علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره شش، شهریور ماه ۹۹

بررسی اثرات زیست‌محیطی چهار رقم ذرت بر مبنای میزان مصرف کود نیتروژن با استفاده از ارزیابی چرخه حیات (LCA)

سیدمصطفی صادقی[۱]*

sadeghisafa777@yahoo.com

سیدعلی نورحسینی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۷ **تاریخ پذیرش:** ۹۵/۱۲/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: مصرف کودهای شیمیایی اثرات منفی زیادی بر محیط زیست تحمیل می‌کنند. لذا به منظور ارزیابی بررسی اثرات زیست-محیطی چهار رقم ذرت بر مبنای مصرف کود نیتروژن تحقیقی با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات در منطقه لاهیجان انجام گرفت.

روش بررسی: بدین‌منظور، آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سطوح مختلف کود نیتروژن (۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به عنوان عامل اصلی و چهار رقم ذرت (KSC 647، KSC 700، KSC 704 و Local) به عنوان عامل فرعی بودند. در این مطالعه، شش گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم بررسی شدند. اثرات در قالب واحد عملکردی تولید یک تن ذرت مطالعه شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین شاخص زیست‌محیطی (۱/۵۳) و شاخص تخلیه منابع (۱/۱۱) در تولید یک تن ذرت رقم محلی با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار شاخص زیست‌محیطی (۰/۳۹) و شاخص تخلیه منابع (۰/۴۵) نیز در تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در تولید یک تن رقم KSC 647 مشاهده شد.

بحث و نتیجه گیری: در این مطالعه هرچند بین تیمارهای مختلف نیتروژن تفاوتی از لحاظ عملکرد ذرت وجود نداشت، اما انتخاب رقم برتر (KSC 647) از لحاظ عملکرد با کاهش مصرف نیتروژن باعث کاهش آسیب به محیط زیست شد.

واژه‌های کلیدی: اوتریفیکاسیون، تخلیه منابع، کود اوره، گرمایش جهانی، سوخت دیزل

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران *(مسؤول مکاتبات).

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.6, August, 2020

Investigating the Environmental Impacts for Four Varieties of Corn Based on Nitrogen Fertilizer Consumption through Life Cycle Assessment (LCA)

Seyyed Mustafa Sadeghi[1]*
sadeghisafa777@yahoo.com
Seyyed Ali Noorhosseini[2]

Accepted: 2017.02.15 Received:2017.01.06

Abstract

Background and Objective: The use of chemical fertilizers has many negative effects on the environment. Therefore, in order to evaluate the environmental effects of four maize cultivars based on the use of nitrogen fertilizer, research was conducted using the life cycle assessment method in Lahijan region.

Method: For this purpose, a field experiment was performed as a split plot in a randomized complete block design with three replications. Treatments were consisted different nitrogen levels (300, 400 and 500 kg/ha urea) as the main plot and four varieties of corn (KSC 647, KSC 700, KSC 704 and Local) as the subplots. In this study six groups were investigated; the global warming, acidification, terrestrial eutrophication, the depletion of fossil resources, the depletion of potassium and the depletion of phosphate. Production of one ton of corn was considered as a functional unit to evaluate the environmental impacts.

Findings: The results showed that maximum environmental index (1.53) and resources depletion index (1.11) was in production of one-ton local variety of corn with treatment 500 kg/ha urea. The minimum environmental index (0.39) and resources depletion index (0.45) was in production of one ton KSC 647 variety of corn with treatment 300 kg/ha urea.

Discussion and Conclusion: Although there was not a difference between the different treatments of nitrogen in terms of corn yield, but the selection of superior varieties in terms of yield, by reducing nitrogen consumption, reduced damage to the environment.

Keywords: Eutrophication**,** Depletion of Resources, Urea Fertilizer**,** Global Warming**,** Diesel Fuel

۱ - Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

۲- Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran *(Corresponding Author)

مقدمه

در قرن بیست و یکم، تولیدات کشاورزی به سمت محصولات کشاورزی با ارزش غذایی بالا به همراه کم‌ترین آسیب به چرخه حیات سوق داده شده است (۱). در این بین استفاده از به نژادی در تولید ژنوتیپ‌هایی که حداکثر محصول‌دهی و کم‌ترین آسیب را به محیط زیست وارد می‌کنند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. نقش به نژادگران با تولید ارقامی که مقاوم به آفات و بیماری‌ها هستند (حذف سموم نباتی) و با خصوصیات مرفولوژیکی مناسب که قابلیت داشت و برداشت سریع توسط ادوات کشاورزی (مصرف سوخت کم‌تر) را فراهم نماید به همراه قابلیت محصول‌دهی بالا در مصرف بهینه کودهای شیمیایی و متحمل به تنش‌های محیطی بسیار مهم است (۲). تعدادی از محققین بر این عقیده هستند ارقام پیشرفته‌ای که در شرایط مصرف بالای انواع کودهای شیمیایی، مصرف سموم و آبیاری بهترین رشد و عملکرد دارند، قادر نیستند در سیستم‌های محدود ورودی و تنش-های محیطی عملکرد مناسبی داشته باشند (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) در حالی‌که تعدادی دیگر از محققین بر این عقیده‌اند که ارقام با پتانسیل محصول‌دهی بالا در شرایط غنی، توانایی غلبه بر تنش-های محیطی را نیز دارند که می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌ها، با حداقل مشکلات زیست‌محیطی موثر واقع گردد (۷ و ۸). یکی از روش‌های به نژادی معرفی ارقام است که می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با کم‌ترین اثرات زیست‌محیطی باشد (۹ و۱۰). مصرف گسترده کودهای شیمیایی بالاخص کودهای ازته در مزارع یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در جهان به شمار می‌آید و سهم عمده‌ای از آمونیاک محیط پیرامون را به خود اختصاص داده است (۱۱). بخش کشاورزی به عنوان یکی از بخش‌های مهم مصرف کننده انرژی در ایران حدود ۴۰ درصد انتشار کل N_2O را به خود اختصاص داده است، در حالی که سهم بخش کشاورزی در انتشار دو گاز دیگر CO_2 و CH_4 حدود دو درصد است (۱۲).

یکی از روش‌هایی که می توان از طریق آن به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول پرداخت روش LCA (ارزیابی چرخه حیاتی) است که به بررسی کل چرخه حیات یک فرآیند تولید محصول زراعی از مرحله استخراج و یا جمع آوری مواد خام، تا مرحله مصرف و سپس بازیافت و یا امحا ضایعات حاصل از آن می‌پردازد. در این روش با بررسی دقیق کلیه منابع مصرف شده برای تولید محصول و کلیه مواد منتشره به محیط زیست کمی و ارزیابی می‌شود (۱۳). LCA روشی است که برای ارزیابی ظرفیت اثرات زیست‌محیطی در امر تولید محصول یا فرآیند خاص به وسیله دو مولفه مصرف منابع و انتشار آلاینده ها به محیط زیست تعریف می‌شود (۱۴). افزایش تولیدات کشاورزی منوط به استفاده گسترده از نهاده‌های کشاورزی هم‌چون کودهای شیمیایی، سموم، ماشین آلات کشاورزی می‌باشد که منجر به مشکلات زیست‌محیطی مثل یوتریفیکاسیون شده است (۱۵ و ۱۶).

آلاینده‌های زیادی محصول کشاورزی مدرن می‌باشند که محیط زیست را آلوده می‌کنند (۱۷ و ۱۸). در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی بر روی ارزیابی زیست‌محیطی تولید محصولات زراعی صورت گرفته است (۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲). در منطقه گرگان در بررسی صورت گرفته بر اساس ارزیابی چرخه حیات برای تعیین اثرات زیست محیطی تولید گندم، نتایج نشان داد تولید محصول در آن منطقه دارای اثرات زیست‌محیطی قابل توجهی از نظر تخلیه انرژی غیر تجدید شونده، اوتریفیکاسیون، اکسیداسیون فتوشیمیایی و اسیدیته است (۱۱). در تحقیق دیگری بر روی گندم در مرودشت از بین اثرات زیست‌محیطی مورد بررسی اوتریفیکاسیون خشکی بیش‌ترین پتانسیل آسیب به محیط زیست را داشته است (۲۳). در بررسی که بر روی بیلان انرژی در زراعت جو انجام شده، کارایی انرژی این محصول را پایین گزارش کردند که دلیل آن را مصرف بالای کودهای شیمیایی و ماشین آلات عنوان کرد (۲۴). خان و همکاران (۲۵) مصرف کودهای شیمیایی در نظام های تولید برنج و گندم را ۴۳ و ۴۷ درصد از کل انرژی ورودی برآورد کردند. اگرچه دامنه کاربرد روش LCA در زمینه فعالیت‌های کشاورزی در سال‌های اخیر افزایش به جهت اهمیت مشکلات زیست‌محیطی افزایش یافته است ولی هنوز با توجه به سطح زیرکشت غلات، بالاخص ذرت، تاکنون نتایج منتشر شده زیادی در این خصوص در کشور وجود ندارد. از طرف دیگر نقش

