کشت رایج	کشت ارگانیک
آبیاری	مترمکعب (m ³)	965.5	1234
کود	کیلوگرم (Kg)	12	-
اوره	کیلوگرم (Kg)	9.5	-
تریپل فسفات	کیلوگرم (Kg)	8	-
پتاسیم سولفات	کیلوگرم (Kg)	1.54	0.9
کود دامی	تن (ton)	0.15	-
کود مرغی	تن (ton)	0.7	-
آفت‌کش‌ها	کیلوگرم (Kg)	5.1	4.12
سوخت مصرفی (گازوئیل)	لیتر (L)	530	623
الکتریسیته	کیلووات (KW)		
خروجی			
انتشارات	کیلوگرم (Kg)	1.6	0.44
NO ₃	کیلوگرم (Kg)	0.3	0.1
PO ₄	کیلوگرم (Kg)	1.9	0.04
NH ₃	کیلوگرم (Kg)	13.3	11.6
CO ₂	کیلوگرم (Kg)	0.99	0.128
CO	کیلوگرم (Kg)	0.18	0.08
N ₂ O	کیلوگرم (Kg)	0.0018	0.0005
NO _x	کیلوگرم (Kg)	1.23	0.64
N ₂	کیلوگرم (Kg)		

الکتریسیته

در مطالعه حاضر کشاورزان برای پمپاژ کردن آب جهت آبیاری از نیروی برق استفاده می‌کردند. استفاده از الکتریسیته در حقیقت باعث اثرات محیط زیستی می‌شود.

سوخت دیزل

در هر دو سیستم تولیدی از گازوئیل برای عملیات کشاورزی ماشین‌آلات استفاده می‌شود. انتشارات ناشی از سوختن گازوئیل بر اساس روش IPCC (1996) و ساحل و پوتینگ (۲۰۱۳) محاسبه شد. طبق روش پیشنهادی به ازای هر کیلوگرم سوخت مصرفی ۰/۱ گرم N₂O، ۰/۲ گرم CH₄، ۳۱۴۰ گرم CO₂ و ۳۶ گرم CO و ۴۲ گرم NO_x به داخل هوا انتشار می‌یابد.

تفسیر چرخه حیات

در این مرحله نتایج مراحل صورت‌برداری و ارزیابی تأثیر ارزشیابی می‌گردد تا مراحل یا نقاط داغ و بحرانی در مسیر تولید و مصرف محصول که بیشترین اثرات سوء محیط‌زیستی را دارند شناسایی شوند و نیز محصول و گزینه دارای اثرات سوء کمتر برای محیط‌زیست مشخص گردند.

ارزیابی اثر و طبقات اثر مورد مطالعه

در این مرحله ابتدا باید طبقات اثر^۱ و روش‌های ارزیابی آن‌ها مشخص شود (پننگتون و همکاران ۲۰۰۴). در این رابطه در این مطالعه ده طبقه اثر شامل تخلیه منابع

اسیدی شدن که تأثیر مواد اسیدزا آزادشده به اکوسیستم‌ها را نشان می‌دهد بیانگر این است که به ازای تولید هر تن توت‌فرنگی در استان کردستان به ترتیب در کشت رایج ۴/۳۹۱ کیلوگرم SO_2 و کشت ارگانیک ۱/۵۱ کیلوگرم SO_2 ، به محیط‌زیست منتشر می‌شود. در این رابطه، انتشارات مستقیم از مزرعه ۶۷ درصد و کودها ۲۰ درصد بیشترین سهم را روی اسیدی شدن داشتند که مقادیر اثر اسیدی شدن کشت ارگانیک با نتایج خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۵) برای نظام تولید جو آبی معادل ۱/۶۴ کیلوگرم SO_2 به ازای یک تن دانه برای مقدار ۱۴۰-۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برای گندم دیم معادل با ۱/۳۰ کیلوگرم SO_2 به ازای یک تن دانه برای سطح ۳۰-۴۰ کیلوگرم نیتروژن نزدیک بود.

