

## اثرات زیست محیطی تولید بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) در آستانه اشرفیه استان گیلان

امین نیکخواه<sup>۱</sup>، علیرضا طاهری راد<sup>۲</sup>، مهدی خجسته پور<sup>۳\*</sup>، باقر عمادی<sup>۴</sup> و سیدحسین پیمان<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۹

### چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) در استان گیلان با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات انجام شد. شش گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدپته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم بررسی شدند. در این تحقیق، مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و سوخت گازوئیل برای تولید بادام زمینی و خشک کردن آن به عنوان نهاده‌هایی با پتانسیل آلودگی زیست محیطی شناخته شدند. با تجزیه و تحلیل داده‌ها، شاخص نهایی برای تولید یک تن بادام زمینی در منطقه برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدپته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم به ترتیب برابر ۰/۰۳۶، ۰/۱۹۴، ۰/۰۳۶، ۰/۳۶۴، ۰/۲۶۶ و ۰/۰۲۴۳ محاسبه شد. بدین معنی که شاخص تخلیه منابع فسیلی در تولید یک تن بادام زمینی در استان گیلان دارای پتانسیل بیشتری برای آسیب به محیط زیست است. در این تحقیق، شاخص زیست محیطی در تولید یک تن بادام زمینی برابر ۰/۵۵ و شاخص تخلیه منابع ۳/۹۳ محاسبه شد. همچنین شاخص نهایی گرمایش جهانی، اسیدپته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم به ترتیب ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۸۲، ۰/۰۱۳۳، ۰/۱۵۳، ۰/۰۱۱۲ و ۰/۰۰۱۰ برای تولید ۱۰۰۰ مگاژول انرژی به دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی چرخه حیات، اسیدپته، تخلیه منابع، شاخص زیست محیطی، گرمایش جهانی

### مقدمه

در سالیان اخیر با توجه به افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، سعی بر برآورده کردن این تقاضا از طریق افزایش سطح زیر کشت و همچنین افزایش تولید در واحد سطح شده است که موجب مصرف بیشتر منابع و نهاده‌ها در بخش کشاورزی و در نتیجه سبب ایجاد تأثیرات منفی در محیط زیست است. رشد اقتصادی صورت گرفته در دو دهه گذشته توسط مصرف سوخت‌های فسیلی در مقیاس زیاد، منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی شده است (Liang et al., 2013). 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 (Energy the Balance Sheet, 2008). نتایج بعضی از

بررسی‌ها مشخص نموده که کشاورزی سهم زیادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد که منبع انتشار آن‌ها سوخت‌های فسیلی مورد استفاده هستند (Laegreid et al., 1999).

دانه گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد روغن بعد از سویا (*Glycine max* L.) دومین دانه روغنی مهم در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری به شمار می‌آید و یک ماده اولیه بالقوه برای تولید سوخت بیودیزل است. سطح زیر کشت بادام زمینی در ایران ۳۰۰۰ هکتار است که ۲۵۰۰ هکتار آن در استان گیلان قرار دارد (Hosseinzadeh Gashti et al., 2009).

ارزیابی چرخه حیات (LCA)<sup>۴</sup>، یک روش مناسب جهت ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی است که در چندین پژوهش برای بررسی اثرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی استفاده شده است که از آن‌ها می‌توان به بررسی اثرات زیست محیطی

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی و دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه گیلان

(Email: mkhpour@um.ac.ir

\*) نویسنده مسئول:

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادلات،  $t$ : ۱/۹۶ (در سطح اطمینان ۹۵٪)،  $s$ : پیش‌برآورد انحراف معیار جامعه،  $d$ : دقت احتمالی مطلوب،  $N$ : حجم جامعه و  $n$ : حجم نمونه است.

ارزیابی چرخه حیات دارای چهار بخش بیان هدف، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها و سامانه ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و تفسیر آن‌ها است (Iriarte et al., 2010).

