Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۷، شماره ۴،زمستان ۱۳۹۵ (ص ۶۶۶-۶۵۹)

ارزیابی چرخه حیات تولید سیب‌زمینی به روش نیمه مکانیزه در ایران: مطالعه موردی، استان مرکزی

علیرضا شاه‌محمدی[1*]، هادی ویسی[2]، کوروس خوشبخت[3]، عبدالمجید مهدوی دامغانی[4]،الیاس سلطانی[5]

۱.کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی،پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

۲. دانشیار گروه آگرواکولوژی،پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

۳. دانشیار گروه آگرواکولوژی،پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

۴. دانشیار گروه آگرواکولوژی،پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

۵. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۸/۱)

چکیده

در سال‌های اخیر بحث بر سر پایداری محیط زیستی تولیدات کشاورزی به‌طور گسترده‌ای افزایش‌یافته است. در این راستا اثرات محیط‌زیستی تولید سیب‌زمینی به روش نیمه مکانیزه در استان مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از روش ارزیابی چرخه حیات برای شناسایی و کاهش اثرات محیط زیستی استفاده شد. اثرات زیست‌محیطی تولید محصول سیب‌زمینی در استان مرکزی در طبقات اثر گروه‌های تخلیه منابع غیرزنده، گرمایش جهانی، اسیدیته، مردابی شدن و کاهش لایه اوزون بررسی شد. نتایج نشان داد در تولید سیب‌زمینی انتشارات مستقیم از مزرعه، استفاده از کودهای شیمیایی و الکتریسیته بیشترین سهم تخریب محیط زیست را داشتند. در این رابطه مقدار شاخص‌ها برای طبقات اثر تخلیه منابع غیرزنده، گرمایش جهانی، اسیدیته، مردابی شدن و کاهش لایه اوزون به ترتیب برابر ۱/۱۱، ۱۵۲/۸۹، ۱/۹۰، ۰/۸۷ و ۰/۰۰۰۰۵ به دست آمد. بر اساس نتایج، استفاده از نهاده‌های ارگانیک، کشاورزی دقیق، مصرف بهینه کودها و سموم شیمیایی، استفاده از روش‌های نوین آبیاری و فنّاوری‌های پربازده و کم‌مصرف در تولید سیب‌زمینی پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: چرخه‌حیات، سیب‌زمینی، تخلیه منابع غیرزنده، گرمایش جهانی، اسیدی شدن

مقدمه

تحولات دو قرن اخیر به‌ویژه انقلاب صنعتی، انقلاب شیمیایی و انفجار جمعیت، انسان را به مقابله جدی با طبیعت وادار کرد (Brentrup *et al*., 2000). با پیدایش مکانیزاسیون، کشاورزی همپای صنعت وارد سامانهٔ تولید انبوه گردید و بعد از جنگ جهانی دوم، عملاً استفاده از انرژی‌های کمکی به‌ویژه کودهای شیمیایی به‌سرعت توسعه یافت و کمی بعد آفت‌کش‌ها وارد عمل شدند. روند مصرف کودهای شیمیایی از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۴ از ۱۴ میلیون تن در حدود ۹ برابر افزایش یافت و سطح زیر کشت زمین‌های فاریاب از ۹۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۵۰ به ۲۰۶ میلیون هکتار در سال ۱۹۷۸ و ۲۴۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۸۱ رسید و بر اساس برآوردهای موجود ۵۰ درصد افزایش عملکرد در سطح جهان در طول این قرن، مرهون به‌کارگیری کودهای شیمیایی بوده است (Kamkar & Mahdavi Damghani., 2008). بنا بر مدل Tenkorang(2009) میزان مصرف کود شیمیایی در ایران تا سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ به ترتیب ۴/۶ و ۵ میلیون تن افزایش خواهد یافت (Koocheki *et al*., 2014). مصرف انرژی درزمینه‌ی نهاده‌های شیمیایی، استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی و روش‌های آبیاری علت اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسید کربن است (Gasol et *al*., 2007). کشاورزی یکی از بخش‌های مهم اقتصادی است که اثرات مهمی بر محیط‌زیست دارد (Nemecek *et al*., 2008). طبق برآوردهای انجام‌گرفته ۲۰ درصد از اثر گلخانه‌ای به فعالیت‌های کشاورزی مربوط است (Brentrup *et al*., 2000). ازآنجایی‌که بخش کشاورزی با مصرف نهاده‌های زیاد و متفاوتی اثرات زیست‌محیطی گسترده‌ای را تولید می‌کنند (Brentrup *et al*., 2000). مطالعه جنبه‌های زیست‌محیطی سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. اثرات محیط زیستی فعالیت‌های کشاورزی به‌وسیله روش‌های مختلفی ارزیابی می‌شود که هریک دارای اهداف خاص خود می‌باشند که بر اساس روش‌های کاربردی، اهداف و شاخص‌های به‌کار رفته

* نویسنده مسئول: ashahmohammadi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

