

بررسی تأثیرات زیست محیطی تولید گندم منطقه مرودشت در ایران

حمزه میرحاجی^۱، مهدی خجسته پور^{۲*}، محمدحسین عباسپور فرد^۳

۱. کارشناس ارشد مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ و ۳. دانشیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۰۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۵)

چکیده

مطالعه چرخه حیات محصول روشی مناسب برای ارزیابی تأثیرات زیست محیطی تولید آن محصول است. در این تحقیق، تأثیرات زیست محیطی (شامل گرمایش جهانی، اسیدیته، هوپرورش خشکی و تخلیه منابع فسیلی) محصول گندم در شهرستان مرودشت استان فارس با روش ارزیابی چرخه حیات محاسبه شد و سپس سهم این تأثیرات زیست محیطی در سرنه تأثیرات زیست محیطی کشور تعیین شد. اطلاعات لازم به روش مصاحبه، پرسش نامه و حضور در سازمان جهاد کشاورزی شهرستان مرودشت، مراکز خدمات کشاورزی و منطقه به دست آمد. در این تحقیق کود شیمیایی نیتروژنه اوره و گازوئیل دو نهاده اصلی ورودی به سامانه تولید گندم شناخته شدند که موجب تأثیرات سوء زیست محیطی می شوند. میزان مصرف سوخت فسیلی گازوئیل و نیتروژن در قالب کود اوره برای تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت به ترتیب برابر ۲۱ لیتر و ۲۱/۳ کیلوگرم محاسبه شد. با روش چرخه حیات میزان تأثیرات زیست محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، هوپرورش خشکی و تخلیه منابع فسیلی تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت به ترتیب برابر $۲۶۲/۰۹ \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ ، $۷/۳۵ \text{ kg SO}_2 \text{ eq}$ ، $۱۹/۴۲ \text{ kg NO}_x \text{ eq}$ و $۷۲۳/۰۴ \text{ MJ}$ به دست آمد. شاخص نرمال سازی یا سهم اثرات گرمایش جهانی، اسیدیته، هوپرورش خشکی و تخلیه منابع فسیلی تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت در شرایط ایران به ترتیب برابر $۰/۰۳۲$ ، $۰/۱۴۱$ ، $۰/۳۰۸$ و $۰/۱۸$ تعیین شد. به طور کلی ترکیبات نیتروژنه ناشی از مصرف اوره، مهم ترین عامل در ایجاد تأثیرات زیست محیطی برای تولید گندم در منطقه مورد مطالعه شناخته شد.

واژگان کلیدی

اسیدیته، تخلیه منابع، گرمایش جهانی، نرمال سازی، هوپرورش.

۱. مقدمه

ایران، در جهت افزایش هر چه بیشتر تولید گندم است، نهاده‌ها و فعالیت‌های زیادی در تولید این محصول استراتژیک به کار گرفته می‌شود. تعیین آثار سوء زیست محیطی فرایندهای تولید این محصول، در جهت کاهش این تأثیرات امری ضروری تلقی می‌شود.

نتایج مطالعه بنتراپ و همکاران (Brenttrup et al., 2004b) روی مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سطوح گوناگون کودهای شیمیایی نیتروژنه تولید گندم در آلمان نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژنه، هوپرورش^۱ که یکی از مهم‌ترین تأثیرات زیست محیطی در تولید گندم است، افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای دیگر ده اثر زیست محیطی تولید کلزا در اسپانیا ارزیابی شد (Gasol et al., 2007). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از کودهای شیمیایی در شش اثر زیست محیطی تأثیر بسزایی دارد، به طوری که در این بین سهم استفاده از سوخت های فسیلی در تراکتورها و وسایل حمل و نقل در تأثیرات زیست محیطی بین ۴۸ تا ۷۷ درصد برآورد شد. در مطالعه‌ای بر روی گندم زمستانه و ذرت در چین کاهش منابع فسیلی، تغییرات آب و هوایی، اسیدیته، هوپرورش و ایجاد سمیت بررسی شد (Wang et al., 2007). 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، در مقایسه با ذرت، لطمه بیشتری به محیط زیست وارد می‌کند.

با توجه به اینکه در کشور ما خودکفایی در تولید گندم بسیار مورد توجه مسئولان است، مدیریت آثار زیست محیطی ناشی از تولید این محصول و دیگر محصولات کشاورزی مورد غفلت واقع شده است. در این مطالعه با روش ارزیابی چرخه حیات، برخی از تأثیرات زیست محیطی ناشی از مصرف کود شیمیایی اوره و سوخت گازوئیل در بخش زراعی تولید گندم در شهرستان مرودشت استان فارس به‌عنوان مهم‌ترین قطب تولید گندم در کشور، ارائه شده است.