ژنوتیپ‌های مختلف (اصلاح شده و بومی) در رهیافت LCA مورد ارزیابی قرار نگرفته است. هدف از این تحقیق، محاسبه و مقایسه LCA برای ژنوتیپ‌های متفاوت و براساس میزان مصرف نیتروژن و تعیین مقدار بهینه مصرف کود ازته با کم‌ترین اثرات زیست-محیطی برای کشت ذرت در منطقه گیلان است.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه و اجرای طرح آزمایشی

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان واقع در روستای کته شال (در محدوده‌ی عرض جغرافیایی ´۱۲ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ´۰۱ °۵۰ شرقی با ارتفاع متوسط ۳۴/۲ متر از سطح دریا) اجرا شد. این پژوهش با استفاده از یک آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سطوح مختلف کود نیتروژن (۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به عنوان عامل اصلی و چهار رقم ذرت (KSC 647، KSC 700، KSC 704 و Local) به عنوان عامل فرعی بودند. میزان بهینه مصرف کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص)، سوپرفسفات تریپل (حاوی ۴۶ درصد P_2O_5) و سولفات پتاسیم (حاوی ۵۰ درصد K_2O) با توجه به توصیه کودی مرکز نهال بذر کرج و آزمایش خاک به ترتیب ۴۰۰، ۳۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. در این مطالعه برای مقایسه اثرات زیست-محیطی برمبنای کود نیتروژن به ازای میزان عملکرد ذرت، از سطح پایین‌تر (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سطح بالاتری (۵۰۰ کیلوگرم) از کود نیتروژن در مقابل مقدار توصیه شده‌ی آن به عنوان تیمار استفاده شد. تمام کود فسفاته و پتاسه و یک دوم از کود اوره به صورت پایه و پیش از کاشت و یک دوم دیگر کود اوره در مرحله ۵ تا ۷ برگی به خاک اضافه شد. ارقام مورد استفاده در این طرح شامل سه رقم هیبرید (KSC 647، KSC 700، KSC 704) تهیه شده از بخش ذرت شهرک بذر و نهال کرج و یک رقم بومی شده شهرستان آستانه اشرفیه (Local) بودند.

اجرای طرح در اردیبهشت ماه در زمینی به مساحت ۵۴۰ متر مربع آغاز گردید. جهت تهیه بستر کاشت، پس از شخم نسبتاً عمیق، از دیسک و کولتیواتور دوار استفاده شد. به دلیل آبیاری سنگین و همچنین برای جلوگیری از مخلوط شدن و برهم خوردن میزان کود مورد استفاده در کرت‌های فرعی از طرح کرت‌های خرد شده، در حالتی که میزان کود نیتروژن در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی پیاده می‌گردید، اجرا شد. ابتدا مزرعه به سه بلوک تقسیم و هر بلوک به سه کرت اصلی (برای سطوح مختلف کود نیتروژن) تقسیم شد. سپس هر یک از کرت‌های اصلی به چهار کرت فرعی تقسیم گردید که چهار رقم ذرت به صورت تصادفی به کرت‌های فرعی اختصاص داده شد. مزرعه آزمایشی دارای ۳۶ کرت فرعی به ابعاد ۳×۲/۷۵ متر بود. هر کرت فرعی شامل چهار خط به طول سه متر و فاصله خطوط (ردیف کشت) از یکدیگر ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر تعیین گردید. مابین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر فاصله قرار داده شد. تعداد ردیف‌های کشت در هر کرت فرعی، در هر کرت اصلی و در هر بلوک به ترتیب ۴، ۱۶ و ۴۸ ردیف (در مجموع ۱۴۴ ردیف در کل مزرعه) بود. در طول داشت عملیات خاک‌دهی در پای بوته‌ها در مرحله دوبرگی انجام شد. وجین و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و مکانیکی در مرحله ۵ تا ۷ برگی انجام شد. عملیات برداشت در تاریخ ۲۶ مرداد سال ۱۳۹۴ انجام شد. در انتها نمونه‌برداری با حذف اثرات حاشیه‌ای صورت گرفت. برای تعیین صفات وزنی عملکرد و اجزای عملکرد، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت داخل آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس وزن خشک‌های مدنظر با استفاده از ترازوی دارای دقت یک صدم گرم تعیین گردید. صفات شمارشی و طولی مورد مطالعه نیز از نمونه‌برداری و میانگین گرفتن از پنج بوته در هر کرت محاسبه گردید.

روش ارزیابی چرخه حیات

این روش برپایه استاندارد ISO 14040 اجرا می‌شود و به طور کلی به چهار بخش بیان هدف و تعیین واحد عملکردی (Functional unit)، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و تفسیر

آن‌ها تقسیم‌بندی می‌شود (۲۰ و ۲۶). در ذیل این چهار بخش به تفکیک آورده شده است:

بیان هدف و واحد عملکردی

در روش ارزیابی چرخه حیات ابتدا هدف و واحد عملکردی مشخص شود. نقش واحد عملکردی این است که ورودی‌ها و خروجی‌ها را به هم مرتبط کرده و شرایط را برای مقایسه فراهم می‌نماید (۲۷ و ۲۸). هدف از این پژوهش بررسی اثرات زیست محیطی تولید ارقام مختلف ذرت برمبنای سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن در قالب گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات، تخلیه منابع پتاسیم در بخش زراعی و خشک کردن ذرت است. واحد عملکردی در این مطالعه تولید یک تن ذرت است.

ممیزی چرخه حیات

در این بخش تمام منابع و مقادیری که در تولید محصول مورد مطالعه نیاز است و همچنین تمامی مقادیر آلاینده‌های انتشاریافته به محیط‌زیست در اثر استفاده از این نهاده‌ها، بر مبنای واحدهای مرجع محاسبه می‌شوند:

ورودی‌های سامانه

به طور کلی در تولید محصولات در ایران، چهار نهاده سوخت دیزل، کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفات و پتاسیم به عنوان ورودی‌های با پتانسیل آلایندگی زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند (۲۳، ۲۹ و ۳۰). در مجموع ۲۳۰ لیتر گازوئیل در واحد سطح هکتار برآورد شد. شایان ذکر است که برای تعیین دقیق میزان مصرف سوخت گازوئیل برای تولید ارقام مختلف ذرت و همچنین خشک کردن آن، از روش باک پر استفاده شد. به این صورت که در باک سوخت تمام ماشین‌آلات مورد استفاده به طور کامل پر شد و میزان کاهش آن در هر مرحله یادداشت گردید. مقادیر مصرف کودهای شیمیایی در واحدهای عملکردی نیز بر مبنای طرح آزمایشی اجرا شده برآورد شد. در نهایت میزان مصرف چهار نهاده سوخت دیزل، کود نیتروژن، کود فسفر و کود پتاسیم به ازای تولید یک تن ذرت برآورد شد.

انتشار آلاینده‌ها

مطابق روش ارزیابی چرخه حیات، آلاینده‌های منتشر شده در جریان تولید ذرت در قالب آلاینده‌های انتشار یافته خارج از مزرعه و آلاینده‌های منتشر شده در داخل مزرعه مورد بررسی قرار گرفت (۳۱).

انتشار آلاینده‌ها قبل از ورود نهاده‌ها به مزرعه

انتشار آلاینده‌ها قبل از ورود نهاده‌ها به مزرعه شامل آلاینده‌ای منتشر شده در استخراج، پالایش و حمل و نقل نهاده‌های مصرفی از دیتابیس SPINE@CPM اخذ گردید (۳۲).

انتشار آلاینده‌ها در مزرعه

انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف گازوئیل در مزرعه

میزان انتشار مهم‌ترین گازهای گل‌خانه‌ای شامل N_2O، CO_2 و CH_4 از سوختن هر لیتر گازوئیل طبق مطالعات صورت گرفته (۳۳) برابر ۲/۷۳ کیلوگرم دی اکسید کربن، $۱۸/۱\times۱۰^{-۶}$ کیلوگرم اکسید نیتروژن و ۱۷۳×۱۰^{-۶} کیلوگرم متان است و میزان انتشار آلاینده‌های NO_X و SO_2 به ازای سوختن هر لیتر گازوئیل به ترتیب برابر $۲۲/۲\times۱۰^{-۳}$ و ۴×۱۰^{-۳} کیلوگرم است (۳۴).