برای کمی سازی و قابلیت تغییرپذیری زمانی و مکانی متفاوت است (Ness *et al.*, 2007). روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی فعالیت‌های مختلف کشاورزی وجود دارد که ارزیابی چرخه حیات یکی از روش‌های ارزیابی اثرات پایداری است که بر مبنای فرایند تولید توسعه یافته است (Nemecek *et al.*, 2008). به‌طوری‌که طی ارزیابی چرخه حیات اثرات تحمیلی ناشی از تولید یک محصول و یا یک فرایند و یا یک فعالیت به‌وسیله تشخیص و کمی سازی انرژی و مواد استفاده‌شده و ضایعات و پسماندهای تولیدی که به محیط‌زیست وارد می‌کند، ارزیابی می‌شود. سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) از محصولات غده‌ای است و نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد که در شرایط مختلف آب و هوایی کشت می‌شود و بعد از گندم، برنج و ذرت مقام چهارم تولید را به خود اختصاص داده و ازنظر تعداد کشورهای تولیدکننده بعد از ذرت در مقام دوم قرار دارد (Ferreira & Goncalves., 2007). ایران نیز با تولید ۵،۵۶ میلیون تن در سال در رتبه ۱۳ تولیدکنندگان سیب‌زمینی جهان قرار دارد (FAO, 2013). در این راستا، استان مرکزی با سطح زیر کشت ۱۸۴۹ هکتار، عملکرد ۳۵۶۳۸ کیلوگرم در هکتار و تولید سالانه ۶۵۸۸۱ تن به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید سیب‌زمینی کشور است. همچنین شهرستان اراک به عنوان مقام اول تولید محصول (تن) در استان شناخته می‌شود (www.Maj.ir)؛ و از اثرات محیط زیستی که پایداری تولید آن را تهدید می‌کند، در امان نیست. برای مثال، نتایج مطالعه‌ای در جمهوری چک بر اساس ارزیابی چرخه حیات در محصول سیب‌زمینی با دو روش کشت رایج و ارگانیک نشان داد کشت سیب‌زمینی به روش ارگانیک گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید کربن کمتری نسبت به کشت رایج وارد اتمسفر می‌کند (Moudry *et al.*, 2013). بررسی اثرات محیط زیستی کشاورزی ارگانیک بر روی محصول سیب‌زمینی در طبقات اثر اسیدی شدن، مردابی شدن، گرمایش جهانی، سمیت ها و اکسیداسیون فتوشیمیایی در سوئد نشان داد اثرات کشت ارگانیک سیب‌زمینی ۶۰ درصد کمتر از کشت رایج است (Mattsson & Wallen, 2002). بر این اساس به‌منظور مدیریت و جلوگیری از اثرات مخرب محیط زیستی تولید سیب‌زمینی ازجمله اتلاف منابع آبی، استفاده بیش‌ازاندازه کودهای شیمیایی، فشرده شدن خاک و تغییرات در ساختمان شیمیایی، فیزیکی خاک و با توجه به مصرف نهاده و انرژی بالا در تولید این محصول، بررسی اثرات محیط زیستی سیب‌زمینی با روش ارزیابی چرخه حیات برای رسیدن به تولید پایدار ازنظر محیط‌زیستی لازم است.

مواد و روش‌ها

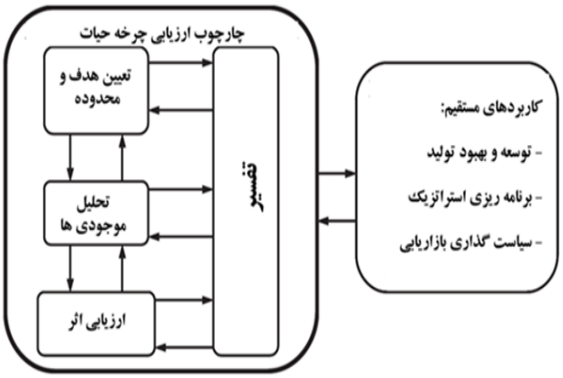
بر اساس تعریف استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ ارزیابی چرخه حیات عبارت است از گردآوری و ارزیابی ورودی ها، خروجی‌ها و پیامدهای بالقوه محیط‌زیستی یک محصول در سراسر چرخه حیات آن(ISO,14040). هر مطالعه ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله (شکل ۱) است. ۱) تعیین هدف و حوزه مطالعه ۲) صورت‌برداری ۳) ارزیابی اثر و ۴) تفسیر(Pelletier *et al.*,2008). در این پژوهش از نرم‌افزار Simapro 8.4 و روش CML2 baseline برای مشخص کردن طبقات اثر استفاده شد.

منطقه موردمطالعه

در این تحقیق مزارع دو شهرستان از استان مرکزی مورد مطالعه قرار گرفت. شهر اراک، مرکز استان مرکزی با ارتفاع ۱۷۰۸ متر از سطح دریا و طول جغرافیای ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه ۰۵ دقیقه شمالی قرارداد. شهر شازند، مرکز شهرستان شازند با ارتفاع ۱۹۱۸ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی قرار دارد.

