نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۲۰-۱۱۲

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 112-120

ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) با روش ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: مزارع استان خراسان جنوبی)

حمزه میرحاجی[۱]، مهدی خجسته پور[۲]، محمدحسین عباسپور فرد[۳]* و سید محمد مهدوی شهری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

از آنجا که اهمیت حفاظت از محیط زیست در جوامع امروزی امری بدیهی است، بنابراین اقدام و اجرای هرگونه برنامه نیاز به دانش کافی و شناخت لازم از محیط زیست دارد. یکی از راه‌های حفظ منابع طبیعی و دست یافتن به توسعه پایدار و بویژه کشاورزی پایدار، ارزیابی زیست محیطی فرایند تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. روش ارزیابی چرخه حیات یک روش مورد قبول برای ارزیابی اثرات زیست محیطی سراسر چرخه حیات یک محصول می‌باشد. در این مطالعه، از روش ارزیابی چرخه حیات برای ارزیابی اثرات زیست محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی محصول چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان خراسان جنوبی و شرکت سهامی زراعی خضری بهره گرفته شد. داده‌های بدست آمده، مورد ارزیابی زیست محیطی قرار گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که اثر تخلیه منابع آبی در تولید چغندر قند در استان خراسان جنوبی، بیشتر از سایر اثرات به محیط زیست آسیب می‌رساند. شاخص نهایی زیست محیطی برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، تخلیه منابع، گرمایش جهانی

مقدمه

امروزه تولیدات کشاورزی عموماً بر پایه استفاده از منابع محدودی مثل سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و دیگر نهاده های غیر قابل تجدید است. نگرانی‌هایی نیز در مورد مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و تقلیل منابع وجود دارد (Lagreid et al., 2007). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که کشاورزی سهم زیادی در انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر دارد. منابع اصلی انتشار این گازها به اتمسفر شامل سوخت‌های فسیلی مورد استفاده در عملیات مختلف کشاورزی، تلفات کربن از خاک به دلیل خاک‌ورزی، سوزاندن بقایای گیاهی و درختان جنگلی، دامداری، استفاده از کودهای دامی، تولید و مصرف انواع کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه و کشت غرقابی برنج (*Oriza sativa* L.) است (Reddy & Hodges, 2007). باران اسیدی در برخی نقاط جهان باعث مسمومیت و صدمه به گیاهان، درختان، آبزیان و افزایش اسیدیته خاک می‌شود (Hoveidi et al., 2010). از منابع عمده این اثر در کشاورزی استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه و در نتیجه انتشار NO_X و NH_3 به اتمسفر می‌باشد. از آنجا که در تولید محصولات کشاورزی نهاده‌های زیادی مصرف می‌شود در نتیجه سامانه تولید کشاورزی اثرات زیست محیطی گسترده‌ای را ایجاد می‌کند (Brentrup et al., 2004a).

بررسی اثرات زیست محیطی[۴] (EIA) سامانه‌های تولیدی سبب دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌گردد (Akbari et al., 2007). در واقع این امر از طریق ارزیابی چرخه حیات[۵] (LCA) محقق می‌شود (Iriarte et al., 2010). در روش ارزیابی چرخه حیات، یک واحد خاص از محصول مبنای مقایسه اثرات زیست محیطی سامانه تولید قرار می‌گیرد. تاریخچه روش ارزیابی چرخه حیات به دهه ۱۹۷۰ میلادی بر می‌گردد که در آن زمان، از این روش برای

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد رشته مکانیزاسیون، استادیار و دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: abaspour@um.ac.ir)