میزان انتشار مستقیم انواع ترکیبات نیتروژنه از اوره

یکی از آلاینده‌های اصلی انتشار یافته از مصرف کود نیتروژن، آمونیاک است. نزدیک به ۹۰ درصد میزان جهانی تصعید آمونیاک مربوط به بخش کشاورزی است (۳۱). فاکتور انتشار آمونیاک از اوره در این مطالعه به علت عدم وجود بررسی‌های لازم، برابر متوسط اروپا و آمریکا در نظر گرفته شد. بر این اساس حدود ۱۷ درصد از کل نیتروژن خالص مصرفی در قالب کود معدنی اوره به صورت NH_3-N تصعید می‌شود (۳۱ و ۳۵). انتشار N_2O از میزان نیتروژن خاک تبعیت می‌کند و همین‌طور به تعامل بین رطوبت خاک و در دسترس بودن نیتروژن خاک بستگی دارد (۳۶). براساس گزارش مجع بین-المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC) در سال ۲۰۰۶، یک درصد از کل نیتروژن کود نیتروژن مصرف شده در هکتار به صورت N_2O-N انتشار می‌یابد (۳۶). نتایج تحقیقات نشان می-

دهد میزان انتشار NO_X به اتمسفر برابر ۱۰ درصد میزان N_2O است (۳۷).

ارزیابی اثرات

هدف از ارزیابی اثرات، تفسیر ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید ذرت است که دارای سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی است (۱۵).

طبقه‌بندی

در این مرحله هرکدام از مقادیر انتشار یافته به محیط زیست و همین‌طور منابع استفاده شده در چرخه حیات محصول، به اثر زیست‌محیطی مربوطه نسبت داده شده، به این صورت که هر اثر زیست‌محیطی به شکل یک گروه تأثیر فرض کرده و ترکیبات مؤثر در آن قرار داده‌می‌شوند. در این مطالعه شش گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم بررسی شد. در این مرحله پس از طبقه‌بندی اثرات باید شاخص هرگروه تأثیر محاسبه شود. شاخص هر گروه تأثیر i، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$ICI_i = \sum_i [(E_j \text{ or } R_j) \times CF_{j,i}] \quad (۱)$$

E_j یا R_j: انتشار ترکیب j یا مصرف منبع j بر هر واحد کارکردی، $CF_{j,i}$ فاکتور طبقه‌بندی برای ترکیب j سهیم در هر گروه تأثیر i است. فاکتور طبقه‌بندی در هر گروه تأثیر نشان‌دهنده پتانسیل آن ترکیب در ایجاد اثر مربوطه است. کارایی هر ترکیب در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی اثرات

Table 1 - Classification of impacts

گروه تأثیر (واحد)	ترکیبات	کارایی هر ترکیب	منبع
گرمایش جهانی ($kg\ CO_2\ eq$)	CH_4 , CO_2 , N_2O	N_2O = ۳۱۰، CH_4 = ۲۱ و CO_2 = ۱	(۳۶)
اسیدیته ($kg\ SO_2\ eq$)	NH_3 , SO_2 , NO_X	NH_3 =۱/۶، NO_X = ۰/۵ و SO_2 =۱/۲	(۱۵)
اتریفیکاسیون خشکی ($kg\ NO_x\ eq$)	NH_3 , NO_X	NO_X = ۱/۲ و NH_3 =۴/۴	(۲۹)
تخلیه منابع فسیلی (MJ)	مصرف سوخت دیزل	۵۶/۳۱	(۳۸)
تخلیه منابع فسفات ($kg\ P_2O_5\ eq$)	مصرف فسفات	۰/۲۵	(۱۵)
تخلیه منابع پتاسیم ($kg\ K_2O\ eq$)	مصرف پتاسیم	۰/۱۰۵	(۱۵)

نرمال‌سازی

پس از تعیین شاخص طبقه‌بندی هر گروه تأثیر برای درک بهتر اهمیت مقادیر به دست آمده از مرحله نرمال‌سازی استفاده شد و شاخص طبقه‌بندی هر گروه با شاخص‌های مرجع مقایسه می‌شود. در واقع هدف این مرحله بی‌بعد کردن داده‌ها است (۱۵). فاکتور نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر مختلف در جدول ۲ ارایه شده است. برای بدست آوردن شاخص‌های نرمال‌سازی، شاخص‌های طبقه‌بندی بر فاکتورهای نرمال‌سازی تقسیم می‌گردد.

وزن‌دهی

فاکتورهای وزن‌دهی پتانسیل آسیب هر گروه تأثیر را نشان می‌دهد. بزرگ‌تر بودن این فاکتور نشان می‌دهد که این گروه، پتانسیل بیش‌تری برای لطمه به محیط زیست دارد. فاکتور وزن‌دهی گروه‌های تأثیر در جدول ۲ ارایه شده است. در انتها با ضرب کردن شاخص‌های نرمال‌سازی بر فاکتورهای وزن‌دهی، شاخص نهایی بدست می‌آید (۳۹).

جدول ۲- فاکتورهای وزن‌دهی و نرمال‌سازی

Table 2 - Weighting and normalization factors

گروه تأثیر	فاکتورهای نرمال‌سازی (واحد)	فاکتور وزن‌دهی	منبع
گرمایش جهانی	۸۱۴۳ (kg CO2 eq)	۱/۰۵	(۲۳)
اسیدیته	۵۲ (kg SO2 eq)	۱/۸	(۲۳)
اتریفیکاسیون خشکی	۶۳ (kg NOx eq)	۱/۴	(۲۳)
تخلیه منابع فسیلی	۳۹۱۶۷ (MJ)	۱/۱۴	(۲۳)
تخلیه منابع فسفات	۷/۶۶ (kg P2O5 eq)	۱/۲۰	(۱۵)
تخلیه منابع پتاسیم	۸/۱۴ (kg K2O eq)	۰/۳۰	(۱۵)

تفسیر اثرات

گروه‌های تأثیر زیست‌محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته و اتریفیکاسیون خشکی جزء گروه‌های شاخص زیست‌محیطی [۱] محسوب می‌شوند. این در حالی است که گروه‌های تأثیر تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم جز گروه‌های تأثیر تخلیه منابع[۲] می‌باشند. گروه‌های تأثیر تخلیه منایع، چالشی برای آیندگان محسوب می‌شوند، در حالی که اثرات زیست‌محیطی گروه‌های تأثیر شاخص زیست‌محیطی، در مدت زمان نسبتاً کوتاه‌تری قابل مشاهده‌اند (۳۹).

شاخص زیست‌محیطی (EcoX)

هرچه شاخص زیست‌محیطی بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی پتانسیل بیش‌تر در آسیب به محیط زیست است. با ضرب کردن نتایج نرمال‌سازی هر گروه تأثیر در فاکتور وزن‌دهی مربوط به آن و سپس جمع آن‌ها، شاخص زیست‌محیطی برای یک محصول یا سامانه خاص طبق رابطه‌ی ۲ بدست می‌آید (۲۷).

$$EcoX = \sum_i [E_i \times WF_i] \quad (۲)$$

EcoX: شاخص زیست‌محیطی در واحد کارکردی برای تأثیرات زیست‌محیطی، N_i: نتایج نرمال‌سازی برای گروه تأثیر i در هر واحد کارکردی و WF_i: فاکتور وزن‌دهی برای هرگروه تأثیر i است.

شاخص تخلیه منابع (RDI)

هرچه گروه‌های تأثیر مربوط به تخلیه منابع بیش‌تر باشد، برای آیندگان مخاطرات بیش‌تری را به همراه خواهند داشت. همانند شاخص زیست‌محیطی با ضرب کردن نتایج نرمال‌سازی هر گروه تأثیر تخلیه منابع در فاکتور وزن‌دهی مربوط به آن و سپس جمع آن‌ها، شاخص تخلیه منابع برای یک محصول یا سامانه خاص طبق رابطه‌ی ۳ بدست می‌آید (۱۵).

$$RDI = \sum_i [E_i \times WF_i] \quad (۳)$$

RDI: شاخص شاخص تخلیه منابع برای هر واحد کارکردی است، N_i: نتایج نرمال‌سازی برای گروه تأثیر i در هر واحد کارکردی و WF_i: فاکتور وزن‌دهی برای هرگروه تأثیر i است.

در این مطالعه تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. تحلیل‌های مربوطه به روش ارزیابی چرخه حیات نیز با استفاده از نرم افزار MATLAB2014b انجام گردید.