تعریف هدف و حوزه

در این مرحله، اهداف مطالعه، محصول نهایی مورد انتظار، مرزهای سیستم مورد مطالعه، واحد کارکردی و در نهایت پیش فرض‌های مطالعه مشخص می‌شود (Cederberg & Mattsson, 2000). مرزهای یک سیستم اغلب به‌وسیله ورودی‌ها و خروجی‌های نمودار جریان مشخص می‌شود. در این مطالعه هدف بررسی اثرات محیط‌زیستی گروه‌های تخلیه منابع غیرزنده، گرمایش جهانی، اسیدیته، مردابی شدن و کاهش لایه ازون در بخش زراعی تولید سیب‌زمینی است. واحد کارکردی یک مرجع را برای ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط فراهم می‌کند (ISO, 2006). واحد مرجع، یک‌تن سیب‌زمینی از زمین‌های شهرستان اراک و شازند بود.



شکل ۱: مراحل اجرای ارزیابی چرخه حیات (ISO, 2006b)

www.SID.ir

Archive of SID

صورت‌برداری

مرحله‌ای که متضمن گردآوری و کمی سازی درون دادها و برون دادها برای تولید یک‌تن سیب‌زمینی است. در این تحقیق، مرز سیستم دروازه مزرعه مدنظر واقع شده است که صرفاً عملیات کشاورزی مانند آبیاری، عملیات‌های شخم و آماده سازی زمین، وجین، کود دهی و سم‌پاشی و عملیات برداشت را شامل می‌شود. در بخش نیمه مکانیزه از روش آبیاری تحت‌فشار استفاده انجام نمی‌گرفت. عملیات‌های از قبیل وجین، سم‌پاشی، کود دهی و برداشت در اکثر مزارع مورد بررسی، متکی به نیروی انسانی بود.

ورودی‌های سامانه

تمام اطلاعات ورودی به سامانه کشت نیمه مکانیزه توسط مصاحبه رودررو با کشاورزان و با روش میدانی- پیمایشی صورت‌برداری شدند که در جدول (۱) آورده شده است. در این مرحله از تحقیق، صورت‌برداری داده به دو روش پیش‌زمینه‌ای و پس‌زمینه‌ای صورت می‌پذیرد. درداده برداری پیش‌زمینه‌ای (اولیه) داده‌ها به‌روش اندازه‌گیری مستقیم از طریق مصاحبه با کشاورزان که شامل ورودی‌های سیستم هستند، جمع‌آوری می‌شود. داده‌های پس‌زمینه‌ای (ثانویه) به‌واسطه بررسی برخی تحلیل‌ها بر رویدادهای پیش‌زمینه‌ای و همچنین یافته‌های برخی تحقیقات مرتبط جمع‌آوری و صورت‌برداری می‌شود. داده‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌بایست تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند را در برگیرند (Brujin, 2004). در این مرحله ۶۰ مزرعه مورد صورت‌برداری قرار گرفت. در این پژوهش به منظور تعیین انرژی پمپاژ آب، ۲۲ مزرعه از گازوئیل و سایر مزارع از الکتریسته استفاده می‌کردند.

جدول ۱. مقدار ورودی‌های سیستم کشت نیمه‌مکانیزه برای یک تن سیب‌زمینی

ورودی‌ها	واحد	نیمه‌مکانیزه
گازوئیل	Kg	۷/۰۶
آفت‌کش	Kg	۰/۲۹
کود حیوانی	Kg	۴۱۱/۲۴
اوره	Kg	۱۰/۲۸
سوپر فسفات تریپل	Kg	۶/۱۶
سولفات پتاسیم	Kg	۵/۱۴
آب مصرفی	M^3	۳۹۱/۰۲
الکتریسیته	Kwh	۶۵

خروجی‌های سامانه

اندازه‌گیری دقیق انتشارات کودهای شیمیایی با در نظر گرفتن مسائل مالی و زمانی و همین‌طور اختلاف در نتایج، نه عملی خواهد شد و نه متناسب اهداف ارزیابی چرخه حیات است. میزان انتشار بسته به نوع خاک، آب‌وهوا و مدیریت مزرعه متفاوت است. بنابراین به‌جای اندازه‌گیری مستقیم از مزارع، از متوسط انتشارات مربوط به اروپا و روش‌های معینی همچون معادله (۱) برای برآورد انتشارات استفاده شد.

انتشارات مربوط به کود معدنی اوره

کود اوره با داشتن ۴۶ درصد نیتروژن به‌عنوان پر مصرف‌ترین کود شیمیایی مورد استفاده در هکتار شناخته شد. میزان تصعید آمونیاک با توجه به اینکه کود اوره بیشترین تصعید آمونیاک را دارد، بر اساس متوسط اروپا در نظر گرفته شد. بر این اساس حدود ۱۷ درصد از نیتروژن مصرفی در قالب کود معدنی اوره به‌صورت آمونیاک تصعید می‌شود (Brentrup *et al.*, 2000; Goebes, 2003). در محاسبه انتشارات N_2O و NO_x از فاکتور مجمع تغییرات بین‌المللی آب و هوایی (*International Conference on Climate Change*) استفاده می‌شود. این مجمع در سال ۲۰۰۶، یک درصد از کل نیتروژن مصرف‌شده در هکتار را به‌صورت انتشار N_2O گزارش می‌دهد (Snyder *et al.*, 2009). انتشار NO_x با توجه به برخی نتایج برابر ۱۰ درصد میزان N_2O در نظر گرفته شد (Gasol *et al.*, 2007). برآورد آبشویی نیترات نیز در فصول مختلف سال متفاوت است که با استفاده از روش (Erickson *et al.*, 2001) معادل ۳۰ درصد کل نیتروژن برآورد شد.