**بیان هدف:** در روش ارزیابی چرخه حیات ابتدا هدف و واحد مرجع مشخص می‌شود. نقش واحد مرجع این است که ورودی‌ها و خروجی‌ها را به هم مرتبط کرده و شرایط را برای مقایسه فراهم می‌نماید. هدف در این پژوهش بررسی اثرات زیست‌محیطی گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم در بخش زراعی و خشک کردن بادام‌زمینی است. واحد مرجع در این مطالعه تولید یک تن بادام‌زمینی و تولید ۱۰۰۰ مگاژول انرژی است.

**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 می‌شوند.

**ورودی‌های سامانه:** در این مطالعه میزان مصرف سوخت گازوئیل برای تولید بادام‌زمینی و خشک کردن آن و همچنین مصرف کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نظر گرفته شده است که در جدول ۱ سوخت گازوئیل مصرفی برای تولید بادام‌زمینی و همچنین خشک کردن آن به تفکیک عملیات ارائه شده است. میانگین عملکرد بادام‌زمینی در این منطقه در جدول ۲ مشخص گردیده است. پوست بادام‌زمینی با تقریبی برابر ۲۵ درصد وزن بادام‌زمینی در نظر گرفته شد (Fasina, 2008) و مصرف نیتروژن در قالب کود اوره نیز در جدول ۳ ذکر گردیده است. میزان نیتروژن ۴۶ درصد کود اوره مصرفی در نظر گرفته شد (Erdal et al., 2007). همچنین لازم به ذکر است که به دلیل شرایط مساعد از لحاظ بارش‌های جوی در این منطقه از آب برای آبیاری استفاده نمی‌شود. در جدول ۳ میزان مصرف چهار نهاده

تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در سوئیس (Charles et al., 2006)، گندم و ذرت (*Zea mays* L.) در چین (Wang et al., 2007)، نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در استرالیا، ذرت در آمریکا، چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در انگلیس (Renouf et al., 2008)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.) در شیلی (Iriarte et al., 2010) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در یونان (Abeliotis et al., 2013) اشاره کرد. در ایران تحقیقی بر اساس ارزیابی چرخه حیات برای تعیین اثرات زیست‌محیطی تولید گندم در گرگان صورت گرفته است که نتایج نشان داد تولید محصول در آن منطقه دارای اثرات زیست‌محیطی قابل توجهی از نظر تخلیه انرژی غیرتجدیدشونده، اوتریفیکاسیون، اکسیداسیون فتوشیمیایی و اسیدیته است و از این نظر فاصله معنی‌داری با کشورهای اروپایی (حد مطلوب) دارد (Soltani et al., 2010). تحقیقات دیگری برای تعیین اثرات زیست‌محیطی تولید ذرت دانه‌ای و چغندر قند در خراسان جنوبی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات صورت گرفته است (Mirhaji et al., Khorramdel, 2011). در تحقیقی نیز اثرات زیست‌محیطی تولید گندم در مرودشت در قالب چهار گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی و تخلیه منابع فسیلی بررسی شد. نتایج مشخص نمود که در میان اثرات مورد مطالعه، اوتریفیکاسیون خشکی بیشترین پتانسیل آسیب به محیط زیست را داشت (Mirhaji et al., 2013). از آنجا که تاکنون تحقیقی جامع در رابطه با آثار زیست‌محیطی تولید بادام‌زمینی در ایران انجام نشده است، هدف از این مطالعه بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید بادام‌زمینی در استان گیلان با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات و ارائه راهبردهایی در زمینه کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید بادام‌زمینی در این منطقه است.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شهرستان آستانه اشرفیه واقع در شرق استان گیلان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه و با ارتفاع متوسط سه متر از سطح دریا بود. برای تعیین افراد نمونه از فرمول کوکران (Snedecor & Cochran, 1989) استفاده شده است که بر این اساس طبق معادلات (۱) و (۲) تعداد افراد نمونه ۱۳۰ نفر تعیین شد.

برابر  $۲۲/۲ \times ۱۰^{-۳}$  و  $۴ \times ۱۰^{-۳}$  کیلوگرم است (Dehghani, 2007).