یافته‌ها و بحث

نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر عدم تاثیر سطوح متفاوت کود نیتروژن بر کلیه صفات مورد ارزیابی به جز طول دانه است در حالی‌که بین ژنوتیپ‌های مورد مقایسه برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. برهم‌کنش معنی‌داری بین کود نیتروژن و ژنوتیپ نیز برای کلیه صفات مورد ارزیابی به جز عرض دانه مشاهده نگردید. نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر اختلاف معنی‌دار برای تمامی صفات مورد ارزیابی در بین چهار ژنوتیپ مورد بررسی است و در بین ژنوتیپ های مورد بررسی هیبرید KSC 647 بیش‌ترین

۱- Eco-Index (EcoX)
۲- Resource depletion index

عملکرد با ۱۴/۴۹تن در هکتار به خود اختصاص داده است و از این نظر با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داده است (جدول ۲). این هیبرید از نظر صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، طول دانه، و وزن بلال نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از برتری برخوردار بوده و به نظر می‌رسد این صفات به عنوان اجزا عملکرد نقش موثری بر عملکرد دانه ذرت دارند. در تحقیق حاضر برهم‌کنش نیتروژن و ژنوتیپ برای اکثر صفات معنی دار نشده است (جدول۱)

در جدول ۵ میزان مصرف چهار نهاده سوخت دیزل، کود نیتروژن، کود فسفر و کود پتاسیم به‌ازای تولید یک تن ذرت آورده شده است. نتایج نشان داد که برای تولید و خشک کردن یک تن ذرت در تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار برای تولید یک تن ذرت رقم محلی بیش‌ترین مقادیر سوخت دیزل (۴۳/۳۱۵ لیتر)، کود نیتروژن (۴۳/۳۱۵ کیلوگرم)، کود فسفر (۲۵/۹۸۹ کیلوگرم) و کود پتاسیم (۴/۷۰۸ کیلوگرم) مصرف شد. در حالی که کم‌ترین مقادیر مصرف سوخت دیزل (۱۷/۵۳۰ لیتر)، کود نیتروژن (۱۰/۵۱۸ کیلوگرم)،کود فسفر (۱۰/۵۱۸ کیلوگرم) و کود پتاسیم (۱/۹۰۵ کیلوگرم) مربوط به تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای تولید ذرت رقم KSC 647 بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای تولید هر تن محصول با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، مقدار کم‌تری نهاده‌های سوخت و NPK مصرف می‌گردد.

میزان آلاینده‌های انتشار یافته در تولید ارقام مختلف ذرت بر مبنای تیمارهای مختلف نیتروژن در جدول ۶ ارایه شده است. بیش‌ترین مقادیر انتشار آلاینده‌های NH_3، N_2O، NO_X، CO_2، CH_4 و SO_2 متعلق به تولید یک تن ذرت رقم محلی در تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره بود که به ترتیب ۸/۸۹۰، ۱/۵۱۸، ۱/۳۱۳، ۱۹۲/۰۸۵، ۰/۲۶۸ و ۰/۵۱۴ کیلوگرم به ازای هر تن ذرت محاسبه گردید. به همین ترتیب کم‌ترین مقادیر انتشار این آلاینده‌ها مربوط به تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار برای تولید ذرت رقم KSC 647 بود که به ترتیب ۲/۱۵۹، ۰/۳۶۹، ۰/۴۴۹، ۷۱/۳۰۵، ۰/۱۰۳ و ۰/۲۱۰ کیلوگرم به ازای هر تن تولید مشاهده شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش مصرف نیتروژن در هکتار انتشار این آلاینده‌ها روند افزایشی به ازای تولید هر تن ذرت داشت. در عین حالی رقم برتر از لحاظ عملکرد کاهش انتشار این آلاینده‌ها را سبب شد.

شاخص‌های طبقه‌بندی گروه‌های تاثیر و تخلیه به ازای تولید یک تن ذرت در جدول ۷ آورده شده است. شاخص‌های نرمال‌سازی و شاخص‌های وزن داده شده نیز در این جداول قابل مشاهده است که در انتها برای محاسبه شاخص زیست-محیطی (EcoX) و شاخص تخلیه منابع (RDI) مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیش‌ترین پتانسیل گرمایش جهانی، تاثیر اسیدیته و تأثیر اوتریفیکاسیون خشکی در تولید هر تن ذرت متعلق به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم اوره در تولید رقم محلی (به ترتیب برابر با ۶۶۸/۲۶ کیلوگرم معادل CO_2، ۱۵/۵۳۰ کیلوگرم معادل SO_2 و ۴۰/۶۹۲ کیلوگرم معادل NO_x) بود. همچنین کم‌ترین این مقادیر در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره برای تولید یک تن ذرت رقم KSC 647 (به ترتیب برابر با ۱۸۷/۸۶ کیلوگرم معادل CO_2، ۳/۹۵۵ کیلوگرم معادل SO_2 و ۱۰/۰۹۹ کیلوگرم معادل NO_x) بدست آمد. بیش‌ترین تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تیمارها تخلیه منابع پتاسیم (به ترتیب ۲۴۳۹/۰۴ بر حسب MJ، ۶/۴۹۷ برحسب kgP_2O_5eq و ۰/۴۹۴ برحسب kgK_2Oeq) نیز در تیمار ۵۰۰ کیلوگرم اوره در تولید رقم محلی بود. کم‌ترین مقادیر تخلیه این منابع نیز به ترتیب با مقادیر ۹۸۷/۱۴ بر حسب MJ، ۲/۶۳۰ برحسب kgP_2O_5eq و ۰/۲۰۰ برحسب kgK_2Oeq متعلق به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره برای تولید یک تن ذرت رقم KSC 647 بود.

پس از دسته‌بندی نتایج نرمال‌سازی ارایه شده در جدول ۵، شاخص زیست‌محیطی (EcoX) در تولید یک تن ذرت ارقام مختلف برای تیمارهای مختلف نیتروژن و رقم محاسبه گردید که در شکل ۱ مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد که شاخص زیست-محیطی (EcoX) در تولید یک تن ذرت با در نظر گرفتن گرمایش جهانی، اسیدیته و اوتریفیکاسیون خشکی برای تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره درهکتار برای تولید رقم محلی به مقدار ۱/۵۳ به‌دست آمد که بالاترین شاخص را نسبت به سایر

تیمارها نشان داد. کم‌ترین مقدار (۰/۳۹) نیز در تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در تولید رقم KSC 647 مشاهده شد. شاخص تخلیه منابع (RDI) نیز برای تولید یک تن ذرت با در نظر گرفتن مصرف سوخت دیزل، مصرف کود فسفات و مصرف کود پتاسیم برای تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره درهکتار برای تولید رقم محلی دارای بیش‌ترین مقدار (۱/۱۱) بود و کم-ترین مقدار (۰/۴۵) در تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در تولید رقم KSC 647 محاسبه شد (شکل ۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های ذرت

منبع تغییرات	بلوک	نیتروژن	خطا اصلی	ژنوتیپ	نیتروژن × ژنوتیپ	خطا فرعی	ضریب تغییرات (درصد)
درجه آزادی	۲	۲	۴	۳	۶	۱۸	
صفات	میانگین مربعات						
تعداد بلال در متر مربع	۱/۰۳^{ns}	۲/۵۳^{ns}	۳/۰۷	۲۸/۳۲**	۱/۰۳۵^{ns}	۳/۲۸	۱۲/۷۹
ارتفاع بوته	۵۱۷/۲۵^{ns}	۳۰۸/۱۰^{ns}	۲۰۳/۶۷	۲۹۸۹/۹۳**	۱۶۰/۱۰^{ns}	۱۴۶/۵۶	۱۲/۲۱
تعداد گره در بوته	۴/۸۷^{ns}	۲/۹۵^{ns}	۱/۲۲	۱۱/۱۰**	۰/۸۵^{ns}	۱/۲۱	۵/۶۵
طول برگ	۳۷/۴۹^{ns}	۲/۱۷^{ns}	۱۱۶/۱۵	۳۲/۱۹**	۳۱/۹۲^{ns}	۵۷/۶۲	۵/۲۶
عرض برگ	۱/۱۳^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۲۶	۱۲/۳۵**	۰/۴۶^{ns}	۰/۵۰۱	۱۲/۳۹
وزن بلال	۸۶۰/۷۵^{ns}	۵۸۱/۰۵^{ns}	۶۵۳/۰۲	۵۴۹۴۴/۶۶*	۱۳۹۷/۱۳^{ns}	۲۴۶۴/۳۸	۸/۵۸
طول بلال	۰/۴۵۶^{ns}	۰/۲۸۰^{ns}	۲/۰۳۷	۵۴/۱۴۶**	۲/۰۹۶^{ns}	۲/۶۰۰	۱۰/۹۳
قطر بلال	۰/۱۳^{ns}	۱/۰۶۵^{ns}	۰/۰۶	۲/۰۰۶**	۰/۰۶۵^{ns}	۰/۰۶۱	۷/۳۳
طول دمگل	۰/۶۴^{ns}	۲/۶۰^{ns}	۴/۳۵	۲۶/۹۷**	۱/۴۷^{ns}	۱/۲۳	۸/۶۹
تعداد ردیف دانه در بلال	۱/۰۱^{ns}	۰/۴۹^{ns}	۰/۷۷	۶۵/۲۳**	۰/۷۳^{ns}	۱/۹۴	۱۸/۸۳
تعداد دانه در بلال	۹۵۸/۸۵^{ns}	۳۲۱۹/۷۱^{ns}	/۰۳ ۳۲۸۴	۴۰۸۸۵۲/۵۸**	۱۳۷۲۵/۴۱^{ns}	۵۷۹۸/۲۲	۸/۵۶
طول دانه	۰/۰۹^{ns}	۰/۱۴*	۰/۰۴	۳۲/۶۴**	۰/۳۳^{ns}	۰/۳۸	۰/۶۷
عرض دانه	۰/۱۵^{ns}	۰/۲۲۵^{ns}	۰/۲۴۲	۵/۱۸**	۰/۵۸*	۰/۱۸	۹/۶۰