انتشارات مربوط به کود فسفات

انتشار فسفر نیز به علت غیر متحرک بودن فسفر در خاک با استفاده از روش پیشنهادی ((Nemecek and Kagi.,2007) برآورد شد. در این روش از معادله (۱) استفاده شد.

$Pro = Prol * Fro$ معادله (۱)

F_{ro} (رابطه ۱)
$=1+0.2/80*P_2O_{5min}+0.7/80*P_2O_{5sl}+0.4/80*P_2O_{5man}$

این فرمول، P_{ro} مقدار فسفات از دسته رفته به‌وسیله رواناب، P_{rol} متوسط مقدار فسفات از دست‌رفته در زمین‌های زراعی ۰/۱۷۵ کیلوگرم فسفات به ازای هر هکتار، F_{ro} فاکتور مربوط به کودها است. با در دست داشتن مقدار فسفر کود حیوانی و معدنی و جاگذاری در فرمول مربوط به فاکتور F_{ro} مقدار ۰/۰۰۷ کیلوگرم محاسبه شد. در فرمول F_{ro} ، min به معنی معدنی، sl به صورت مایع و man به معنی کود حیوانی می باشد. مقدار فسفات فرسایش یافته آبشویی شده نیز از روش ((Nemecek and Kagi., 2007) به مقدار ۰/۳۵ کیلوگرم برآورد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

انتشارات آلاینده‌های ناشی از مصرف گازوئیل

میزان انتشار انواع مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2، N_2O و CH_4 از سوختن هر لیتر گازوئیل بر اساس مطالعات صورت گرفته (Tizilivakis *et al*., 2005) به ترتیب به مقدار ۲/۷۳ کیلوگرم دی‌اکسید کربن، $۱۸/۱\times۱۰^{-۶}$ کیلوگرم دی نیتروژن اکسید، ۱۷۳×۱۰^{-۶} کیلوگرم متان می‌باشد. همچنین از سوختن هر لیتر گازوئیل نیز مقدار ۰/۰۰۴ سولفور دی‌اکسید و مقدار ۰/۰۲۲۲ اکسیدهای نیتروژن انتشار می‌یابد.

انتشار آفت‌کش‌ها

برآورد انتشار آفت‌کش‌ها از روش پیشنهادی (Van den Berg *et al*., 1999) استفاده شد. بر اساس این روش، ۳۰ تا ۵۰ درصد از کل آفت‌کش مصرفی به هوا منتشر می‌شود. اسپری کردن و تصعید از دلایل اصلی انتشار آفت‌کش‌ها هستند.

ارزیابی اثر

ارزیابی اثر، مرحله‌ای از ارزیابی چرخه حیات است که در آن بزرگی و اهمیت و پیامدهای بالقوه‌ی محیط زیستی، برای یک سیستم یا محصول در سراسر چرخه‌ی حیات آن درک و ارزش‌گذاری می‌شود. ارزیابی اثر به‌طورکلی شامل طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن دهی است (Roy *et al*., 2009). به علت اختیاری بودن مراحل نرمال‌سازی و وزن دهی، محاسبه‌ای صورت نپذیرفت. در این بخش اطلاعات جدول(۱) و (۲) در نرم افزار Simapro 8.4 وارد شد و طبقات اثر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۲. مقدار خروجی‌های سامانه برای یک‌تن سیب‌زمینی

مقدار	واحد	خروجی‌ها
تولید محصول	Ton	۲۹/۱۸
انتشارات به آب		
نیترات	Kg	۱/۴۱
فسفات آبشویی شده	Kg	۰/۰۰۷
فسفات آبشویی شده فرسایش یافته	Kg	۰/۳۵
انتشار به اتمسفر		
NH_3	Kg	۰/۸۰
N_2O	Kg	۰/۰۴
NO_x	Kg	۰/۶۵
CO_2	Kg	۲۲/۴۴
CH_4	Kg	۰/۰۰۱
SO_2	Kg	۰/۰۳
آفت‌کش‌ها	Kg	۰/۱۱