4- Environmental Impact Assessment
5- Life Cycle Assessment

محاسبات ساده‌ای مانند میزان مواد زائد جامد و انرژی مورد نیاز برای بازفرآوری آنها، مبنای اصلی این روش محسوب می‌گردید. در دهه ۱۹۹۰ میلادی مواردی همچون مدیریت منابع و آلاینده‌های منتشر یافته به محیط پیرامون در مطالعات مربوط به ارزیابی زیست محیطی لحاظ گردید و به صورت مقادیر کمی در محاسبات وارد شد تا مبنای ارزیابی کاملتر و دقیق‌تری از فعالیت ها را فراهم آورد (Alizade & Keynejad, 2008). نتایج مطالعه (Brentrup et al., 2004b) بر روی مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژنه در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در آلمان نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژنه، هوپرورش[1] که یکی از مهم‌ترین اثرات زیست محیطی در تولید گندم است، افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای دیگر چرخه حیات کلزا (*Brassica napus* L.) در اسپانیا جهت تولید انرژی زیستی توسط (Gasol et al., 2007) با بررسی ۱۰ اثر زیست محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از کودهای شیمیایی در شش اثر زیست محیطی تأثیر بسزایی دارد، به طوری که در این بین سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی در تراکتورها و وسایل حمل و نقل در اثرات زیست محیطی بین ۴۸ تا ۷۷ درصد برآورد گردید. آنها به طور کلی بیان نمودند که استفاده از محصولات کشاورزی جهت تولید انرژی زیستی دارای مزایای زیست محیطی است. در مطالعه‌ای دیگر بر اساس ارزیابی چرخه حیات گندم زمستانه و ذرت (*Zea mays* L.) در شمال چین کاهش منابع فسیلی، تغییرات آب و هوایی، اسیدیته، هوپرورش، ایجاد سمیت برای انسان و بوم‌سازگان[2] آبی و خشکی بررسی شد (Wang & Wu, 2009). نتایج این مطالعه نشان داد که در سامانه تولید گندم زمستانه کاهش منابع فسیلی و اسیدیته و در سامانه تولید ذرت کاهش منابع فسیلی و هوپرورش بیشتر از بقیه اثرات موجب آسیب زیست محیطی می‌شوند. به طور کلی، تولید گندم زمستانه نسبت به ذرت، لطمه بیشتری به محیط زیست وارد می‌کرد. همچنین شاخص نهایی زیست محیطی تولید گندم و ذرت در این منطقه به ترتیب ۰/۰۶۳ و ۰/۰۴۰ بدست آمد.

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) با سهمی بیش از ۳۱ درصد از تولیدات محصولات صنعتی از مهمترین این محصولات در ایران می‌باشد. سطح زیر کشت چغندرقند در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در کشور حدود ۵۴ هزار هکتار برآورد شده، استان خراسان جنوبی با ۱۹۱۹ هکتار و تولید ۴۶۱۰۹ تن جزء استان های مطرح در تولید این محصول بوده و می‌باشد.

با توجه به این که در کشور ما بحث مهم مدیریت زیست محیطی ناشی از تولید محصولات کشاورزی مورد غفلت واقع شده است، در این مطالعه سعی شده که مناسب بودن روش ارزیابی چرخه حیات برای ارزیابی اثرات زیست محیطی محصولات کشاورزی و بهبود مدیریت بخش کشاورزی بررسی شود؛ بنابراین در این مطالعه اثرات زیست محیطی شامل تخلیه منابع آبی، منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته ناشی از تولید چغندر قند، با روش ارزیابی چرخه حیات بررسی شد.

مواد و روش‌ها

بر اساس تعریف استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ ارزیابی چرخه حیات به جنبه‌های زیست محیطی و بالقوه زیست محیطی در سراسر چرخه حیات یک محصول یا یک مرحله از ماده خام فرآوری شده تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی (یعنی از گهواره تا گور) می‌پردازد (شکل۱). بر اساس این استاندارد، ارزیابی چرخه حیات دارای چهار بخش بیان هدف، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه، ارزیابی اثرات زیست محیطی و تفسیرآنها می‌باشد (Iriarte et al., 2010).

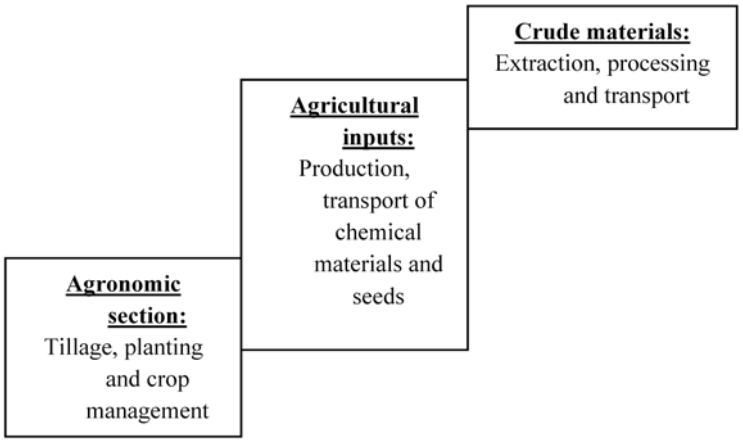
منطقه‌ای که برای مطالعه انتخاب شد، شرکت سهامی زراعی خضری با سطح زیر کشت سالانه ۴۰۰ هکتار، بزرگترین تولیدکننده چغندرقند در استان خراسان جنوبی می‌باشد. این شرکت در کیلومتر ۵۰ جاده قائن-گناباد در استان خراسان جنوبی در بخش نیمبلوک شهرستان قائنات به مرکزیت شهرخضری در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و یک دقیقه و ۱۹ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۳ ثانیه در ارتفاع ۱۵۴۰ متری از سطح دریا و به فاصله ۱۵۰ کیلومتری از مرکز استان خراسان جنوبی قرار دارد.