در طبقه اثر سرشارسازی یا مردابی شدن یا اتروفیکاسیون که دلالت بر افزایش ناخواسته تولید بیوماس در اکوسیستم‌های خشکی و آبی به علت ورود عناصر غذایی دارد و می‌تواند باعث تغییر در ترکیب گونه‌ای رستنی‌ها به علت تشدید رشد جلبک‌ها و متعاقب آن اختناق دریاچه‌ها شود (برنترپ و همکاران ۲۰۰۴) نتایج نشان داد که مقدار به‌دست‌آمده در شرایط کشت رایج ۰/۸۹۱ و کشت ارگانیک ۰/۱ کیلوگرم PO_4^- بود که ۵۰ درصد آن به انتشارات مستقیم از مزرعه در نتیجه مصرف کودها بود. پتانسیل گرمایش جهانی طبقه اثر دیگری بود که بر توانایی گرمایش جهانی ایجادشده در طول یک دوره ۱۰۰ ساله توسط مواد انتشاریافته در جریان تولید محصول دلالت دارد. نتایج نشان داد که در تحقیق حاضر به ازای هر تن توت‌فرنگی تولیدی در استان کردستان در شرایط کشت مزرعه‌ای رایج معادل ۶۱۱/۰۹ کیلوگرم دی‌اکسید کربن و در کشت ارگانیک معادل ۳۲۰/۲ کیلوگرم دی‌اکسید کربن تولید می‌شود که با نتایج مسترلینگ و همکاران (۲۰۰۹) و میوردی و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر کمتر بودن میزان تولید مستقیم

غیرزنده، پتانسیل اسیدی شدن^۱، پتانسیل مردابی شدن، پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل کاهش لایه اوزون، پتانسیل سمیت برای انسان، پتانسیل سمیت برای آبزیان آب‌های شیرین، پتانسیل سمیت برای آبزیان آب‌های دریایی، پتانسیل سمیت برای اکوسیستم‌های خشکی، پتانسیل تشکیل اکسیداسیون فتوشیمیایی به‌منظور تعیین اثرات محیط‌زیستی ناشی از تولید توت‌فرنگی تعیین شد. برای ارزیابی و برآورد این اثرات داده‌های مرحله صورت‌برداری وارد نرم‌افزار سیمپرو گردید و در این نرم‌افزار بر اساس سطوح استاندارد و تعیین شده در پایگاه داده‌ای Ecoinvent3.0 این اثرات محاسبه شد که نتایج آن در ادامه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

نتایج و بحث

در این تحقیق ارزیابی اثرات دو سامانه تولیدی توت‌فرنگی بررسی شد که نتایج حاصل از هرکدام سیستم‌های کشت در جدول ۲ اشاره شده است. بر اساس نتایج جدول ۲ در همه طبقات اثر بررسی‌شده، اثر محیط‌زیستی تولید توت‌فرنگی با روش کشت رایج بیشتر از کشت ارگانیک بود. در کشت رایج مصرف کود شیمیایی و الکتریسیته بیشترین اثرات را بر طبقات مورد-مطالعه داشتند. طبقه تخلیه منابع غیرزنده مربوط به استفاده از منابعی مانند سوخت‌های فسیلی و یا مواد معدنی است که دسترسی نسل‌های آینده به این منابع را کاهش می‌دهد. مقدار این طبقه اثر برای کشت رایج معادل با ۴/۳۹ کیلوگرم Sb و برای کشت ارگانیک معادل ۲/۵۱ کیلوگرم Sb برای یک تن توت‌فرنگی بود (جدول ۲). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که کودها بیشترین اثر را در کشت رایج مزرعه با ۶۶ درصد و بعد آن الکتریسیته با ۲۳ درصد در تخلیه منابع غیرزنده داشتند. مقایسه این طبقه اثر با تحقیق خوشنویسان و همکاران (۲۰۱۳) در استان گیلان نشان داد که منابع بیشتری نسبت به گیلان مصرف می‌شود. نتایج تحقیق درباره طبقه اثر

^۱ Acidification Potential

و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن در نظام ارگانیک نسبت به کشت رایج به دلیل کاهش خاک‌ورزی و عدم مصرف نیتروژن مطابقت داشت. شایان ذکر است که در این طبقه اثر مطابق با نتایج کوپر و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق حاضر نیز کودها و بعد از آن الکتریسیته بیشترین تأثیر را در کشت رایج داشتند.