وزن هزاردانه		۱۰۳۷/۷۴ ns	۵۶۳/۰۳ns	۲۹۸/۴۱	۲۱۹۹۷/۴۱* *	۸۱/۰۶ns	۷۶۰/۷۲	۵/۱۶
عملکرد		۹/۷۸ns	۸/۹۷ns	۳/۴۶	۱۵۲/۴۳**	۵/۵۲ns	۱۱/۶۶	۱۳/۳۲

معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد** معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و * عدم معنی‌داری، ns

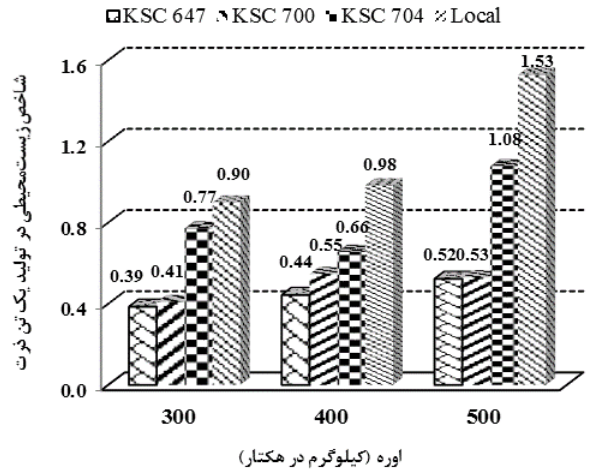
Table 3- Analysis of variance (mean squares) of the effect of nitrogen on yield and yield components of maize genotypes

جدول ۴- مقایسه میانگین برای عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت

Table 4- Means comparison for yield and yield components of maize genotypes

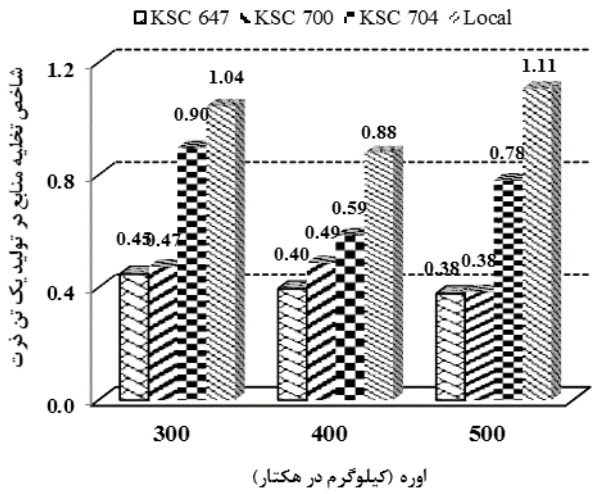
صفات / واریته	KSC 647	KSC 700	KSC 704	Local
تعداد بلال در متر مربع	۷/۷۷b	۸/۰۰b	۵/۵۰c	۹/۸۰a
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۲۴۳/۰۶a	۲۵۴/۴۲a	۲۲۸/۷۸b	۲۱۲/۲۷c
تعداد گره در بوته	۱۲/۴۰a	۱۲/۳۵a	۱۰/۹۵b	۱۰/۱۳b
طول برگ(سانتی‌متر)	۷۶/۴۴b	۸۰/۴۲a	۷۹/۸۲a	۷۷/۴۶b
عرض برگ(سانتی‌متر)	۸/۰۰b	۹/۷۰a	۸/۵۸b	۶/۸۰c
وزن بلال (گرم)	۳۱۰/۸۸a	۳۲۰/۸۸a	۲۷۱/۸۳ab	۱۵۰/۷۷c
طول بلال(سانتی‌متر)	۱۸/۸۰b	۲۰/۵۱a	۹۰/۸۹ab	۱۵/۰۳c
قطر بلال(سانتی‌متر)	۳/۶۳ab	۳/۷۲a	۳/۴۴b	۲/۶۸c
طول دمگل (سانتی‌متر)	۱۱/۶۳a	۱۰/۵۰b	۱۰/۸۱ab	۷/۶۵c
تعداد ردیف دانه در بلال	۱۹/۵۱a	۱۷/۲۸b	۱۴/۶۲c	۱۳/۵۳c
تعداد دانه در بلال	۸۴۰/۱۱a	۷۴۶/۱۷b	۴۹۱/۶۱c	۳۸۰/۵۵ d
طول دانه (ملی‌متر)	۱۳/۶۶a	۱۲/۱۴b	۱۱/۹۵b	۹/۰۹c
عرض دانه (میلی‌متر)	۷/۲۱c	۷/۸۴b	۸/۳۸a	۶/۶۳d
وزن هزاردانه (گرم)	۲۲۵/۵۳b	۲۲۱/۳۹b	۲۸۸/۸۲a	۱۶۸/۰۰c
عملکرد (تن در هکتار)	۱۴/۴۹a	۱۳/۲۴a	۸/۰۴b	۵/۸۸b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ردیف، اختلاف آماری معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر شاخص زیست‌محیطی در تولید یک تن ذرت

Figure 1- Effect of different treatment on environmental index (EcoX) in production of one ton corn



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر شاخص تخلیه منابع در تولید یک تن ذرت

Figure 2- Effect of different treatment on resources depletion index (RDI) in production of one ton corn

جدول ۵- میانگین میزان مصرف نیتروژن، فسفات و پتاسیم در تیمارهای مختلف برای تولید یک تن ذرت

Table 5- The amount of nitrogen, phosphorus, potassium and diesel fuel required in different treatments for one-ton production of corn

	N1 (300 Kg/ha Urea)				N2 (400 Kg/ha Urea)				N3 (500 Kg/ha Urea)			
تیمارها / منابع	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL
سوخت دیزل (لیتر)	۱۷/۵۳	۱۸/۵۸	۳۵/۰۶	۴۰/۸۵	۱۵/۴۹	۱۹/۰۹	۲۲/۹۱	۳۴/۳۳	۱۴/۸۲	۱۵/۰۳	۳۰/۵۴	**۴۳/۳۲**
نیتروژن (کیلوگرم)	۱۰/۵۲	۱۱/۱۵	۲۱/۰۴	۲۴/۵۱	۱۲/۳۹	۱۵/۲۷	۱۸/۳۳	۲۷/۴۶	۱۴/۸۲	۱۵/۰۳	۳۰/۵۴	**۴۳/۳۲**
فسفر (کیلوگرم)	۱۰/۵۲	۱۱/۱۵	۲۱/۰۴	۲۴/۵۱	۹/۲۹	۱۱/۴۵	۱۳/۷۵	۲۰/۶۰	۸/۸۹	۹/۰۲	۱۸/۳۳	**۲۵/۹۹**
پتاسیم (کیلوگرم)	۱/۹۱	۲/۰۲	۳/۸۱	۴/۴۴	۱/۶۸	۲/۰۸	۲/۴۹	۳/۷۳	۱/۶۱	۱/۶۳	۳/۳۲	**۴/۷۱**

جدول ۶- میزان انتشار آلاینده‌ها در تیمارهای مختلف برای تولید ذرت (کیلوگرم به ازای تولید یک تن ذرت)

Table 6- The amount of emission of pollutants in different treatments for production of corn (kg per 1000 kg corn)