### میزان انتشار انواع ترکیبات نیتروژنه از اوره

نزدیک به ۹۰ درصد میزان جهانی تصعید آمونیاک مربوط به بخش کشاورزی است (Brentrup et al., 2000). نیتروژن مصرفی برای تولید بادام زمینی در منطقه از منبع کود اوره بود. این در حالی است که استفاده سرک از اوره دارای بیشترین پتانسیل تصعید آمونیاک است (Yan et al., 2003). فاکتور انتشار آمونیاک از اوره در این مطالعه به علت عدم وجود بررسی های لازم، برابر متوسط اروپا و آمریکا در نظر گرفته شد. بر این اساس حدود ۱۷ درصد از کل نیتروژن مصرفی در قالب کود معدنی اوره به صورت  $NH_3-N$  تصعید می شود (Goebes et al., 2003; Brentrup et al., 2000; )

سوخت دیزل، کود نیتروژن، کود فسفر و کود پتاسیم به ازای تولید یک تن بادام زمینی و تولید ۱۰۰۰ مگاژول انرژی آورده شده است.

**خروجی های سامانه:** از آن جا که میزان انتشار بسته به نوع خاک، آب و هوا و سامانه مدیریت مزرعه متفاوت است. بنابراین به جای اندازه گیری ها، روش های سازمان یافته برای تخمین میزان متوسط انتشار به کار می رود که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Brentrup et al., 2000).

**انتشار آلاینده ها ناشی از مصرف گازوئیل:** میزان انتشار مهم ترین گازهای گلخانه ای شامل  $CH_4$ ،  $CO_2$ ،  $N_2O$  از سوختن هر لیتر گازوئیل طبق مطالعات صورت گرفته (Tzilivakis et al., 2005) برابر  $۲/۷۳$  کیلوگرم دی اکسید کربن،  $۱۸/۱ \times ۱۰^{-۶}$  کیلوگرم اکسید نیتروژن و  $۱۷۳ \times ۱۰^{-۶}$  کیلوگرم متان است و میزان انتشار آلاینده های  $SO_2$  و  $NO_x$  به ازای سوختن هر لیتر گازوئیل به ترتیب

جدول ۱- میانگین میزان مصرف سوخت به تفکیک نوع عملیات مورد استفاده برای تولید بادام زمینی در استان گیلان

Table 1- The average fuel consumption for different operations for peanut production in Guilan province, Iran

میزان مصرف سوخت (لیتر در هکتار) Diesel consumption (L.ha <sup>-1</sup> )	نوع عملیات Operation
28.34	شخم Plowing
21.82	دیسک (دو بار) Disc (twice)
14.38	رتیواتور Rotary tiller
8.52	کاشت Planting
14.54	وجین (دو تا سه بار) Weeding (two or three times)
6.80	حمل و نقل Transporting
78.75	خشک کردن Drying

جدول ۲- عملکرد بادام زمینی و انرژی حاصل از آن در یک هکتار

Table 2 -Peanut yield and energy production from one hectare

نوع محصول Yield type	انرژی معادل (MJ.kg <sup>-1</sup> ) Energy equivalent (MJ.kg <sup>-1</sup> )	عملکرد (kg.ha <sup>-1</sup> ) Yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	انرژی خروجی (MJ.kg <sup>-1</sup> ) Energy output (MJ.kg <sup>-1</sup> )
دانه بادام زمینی Peanut seed	25 (Ozkan et al., 2004)	2505.01	62625.25
پوست بادام زمینی Peanut hull	19.93 (Fasina, 2008)	835	16641.55

جدول ۳- میزان مصرف نیتروژن، فسفات، پتاسیم و سوخت گازوئیل برای تولید یک تن بادام‌زمینی و ۱۰۰۰ مگاژول انرژی

Table 3- The amount of nitrogen, phosphorus, potassium and diesel fuel required for one-ton production of peanut and generation of 1000 MJ energy

منابع Sources	میزان مصرف (واحد بر تن) Consumption rate (unit per ton)	میزان مصرف (واحد بر ۱۰۰۰ مگاژول انرژی تولیدی) Consumption rate (unit per 1000 MJ)
سوخت دیزل Diesel fuel	51.84 lit/1000 kg	2.18 lit/1000 MJ
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	14.49 kg/1000 kg	0.61 kg/1000 MJ
فسفر (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Phosphorus (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	6.80 kg/1000kg	0.29 kg/1000 MJ
پتاسیم (K <sub>2</sub> O) Potassium (K <sub>2</sub> O)	6.28 kg/1000 kg	0.26 kg/1000 MJ