جدول ۲- مقدار اثرات محیط زیستی تولید یک تن تولید توت‌فرنگی

کشت رایج	کشت ارگانیک	واحد	طبقه اثر
4.39	2.51	Kg Sb eq	کاهش منابع غیرزنده
5.52	1.5	Kg SO ₂ eq	اسیدی شدن
611.09	320.2	Kg CO ₂ eq	گرمایش جهانی
0.000149	0.000033	Kg CFC-11 eq	کاهش لایه اوزون
105.24	25.1	Kg 1,4-DB eq	سمیت برای انسان
36.3	8.02	Kg 1,4DB eq	سمیت آبزیان آب شیرین
29861.41	12152.2	Kg 1,4DB eq	سمیت آبزیان دریایی
0.4501	0.11	Kg 1,4DB eq	سمیت برای خاکزیان
0.092	0.01	Kg C ₂ H ₄ eq	اکسیداسیون فتوشیمیایی
0.891	0.1	Kg PO ₄ ⁻ eq	مردابی شدن

اثر سمیت برای انسان، آبزیان و خاکزیان سایر طبقات اثری بودند که مقایسه آنها برای کشت‌های ارگانیک و رایج در شکل ۳ آمده است. نتایج نشان داد اثر سمیت برای انسان برای کشت رایج معادل ۱۰۵/۲۴ کیلوگرم 1,4-DB و برای کشت ارگانیک معادل ۲۵/۱ کیلوگرم 1,4-DB بود که انتشارات مستقیم از مزرعه، کودها و آفت‌کش‌ها بیشترین سهم را داشتند. مقدار اثر سمیت برای آبزیان آب شیرین نیز برای کشت رایج معادل ۳۶/۳ کیلوگرم 1,4-DB و برای کشت ارگانیک ۸/۰۲ کیلوگرم 1,4-DB به دست آمد. که انتشارات مستقیم از مزرعه، کودها و الکتریسیته بیشترین تأثیر را در کشت رایج داشتند. همچنین در شرایط کردستان برای تولید توت‌فرنگی مقدار سمیت برای آبزیان دریایی در شرایط کشت رایج معادل ۲۹۸۶۱/۴۱ کیلوگرم 1,4-DB و برای کشت ارگانیک معادل ۱۲۱۵۲/۲ کیلوگرم 1,4-DB به دست آمد که ابتدا کودهای شیمیایی و بعد آفت‌کش‌ها

طبقه اثر کاهش لایه اوزون تأثیر مواد انتشاریافته در از بین بردن لایه اوزون را کمی می‌کند که بیشتر مرتبط با کلروفلوروکربن‌ها است (گواپن و همکاران ۲۰۰۱ و کروتزن ۱۹۸۱) و اثراتی مثل سرطان پوست، ورود خسارت‌های مولکولی به مواد، صدمه به گیاهان و حیوانات به علت افزایش عبور اشعه ماوراءبنفش را به دنبال دارد (بار و همکاران ۲۰۰۳). در رابطه با این طبقه اثر، نتایج تحقیق حاضر بیانگر این است که در دو نظام تولیدی توت‌فرنگی در کردستان برای کشت ارگانیک و کشت رایج مقدار عددی به ترتیب معادل ۰/۰۰۰۰۳۳ و ۰/۰۰۰۱۴۹ کیلوگرم CFC-11 بود که در آن سوخت مصرفی دیزل و کود شیمیایی بیشترین سهم را در کشت رایج داشتند. که از مقادیر به دست آمده در تحقیق طباطبایی و همکاران (۲۰۱۴) در امریکا بیشتر بود.