تیمارها		N1 (300 Kg/ha Urea)				N2 (400 Kg/ha Urea)				N3 (500 Kg/ha Urea)			
منبع انتشار	ترکیبات انتشار یافته	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL
کود اوره	NH_3	۲/۱۵۸۴	۲/۲۸۷۴	۰/۳۱۶۷	۵/۰۲۹۸	۲/۵۴۲۵	۳/۱۳۳۳	۳/۷۶۰۶	۵/۶۳۵۳	۳/۰۴۱۰	۳/۰۸۴۷	۶/۲۶۷۷	۸/۸۸۸۱
کود اوره	N_2O	۰/۳۶۷۹	۰/۳۸۹۹	۰/۷۳۵۹	۰/۸۵۷۴	۰/۴۳۳۴	۰/۵۳۴۱	۰/۶۴۱۱	۰/۹۶۰۶	۰/۵۱۸۴	۰/۵۲۵۸	۱/۰۶۸۴	۱/۵۱۵۱
سوخت دیزل	N_2O	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱۲
کود اوره	NO_X	۰/۰۴۹۰	۰/۰۵۱۹	۰/۰۹۸۰	۰/۱۱۴۲	۰/۰۵۷۷	۰/۰۷۱۱	۰/۰۸۵۴	۰/۱۲۷۹	۰/۰۶۹۰	۰/۰۷۰۰	۰/۱۴۲۳	۰/۲۰۱۸
سوخت دیزل	NO_X	۰/۴۰۹۵	۰/۴۳۴۰	۰/۸۱۹۰	۰/۹۵۴۳	۰/۳۶۱۸	۰/۴۴۵۹	۰/۵۳۵۲	۰/۸۰۱۹	۰/۳۴۶۲	۰/۳۵۱۲	۰/۷۱۳۵	۱/۰۱۱۹
کود اوره	CO_2	۹/۶۵۵۸	۱۰/۲۳۳۰	۱۹/۳۱۱۶	۲۲/۵۰۱۶	۱۱/۳۷۴۵	۱۴/۰۱۷۶	۱۶/۸۲۳۹	۲۵/۲۱۰۷	۱۳/۶۰۴۴	۱۳/۸۰۰۰	۲۸/۰۳۹۸	۳۹/۷۶۲۷
سوخت دیزل	CO_2	۵۴/۸۵۴۱	۵۸/۱۳۲۹	۱۰۹/۷۰۸۲	۱۲۷/۸۳۰۵	۴۸/۴۶۳۷	۵۹/۷۲۵۰	۷۱/۶۸۱۹	۱۰۷/۴۱۵۸	۴۶/۳۷۱۶	۴۷/۰۳۸۳	۹۵/۵۷۵۸	۱۳۵/۵۳۴۱
کود اوره	CH_4	۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱۸۳	۰/۰۲۱۳	۰/۰۱۰۸	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۵۹	۰/۰۲۳۹	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۳۱	۰/۰۲۶۵	۰/۰۳۷۶
سوخت دیزل	CH_4	۰/۰۸۰۸	۰/۰۸۵۷	۰/۱۶۱۶	۰/۱۸۸۳	۰/۰۷۱۴	۰/۰۸۸۰	۰/۱۰۵۶	۰/۱۵۸۳	۰/۰۶۸۳	۰/۰۶۹۳	۰/۱۴۰۸	۰/۱۹۹۷
کود اوره	SO_2	۰/۰۱۴۳	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۸۶	۰/۰۳۳۳	۰/۰۱۶۹	۰/۰۲۰۸	۰/۰۲۴۹	۰/۰۳۷۳	۰/۰۲۰۲	۰/۰۲۰۴	۰/۰۴۱۵	۰/۰۵۸۹
سوخت دیزل	SO_2	۰/۱۱۰۸	۰/۱۱۷۴	۰/۲۲۱۶	۰/۲۵۸۲	۰/۰۹۷۹	۰/۱۲۰۶	۰/۱۴۴۸	۰/۲۱۷۰	۰/۰۹۳۷	۰/۰۹۵۰	۰/۱۹۳۰	۰/۲۷۳۷

جدول ۷- نتایج ارزیابی میانگین اثرات برای تولید یک تن ذرت

Table 7- The results of impact assessment for producing one-ton corn

تیمارها / گروه تأثیر		واحد	N1 (300 Kg/ha Urea)				N2 (400 Kg/ha Urea)				N3 (500 Kg/ha Urea)			
			KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL	KSC 647	KSC 700	KSC 704	LOCAL
گرمایش جهانی	شاخص طبقه‌بندی	$kgCO_2eq$	۱۸۷/۸۹	۱۹۹/۰۹	۳۷۵/۷۲	۴۳۷/۷۸	۲۰۲/۴۶	۲۴۹/۵۱	۲۹۹/۴۶	۴۴۸/۷۵	۲۲۸/۶۴	۲۳۱/۹۳	۴۷۱/۲۵	۶۶۸/۲۶
اسیدیته		$kgSO_2eq$	۳/۹۵۵	۴/۱۹۲	۷/۹۱۱	۹/۲۱۸	۴/۵۲۴	۵/۵۷۵	۶/۶۹۱	۱۰/۰۲۷	۵/۳۱۴	۵/۳۹۰	۱۰/۹۵۲	۱۵/۵۳۰
اتریفیکاسیون خشکی		$kgNO_xeq$	۱۰/۰۹۹	۱۰/۷۰۲	۲۰/۱۹۷	۲۳/۵۳۴	۱۱/۷۳۶	۱۴/۴۶۳	۱۷/۳۵۹	۲۶/۰۱۳	۱۳/۹۲۲	۱۴/۱۲۲	۲۸/۶۹۵	۴۰/۶۹۲
تخلیه منابع فسیلی		MJ	۹۸۷/۱۴	۱۰۴۶/۱۵	۱۹۷۴/۲۸	۲۳۰۰/۴۱	۸۷۲/۱۴	۱۰۷۴/۸۰	۱۲۸۹/۹۷	۱۹۳۳/۰۳	۸۳۴/۴۹	۸۴۶/۴۹	۱۷۱۹/۹۶	۲۴۳۹/۰۴
تخلیه منابع فسفات		kgP_2O_5eq	۲/۶۳۰	۲/۷۸۷	۵/۵۲۹	۶/۱۲۸	۲/۲۳۲	۲/۸۶۳	۳/۴۳۶	۵/۱۴۹	۲/۲۲۳	۲/۲۵۵	۴/۵۸۲	۶/۴۹۷
تخلیه منابع پتاسیم		kgK_2Oeq	۰/۲۰۰	۰/۲۱۲	۰/۴۰۰	۰/۴۶۶	۰/۱۷۷	۰/۲۱۸	۰/۲۶۱	۰/۳۹۲	۰/۱۶۹	۰/۱۷۲	۰/۳۴۹	۰/۴۹۴
گرمایش جهانی	شاخص نرمال‌سازی	-	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۴۶	۰/۰۵۴	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۷	۰/۰۵۵	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۵۸	۰/۰۸۲
اسیدیته		-	۰/۰۷۶	۰/۰۸۱	۰/۱۵۲	۰/۱۷۷	۰/۰۸۷	۰/۱۰۷	۰/۱۲۹	۰/۱۹۳	۰/۱۰۲	۰/۱۰۴	۰/۲۱۱	۰/۲۹۹
اتریفیکاسیون خشکی		-	۰/۱۶۰	۰/۱۷۰	۰/۳۲۱	۰/۳۷۴	۰/۱۸۶	۰/۲۳۰	۰/۲۷۶	۰/۴۱۳	۰/۲۲۱	۰/۲۲۴	۰/۴۵۵	۰/۶۴۶
تخلیه منابع فسیلی		-	۰/۰۲۵	۰/۰۲۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۹	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳۳	۰/۰۴۹	۰/۰۲۱	۰/۰۲۲	۰/۰۴۴	۰/۰۶۲
تخلیه منابع فسفات		-	۰/۳۴۳	۰/۳۶۴	۰/۶۸۷	۰/۸۰۰	۰/۳۰۳	۰/۳۷۴	۰/۴۴۹	۰/۶۷۲	۰/۲۹۰	۰/۲۹۴	۰/۵۹۸	۰/۸۴۸
تخلیه منابع پتاسیم		-	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱
گرمایش جهانی	شاخص نهایی	-	۰/۰۲۴	۰/۰۲۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵۶	۰/۰۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۹	۰/۰۵۸	۰/۰۲۹	۰/۰۳۰	۰/۰۶۱	۰/۰۸۶
اسیدیته		-	۰/۱۳۷	۰/۱۴۵	۰/۲۷۴	۰/۳۱۹	۰/۱۵۷	۰/۱۹۳	۰/۲۳۲	۰/۳۴۷	۰/۱۸۴	۰/۱۸۷	۰/۳۷۹	۰/۵۳۸
اتریفیکاسیون خشکی		-	۰/۲۲۴	۰/۲۳۸	۰/۴۴۹	۰/۵۲۳	۰/۲۶۱	۰/۳۲۱	۰/۳۸۶	۰/۵۷۸	۰/۳۰۹	۰/۳۱۴	۰/۰۶۳۸	۰/۹۰۴
تخلیه منابع فسیلی		-	۰/۰۲۹	۰/۰۳۰	۰/۰۵۷	۰/۰۶۷	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۸	۰/۰۵۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۵	۰/۰۵۰	۰/۰۷۱
تخلیه منابع فسفات		-	۰/۴۱۲	۰/۴۳۷	۰/۸۲۴	۰/۹۶۰	۰/۳۶۴	۰/۴۴۹	۰/۵۳۸	۰/۸۰۷	۰/۳۴۸	۰/۳۵۳	۰/۷۱۸	۰/۰۱۸
تخلیه منابع پتاسیم		-	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه بیان‌گر این موضوع است که مقادیر متفاوت کودهای نیتروژن تاثیر یک‌سانی در میزان عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ذرت مورد مطالعه در تحقیق حاضر داشته است به عبارت دیگر دو عامل ژنوتیپ و کود نیتروژن به‌طور مستقل از هم عمل می‌کنند. با توجه به نتایج، افزایش کود نیتروژن منجر به افزایش صفات اقتصادی مهم از جمله عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشد. لذا با توجه سطوح کود نیتروژنه در نظر گرفته شده برای ژنوتیپ‌های مورد نظر، حداقل کود مصرفی (۳۰۰ کیلوگرم کود اوره) به‌دلیل عدم اختلاف معنی‌دار با سطوح بیش‌تر از آن، مقدار مناسب برای تمام ژنوتیپ‌های مورد مقایسه است و افزایش بیش از این مقدار نه تنها بر صفات مهم اقتصادی تاثیر مثبت ندارد بلکه امکان دارد اثرات سوء زیست‌محیطی بر جای گذارد که در بخش بعدی در این خصوص صحبت خواهد شد. نیاز گیاهان به نیتروژن زیاد بوده و مصرف متعادل و مناسب آن ضروری است. این عنصر جزء اصلی ترکیبات حیاتی چون اسیدهای نوکلئیک، پروتئین-ها، آنزیم ها و ترکیباتی مانند آدنوزین تری فسفات (ATP) که منبع انرژی شیمیایی برای سلول است، می‌باشد (۴۰). در تحقیقی اثرات پنج میزان کود نیتروژن (۱۰۰، ۱۴۰، ۱۸۰، ۲۲۰ و ۲۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) را بر عملکرد دانه و