هر گروه تأثیر  $i$ ، با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد.

$$ICI_i = \sum_j [(E_j \text{ or } R_j) \times CF_{i,j}] \quad \text{معادله (۳)}$$

$E_j$  یا  $R_j$ : انتشار ترکیب  $j$  از مصرف منبع  $j$  بر هر واحد کارکردی،  $CF_{i,j}$  فاکتور طبقه‌بندی برای ترکیب  $j$  سهمیم در گروه تأثیر  $i$  است. فاکتور طبقه‌بندی در هر گروه تأثیر نشان‌دهنده پتانسیل آن ترکیب در ایجاد اثر مربوطه است. کارایی هر ترکیب در جدول ۵ آورده شده است.

**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 (Brentrup et al., 2004a). فاکتور نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر مختلف در جدول ۶ ارائه شده است.

**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. فاکتورهای وزن‌دهی گروه‌های تأثیر در جدول ۶ آورده شده است.

**شاخص زیست‌محیطی<sup>۲</sup>:** هر چه شاخص‌های زیست‌محیطی بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده پتانسیل بیشتر در آسیب به محیط زیست است، با ضرب کردن نتایج نرمال‌سازی هر گروه تأثیر در فاکتور وزن‌دهی مربوطه و سپس جمع آن‌ها شاخص زیست‌محیطی برای یک محصول یا سامانه خاص طبق معادله (۴) به دست می‌آید.

$$EcoX = \sum_i [N_i \times WF_i] \quad \text{معادله (۴)}$$

انتشار  $N_2O$  از میزان نیتروژن خاک تبعیت می‌کند و همین‌طور به تعامل بین رطوبت خاک و در دسترس بودن نیتروژن خاک بستگی دارد (Snyder et al., 2009). بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC)<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۶، یک درصد از کل نیتروژن کود نیتروژنه مصرف‌شده در هکتار به صورت  $N_2O$  انتشار می‌یابد (Snyder et al., 2009). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد میزان انتشار  $NO_x$  به اتمسفر برابر ۱۰ درصد میزان  $N_2O$  است (Gasol et al., 2007). میزان ترکیبات انتشار یافته در تولید بادام‌زمینی در این منطقه در جدول ۴ ارائه شده است.

### ارزیابی اثرات

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

### طبقه‌بندی

در این مرحله هرکدام از مقادیر انتشار یافته به محیط زیست و همین‌طور منابع استفاده‌شده 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 موثر در آن قرار داده می‌شود. 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 هر گروه تأثیر محاسبه شود. شاخص

مشکلات مربوط به تخلیه منابع اساساً با مشکلات سایر گروه‌های تأثیر متفاوت است، گروه‌های تأثیر به صورت مستقیم بر روی سلامتی طبیعت و انسان اثر می‌گذارند، ولی تخلیه منابع برای تولید آینده خطرناک است.

EcoX: شاخص زیست‌محیطی در واحد کارکردی برای اثرات زیست‌محیطی،  $N_i$ : نتایج نرمال‌سازی برای گروه تأثیر  $i$  در هر واحد کارکردی و  $WF_i$ : فاکتور وزن‌دهی برای هر گروه تأثیر  $i$  است. معادله (۵) نیز شاخص تخلیه منابع را بیان می‌کند.

$$RDI = \sum_i (N_i \times WF_i) \quad (5)$$

RDI: شاخص تخلیه منابع برای هر واحد کارکردی است.