سیاست افزایش تولید در بخش کشاورزی بدون توجه به حجم و نوع مصرف کودها و سموم شیمیایی و همین‌طور استفاده از منابع تجدیدناپذیر گوناگون، نگرانی‌های محیطی را موجب شده است. برآورد شده که ۲۰ درصد از اثر گلخانه‌ای به فعالیت‌های کشاورزی مربوط است (Brenttrup et al., 2000). امروزه بخش مهمی از انرژی مورد نیاز در کشاورزی، از فرآورده‌های حاصل از نفت خام تأمین می‌شود. در سال ۲۰۰۷، بخش کشاورزی ایران حدود ۵/۵ درصد از کل مصرف نهایی فرآورده‌های نفتی را به خود اختصاص داده بود (Energy Balances, 2008). مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه و سوخت‌های فسیلی از منابع عمده بروز آثار زیست محیطی در کشاورزی است. متوسط مصرف کود شیمیایی در ایران حدود ۱/۵ برابر متوسط مصرف جهانی است (Islamic Consultative Assembly, 2009).

بررسی تأثیرات زیست محیطی سامانه‌های تولیدی سبب دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌شود (Akbari et al., 2007). در واقع این امر از طریق ارزیابی چرخه حیات 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 محاسبات ساده‌ای مانند میزان مواد زائد جامد و انرژی مورد نیاز برای بازفرآوری آن‌ها استفاده می‌شد. در دهه ۱۹۹۰ میلادی مواردی هم‌چون مدیریت منابع و آلاینده های ناشیافته به محیط پیرامون در مطالعات مربوط به ارزیابی زیست محیطی لحاظ شد و به‌صورت مقادیر کمی در محاسبات وارد شد تا مبنای ارزیابی کامل‌تر و دقیق‌تری از فعالیت‌ها را فراهم آورد (Alizade & Keynejad, 2008).

تولید کل گندم، مهم‌ترین گیاه زراعی، در ایران برابر ۱۳/۵ میلیون تن و سطح زیر کشت آن حدود ۶/۶ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۹ بود (FAOSTAT, 2009). با توجه به اینکه بیشتر تلاش‌ها در بخش کشاورزی

۲. مواد و روش‌ها

میزان مصرف سوخت گازوئیل در هر هکتار گندم، باتوجه به وجود متغیرهای گوناگون اعم از نوع تراکتور و ادوات در منطقه، عمرهای متفاوت کاری، تجارب کاری متفاوت و همچنین توجه نکردن به مقدار مصرف گازوئیل، کار نمونه‌گیری را دشوار و نیز با خطا مواجه می‌کرد. به همین دلیل با همکاری کارشناسان جهاد کشاورزی متداول‌ترین نوع تراکتور- ادوات و همچنین زمان‌بندی هر عملیات زراعی در شهرستان مرودشت به‌دست آمد. سپس از رابطه ۲ برای مشخص کردن میزان مصرف گازوئیل در هر هکتار استفاده شد

$$D = \text{MAX } P_{\text{pto}} \times C \quad \text{رابطه (۲):}$$

D مقدار سوخت مصرفی (گازوئیل) برحسب لیتر در ساعت و MAX Ppto بیشینه قدرت در محور توان‌دهی تراکتور برحسب کیلووات و C ضریب ویژه موتورهای دیزلی است. C در سیستم SI برابر ۰/۲۲۳ است (Modarres Razavi, 2008). قدرت PTO، ۸۰ درصد توان اسمی موتور در نظر گرفته شد (Koocheki & Hosseini, 1992).

از میان ۴۲۵۲ دستگاه تراکتور زراعی در شهرستان مرودشت، تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ با توان اسمی موتور ۵۶ کیلووات، با تعداد ۲۰۵۳ دستگاه متداول‌ترین نوع تراکتور است. کمباین جان دیر ۹۵۵ نیز متداول‌ترین ماشین برداشت گندم است که ۱۸ لیتر در ساعت مصرف سوخت دارد. جدول ۱ عملیات‌های مکانیزه جهت تولید گندم و ساعات کاری در هکتار، در شهرستان مرودشت را نشان می‌دهد (Mirhaji, 2011).

۲.۲. برآورد خروجی‌های سامانه تولید گندم

تصعید آمونیاک با استفاده از فاکتور انتشار برآورد شده است. فاکتور انتشار آمونیاک در این مطالعه باتوجه به نبود اطلاعات محلی براساس مطالعه Brenttrup و همکاران (2000) برابر متوسط اروپا در نظر گرفته شد؛ یعنی ۱۷ درصد از نیتروژن به‌کار رفته در قالب کود معدنی اوره به‌صورت $\text{NH}_3\text{-N}$ تصعید می‌شود.