مراحل مطالعاتی چرخه حیات

۱- هدف: اولین گام در روش ارزیابی چرخه حیات، بیان هدف و مشخص کردن واحد مرجع می‌باشد. واحد مرجع، ورودی‌ها و خروجی‌های تولید محصول را به هم مرتبط کرده و مرجعی برای مقایسه فراهم می‌کند. در این مطالعه هدف، بررسی اثرات زیست محیطی گروه‌های تأثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته در بخش زراعی تولید چغندر قند بوده و واحد مرجع، تولید یک تن چغندرقند از زمین‌های شرکت سهامی زراعی خضری بود.

۲- تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه: در این بخش تمام منابع و مقادیری که در تولید محصول مورد مطالعه نیاز است و همچنین تمامی مقادیر آلاینده‌های انتشار یافته به محیط زیست در اثر استفاده از انواع مختلف نهاده‌ها، بر مبنای واحد مرجع محاسبه می‌شود.

1- Eutrophication
2- Ecosystem



شکل ۱- نقاط ارزیابی در مطالعات ارزیابی چرخه حیات
Fig. 1- Assessment points in study of life cycle assesment

اطلاعات به روش مصاحبه با زارعین و مهندسان شرکت سهامی زراعی خضری، از ۴۰۰ هکتار زمین زیر کشت این محصول، جمع-آوری شد. برای تعیین اثرات تخلیه منابع آبی و فسیلی، میزان مصرف این نهاده‌ها در تولید یک تن چغندرقند به روش زیر محاسبه شد:

۲-۱- ورودی های سامانه

تعیین میزان سوخت مصرفی: از آنجا که در انجام عملیات مکانیزه در منطقه مورد نظر از سه نوع تراکتور والترا، جاندیر و فرگوسن استفاده می‌شود، لذا با توجه به توان هر تراکتور، میزان مصرف سوخت متفاوت می‌باشد. به این ترتیب میزان مصرف سوخت بر حسب لیتر بر ساعت از معادله یک (Koocheki, 1994) محاسبه شد:

معادله (۱) $(l.hr^{-1}) = ۰/۰۶\times۰/۷۳\times۳/۷۸\times P_{PTO}$

در این رابطه، P_{PTO} عبارت است از قدرت متعارفی تراکتور در محور توانده‌ی و ضریب ۳/۷۸ برای تبدیل گالن بر ساعت به لیتر بر ساعت و قدرت متعارفی تراکتور در محور توانده‌ی، ۰/۷۵ توان اسمی موتور در نظرگرفته شد. برای هر سه نوع تراکتور مورد استفاده در تحقیق، ابتدا برای هر تراکتور به صورت جداگانه و با توجه به زمان اجرای عملیات ها، میزان مصرف گازوئیل محاسبه شد و سپس میزان مصرف گازوئیل هر سه تراکتور با هم جمع شد. توان و میزان سوخت مصرفی برای هر تراکتور در جدول یک بیان شده است.

میزان سوخت مصرفی در عملیات مختلف تولید چغندرقند بر اساس نوع عملیات، وسیله متصل به تراکتور، بازده مزرعه‌ای، عرض کار، سرعت پیشروی و سایر جزئیات آن در جدول ضمیمه یک بیان شده است.

آب مصرفی: با توجه به اینکه میزان آبدهی چاه ها به طور متوسط ۳۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد و آبدهی هر هکتار شش ساعت زمان نیاز دارد، میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری بر اساس معادله (۲) برابر است با:

معادله (۲) $۰/۰۳۵\times۶\times۳۶۰۰=۷۵۶\ m^3$

این مقدار نشان می‌دهد که عمق آب آبیاری در هر دور آبیاری حدود ۷/۵ سانتی‌متر است. میزان آب مصرفی در طول فصل رشد (۱۳ دوره آبیاری) ۹۸۲۹ متر مکعب در هکتار مزرعه چغندرقند می‌باشد.

با مصاحبه با کارشناسان و زارعین شرکت و نظرخواهی بر اساس پرسشنامه، میزان متوسط عملکرد چغندر قند در این شرکت ۴۵ تن در هکتار می‌باشد.