طبقه‌بندی

این مرحله در ارزیابی چرخه‌حیات الزامی است. در این مرحله هرکدام از مقادیر به‌دست‌آمده در قسمت خروجی‌های سامانه به اثرات محیط زیستی آن مرتبط می‌شوند این انتشارات به یک واحد معادل برای هر طبقه اثر تبدیل می‌شوند با ضرب کردن میزان هر آلاینده در طبقه اثر خود در شاخص ویژگی سازی برای هر گروه یک شاخص طبقه‌بندی به دست می‌آید تا بیانگر مشارکت و تأثیر این ماده در تعیین اثرات بر محیط‌زیست باشد. برای مثال گازهای انتقال‌یافته CO_2، N_2O و CH_4 دارای تأثیر بر گرم شدن کره زمین هستند ولی پتانسیل این گازها در تغییر اقلیم متفاوت هستند (Guinee *et al*.,2001),(Bare *et al*.,2003)

نتایج و بحث

میزان مصرف ورودی‌ها با توجه به واحد مرجع یک‌تن سیب‌زمینی در جدول ۱) و میزان انتشار خروجی‌ها برای تولید یک‌تن سیب‌زمینی در جدول ۲) آمده است. شاخص طبقه‌بندی محیط‌زیستی گروه‌های تخلیه منابع غیرزنده، گرمایش جهانی، اسیدیته، مردابی شدن و کاهش لایه ازون به ترتیب (جدول ۳) برابر با ۱/۱۱، ۱۵۲/۸۹، ۱/۹۰، ۸۷/۰ و۰۰۰۰۵ /۰ به دست آمد.Error! Reference source not found این شاخص‌ها نشان می‌دهند در تولید یک‌تن سیب‌زمینی در استان مرکزی گرمایش جهانی نسبت به سایر اثرات دارای کارایی تخریب بیشتری می‌باشد. سهم هرکدام از ورودی‌ها و انتشارات مربوطه در(.Error! Reference source not found) آمده است. سهم سوخت دیزل در طبقه اثر کاهش لایه ازون با ۷۱ درصد بیش از سایر ورودی‌ها بود. مقدار محاسبه شده به واسطه استفاده ۲۲ مزرعه از سیستم انتقال آب به صورت دیزلی بود. سهم انتشارات مستقیم از مزرعه که در شکل (۲) محاسبه شده است در طبقه اثر اسیدی شدن و مردابی شدن بیشتر بود. در طبقه اثر مردابی شدن به دلیل استفاده بی رویه از کودهای فسفر و نیتروژن و در طبقه اثر اسیدی شدن به دلیل انتشار آمونیاک و اکسیدهای گوگرد ناشی از مصرف کودهای شیمیایی شاهد بروز افزایش نقش انتشارات مستقیم از مزرعه بودیم. در طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده، الکتریسیته با ۵۵ درصد بیشترین سهم را داشت. در طبقه اثر گرمایش جهانی سهم الکتریسیته و سوخت دیزل از دیگر ورودی‌ها بیشتر بود.Mohammadi *et al*.,(2014) با بررسی انرژی ورودی و خروجی کشت سیب‌زمینی در اردبیل سهم سوخت دیزل را ۲۰ درصد و کود شیمیایی را ۴۰ درصد برآورد کردند که نشان‌دهنده استفاده از سوخت دیزل برای پمپاژ آب موردنیاز بود. تفاوت در درصد مقادیر سوخت دیزل و الکتریسیته در استان مرکزی از آنجایی که تنها ۲۲ مزرعه از سوخت دیزل برای پمپاژ آب بهره می‌بردند ناشی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج ارزیابی اثرات

طبقه اثر	واحد	شاخص طبقه‌بندی
تخلیه منابع غیرزنده	Kg Sb_{eq}[1]	۱/۱۱
گرمایش جهانی	Kg $CO_{2\ eq}$	۱۵۲/۸۹
اسیدیته	Kg $SO_{2\ eq}$	۱/۹۰
مردابی شدن	Kg $PO_{4\ eq}$	۰/۸۷
کاهش لایه ازون	Kg $CFC^{2}_{\ 11\ eq}$	۰/۰۰۰۰۵

گرمایش جهانی

دی‌اکسید کربن، نیتروز اکسید و متان، سه گاز مهم در ایجاد گرمایش جهانی هستند. فرآیندهای نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون در خاک، مصرف کودهای نیتروژنه و نیز احتراق سوخت‌ها در تولید سیب‌زمینی منجر به انتشار نیتروز اکسید و آلاینده‌های دیگر به هوا شده است. در ایجاد این طبقه اثر در کشت سیب‌زمینی کودهای شیمیایی با ۳۷ درصد و الکتریسیته مصرفی با ۳۵ درصد و انتشارات مستقیم از مزرعه با ۲۲ درصد بیشترین سهم را داشتند. سهم کود اوره ۲۱ درصد، کود سوپرفسفات تریپل ۱۰ درصد و کود پتاسیم سولفات ۶ درصد بود. سهم سوخت دیزل در این طبقه اثر ۳ درصد برآورد شد. (شکل۲). علت افزایش سهم الکتریسته نسبت به سوخت دیزل استفاده بیش‌تر از الکتریسیته برای پمپاژ آب بود. Moudry *et al.*, (2013) در ارزیابی گازهای گلخانه‌ای سیب‌زمینی در چک نشان دادند برای تولید یک‌تن سیب‌زمینی رایج ۱۴۵ kg CO_2eq و برای یک‌تن سیب‌زمینی ارگانیک kg ۱۲۶ CO_2eq گاز گلخانه‌ای به اتمسفر وارد می‌شود.