انتشار N_2O و NO_x براساس فاکتور مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی برآورد شده است. براساس گزارش این مجمع در سال ۲۰۰۶، یک درصد از نیتروژن کود

منطقه مورد مطالعه، شهرستان مرودشت، در جنوب غربی ایران و در شمال استان فارس قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۲۰ متر است. متوسط بارندگی ده ساله آن ۳۰۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن تا سال ۱۳۸۹، ۱۷/۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. گندم زمستانه اصلی‌ترین محصول زراعی در این منطقه است. برای تعیین تأثیرات زیست‌محیطی بخش زراعی تولید گندم و سهم آثار زیست‌محیطی مورد مطالعه در سرانه اثرات زیست‌محیطی کشور، ابتدا میزان انتشار ترکیبات و مصرف منابع برآورد شده و سپس نرمال‌سازی می‌شوند.

۲.۱. محاسبه ورودی‌های سامانه تولید گندم

میزان مصرف کود اوره در یک هکتار گندم در شهرستان مرودشت، با نمونه‌گیری غیراحتمالی و روش نمونه راحت یا دردسترس^۱ با حضور در سازمان جهاد کشاورزی شهرستان مرودشت و مراکز خدمات کشاورزی و مصاحبه با کشاورزان به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن تعداد نمونه لازم برای تخمین میزان مصرف کود اوره در هکتار از رابطه ۱ استفاده شد (Farsi, 2009)

$$n = \frac{(Z\sigma)^2}{(\bar{X} - \mu)^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

μ میانگین جمعیت و \bar{X} میانگین نمونه است و $(\bar{X} - \mu)$ را معمولاً برابر μ ۱۰ درصد در نظر می‌گیرند. مقدار Z به سطح اطمینان مورد نظر بستگی دارد. اگر سطح اطمینان ۹۵ درصد انتخاب شود، مقدار Z برابر σ^2 خواهد بود و σ^2 نیز برابر واریانس جمعیت است. در این مطالعه سطح اطمینان ۹۵ درصد انتخاب شد و برای تخمین σ^2 یا واریانس جمعیت از نمونه‌ای اولیه با تعداد ۴۱ کشاورز استفاده شد. درنهایت تعداد نمونه نهایی برابر ۷۴ کشاورز به‌دست آمد. پس از محاسبه میزان مصرف کود اوره باتوجه به اینکه ۴۶ درصد از اوره را نیتروژن تشکیل می‌دهد، مقادیر کود اوره به‌صورت میزان نیتروژن در نظر گرفته شد.

نیتروژنه به کاررفته در هر هکتار به صورت N_2O-N انتشار پیدا می کند (Snyder et al., 2009). میزان انتشار NO_x حدود ۱۰ درصد میزان N_2O منتشر شده در نظر گرفته شد (Gasol et al., 2007).

جدول ۱. نوع و زمان عملیات های مکانیزه در تولید گندم که در این مطالعه برآورد شده اند

نوع عملیات	زمان عملیات (ساعت بر هکتار)
شخم با گاواهن سه خیش	۳
دیسک (دو بار)	۱
لولر	۱/۲۵
بذر کار غلات	۱/۵
مرزبند	۱
نهرکن	۱
سمپاش پشت تراکتوری	۰/۵
برداشت	۲/۵

مرو دشت، سطح زیر کشت گندم در شهرستان ۶۵ هزار هکتار و کل برداشت گندم ۴۲۰ هزار تن بوده است، به عبارتی عملکرد متوسط ۶/۵ تن در هکتار است. انتشار به محیط زیست و مصرف کود اوره و گازوئیل بر مبنای واحد کارکردی یک تن گندم تولیدی محاسبه شده است.

انتشار ناشی از مصرف گازوئیل شامل انتشار گازهای گلخانه ای و سایر آلاینده های مورد مطالعه به ازای هر لیتر گازوئیل مصرفی، باتوجه به مطالعات صورت گرفته، در جدول ۲ ارائه شده است. براساس آمار سازمان جهاد کشاورزی شهرستان

جدول ۲. میزان انتشار گازهای گلخانه ای و سایر آلاینده ها به ازای هر لیتر گازوئیل مصرفی

گازهای آلاینده و گلخانه ای	فاکتور انتشار* (کیلوگرم بر لیتر)
N_2O	$18/1 \times 10^{-6}$
CO_2	۲/۷۳
CH_4	173×10^{-6}
NO_x	$22/2 \times 10^{-3}$
SO_2	4×10^{-3}

* (Tzilivakis et al., 2005) و (Dehghani, 2009)