جدول ۱- توان و گازوئیل مصرفی انواع تراکتورهای مورد استفاده در تولید چغندرقند
Table 1- Diesel fuel consumption of all types of tractors in production of sugar beet

نوع تراکتور Tractor type	قدرت اسمی (اسب بخار) Power (HP)	گازوئیل مصرفی (لیتر بر ساعت) Diesel fuel consumption ($l.hr^{-1}$)
والترا Valtra	150	18.6
جاندیر John Deere	110	13.6
فرگوسن Ferguson	75	9.3

کود نیتروژنه مصرفی اوره به ازای هر هکتار مزرعه چغندرقند ۲۵۰ کیلوگرم می‌باشد که با در نظر گرفتن ۴۶ درصد نیتروژن، میزان نیتروژن به ازای هر تن محاسبه شد. برای محاسبه انرژی فسیلی از معادل انرژی گازوئیل استفاده شد (Erdal et al., 2007).

۲-۲- خروجی های سامانه

معمولاً برای برآورد میزان انتشار، انواع ترکیبات نیتروژنه از مزرعه در ارزیابی چرخه حیات محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری دقیق این انتشارات با در نظرگرفتن مسائل مالی، زمانی و همین طور اختلاف در نتایج، نه عملی خواهد شد و نه متناسب اهداف ارزیابی چرخه حیات می‌باشد. میزان انتشار بسته به نوع خاک، آب و هوا و سامانه مدیریت مزرعه متفاوت است. بنابراین به جای اندازه-گیری‌ها، روش‌های سازمان یافته برای تخمین میزان متوسط انتشار به کار می‌رود که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Brentrup et al., 2000).

میزان انتشار انواع ترکیبات نیتروژنه از اوره

تصعید آمونیاک: میزان تصعید آمونیاک در کودهای معدنی بسته به شرایط آب و هوایی و خصوصیات خاک می‌تواند متفاوت باشد، در میان کودهای معدنی نیز اوره بیشترین تصاعد آمونیاک را دارد. فاکتور انتشار آمونیاک از اوره در این مطالعه به علت عدم وجود بررسی‌های لازم، برابر متوسط اروپا و آمریکا در نظر گرفته شده، بر این اساس حدود ۱۷ درصد از کل نیتروژن مصرفی در قالب کود معدنی اوره به صورت NH_3-N تصعید می‌شود (Brentrup et al., 2000; Diaz Goebes et al., 2003).

انتشار N_2O: انتشار N_2O به اتمسفر تحت تأثیر دو پدیده میکروبی نیترات‌زدایی و نیترات‌سازی ایجاد می‌شود. البته این موضوع نیز تحت تأثیر شرایط مختلف خاک، آب و هوا و مدیریت زراعی می-باشد. در این مطالعه از فاکتوری که مجمع بین المللی تغییرات آب و هوایی[1] (IPCC) در سال ۲۰۰۶، یک درصد از کل نیتروژن کود نیتروژنه مصرف شده در هکتار به صورت N_2O-N انتشار می‌یابد (Snyder et al., 2009).

انتشار NO_X: با توجه به نتایج برخی تحقیقات میزان انتشار NO_X به اتمسفر برابر ۱۰ درصد میزان N_2O در نظر گرفته شد (Gasol et al., 2007).

انتشار آلاینده‌ها 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 (Tzilivakis et al., 2005) به شرح زیر است:

۲/۷۳ کیلوگرم دی اکسیدکربن، $۱۸/۱\times۱۰^{-۶}$ کیلوگرم اکسید نیتروژن و ۱۷۳×۱۰^{-۶} کیلوگرم متان.

۳- ارزیابی اثرات: هدف از ارزیابی اثرات، تفسیر بیشتر ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید چغندرقند می‌باشد که دارای سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی می‌باشد (Brentrup et al., 2004a).

۳-۱- طبقه‌بندی: این مرحله در ارزیابی چرخه حیات الزامی می‌باشد، در این مرحله هر کدام از مقادیر بدست آمده از بخش دو، یعنی مصرف منابع فسیلی، میزان انتشار آلاینده‌ها به محیط و میزان مصرف آب، به اثرات زیست محیطی آن مرتبط می‌شود. در این مطالعه با توجه به بررسی گروه‌های تأثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته، ارتباط بین میزان مصرف سوخت و آب و همین طور انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر برای تولید یک تن چغندرقند با اثر مربوطه در جدول دو نشان داده شده است. در این مرحله کارایی یا فاکتور طبقه‌بندی[2] هر ترکیب در ایجاد اثر مربوطه نیز، در این جدول آورده شده است، با ضرب کردن میزان هر آلاینده یا منبع در کارایی آن و جمع کردن آنها، در نهایت برای هر گروه تأثیر، یک شاخص طبقه‌بندی بدست می‌آید.