اسیدی شدن: مصرف کودهای شیمیایی، سوختن دیزل و کود حیوانی سبب انتشار ترکیبات آمونیاک و نیتریک اکسید به اتمسفر می‌شود. گازهای اسیدی مانند آمونیاک (NH_3) و دی‌اکسید گوگرد (SO_2) و نیتروز اکسیدها (NO_x)، اثرات مخربی روی زیستگاه‌های حیات‌وحش و تنوع زیستی دارند. تولید یک تن سیب‌زمینی در استان مرکزی به مقدار ۱/۹۰ معادل SO_2 وارد اتمسفر می‌کند. دراین‌بین سهم انتشارت مستقیم از مزرعه و کودهای شیمیایی به ترتیب برابر ۵۲ و ۲۸ درصد بود (شکل۲). Khoramdel *et al.*, (2015) در مطالعه بر روی یک‌تن زعفران بالاترین پتانسیل اسیدی شدن در سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم معادل ۲/۳۲SO_2eq به دست آمد. Wang *et al.*, (2013) اثرات محیط زیستی تولید بیواتانول از سیب‌زمینی را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد در مرحله تولید مزرعه‌ای سیب‌زمینی در طبقه اثر پتانسیل اسیدی شدن، انتشارات مستقیم از مزرعه بیشترین سهم را دارد.

مردابی شدن: افزایش غیرطبیعی تولید بیوماس در اکوسیستم‌های آبی و خاکی به‌ویژه در آب‌های سطحی که باعث تغییر در ترکیب گونه‌های رشدی می‌شود (Brentrup *et al.*, 2004). فسفر اصلی‌ترین عامل اختناق دریاچه‌ای در بیشتر اکوسیستم‌های آبی است. طبقه اثر مردابی شدن در کشت سیب‌زمینی در استان مرکزی به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی و انتشارت مستقیم از مزرعه حاصل از مصرف کودهای شیمیایی بود. سهم انتشارات مستقیم از مزرعه ۸۳ درصد و سهم کودها شیمیایی ۱۵ درصد بود (شکل۲). Khoshnevisan *et al.*, (2014) گزارش کردند در تولید خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، به ترتیب معادل ۰/۰۷ و ۰/۰۳ کیلوگرم فسفات به محیط منتشر می‌شود. همچنین بیان کردند کودهای شیمیایی و الکتریسیته بیشترین نقش را در پتانسیل مردابی شدن در تولید گلخانه‌ای خیار و گوجه‌فرنگی دارد. Williams *et al.*, (2010) در ارزیابی چرخه حیات سیب‌زمینی در انگلستان و ولز در طبقه اثر مردابی شدن مقدار فسفات واردشده به محیط‌زیست را معادل ۱ کیلوگرم و علت آن را مصرف کودهای شیمیایی بیان کردند.

Godard *et al.*, (2012)علت اصلی مردابی شدن را در بررسی ارزیابی اثرات سیب‌زمینی در فرانسه، کودهای شیمیایی فسفاته بیان کردند. Wang *et al.*,(2013) در مطالعه تولید سیب‌زمینی شیرین برای تولید بیواتانول نشان داد که در طبقه اثر پتانسیل مردابی شدن، انتشارات مستقیم از مزرعه (خاک) و پس‌ازآن تولید کودهای شیمیایی بیشترین تأثیر را دارد. Iriarte, (2010) مقدار پتانسیل مردابی شدن به ازای تولید هر تن کلزا و آفتابگردان را معادل۷/۲ و ۹ کیلوگرم فسفات تخمین زدند.

کاهش لایه ازون

از دست دادن ازون یک فرآیند طبیعی است که از سطح معمول گازهای موجود مانند متان، اکسید نیتروز، متیل بروماید و متیل کلراید نتیجه می‌شود. اگر به دلایلی میزان این گازهای طبیعی را در استراتوسفر افزایش دهیم یا ترکیبات جدیدی مثل کلروفلوروکربن ها را به اتمسفر وارد کنیم که در این فرآیند بتوانند شرکت کنند، میزان از دست دادن ازون افزایش پیدا می‌کند(Madronich & Granier,1994). استفاده از سوخت دیزل در پمپ‌های دیزلی جریان آب علت اصلی تخریب‌کنندگی لایه ازون در استان مرکزی بود. سوخت دیزل با سهمی معادل ۶۵ درصد علت اصلی انتشار آلاینده‌های تخریب‌کننده لایه ازون بود (شکل۲). Khoda Rezaei, (2015) در بررسی یک‌تن زیتون