۳.۲. طبقه بندی

در این مطالعه ۴ گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، هوپرورش خشکی و تخلیه منابع فسیلی بررسی شده است. در این مرحله باید شاخص هر گروه تأثیر محاسبه شود. شاخص گروه تأثیر نشان دهنده میزان اثر زیست محیطی مربوطه است. شاخص هر گروه تأثیر i ، از رابطه ۳ به دست می آید (Brentrup et al., 2004a):

$$ICI_i = \sum_j [(E_j \text{ or } R_j) \times CF_{i,j}] \quad (3)$$

جدول ۳. گروه‌های تأثیر، طبقه‌بندی آن‌ها و فاکتورهای طبقه‌بندی ترکیبات

فاکتورهای طبقه‌بندی*	ترکیب ایجادکننده هر اثر	گروه تأثیر
CO ₂ =۱ CH ₄ =۲۱ N ₂ O=۳۱۰	CO ₂ , N ₂ O و CH ₄	گرمایش جهانی (kg CO ₂ eq)
SO ₂ =۱/۲ NO _x =۰/۵ NH ₃ =۱/۶	SO ₂ , NO _x و NH ₃	اسیدیته (kg SO ₂ eq)
NH ₃ = ۴/۳ NO _x =۱/۲	NO _x و NH ₃	هوپرورش خشکی (kg NO _x eq)
۴۲/۸۶	مصرف گازوئیل	تخلیه منابع (MJ)

(Brentrup *et al.*, 2004a) و (Reddy & Hodges, 2000)*

در این مطالعه فاکتورهای نرمال‌سازی در شرایط ایران محاسبه شده است. فاکتورهای نرمال‌سازی با تقسیم شاخص‌های طبقه‌بندی هر گروه تأثیر در ایران بر جمعیت ایران محاسبه می‌شود، در واقع سرانه اثرات زیست‌محیطی در ایران بیان می‌شود. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO₂, N₂O) و CH₄، NO_x و SO₂ از ترازنامه انرژی کشور به دست آمده (Energy Balances, 2008) و میزان انتشار NH₃ براساس مطالعه Mirhaji (2011) در شرایط ایران برآورد شده است. جدول ۴ میزان انتشار ترکیبات و مصرف منابع فسیلی را در ایران نشان می‌دهد.

۴.۲. نرمال‌سازی

درواقع در این مرحله سهم تأثیرات زیست‌محیطی سامانه مورد مطالعه در کل آثار زیست‌محیطی یک منطقه تعیین می‌شود. از رابطه ۴ شاخص نرمال‌سازی^۱ هر گروه تأثیر *i* را می‌توان به‌دست آورد (Brentrup *et al.*, 2004a):

$$N_i = \frac{ICI_i}{N V_i} \quad \text{رابطه (۴)}$$

ICI_i شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر *i* که از مرحله قبل به‌دست آمده، NV_i فاکتور نرمال‌سازی برای منطقه مرجع برای هر گروه تأثیر *i* و N_i شاخص نرمال‌سازی گروه تأثیر *i* است.

جدول ۴. میزان انتشار ترکیبات و مصرف منابع فسیلی در ایران

ترکیبات و منابع	میزان انتشار ترکیبات و مصرف منابع در سال
CH ₄ و CO ₂ , N ₂ O	۵۷۰ میلیون تن معادل دی‌اکسید کربن
NO _x	۱۸۰۸۵۵۳ تن
SO ₂	۱۵۹۸۶۱۷ تن
NH ₃	۵۲۶۵۸۷ تن
مصرف منابع فسیلی	۲۷۴۱۷۳۸ × ۱۰ ^۶ مگاژول*

(Transportation Energy Data Book, 2008)*

بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده پتانسیل بیشتر آن اثر برای لطمه به محیط‌زیست است. در این مطالعه برای به‌دست آوردن فاکتور وزن‌دهی برای سه گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته و هوپرورش خشکی از روش فاصله تا هدف^۲ استفاده شده است (Brentrup *et al.*, 2004a). در گروه تأثیر گرمایش جهانی، پروتکل کیوتو

۵.۲. وزن‌دهی

وزن‌دهی به معنی ارزیابی اثرهای گوناگون محیطی براساس پتانسیل آن‌ها در لطمه به محیط‌زیست است. فاکتورهای وزن‌دهی پتانسیل آسیب هر گروه تأثیر را نشان می‌دهد؛ یعنی هرچه این فاکتور وزن‌دهی

2. Distance-to-taeget

1. Normalization indicator

هیدروکربوری (نفت خام، مایعات و میعانات گازی) مایع ایران در ابتدای سال ۱۳۸۷ برابر ۱۳۷ میلیارد بشکه و تولید نفت خام و میعانات گازی ۱۵۷۵۱۲۰۰۰۰ بشکه در سال بود (Energy Balances, 2008). جدول (۵) فاکتورهای نرمال سازی و وزن دهی گروه های تأثیر یا سرانه اثرهای زیست محیطی را در این مطالعه نشان می دهد.