ارگانیک معادل ۰/۰۱ کیلوگرم C_2H_4 به دست آمد که در مقایسه با نتایج خوشنویسان و همکاران (۲۰۱۳) در مورد کشت بوم‌های رایج توت‌فرنگی و گلخانه که به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۱۱۴ کیلوگرم C_2H_4 را گزارش کرده‌اند، مقدار محاسبه شدن برای کشت ارگانیک کمتر بود. شایان ذکر است که در این طبقه اثر کودها به خصوص کود فسفات و بعد از آن انتشارات مستقیم از تولید بیشترین تأثیر را داشتند.

بیشترین سهم را در سامانه تولیدی کشت رایج داشتند. در رابطه با سمیت برای خاکزیان نتایج نشان داد که مقدار آن در کشت رایج معادل ۰/۴۵۰۱ کیلوگرم 1,4-DB و در شرایط کشت ارگانیک معادل ۰/۱۱ کیلوگرم 1,4-DB بود و بیشترین تأثیر را بر روی این طبقه اثر مربوط به انتشارات مستقیم از تولید و بعد از آن کودها و الکتریسیته داشتند. پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی آخرین طبقه اثر مورد بررسی بود که مقدار آن برای کشت رایج معادل ۰/۰۹۲ کیلوگرم C_2H_4 و برای کشت



شکل ۳- ارزیابی اثرات محیط زیستی کشت رایج و ارگانیک

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف مقایسه ارزیابی اثرات محیط زیستی کشت رایج و کشت ارگانیک توت‌فرنگی با استفاده از رهیافت چرخه حیات در استان کردستان انجام گرفت. در این رابطه از روش‌شناسی ارزیابی چرخه حیات به عنوان روش استاندارد جهانی استفاده شد تا ضمن تبیین اثرات محیط‌زیستی ناشی از تولیدات توت‌فرنگی، با ارائه پیشنهادات مناسب بار محیط زیستی تولید توت‌فرنگی را کاهش دهد. نتایج تحقیق که از تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از پیمایش مزارع و مصاحبه رودرو با کشاورزان با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو و پایگاه داده‌ای EcoInvent 3.0 نشان داد که در یک‌تن توت‌فرنگی تولیدی، اثرات محیط‌زیستی کشت رایج بیشتر از کشت

ارگانیک بود. در تطابق با نتایج گونادی و همکاران (۲۰۱۲) در کشت رایج بیشترین اثرات مربوط به کودهای شیمیایی و بعد از آن الکتریسیته بود؛ اما در کشت ارگانیک بیشترین اثرات مربوط به الکتریسیته بود که با نتایج مطالعه کوپر و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد. با عنایت به نتایج فوق‌الذکر، سه استراتژی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی برای تولید الکتریسیته و بهینه‌سازی فنی از طریق فعالیت‌هایی نظیر متناسب‌سازی تجهیزات مورد استفاده توسط کشاورزان مانند پمپ‌های آب کم‌مصرف‌تر و با قدرت کمتر و همچنین بهینه‌سازی زراعی در چارچوب مدیریت تلفیقی مواد مغذی مانند تقسیط کود دهی، برای کاهش اثرات محیط زیستی تولید توت‌فرنگی پیشنهاد می‌شود. همچنین

با توجه به کم بودن اثرات محیط‌زیستی کشت ارگانیک توصیه می‌شود که توسعه و ترویج کشت ارگانیک به‌جای کشت رایج در اولویت قرار گیرد. بدین منظور لازم است که بخش دولتی، کمک‌های فنی و مالی خود را در این زمینه افزایش دهد.