جدول ۴- خروجی‌های تولید یک تن بادام زمینی و ۱۰۰۰ مگاژول انرژی

Table 4- Outputs to one-ton production of peanut and generation of 1000 MJ energy

منبع انتشار Emission source	میزان انتشار (کیلوگرم به ازای تولید ۱۰۰۰ مگاژول انرژی) The amount of emission (kg per 1000 MJ energy production)	میزان انتشار (کیلوگرم به ازای تولید یک تن بادام زمینی) The amount of emission (kg per 1000 kg Peanut)	ترکیبات انتشار یافته Emission compounds
کود اوره Urea fertilizer	0.12	2.97	NH <sub>3</sub>
کود اوره Urea fertilizer	0.0189	0.44896	N <sub>2</sub> O
سوخت دیزل Diesel fuel	0.000039	0.00094	N <sub>2</sub> O
کود اوره Urea fertilizer	0.00189	0.044896	NO <sub>x</sub>
سوخت دیزل Diesel fuel	0.048	1.15	NO <sub>x</sub>
سوخت دیزل Diesel fuel	5.95	141.52	CO <sub>2</sub>
سوخت دیزل Diesel fuel	0.000377	0.0090	CH <sub>4</sub>
سوخت دیزل Diesel fuel	0.0087	0.21	SO <sub>2</sub>

جدول ۵- طبقه‌بندی اثرات

Table 5- Classification of impacts

منبع Reference	کارایی هر ترکیب Potential of compounds	ترکیبات Compounds	گروه تأثیر (واحد) Impact category (unit)
(Snyder et al., 2009)	CO <sub>2</sub> =1, CH <sub>4</sub> =21, N <sub>2</sub> O=310	CH <sub>4</sub> و CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	گرمایش جهانی (kg CO <sub>2</sub> eq) Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq)
(Brentrup et al., 2004a)	SO <sub>2</sub> =1.2, NO <sub>x</sub> =0.5, NH <sub>3</sub> =1.6	NH <sub>3</sub> و SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	اسیدیته (kg SO <sub>2</sub> eq) Acidification (kg SO <sub>2</sub> eq)
(Brentrup et al., 2004a)	NH <sub>3</sub> =4.4, NO <sub>x</sub> =1.2	NH <sub>3</sub> و NO <sub>x</sub>	اوتروفیکاسیون خشکی (kg NO <sub>x</sub> eq) Terrestrial eutrophication (kg NO <sub>x</sub> eq)
(Brentrup et al., 2004a)	42.86	مصرف سوخت دیزل Diesel fuel consumption	تخلیه منابع فسیلی (MJ) Depletion of fossil resources (MJ)
(Brentrup et al., 2004a)	0.25	مصرف فسفات Phosphate consumption	تخلیه منابع فسفات (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> eq) Depletion of phosphate sources (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> eq)
(Brentrup et al., 2004a)	0.105	مصرف پتاسیم Potash consumption	تخلیه منابع پتاسیم (kg K <sub>2</sub> O eq) Depletion of potash sources (kg K <sub>2</sub> O eq)

جدول ۶- فاکتورهای وزن‌دهی و نرمال‌سازی

Table 6- Weighting and normalization factors

منبع Reference	فاکتور وزن‌دهی Weighting factor	فاکتور نرمال‌سازی (واحد) Normalization factor (unit)	گروه تأثیر Impact category
(Mirhaji et al., 2013)	1.05	8143 (kg CO <sub>2</sub> eq)	گرمایش جهانی Global warming
(Mirhaji et al., 2013)	1.8	52 (kg SO <sub>2</sub> eq)	اسیدیته Acidification
(Mirhaji et al., 2013)	1.4	63 (kg NO <sub>x</sub> eq)	اوتریفیکاسیون خشکی Terrestrial eutrophication
(Mirhaji et al., 2013)	1.14	39167 (MJ)	تخلیه منابع فسیلی Depletion of fossil resources
(Brentrup et al., 2004a)	1.20	7.66 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> eq)	تخلیه منابع فسفات Depletion of phosphate source
(Brentrup et al., 2004a)	0.30	8.14 (kg K <sub>2</sub> O eq)	تخلیه منابع پتاسیم Depletion of potash source

## نتایج و بحث

چغندرقد در مرودشت گرمایش جهانی برای تولید یک تن چغندرقد برابر ۲۲/۹ kg CO<sub>2</sub>eq محاسبه شد (Mirhaji et al., 2012). این شاخص برای تولید گندم در سوئیس ۳۸۱ kg CO<sub>2</sub>eq به دست آمد (Charles et al., 2006) و همچنین برای تولید گندم در مرودشت ۲۶۲/۰۹ kg CO<sub>2</sub>eq محاسبه شد (Mirhaji et al., 2013). نتایج بیانگر پتانسیل گرمایش جهانی نسبتاً زیاد تولید بادام‌زمینی در استان گیلان در مقایسه با این محصولات است که از دلایل این امر، مصرف نسبتاً زیاد سوخت دیزل برای تولید بادام‌زمینی در منطقه است.

شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر اسیدیته در این مطالعه kg SO<sub>2</sub>eq ۵/۶۰ محاسبه شد. در تحقیق روی تولید گندم این شاخص ۴ kg SO<sub>2</sub>eq به دست آمد (Wang et al., 2007) و شاخص طبقه‌بندی اسیدیته برای تولید گندم در گرگان ۶/۷۴ kg SO<sub>2</sub>eq به دست آمد (Soltani et al., 2010). شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر اسیدیته برای تولید کلزا و آفتابگردان در شیلی به ترتیب ۱۹ و ۲۳ kg SO<sub>2</sub>eq محاسبه شد (Iriarte et al., 2010).

شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر اوتریفیکاسیون خشکی برای تولید یک تن بادام‌زمینی ۱۴/۲۱ kg NO<sub>x</sub>eq محاسبه شد، شاخص طبقه‌بندی اوتریفیکاسیون برای تولید کلزا و آفتابگردان در شیلی به ترتیب ۷/۲ و ۹ kg PO<sub>4</sub>eq محاسبه شد (Iriarte et al., 2010).

در این مطالعه برای تخلیه منابع فسیلی مصرف سوخت گازوئیل برای تولید و خشک کردن بادام‌زمینی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد برای تولید و خشک کردن یک تن بادام‌زمینی در استان گیلان ۵۱/۸۴ لیتر گازوئیل مصرف می‌شود که سهم بخش تولید ۲۸/۱۴ لیتر است. نتایج تحقیقات دیگر نشان داد برای تولید یک تن کلزا در ترکیه ۲۵/۶۳ لیتر گازوئیل (Unakitan et al., 2010)، یک تن برنج در استان گیلان ۲۵/۰۸ لیتر سوخت دیزل (Pishgar-Komleh et al., 2011)، استفاده می‌شود که در این موارد سوخت مصرفی کمتری برای تولید یک واحد از محصول مصرف شده است. در مطالعه دیگری در کردکوی، میزان مصرف گازوئیل برای تولید یک تن سویا ۸۷/۷۸ لیتر به دست آمد (Ramedani et al., 2011) که از میزان مصرف سوخت برای تولید یک تن بادام‌زمینی بیشتر است. میزان مصرف کود فسفره برای تولید یک تن محصول در این مطالعه از میزان مصرف تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در ترکیه (Yilmaz et al., 2005) و جو (*Hordeum vulgare* L.) در همدان (Mobtaker et al., 2010) کم‌تر است.

شاخص‌های طبقه‌بندی گروه‌های تأثیر به ازای تولید یک تن بادام‌زمینی در جدول ۷ آورده شده است. شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر گرمایش جهانی برای تولید یک تن بادام‌زمینی در استان گیلان ۲۸۱/۱۶ kg CO<sub>2</sub>eq محاسبه شد. شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر گرمایش جهانی در بخش زراعی تولید گندم ۱۱۹/۵ kg CO<sub>2</sub>eq به دست آمد (Wang et al., 2007). در تحقیقی بر روی تولید

جدول ۷- نتایج ارزیابی اثرات برای تولید یک تن بادام زمینی و ۱۰۰۰ مگاژول انرژی

Table 7- The results of impact assessment for producing one-ton peanut and generating 1000 MJ of energy