و در اسیددیده و هوپوروش خشکی پروتکل کاهش اسیددیده، هوپوروش و ازون سطحی مورد نظر قرار گرفت.

برای تعیین فاکتور وزن دهی تخلیه منابع فسیلی از روش دوره زمانی هدف^۱ استفاده شده است. در این مطالعه دوره زمانی هدف ۱۰۰ سال در نظر گرفته شده است (Brentrup et al., 2002). ذخایر

جدول ۵. فاکتورهای نرمال سازی گروه های تأثیر

سال	فاکتور وزن دهی	فاکتور نرمال سازی*	گروه تأثیر (واحد)
۲۰۰۵	۱/۰۵	۸۱۴۳	گرمایش جهانی (kg CO ₂ eq)
۲۰۰۸	۱/۸	۵۲	اسیددیده (kg SO ₂ eq)
۲۰۰۸	۱/۴	۶۳	هوپوروش خشکی (kg NO _x eq)
۲۰۰۷	۱/۱۴	۳۹۱۶۷	تخلیه منابع (MJ)

* جمعیت ایران ۷۰ میلیون نفر در نظر گرفته شد (Statistical Center of Iran, 2009).

بودن مصرف کود شیمیایی اوره از دلایل مصرف بیشتر آن در مقایسه با سایر کودهاست. جدول ۶ ترکیبات انتشار یافته، میزان و منابع انتشار در تولید یک تن CO₂ بیشتر از همه ترکیبات است که ناشی از مصرف گازوئیل است. در مصرف کود اوره انتشار آمونیاک از سایر ترکیبات نیتروژنه بیشتر است.

۳. نتایج

در این مطالعه دو نهاده سوخت فسیلی گازوئیل و نیتروژن در قالب کود اوره برای تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت به ترتیب برابر ۲۱ لیتر و ۲۱/۳ کیلوگرم به دست آمد. در مطالعه حاضر ۴۵ درصد از مصرف سوخت به عملیات تهیه زمین قبل از کاشت مربوط می شود. دسترسی راحت، قیمت پایین و آسان

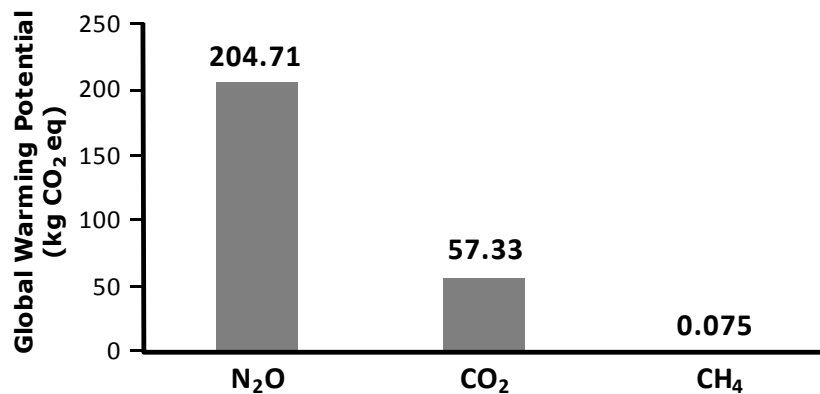
جدول ۶. ترکیبات انتشار یافته، میزان و منابع انتشار در تولید یک تن گندم که در این مطالعه برآورد شده اند.

ترکیبات انتشار یافته	میزان انتشار (کیلوگرم)	منبع انتشار
NH ₃	۴/۳۷	اوره
N ₂ O	۰/۶۶	اوره
N ₂ O	۰/۰۰۳۸	گازوئیل
NO _x	۰/۰۶۶	اوره
NO _x	۰/۴۶	گازوئیل
CO ₂	۵۷/۳۳	گازوئیل
CH ₄	۰/۰۰۳۶	گازوئیل
SO ₂	۰/۰۸۴	گازوئیل

گلخانه ای را در این مطالعه نشان می دهد. N₂O تأثیر گذارترین گاز در ایجاد اثر گرمایش جهانی است. با اینکه میزان انتشار آن از گاز CO₂ بسیار کمتر بود (جدول ۶)، به دلیل پتانسیل زیاد آن، بسیار اثرگذار بود. براساس

شاخص طبقه بندی گروه تأثیر گرمایش جهانی یا میزان گرمایش جهانی تولید یک تن گندم kg CO₂ eq ۲۶۲/۰۹ محاسبه شد. شکل ۱ سهم هر کدام از گازهای