۳-۲- نرمال‌سازی: این مرحله در ارزیابی چرخه حیات اختیاری می‌باشد، از آنجا که پس از انجام مرحله طبقه‌بندی نمی‌توان به اهمیت مقادیر بدست آمده پی برد، لذا در این مرحله سهم اثرات زیست محیطی سامانه مورد مطالعه چغندرقند در کل اثرات زیست محیطی یک منطقه تعیین می‌شود، به عبارت دیگر، در مرحله نرمال-سازی نتایج مرحله قبل در گستره یک منطقه تقسیم می‌شود. نتایج بدست آمده در مرحله قبل، یعنی شاخص طبقه‌بندی هر اثر بر یک فاکتور نرمال‌سازی[3] تقسیم می‌شود، تا هم به اهمیت داده‌های مرحله قبل پی برده و هم داده‌ها بدون واحد شده و برای مرحله وزن‌دهی آماده گردند. در این مطالعه سرانه جهانی اثرات زیست محیطی در سال ۱۹۹۵برای نرمال سازی اثرات گرمایش جهانی، اسیدیته و تخلیه منابع فسیلی و همین طور برای اثر تخلیه منابع آبی سرانه جهانی در سال ۲۰۰۰ در نظر گرفته شده و استفاده شده است.

۳-۳- وزن‌دهی: این مرحله نیز در ارزیابی چرخه حیات اختیاری می‌باشد، در این بخش به هر اثر زیست محیطی بر اساس کارایی که برای آسیب زدن به محیط زیست دارند یک وزن داده می‌شود و هر گروه تأثیر که دارای کارایی آسیب بیشتری باشد مقدار بیشتری به آن اختصاص می‌یابد.

1- Entergovernmental Panel on Climate Change

2- Characterization Factor

3- Normalization Factor

جدول ۲- طبقه‌بندی اثرات

Table 2- Characterization of impacts

منبع Reference	کارایی هر ترکیب Potential of compounds	ترکیبات Compounds	گروه تأثیر (واحد) Impact category (unit)
(Snyder et al., 2009)	CO_2=1, CH_4=21, N_2O=310	CH_4 و CO_2 ,N_2O	گرمایش جهانی ($kg\ CO_2\ eq$) Global warming ($kg\ CO_2\ eq$)
(Brentrup et al., 2004a)	SO_2=1.2, NO_X=0.5, NH_3=1.6	NH_3 و SO_2 , NO_X	اسیدیته ($kg\ SO_2\ eq$) Acidification ($kg\ SO_2\ eq$)
(Buratti et al., 2009)	42.86	مصرف گازوئیل Diesel fuel consumption	تخلیه منابع فسیلی (MJ) Depletion of fossil resources (MJ)
(Buratti et al., 2009)	1	مصرف آب Water consumption	تخلیه منابع آبی (m^3) Depletion of water resources (m^3)

جدول ۳ – فاکتورهای وزن‌دهی و نرمال سازی

Table 3- Normalization and weighting factor

منبع Reference	فاکتور وزن‌دهی Weighting factor	فاکتور نرمال سازی (واحد) Normalization factor (unit)	گروه تأثیر Impact category
(Wang & Wu, 2009)	0.12	7192.98 ($kg\ CO_2\ eq$)	گرمایش جهانی Global warming
(Wang & Wu, 2009)	0.14	56.14 ($kg\ SO_2\ eq$)	اسیدیته Acidification
(Wang & Wu, 2009)	0.15	56877.88 (MJ)	تخلیه منابع فسیلی Depletion of fossil resources
(Wang et al., 2010)	0.21	626.36 (m^3)	تخلیه منابع آبی Depletion of water resources

شاخص نرمال شده حاصل از مرحله قبل برای هر گروه تأثیر در فاکتور وزن‌دهی[1] آن گروه ضرب می‌شود تا شاخص نهایی[2] برای هر اثر زیست محیطی بدست آید. در جدول سه فاکتورهای نرمال‌سازی و وزن‌دهی بیان شده‌اند.

معادله کاربردی سه مرحله ارزیابی طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی به صورت معادله (۳) می‌باشد (Brentrup et al., 2004a).

معادله (۳)
$$FI = \sum_i \left(\frac{\sum_j (E_j \text{ or } R_j) \times CF_{i,j}}{NF_i} WF_i \right)$$

E_j or R_j: انتشار ترکیب، j یا مصرف منبع j بر هر واحد مرجع، $CF_{i,j}$ فاکتور طبقه‌بندی برای ترکیب j یا منبع j سهیم در گروه تأثیر i، NF_i فاکتور نرمالیزه برای گروه تأثیر i و WF_i فاکتور وزن‌دهی برای گروه تأثیرi می‌باشد، در نتیجه FI نیز شاخص نهایی برای گروه تأثیر i می‌شود.