منابع مورد استفاده

- Bare JC, Norris GA, Pennington DW and McKone T, 2003. TRACI: The tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. *Industrial Ecology*, 6: 49-78.
- Brenttrup F, Küsters J, Kuhlmann H and Lammel J, 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy*, 20(3): 247-264.
- Brenttrup 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): 349-357.
- Cederberg C and Mattsson B, (2000). Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, 8(1): 60-49.
- Chehebe JR, 1997. *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000: Qualitymark Editora Ltda.*
- Cooper JM, 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*, 58:185-192.
- Crutzen PJ, 1981. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen, including nitrous oxide. In: C.C. Delwiche (Ed.), *Denitrification, nitrification, and atmospheric nitrous oxide*. New York: Wiley. Emissions of pesticides in agricultural LCA. *Ecological Modelling*, 198: 433-51.
- Curran MA, (1996). *Environmental Life Cycle Assessment*. MacGraw-Hill pp. 30-65.
- Fluck RC and Baird CD, 1982. *Agricultural energetics*. Westport, CT, USA: AVI Publications, 41-45, 51-54, 71-72, 123-126.
- Graedel TE, 1998. *Streamlined life-cycle assessment*: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Guinée J, 2001. Handbook on life cycle assessment - Operational guide to the ISO standards. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 6, 255.
- Gunady MG, Biswas W, Solah VA and James AP, 2012. Evaluating the global warming potential of the fresh produce supply chain for strawberries, romaine/cos lettuces (*Lactuca sativa*, and button mushrooms (*Agaricus bisporus*) in Western Australia using life cycle assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production*, 28: 81-87.
- Hauschild M, 2000. Estimating pesticide emissions for LCA of agricultural products. *Agricultural data for life cycle assessments*, 70.
- Horne R, Grant T and Verghese K, 2009. Life cycle assessment: principles, practice and prospects: Csiro Publishi impacts. *Industrial Ecology*, 6: 49-78.
- IPCC, 1996. greenhouse gas inventory reference revised manual. In: Houghton, J. T., Meira Filho, L.G., Lim B, Tréanton K, Mamaty I, Bonduki Y, Grigg DJS, Callander BA (Eds.), *Intergovernmental Panel on Climate Change*. IGES, Japan,
- ISO, 2006. ISO 14040 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.

- Khoshnevisan B, Rafiee S and Mousazadeh H, 2013. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. *European Journal of Agronomy*, 50, 29-37.
- Khorramdel, S. Ghorbani, and Ghafuri Amin, A., 2015. Comparison of ecological production in rainfed and irrigated barley Kshvrba using Life Cycle Assessment, *Journal of Plant Production preceding studies*, 22 (1): 243-264. (In Persian).
- Meisterling K, Samaras C, Schweizer V, 2009. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production*, 17:222–230.
- Moudryj J, Jelínková Z, Plch R, Moudry J, Konvalina P and Hyšpler R, 2013. The emissions of greenhouse gases produced during growing and processing of wheat products in the Czech Republic, *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 11(1):1133-1136.
- Nameless, 2014. Statistics of Agriculture, Department of Agriculture data. (In Persian).
- Nemecek T and Kagi T, 2007. Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Eco invent report No. 15. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH. Available from: <http://www.ecoinvent.org/documentation>.
- Nemecek T, von Richthofen J, Dubois G, Casta P, Charles R and Pahl H, 2008. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy*, 28, 380–393.
- Pennington DW, Potting J, Finnveden G, Lindeijer E, Jolliete O, Rydberg T and Rebitzer G, 2004. Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice. *Environment International*, 30, 721–739.
- Rebitzer G, Ekvall T, Frischknecht R, Hunkeler D, Norris G, Rydberg T and Pennington D, 2004. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, 30(5): 701-720.
- Sahle A, and Potting J, 2013. Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. *Science of the Total Environment*, 443, 163–172.
- Schau EM, and Fet AM, 2008. LCA studies of food products as background for environmental product declarations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3): 255-264.
- Scherr SJ, and McNeely JA, 2002. Reconciling agriculture and biodiversity: policy and research challenges of 'eco-agriculture'. In IIED, Equator Initiative, Ecoagriculture Partners London, UK:IIED.
- Tabatabaie SMH and Murthy GS, 2016. Cradle to farm gate life cycle assessment of strawberry production in the United States. *Journal of Cleaner Production*, 1-7.
- Van den Berg F, Kubiak R, Benjey WG, Majewsk MSI, Yates SR and Reeves GL, 1999. Emission of pesticides into water, air, and soil. *Pollution*, 115, 195–218.
- Yoshikawa N, Amano K and Shimada K, 2008. Evaluation of environmental loads related to fruit and vegetable consumption using the hybrid LCA method: Japanese case study. In: *Life Cycle Assessment VIII*, September 30eOctober 2, Seattle.