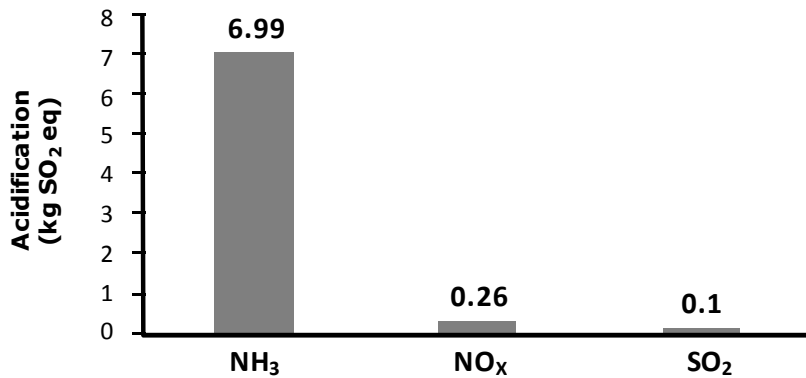
همین جدول کود اوره از منابع اصلی انتشار N_2O است



شکل ۱. سهم هر کدام از گازهای گلخانه‌ای در ایجاد اثر گرمایش جهانی

تولید گندم داشت. در مورد انتشار آمونیاک به صورت تصعید از اوره می‌توان اظهار داشت که تصعید آمونیاک یک فرایند فیزیکی و شیمیایی است و بیشتر از انتشار N_2O به مدیریت مصرف کود حساس است. انتشار آمونیاک از کود اوره بیشتر از سایر کودهاست و متأسفانه در ایران از کود اوره، به میزان زیادی استفاده می‌شود و استفاده از سایر کودهای نیتروژنه بسیار کم است.

میزان اسیدیته تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت برابر $7/35 \text{ kg SO}_2 \text{ eq}$ محاسبه شد. شکل ۲ سهم هر کدام از ترکیبات را در این اثر نشان می‌دهد. در گروه تأثیر اسیدیته، انتشار NH_3 از سایر ترکیبات در ایجاد این اثر بیشتر سهمیم بود و منبع انتشار آن از کود اوره است. تصعید آمونیاک اثر مهمی در ایجاد اثرهای زیست‌محیطی هوپرورش خشکی و سپس اسیدیته در



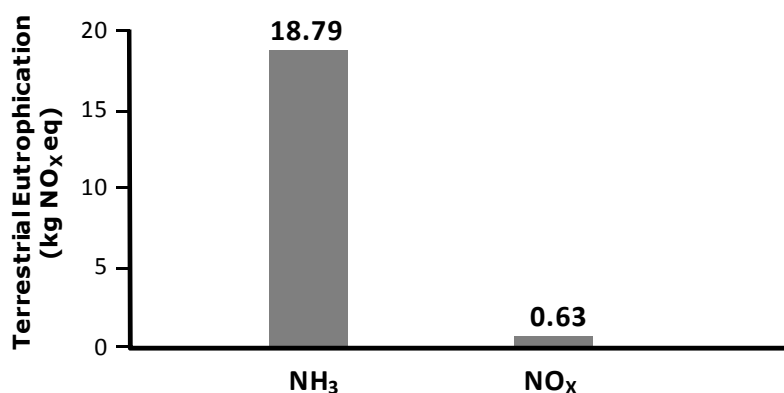
شکل ۲. سهم هر کدام از ترکیبات در ایجاد اثر اسیدیته

شد و شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر تخلیه منابع یا میزان تخلیه منابع تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت برابر $723/04 \text{ MJ}$ محاسبه شد. جدول ۷ نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر را در تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت، با استفاده از داده‌های ایران، نشان می‌دهد. هوپرورش خشکی بیشترین سهم را در سرانه تأثیرات زیست‌محیطی ایران دارد. شاخص

میزان هوپرورش خشکی تولید یک تن گندم برابر $19/42 \text{ kg NO}_x \text{ eq}$ محاسبه شد. شکل ۳ سهم هر کدام از ترکیبات را در این اثر نشان می‌دهد. در این اثر نیز همانند اثر اسیدیته انتشار NH_3 به میزان زیاد و همین‌طور پتانسیل بیشتر آن در مقایسه با NO_x مهم‌ترین عامل است. در این مطالعه در گروه تأثیر تخلیه منابع فسیلی فقط مصرف گازوئیل در نظر گرفته

به ترتیب برابر ۰/۰۳۲، ۰/۱۴۱، ۰/۳۰۸ و ۰/۰۱۸ محاسبه شد.