1. Substance equivalent
2 .chlorofluorocarbon

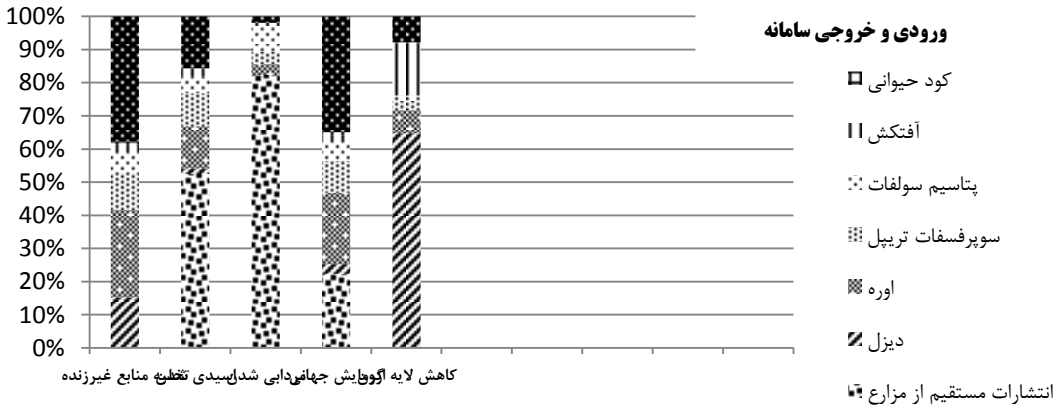
www.SID.ir

Archive of SID

طارم مقدار کاهش لایه‌ازون را معادل ۳۲۳ میلی‌گرم آلاینده‌های CFC_{11} محاسبه کردند؛ که هر دو علت اصلی را مصرف سوخت دیزل عنوان نمودند.

تخلیه منابع غیرزنده

کشاورزی با بهره جستن از انرژی‌های غیرزنده و منابع تجدید ناپذیری چون آب، انرژی‌های فسیلی، الکتریسیته و غیره نقش مهمی در حفظ ذخایر استراتژیک و تعادل جریان انرژی ایفا می‌کند. استفاده غیراصولی و مصرف نامتوازن انرژی در کشاورزی، اهداف کشاورزی پایدار، حفظ منابع طبیعی و سلامت محیط‌زیست را به مخاطره انداخته است. در استان مرکزی کشت یک‌تن سیب‌زمینی مقدار ۱/۱۱ Kg Sb $_{eq}$ منابع غیرزنده را تخلیه می‌کند. در این طبقه اثر سهم کودهای شیمیایی با ۵۲ درصد و الکتریسیته با ۳۸ درصد بیشتر بود. سهم کود اوره ۲۶ درصد، کود سوپرفسفات تریپل ۱۱ درصد و کود پتاسیم سولفات ۶ درصد بود (شکل۲).



شکل ۲: درصد سهم ورودی و خروجی سامانه در طبقات اثر

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثرات زیست محیطی تولید سیب‌زمینی در استان مرکزی با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات انجام شد. نتایج نشان داد انتشارات مستقیم از مزرعه با ۳۱/۴ درصد، کودهای شیمیایی با ۲۷ درصد و الکتریسیته با ۱۹/۸ درصد، بیشترین سهم تخریب محیط‌زیستی را ایجاد کردند.همچنین سوخت‌های فسیلی با ۱۷ درصد و سموم شیمیایی با ۴/۸ درصد در تخریب محیط‌زیست نقش داشتند. فرآیند تولید کودهای شیمیایی و الکتریسیته به‌واسطه فرآیندهای تولیدی پرانرژی و استفاده حداکثری در مزارع بالاترین نقش را در طبقه اثرهای گرمایش جهانی، تخلیه منابع غیرزنده داشتند. فعالیت‌های تولید کودهای شیمیایی مانند فرآیند هابر برای تولید کودها و استفاده بی‌رویه و خارج از اصول کودها در مزارع برای تولید بیشتر محصولات، منجر به افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی بیش‌ازپیش شده است. تولید الکتریسیته به روش‌های مختلف نیز انرژی‌خواه و آلاینده است. درنتیجه استفاده از انرژی‌های پاک، فناوری‌های کم‌مصرف پربازده، بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی، استفاده بیشتر از کودهای آلی، تناوب لگوم‌ها، استفاده از کشاورزی دقیق برای کاهش مصرف انرژی و تناسب مصرف نهادها و کشاورزی ارگانیک می‌تواند در کاهش تخریب محیط‌زیست توسط فعالیت‌های کشاورزی مؤثر باشد. انتشارات مستقیم از مزرعه و کودهای شیمیایی به علت انتشار ترکیبات نیتروژن و فسفر ناشی از کودها و انتشار آن‌ها به محیط، بیشترین تأثیر را در مردابی شدن و اسیدی شدن داشت. آزاد شدن گازهای اسیدی ازجمله آمونیاک ناشی از تولید و مصرف کودها به اتمسفر و بازگشت مواد به خاک علت اصلی اسیدی شدن خاک‌ها است. نتایج نشان داد سوخت دیزل و الکتریسیته نیز بیشترین سهم را در کاهش لایه ازون داشت. ورود بیش‌ازحد گازهای متان، نیتروز اکسید، متیل بروماید و کلروفلوروکربن‌ها به اتمسفر سبب از دست دادن ازون اتمسفری و آسیب دیدن بخش‌های مختلف حیات است. بنابراین نوسازی و افزایش کارایی سیستم‌های آبیاری و استفاده از ماشین‌آلات کم‌مصرف از راهکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات محیط‌زیستی در سیستم تولید سیب‌زمینی در استان مرکزی است.