نتایج و بحث

میزان مصرف سوخت، آب و نیتروژن برای تولید یک تن چغندرقند در منطقه مورد مطالعه در جدول چهار و همین طور خروجی‌های این سامانه به ازای واحد مرجع یک تن چغندرقند در جدول پنج آمده است. نتایج ارزیابی اثرات طی سه مرحله در جدول شش بیان شده است. شاخص نهایی زیست محیطی در تولید یک تن چغندرقند برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ بدست آمد. این شاخص نشان می‌دهد که در تولید یک تن چغندرقند تخلیه منابع آبی نسبت به سایر اثرات، دارای کارایی آسیب زیست محیطی بیشتری می‌باشد. بدین ترتیب در مقایسه دو گروه تأثیر تخلیه منابع، تخلیه منابع آبی نیز بیشتر از منابع فسیلی و در مقایسه دو گروه تأثیر دیگر،

1-Weighting Factor
2-Final Index

اسیدیته بیشتر از گرمایش جهانی دارای کارایی آسیب می‌باشد.

جدول٤- ورودی‌های تولید یک تن چغندرقند

Table 4- Production inputs of one ton sugar beet

منابع Resources	میزان مصرف (واحد بر تن) Consumption rate ($Unit.t^{-1}$)	معادل انرژی (مگاژول بر واحد) Energy equivalent ($MJ.unit^{-1}$)	انرژی (مگاژول) Energy (MJ)
آب Water	218.42 (m^3)	----	----
گازوئیل Diesel	3.95 (lit)	56.31	222.6
نیتروژن Nitrogen	2.5 (kg)	----	----

جدول ٥ – خروجی‌های تولید یک تن چغندرقند

Table 5- Production outputs of one ton sugar beet

منبع انتشار Emission sources	میزان انتشار (کیلوگرم به ازای هر تن چغندرقند) Emission contents ($kg.t^{-1}$)	ترکیبات انتشار یافته Emission compounds
اوره Urea	0.51	NH_3
اوره و گازوئیل Urea & Diesel	39.07×10^{-3}	N_2O
اوره Urea	39.07×10^{-4}	NO_X
گازوئیل Diesel	10.78	CO_2
گازوئیل Diesel	683.35×10^{-6}	CH_4
منبع خاصی در نظر گرفته نشده است. No sources	----	SO_2

جدول ٦ – نتایج ارزیابی اثرات

Table 6- Results of impact assessment

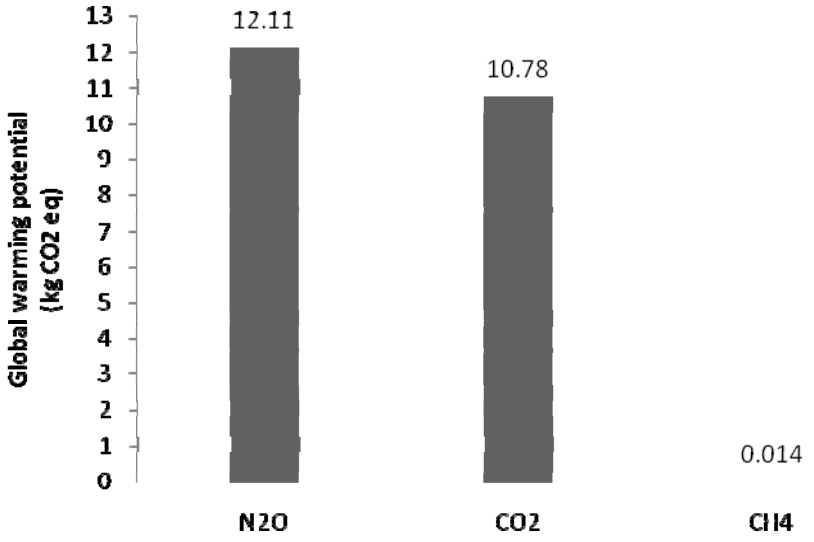
گروه تأثیر Impact category	شاخص طبقه‌بندی Characterization index	شاخص‌نرمال سازی Normalization index	شاخص نهایی Final index
گرمایش جهانی Global warming	22.9	0.0031	0.0003
اسیدیته Acidification	0.81	2.87	0.002
تخلیه منابع فسیلی Depletion of fossil resources	9540.6	0.167	0.025
تخلیه منابع آبی Depletion of water resources	218.42	0.348	0.073