نرمال سازی یا سهم اثرهای گرمایش جهانی، اسیدیته، هوپرورش خشکی و تخلیه منابع در شرایط ایران



شکل ۳. سهم هر کدام از ترکیبات در ایجاد اثر هوپرورش خشکی

جدول ۷. نرمال سازی گروه های تأثیر در تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت در شرایط ایران

شاخص نرمال سازی	گروه های تأثیر
۰/۰۳۲	گرمایش جهانی
۰/۱۴۱	اسیدیته
۰/۳۰۸	هوپرورش خشکی
۰/۰۱۸	تخلیه منابع

ارزیابی مصرف سوخت تولید گندم در شش مزرعه، میزان مصرف سوخت بین ۵۳ تا ۱۲۳ لیتر در هکتار به دست آمد. آن ها اظهار کردند کم کردن یا یکی کردن عملیات های گوناگون زراعی (مانند روش های خاک ورزی حفاظتی) موجب کاهش مصرف سوخت می شود. در مرودشت، کشاورزان سودمندی روش های خاک ورزی حفاظتی را به خوبی قبول دارند ولی کم بودن ادوات خاک ورزی حفاظتی از دلایل به کار نرفتن این سامانه خاک ورزی است. عامل مهم دیگری که بر روی مصرف گازوئیل بسیار مؤثر است، عمر ماشین های کشاورزی است. طبق آمار ۶۲ درصد از کل تراکتورهای زراعی در ایران عمر کاری بیش از ۱۰-۱۲ سال دارند و فرسوده اند. همچنین تعداد کمباین های غلات فرسوده کشور ۶۸۴۰ دستگاه است (Annual Agricultural Statistics, 2011). فرسودگی تراکتور موجب افزایش مصرف سوخت به میزان ۳ لیتر در ساعت می شود (Rajabi et al., 2010).

۴. بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه تأثیرات زیست محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، هوپرورش خشکی و تخلیه منابع فسیلی در بخش زراعی تولید گندم در شهرستان مرودشت تعیین شد. مهم ترین عامل در ایجاد اثرهای زیست محیطی هوپرورش و اسیدیته مصرف کود اوره است. بهینه سازی محصول از نظر زیست محیطی با کم کردن مصرف کود و مواد شیمیایی و تلفیق آن ها با روش های مدیریتی زراعی از قبیل تناوب، اعمال خاک ورزی حفاظتی و افزایش مواد آلی خاک حاصل می شود.

یکی از راه های کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش آلاینده های ناشی از آن به کارگیری سامانه های خاک ورزی حفاظتی است. همراه با اقداماتی که برای بهبود عملیات های مدیریتی کشاورزی انجام می شود، در جهت افزایش عملکرد گندم نیز باید تلاش کرد. در تحقیق Rajabi و همکاران (2010) در شمال ایران، با

انتشار N_2O از خاک ناشی از فرایندهای میکروبی است و به شدت به مقدار کود نیتروژن مصرف‌شده وابسته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد افزایش میزان نیتروژن به سطوح بالاتر از ظرفیت جذب گیاه انتشار N_2O بیشتر را به همراه دارد (Grant *et al.*, 2006). نوبوهیسا و همکاران (Nobuhisa *et al.*, 2003) بیان کردند در طراحی سامانه‌های کشاورزی دوستدار محیط‌زیست، صرفه‌جویی در مصرف سوخت و به‌کار گرفتن سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی راهکاری کلیدی در کاهش انتشار CO_2 است. کود اوره بیشترین انتشار آمونیاک را در میان کودها دارد؛ باید مصرف آن را کم کرده و آن را با کودهای دیگر جایگزین کنیم. در تحقیق بنتراپ و همکاران (Brentrup *et al.*, 2004b) در انگلیس نیز انتشار NH_3 مهم‌ترین عامل در ایجاد اثر هوپوروش بود. استفاده از کشاورزی دقیق با مدیریت مکانی مصرف نهاده‌ها نیز می‌تواند در امر مدیریت مصرف کود بسیار راه‌گشا باشد. منبع مورد استفاده برای تأمین نیتروژن، باید با نیازهای محصول و خاک کشاورزی مطابق باشد و تلفات نیتروژن را از هر راهی کاهش دهد. اوره یا منابع نیتروژن حاوی اوره را می‌توان با خاک مخلوط کرد (با خاک‌ورزی، آبیاری و بارندگی) و از کنترل‌کننده-کاهنده یا بازدارنده اوره‌آز برای کاهش تلفات آمونیاک استفاده کرد.

وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2010) در مطالعه‌ای که بر روی برنج در چین انجام دادند میزان مصرف سوخت‌های فسیلی در تخلیه منابع بخش زراعی را ۱۰۶ مگاژول در هر تن تعیین کردند که به دلیل به‌کارگیری بیشتر نیروی انسانی از نیروی مکانیزه در زراعت برنج این نوع مصرف انرژی کم است. ترکیبات نیتروژنه ناشی از مصرف کود اوره مهم‌ترین عامل در ایجاد تأثیرات زیست‌محیطی مورد مطالعه بود. متأسفانه در ایران، روی انتشار ترکیبات نیتروژنه از مصرف کود، کارهای تحقیقاتی کمی صورت گرفته است. می‌توان گفت در مصرف کود شیمیایی در ایران به تحول نیاز است. یکی از عوامل مؤثر در میزان کود نیتروژنه مصرفی و حاصل‌خیزی خاک به‌کارگیری تناوب صحیح زراعی است، ولی متأسفانه در بیشتر مناطق تناوب اقتصادی به‌کار گرفته می‌شود و غلات به‌صورت پی در پی کاشته می‌شود. در تحقیقی در اروپا، با قرار دادن نخود در تناوب محصولات، به میزان ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار صرفه‌جویی شد (Nemecek *et al.*, 2008). در تحقیق وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2007) در چین، با مصرف ۳۸/۵۶ کیلوگرم نیتروژن و مصرف ۴/۸۳ لیتر گازوئیل در هر تن گندم، گرمایش جهانی را در بخش زراعی $kg\ CO_2\ eq$ ۱۱۹/۵۹ به دست آوردند.

Reference

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. (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. (in Persian)
3. Annual Agricultural Statistics (2011) Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. www.maj.ir. (in Persian)
4. Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H (2000) "Methods to estimate on-field nitrogen emission from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector" *Int. J. LCA*, 6: 349-357.
5. Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H (2002) "Impact Assessment of Abiotic Resource Consumption Conceptual Considerations," *Int J LCA*, 7: 301-307.
6. 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," *Europ. J. Agronomy*, 20: 247-264.
7. 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,” *Europ. J. Agronomy*, 20: 265-279.
8. Dehghani, M.H (2009) *Air quality guide: principles of meteorology and air pollution*. Tehran, Ghashyeh press.
 9. Energy Balances (2008) Network of Statistics, Ministry of Energy, www.moe.org.ir. (in Persian)
 10. FAOSTAT (2009) FAO Statistical Databases. WWW.faostat.fao.org, visited: 6/8/2011.
 11. Farsi, M (2009) *An introduction to applied statistic in agriculture & biological sciences*, Jahad daneshgahi press. (in Persian)
 12. 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.
 13. Grant, R.F., Pattey, E., Goddard, T.W., Kryzanowski, L.M., and Puurveen, H (2006) “Modeling the effects of fertilizer application rate on nitrous oxide emissions,” *Soil Sci. Soc. Am. J* 70: 235-248.
 14. 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.
 15. Islamic Consultative Assembly (2009) “Research Center report: how to modify the pattern of fertilizer, pesticides, seeds and seedlings in agricultural sector in Iran,” Centre research for Islamic Studies. www.Majles.ir. (in Persian).
 16. Koocheki, A., M. Hosseini (1992) *Energy efficiency in agricultural ecosystems*, Ferdowsi University of Mashhad press. (in Persian)
 17. Mirhaji, H (2011) “Environmental impact study of wheat production using life cycle assessment in Marvdasht farms,” MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)
 18. Modarres Razavi, M (2008) *Farm machinery management*, Ferdowsi University of Mashhad press. (in Persian)
 19. Nemecek, T., von Richthofen, J.S., Dubois, G., Casta, P., Charles, R., and Pahl, H (2008) “Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations,” *Europ. J. Agronomy*, 28: 380-393.
 20. Nobuhisa, K., Haruo, T., Hiroyuki, T., and Hiroshi, N (2003) “Fuel consumption-derived CO2 emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan,” *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99: 213-219.
 21. Rajabi, M., Vahidnia, B, Zeinali A., Soltani, A. and Mousavi Maleki, M (2010) “Evaluation of fuel consumption in wheat production farms in Gorgan,” *4th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering*, Iran, Tehran.
 22. Reddy, K.R., and Hodges, H.F (2000) *Climate Change and Global Crop Productivity*. CAB International, UK.
 23. 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.
 24. Statistical Center of Iran (2009) www.amar.org.ir. (in Persian)
 25. Transportation Energy Data Book. 2008. Iranian Fuel Conservation Company. (in Persian)
 26. 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.
 27. Wang, M., Wu, W., Liu, W., and Bao, W (2007) “Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*,” 14: 400- 407.
 28. 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 & World Ecology*, 17: 157-161.