اجزای آن و همچنین درصد پروتئین دانه ذرت هیبرید S.C 704 بررسی شد و مشخص گردید افزایش میزان نیتروژن باعث افزایش معنی دار درصد پروتئین دانه، وزن هزاردانه، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه می‌گردد. در این تحقیق نشان داده شد که با توجه به مسایل زیست‌محیطی و اقتصادی و همچنین کارایی مصرف نیتروژن میزان ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن کندرها در هکتار را برای این هیبرید پیشنهاد می‌شود (۴۱). برطبق نظر مارشنر (۴۲) وجود مقادیر زیاد نیتروژن در گیاه حساسیت آن را نسبت به بیماری‌ها و ورس افزایش می‌دهد. مصرف مواد غذایی به ویژه نیتروژن به اندازه کافی و به روش مناسب با توجه به خصوصیات فیزیولوژیک رشد و نمو گیاه یکی از راهکارهای مدیریتی بهبود عملکرد اغلب گیاهان به خصوص در گیاه ذرت می‌باشد (۴۳). جوکلای و رندل (۴۴) گزارش نمودند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما با افزایش بیش‌تر آن تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده نشد. در تحقیق حاضر عدم معنی‌داری برهمکنش نیتروژن و ژنوتیپ برای اکثر صفات بیان‌گر مستقل بودن دو عامل است در حالی‌که مول و همکاران (۴۵) اختلاف ژنتیکی در کار آیی مصرف نیتروژن در هیبریدهای ذرت را گزارش داده‌اند. مقدار کود مورد نیاز گیاه بسته به فراهم بودن رطوبت در طول دوره رشد، نوع خاک و حاصل‌خیزی آن، و نوع رقم متفاوت است (۴۶). کمی کارآیی نیتروژن به دلیل هدر رفت آن از طریق نیترات زدایی، آب‌شویی و تصعید آمونیوم می‌باشد. این هدر رفت نه تنها منجر به کاهش کارآیی استفاده از نیتروژن می‌گردد بلکه امروزه یکی از دلایل اساسی آلودگی محیط زیست، سهم قابل توجه بخش کشاورز ی به دلیل استفاده نادرست از کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن است. این امر ضرورت تجدید نظر در روش‌های افزایش تو لید را بیش از پیش مشخص می‌سازد. انتخاب ارقام مناسب و توصیه دقیق کودی با توجه به نیاز گیاه از جمله راه‌های افزایش کارآیی استفاده از نیتروژن، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش عملکرد دانه هستند.

در عین حال مصرف کودهای شیمیایی و سوخت فسیلی در تولید ذرت مقادیر قابل توجهی از تخلیه منابع را نشان می-دهد. با توجه به نتایج این مطالعه با افزایش مصرف کودهای شیمیایی، تخلیه منابع طبیعی غیر قابل بازیافت به مراتب با سرعت بیش‌تری افزایش پیدا می‌کند. از طرف دیگر اگر ارقام یا ژنوتیپ‌های گیاهی کم محصول را کشت نماییم منجر به تولید غذای کم‌تر برای جامعه بشری می‌گردد. لذا با کشت ارقام پرمحصول ذرت می‌توان تولید بیش‌تر محصول را به ازای همان مقدار تخلیه منابع طبیعی را منجر شد. به عبارت دیگر با افزایش پتانسیل تولید به ازای هر واحد عملکرد محصول مقدار کم‌تری تخلیه منابع طبیعی را خواهیم داشت. همچنین اثرات مقادیر گروه‌های تاثیر گرمایش‌جهانی، اسیدیته و اتریفیکاسیون خشکی نیز با مصرف کودهای شیمیایی و سوخت فسیلی در تولید ذرت بسیار چشم‌گیر بود. شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر گرمایش جهانی در بخش زراعی تولید گندم نیز برابر $kg\ CO_2$ eq ۱۱۹/۵ (۱۹)، برای تولید یک تن چغندرقند $kg\ CO_2$ eq ۲۲/۹ (۴۷) گزارش شده است. در مطالعه دیگری این شاخص با میانگین مصرف حدود ۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، kg SO_2 eq ۶/۲۵ گزارش شده است (۲۹). شاخص طبقه‌بندی گروه تاثیر اسیدیته برای تولید کلزا و آفتابگردان در شیلی به ترتیب kg SO_2 eq ۱۹ و ۲۳ محاسبه شد (۲۰). در تحقیقی دیگر برای تولید گندم شاخص اسیدیته ۴ kg SO_2 eq بدست آمد (۱۹). شاخص طبقه‌بندی اوتریفیکاسیون نیز برای تولید کلزا و آفتابگردان نیز در شیلی به ترتیب kg NO_x eq ۷/۲ و ۹ محاسبه شد (۲۰). در این مطالعه، گروه‌های تاثیر زیست محیطی بیش‌ترین آسیب به محیط زیست را در مصرف مقادیر بالاتر کود نیتروژن داشتند. در مطالعه دیگری در سامانه تولید گندم با مصرف ۱۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و با در نظر گرفتن چهار اثر زیست‌محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی و تغییر کاربری زمین شاخص زیست محیطی حدود ۰/۲ بدست آمد (۱۵). در مطالعه دیگری بر روی گندم گزارش شده است که در مقادیر پایین مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار شاخص زیست محیطی کم بود و با

افزایش مصرف نیتروژن از ۲۰۰ تا ۳۹۰ کیلوگرم در هکتار شاخص زیست محیطی نیز به شدت افزایش یافت (۱۶).