REFERENCES

Bare,J.C., Norris,G.A., Pennington,D.W., &McKone,T. (2003). The Tool for the Reduction and assessment of Chemical and other environmental impact.*j.lnd.Ecol*.6,49-78.

www.SID.ir

Archive of SID

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., & 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), 349-357.3

Nemecek, T., & kagi, T.(2007). Life cycle inventories of agricultural production systems, *data Ecoinvent Center*,.(V2.0, Ecoinvent report (No.15 *Zurich and Debendorf Swit zerlano*)

Brujin, H.D. Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards.31-109.(2004)

Cederberg, C., & Mattsson, B. (2000). Life cycle assessment of milk production—a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner production*, 8(1), 49-60.

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

Ferreira, T. C., & Gonçalves, D. A. (2007). Crop-yield/water-use production functions of potatoes (Solanum tuberosum, L.) grown under differential nitrogen and irrigation treatments in a hot, dry climate. Agricultural water management, 90(1), 45-55.

Food and Agricultural Organization (FAO). (2013). http://www.fao.org.

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

Godard, C., Boissy, J., Gabrielle. C. S. B. (2012). LCA of Starch Potato From Field To Starch Production Plant Gate.8th International Conference on LCA in *the Agri-Food Sector, Rennes, France. 2-4 October 2012*

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

Guinée, J. (2001). Handbook on life cycle assessment—operational guide to the ISO standards. *The international journal of life cycle assessment*, *6*(5), 255-255.

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

ISO 14044:2006, Environmental management 2006.(In Farsi)

ISO. 2006b. ISO 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment a Principles and Framework. ISO copyright office, Geneva

Kamkar, B. & Mahdavi Damghani, M. (2008). Principles of sustainable agriculture. Publications University of Mashhad. 315 pages.

Khoda Rezaei, E. (2015). Environmental impact assessment of Olive Production system in Zanjan province; case study in Tarom.Shahid Beheshti university.tehran, Iran. (In Farsi).

Khoramdel, S., Amin Ghafuri, A.(2015). Evaluation of environmental impacts for saffron agroecosystems of Khorasan based on nitrogen fertilizer by using Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Saffron Research* 2, 152-166. (In Farsi).

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., & Clark, S. (2014). Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system in ran. *Journal of Cleaner Production* xxx(1-10)

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Kiani, M,R. (2014) Long-term forecasting of demand for fertilizers in agriculture. Ecological agriculture. 4 (1),1-14. (In Persian)

Madronich, S., Granier, C. (1994). Tropospheric chemistry changes due to increases in UV-B radiation, in Management 35, 2927-2933.

Mattsson, B., & Wallén. E.(2002). Environmental life cycle assessment (LCA) of organic potatoes. In XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food for Humanity: *International Developments in Breeding*, 619 (pp. 427-435).

Ministry of Agriculture Jihad. (2015). Agriculture organization of Markazi Province. Retrieved November 15, 2015, Http//:www.Maj.ir, Statistics

Mohammadi, A., Rafiee. S., Jafari. A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S. H., & Nonhebel, S. (2014). Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 724-733. (In Farsi).

Moudry, J., Jelínková, Z., Jarešová, M., Plch, R., Moudrý, J., & Konvalina, P. (2013). Assessing greenhouse gas emissions from potato production and processing in the Czech Republic. *Outlook on AGRICULTURE*, 42(3), 179-183.

Nemecek, T., von Richthofen, J. S., Dubois, G., Casta, P., Charles, R., & Pahl, H. (2008). Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European journal of agronomy*, 28(3), 380-393.

Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. Ecological economics, 60(3), 498-508.

Pelletier, N., Arsenault, N., & Tyedmers, P. (2008). Scenario modeling potential eco-efficiency gains from a transition to organic agriculture: life cycle perspectives on Canadian canola, corn, soy, and wheat production. *Environmental management*, *42*(6), 989-1001.

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

www.SID.ir

Archive of SID

10.

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

Tzilivakis, J., Warner, D. J., May, M., Lewis, K. A., & 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), 101-119.

Van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W. G., Majewski, M. S., Yates, S. R., Reeves, G. L., & Van der Linden, A. M. A. (1999). Emission of pesticides into the air. In Fate of Pesticides in the Atmosphere: Implications for Environmental Risk Assessment (pp. 195-218). Springer Netherlands.

Wang, M., Shi, Y., X. Xia. D. Li. and Chen, Q.(2013). Life-cycle energy efficiency and environmental impacts of bioethanol production from sweet potato. *Bioresource technology*, 133, 285-292.

Williams, A. G., Audsley, E., & Sandars, D. L. (2010). Environmental burdens of producing bread wheat, oilseed rape and potatoes in England and Wales using simulation and system modelling. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(8), 855-868.

www.SID.ir