در مطالعه‌ای که در چین روی محصول برنج انجام شد (Wang et al., 2010) مصرف آب برای هر تن برنج برابر ۳۷۹ متر مکعب بوده و شاخص نهایی ۰/۱۴ برای تخلیه منابع آبی بدست آمد و همین طور برای تخلیه منابع فسیلی، میزان مصرف سوخت فسیلی ۱۰۶ مگاژول بر هر تن برنج بوده و شاخص نهایی زیست محیطی آن ۰/۰۰۸ بدست آمد، در حالی که در تحقیق حاضر میزان مصرف آب حدود ۲۱۸ متر مکعب برای هر تن چغندرقند بوده و شاخص نهایی برابر ۰/۰۷ بدست آمد.

در مورد تخلیه منابع آبی با توجه به اینکه میزان مصرف آب در تولید برنج بیشتر بوده پس دارای شاخص نهایی بزرگتری می‌باشد. در مورد تخلیه منابع فسیلی، در تولید محصول چغندرقند نسبت به تولید برنج استفاده بیشتری از نیروی مکانیزه می‌شود. در تحقیق دیگری که در شمال چین انجام شده (Wang & Wu, 2009) شاخص نهایی تخلیه منابع فسیلی ۰/۰۲ برای یک تن گندم و برای یک تن ذرت ۰/۰۰۹ بدست آمد که این نشان‌دهنده این مطلب است که با وجود اینکه این مطالعه شامل کلیه سامانه تولید بوده و نه فقط بخش زراعی گندم و ذرت، باز هم شاخص تخلیه منابع فسیلی یک تن چغندر قند بیشتر از شاخص وانگ و همکاران (Vang et al., 2004) می‌باشد. بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در ایران نیروی مکانیزه بیشتر یا مصرف انرژی فسیلی بالاتری نسبت به کشور چین وجود دارد. در این مطالعه همچنین تخلیه منابع فسیلی و اسیدیته بیشتر از سایر گروه‌های تأثیر کارایی آسیب به محیط زیست داشتند. نتایج مطالعه دیگر در آلمان (Brentrup et al., 2004b) نشان داد که برای تولید یک تن گندم، اسیدیته و گرمایش جهانی از اثرات عمده محیطی بودند. شکل دو و سه سهم ترکیبات انتشار یافته به محیط زیست در تولید یک تن چغندرقند را در دو گروه تأثیر گرمایش جهانی و اسیدیته نشان داده است.

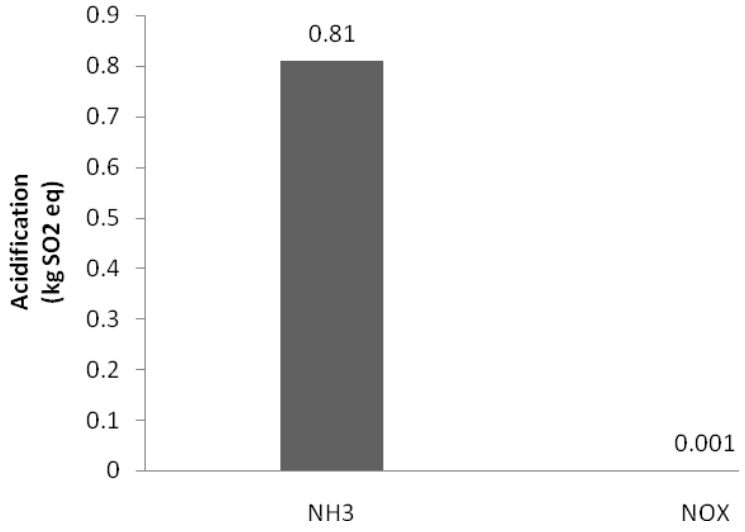
نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که آمونیاک و اکسیدهای نیتروژن ترکیباتی هستند که از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه حاصل می‌شوند و در دو گروه تأثیر گرمایش جهانی و اسیدیته تأثیر عمده‌ای دارند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک‌ها در منطقه مورد بررسی بهتر است که در مورد مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه تدابیر مدیریتی مناسب اتخاذ کرد، به طور مثال، می‌توان بخشی از کودهای شیمیایی را با انواع کودهای آلی جایگزین کرد.