در مجموع بررسی اثرات مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن بر روی اثرات زیست‌محیطی تولید چهار رقم ذرت حاکی از آن بود که با افزایش مصرف کود نیتروژن در هکتار با این‌که تفاوتی بین عملکرد وجود نداشت، اما میزان انتشار آلاینده‌های NH_3، N_2O، NO_X، CO_2، CH_4 و SO_2 افزایش یافت. این امر منجر به افزایش اثرات مخرب زیست‌محیطی تولید ذرت در مصرف مقادیر بالاتر کود نیتروژن شد. همچنین مصرف مقادیر بالاتر کود نیتروژن، منجر به افزایش اثرات مخرب زیست محیطی در قالب گروه‌های تاثیر تخلیه منابع شد. در عین حال در مطالعه حاضر، گزینش رقم برتر ذرت از لحاظ عملکرد، باعث کاهش آسیب به محیط زیست شد. به طوری‌که با کاهش انتشار آلاینده‌ها در واحد عملکردی تن در هکتار، منتجر به کاهش شاخص زیست‌محیطی گردید. لذا می توان چنین نتیجه گیری کرد که افزایش مصرف کود نیتروژن گاهاً نمی تواند افزایش عملکرد را در مقابل با اثرات زیست‌محیطی سودمند تلقی کنند. در مقابل بهره‌گیری از ارقام برترعلاوه بر اثر مثبت بر افزایش عملکرد، منجر به کاهش اثرات زیست‌محیطی در واحد تولید می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله برخود لازم می‌دانیم از خانم دکتر سرور خرمدل (استادیار گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد) و همچنین آقای مهندس نیکخواه (دانشجوی دکتری بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد) به‌دلیل در اختیار گذاشتن برخی ضرایب برای محاسبات ارزیابی چرخه حیات کمال تشکر و قدردانی را نماییم.

References

1. McDevitt, J.E. and Milài Canals, L. 2011. Can life cycle assessment be used to evaluate plant breeding objectives to improve supply chain sustainability? A worked example using porridge oats from the UK. Int. J. Agric. Sustain., 9: 484–494.
2. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). 2011. Save and Grow: A Policymaker's Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production; FAO: Rome, Italy, 2011.
3. Ceccarelli, S. 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. Euphytica, 77: 205–219.
4. Ceccarelli, S., Grando, S. and Hamblin, J. 1992. Relationship between barley-grain yield measured in low-yielding and high-yielding environments. Euphytica, 64: 49–58.
5. Phillips, S.L. and Wolfe, M.S. 2005. Evolutionary plant breeding for low input systems. J. Agric. Sci., 143: 245–254.
6. Fess, T.L., Kotcon, J.B. and Benedito, A. 2011. Crop breeding for low input agriculture: A sustainable response to feed a growing population. Sustainability, 3: 1742–1772.
7. Guarda, G., Padovan, S. and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Eur. J. Agron., 21: 181-192.
8. Tester, M. and Langridge, P. 2010. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. Science, 327: 818–822.
9. Williams, A.G., Audsley, E. and Sandars, D.L. 2006. Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities; Defra Project Report IS0205; Cranfield University, DEFRA: Bedford, UK.
10. Tuomisto, H., Hodge, I., Riordan, P. and Macdonald, D. 2012. Comparing global

warming potential, energy use and land use of organic, conventional and integrated winter wheat production. Ann. Appl. Biol., 161: 116–126.

11. Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E. and Soltani, E. 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production, 3(3): 201-218.
12. Energy the Balance Sheet. 2008. Available at Web site http://www.moe.gov.ir/(In Persian)
13. Pennington, D.W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E., Jolliete, O., Rydberg, T., and Rebitzer, G. 2004. Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice. Environ. Int., 30: 721-739.
14. Roy, P., Shimizu, N., and Kimura, T. 2005. Life cycle inventory analysis of rice produced by local processes. JSAM., 67(1): 61-67.
15. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy, 20(3): 247-264.
16. Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy, 20(3): 265-279.
17. Renouf, M.A., Wegener, M.k., and Nielsen, L.K. 2008. An environmental life cycle assessment comparing Australian sugarcane with US corn and UK sugar beet as producers of sugars for fermentation. Biomass and Bioenergy, 32:1144-1155.
18. Van der Werf, H.M.G., and Turunen, L. 2008. The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. Ind. Crops Prod., 27: 1-10.
19. Wang, M., Wu, W., Liu, W., and Bao, Y. 2007. 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. Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy cropsunder Chilean conditions. Journal of Cleaner Production, 18(4): 336-345.
21. Charles, R., Jolliet, O., Gaillard. G., and Pellet, D. 2006. Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113(1-4): 216-225.
22. Abeliotis, K., Detsis, V., and Pappia, C. 2013. Life cycle assessment of bean production in the Prespa Natinal Park. Greece. Journal of Cleaner production, 41(1): 89-96.
23. Mirhaji, H., Khojastehpour, M., and Abaspour-fard, M.H. 2013. Environmental effects of wheat production in Marvdasht region. Journal of Natural Environment, 66(2): 223-232.
24. Taghavi, D., Ajali, J., Valadyani, A.L., and Fatahi, I. 2008. Evaluation of energy efficiency in dry farming of barley (*Hordeum vulgar* L.) field in Azarbayejan-e-Sharqi provic, Iran. J. New Agric. Sci. 3(7):41-49.

25. Khan, S., Khan, M. A., and Latif, N. 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. The Soil Environ., 26:61-68
26. Khanali, M., Movahedi, M., Yousefi, M., Jahangiri, S. and Khoshnevisan, B. 2016. Investigating energy balance and carbon footprint in saffron cultivation – a case study in Iran. Journal of Cleaner Production, 115: 162-171.
27. Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Ghalegolab-Behbahani, A. and Bannayan, M., 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. Environ. Dev. Sustain., 14: 979-992.
28. Bacenetti, J., Pessina, D., Marco Fiala, M., 2016. Environmental assessment of different harvesting solutions for Short Rotation Coppice plantations.Science of the Total Environment, 541: 210–217.
29. Nikkhah, A., Khojastehpour, A, Emadi, B. Taheri-Rad, A.R., Khorramdel, S. 2015. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. Journal of Cleaner Production, 92: 84-90.
30. Nikkhah, A., Emadi, B., Soltanali, H., Firouzi, S., Rosentrater, K., Allahyari, M.S. 2016. Integration of Life Cycle Assessment and Cobb-Douglas Modeling for the Environmental Assessment of Kiwifruit in Iran, Journal of Cleaner Production, 137: 843-849.
31. Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J. and Kuhlmann, H. 2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. The International Journal of Life Cycle Assessment, 5(6): 349-357.
32. CPM, (2007) SPINE@CPM database. Competence center in environmental assessment of product and material systems (CPM), Chalmers University of Technology,Goteborg.
33. Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A. and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems, 85(2): 101-119.
34. Dehghani, H. 2007. Guide to Air Quality, Principles of Meteorology and Air Pollution. Publications of Ghashie. Tehran, Iran 402 p.
35. Goebes, M.D., Strader, R., and Davidson, C. 2003. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States. Atmospheric Environment, 37(18): 2539-2550.
36. 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(3-4): 247-266.
37. Gasol, C.M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., Solano, M.L., and Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in southern Europe. Biomass and Bioenergy, 31(8): 543-555.
38. Taheri-Rad, A.R., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., Nourozieh, Sh. 2015. Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province. Journal of Agricultural Machinery, 5(2): 428-445.
39. Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A., Khojastehpour, M., Nikkhah , A. 2015.

Life cycle assessment modeling of milk production in Iran, Information Processing in Agriculture, 2: 101-108.

40. Shoghi Kalkhoran S., Ghalavand A., Modarres Sanavy S.A.M., Akbari P. 2011. Effect of Nitrogen Fertilizer and Bio Fertilizer Application on Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 12(4): 467-481.
41. Many, A., Bahar, A., Zeridan, M.S., and Hazayn, M. 2006. Yield and quality of Maize (Zea mays L.) as affected by slow-release nitrogen in newly reclaimed sandy soil. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 1(3): 239-242.
42. Marshner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, England. 889 P.
43. Malakouti, M.J., Bybordi, A., Lotfollahi, M., Shahabi, A.A., Siavoshi, K., Vakil, R., Ghaderi, J., Shahabifar Majidi, J., Jafarnajadi, A.R., Dehghani, F., Keshavarz, M.H., Ghasemzadeh, M., Ghanbarpouri, R., Dashadi, M., Babaakbari, M., and Zaynalifard, N. 2008. Comparison of complete and sulfur coated urea fertilizers with pre-plant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. J. Agric. Sci. Technol., 10: 173-183.
44. Jokela, W.E. and Randall, G.W. 1989. Corn Yield and Residual Soil Nitrate as Affected by time and Rate if Nitrogen Application. Agron. J., 81: 720-726.
45. Moll, R.H., E.J. Kamprath and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J., 74:262-264.
46. Tajbakhsh, M. and Pourmirza, A.A. 2003. Cereal Crops. University Jihad Publications, West Azarbaijan, 314p.
47. Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abaspour-fard, M.H., and Mahdavi Shahri, S.M. 2012. Environmental impact study of sugar beet production using life cycle assessment in Khorasan province. Agroecology, 4: 112-120.