طبق آخرین سالنامه آماری آبی کشور حجم بارندگی در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ نسبت به سال قبل ۵۰ درصد و نسبت به میانگین بلند مدت ۴۵ درصدکاهش نشان می‌دهد و حجم آب سطحی نیز ۵۰ درصد کاهش نسبت به سال قبل و ۵۶ درصد کاهش نسبت به میانگین بلند مدت داشته است. حجم مخازن آب کشور نیز ۹۱۴۸/۹ میلیون متر مکعب کاهش نشان می‌دهد. این روند تغییرات منابع آبی بسیار نگران کننده می‌باشد.



شکل ۲- سهم گازهای گلخانه ای در گروه تأثیر گرمایش جهانی

Fig. 3- Greenhouse gases share in global warming impact category



شکل۳- سهم ترکیبات نیتروژنه در گروه تأثیر اسیدیته

Fig. 4- Nitrogen Compounds share in acidification impact category

در طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس شاخص آسیب‌پذیری منابع آبی استان خراسان جنوبی از کمبود آبی فراتر رفته و دچار بحران آبی می-باشد (SYIW, 2007-2008). روش آبیاری چغندرقند در منطقه مورد مطالعه به صورت جوی و پشته‌ای می‌باشد که این روش باعث مصرف آب زیادی می‌شود. لذا می‌توان با استفاده از روش‌های نوین آبیاری، از قبیل طراحی صحیح آبیاری سطحی و یا روش آبیاری بارانی منجر به بهبود راندمان آبی بالاتر شد و نتیجه این امر حفظ منابع آبی می‌باشد. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که آبیاری بارانی باعث کاهش۳۱ درصد مصرف آب نسبت به روش معمولی آبیاری جوی و پشته‌ای می‌شود (Haghayeghi, 2001). از آنجا که بخش قابل توجهی از سوخت مصرفی مربوط به عملیات آماده‌سازی زمین می‌باشد، بکارگیری شیوه‌های خاک‌ورزی حفاظتی از قبیل کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرکب نیز می‌تواند موجب کاهش تردد تراکتور در مزرعه و در نتیجه کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی شود.

روش ارزیابی چرخه حیات با وجود گسترده بودن بخش کشاورزی، یک روش مورد قبول برای مطالعه اثرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. البته از آنجا که استفاده از این روش در مراحل ابتدایی خود در ایران می‌باشد، لذا نیاز به مطالعات بیشتر ضرورت دارد.

سپاسگزاری

از مسئولین، مهندسین و زارعین شرکت سهامی زراعی خضری که در این مطالعه ما را یاری کردند کمال تشکر را داریم.

منابع:

1- Akbari, A., Meshkinfam, M., and Shaygan, G. 2007. Application of life cycle assessment in environmental management of building auto parts industries. First Conference of Environmental Engineering. Tehran, Iran. (In Persian)
2- Alizade, A., and Keynejad, M. 2008. Life cycle of processes and its application in environmental impact assessment of petrochemical industry. Fourth National Congress of Civil Engineering. Tehran, Iran. (In Persian)
3- 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 of Agronomy Journal 20: 247–264.
4- Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European of Agronomy Journal 20: 265–279.

5- Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2000. Methods to stimate on- field nitrojen emission from crop prodaction as an input to LCA studies in the agricultural sector. Int. Journal of Life Cycle Assessment 6: 349-357.
6- Buratti, C., Barbanera, M., and Fantozzi, F. 2009 Environmental impact assessment of fiber sorghom (SUDAN-GRASS) production systems for biomass energy production in a central region of Italy. Biomass Research Centre, University of Perugia.
7- Diaz Goebes, M., Strader, R. and Davidson, C. 2003. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States. Atmospheric Environment 37: 2539–2550.
8- 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.
9- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of Sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.
10- Haghayeghi, A. 2001. Efficiency of water use and Sugar beet yield in Surface and sprinkler irrigation methods. Eleventh National Committee of Irrigation and Drainage. (In Persian)
11- Hoveidi, H., Mahdlooei, S., and Olia, E. 2010. Acid rain and its impact on environmental pollution. Fourth Specialized Conference of Environment. Tehran, Iran. (In Persian)
12- 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: 336–345.
13- Koocheki, A. 1994. Agricultural and energy. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian)
14- Lagreid, M., Bockman, O.C., and Kaarstad, O. 2007. Agriculture, Fertilizer and the Environmental. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian)
15- Reddy, K.R., and Hodges, H.F. 2007. Climate Change and Global Crop Productivity. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. (In Persian)
16- 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 and Environment 133: 247–266.
17- SYIW (Statistical Yearbook of Iran Water). 2007-2008. The Ministry of Energy database. Available at web site http://isn.moe.org.ir/.
18- 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: 101–119.
19- Wang, M., and Wu, W. 2009. Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 14(4): 400 – 407.
20- 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.