گروه تأثیر Impact category	شاخص طبقه بندی Characterization index		شاخص نرمال سازی Normalization index		شاخص نهایی Final index	
	t <sup>-1</sup>	1000 MJ <sup>-1</sup>	t <sup>-1</sup>	1000 MJ <sup>-1</sup>	t <sup>-1</sup>	1000 MJ <sup>-1</sup>
گرمايش جهانی Global warming	281.16 (kg CO <sub>2</sub> eq)	11.83 (kg CO <sub>2</sub> eq)	0.034	0.0014	0.036	0.0015
اسیدیته Acidification	5.60 (kg SO <sub>2</sub> eq)	0.24 (kg SO <sub>2</sub> eq)	0.108	0.0045	0.194	0.0082
اوتریفیکاسیون خشکی Terrestrial eutrophication	14.21 (kg NO <sub>x</sub> eq)	0.60 (kg NO <sub>x</sub> eq)	0.225	0.0095	0.316	0.0133
تخلیه منابع فسیلی Depletion of fossil resources	125113.07 (in MJ)	5261.31 (in MJ)	3.19	0.134	3.64	0.153
تخلیه منابع فسفات Depletion of phosphate resources	1.70 (in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.0716 (in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.222	0.0093	0.266	0.0112
تخلیه منابع پتاسیم Depletion of potassium resources	0.6598 (in kg K <sub>2</sub> O)	0.0278 (in kg K <sub>2</sub> O)	0.0811	0.0034	0.0243	0.0010

زیست محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته و اوتریفیکاسیون خشکی برابر ۰/۵۵ به دست آمد. در تحقیق برنترپ و همکاران (Brentrup et al., 2004b) در سامانه تولید گندم با مصرف ۱۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و با در نظر گرفتن چهار اثر زیست محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون و تغییر کاربری زمین شاخص زیست محیطی حدود ۰/۲ به دست آمد. شاخص تخلیه منابع (RDI) نیز برای تولید یک تن بادام زمینی با در نظر گرفتن مصرف گازوئیل، مصرف کود فسفات و مصرف کود پتاسیم برابر ۳/۹۳ محاسبه شد. شاخص های طبقه بندی، نرمال سازی و نهایی برای تولید ۱۰۰۰ مگاژول انرژی در جدول ۷ آورده شده است. در این مطالعه شاخص های نهایی گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم به ترتیب ۰/۰۱۵، ۰/۰۰۸۲، ۰/۰۱۳۳، ۰/۱۵۳، ۰/۰۱۱۲ و ۰/۰۰۱۰ برای تولید ۱۰۰۰ مگاژول انرژی به دست آمد. برداشت بادام زمینی در این منطقه به صورت دستی انجام می گیرد و ۹۲ درصد نیروی کاری برداشت را زنان تشکیل می دهند (Nikkhah et al., 2013). این در حالی است که سوخت زیادی برای آماده سازی زمین، داشت، خشک کردن و حمل و نقل در تولید این محصول در این منطقه مصرف می گردد. علت مصرف بالای سوخت در منطقه را می توان به وجود ماشین های فرسوده در منطقه نسبت داد و از موارد دیگر می توان به عدم تناسب ماشین ها و ادوات مورد استفاده با محصول مورد نظر یعنی بادام زمینی اشاره کرد. لذا پیشنهاد می شود،

شاخص نهایی گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۱۹۴، ۰/۳۱۶، ۳/۶۴، ۰/۲۶۶ و ۰/۰۲۴۳ برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم بادام زمینی به دست آمد که نشان می دهد در تولید یک تن بادام زمینی تخلیه منابع فسیلی دارای اثرات شدیدتر زیست محیطی است و بعد از آن اوتریفیکاسیون خشکی دارای تأثیرات زیست محیطی بیشتری است. در بررسی بر روی سامانه تولید گندم در چین ابتدا تخلیه انرژی با شاخص نهایی ۰/۱۳۹ و سپس اسیدیته با شاخص نهایی ۰/۱۲۶ از اثرات مهم زیست محیطی بودند (Wang et al., 2007). در بررسی برای تولید یک تن چغندر در خراسان جنوبی تخلیه منابع آبی با شاخص نهایی ۰/۰۷۳ نسبت به سایر اثرات دارای کارایی آسیب زیست محیطی بیشتری بود (Mirhaji et al., 2012).

در تحقیقی در مصرف ۱۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ابتدا تغییر کاربری زمین و سپس اسیدیته و اوتریفیکاسیون از مهم ترین اثرات زیست محیطی گزارش شدند (Brentrup et al., 2004b). در تحقیق دیگر بر روی برنج در چین تخلیه منابع آبی و اوتریفیکاسیون آبی مهم ترین اثرات زیست محیطی در تولید اعلام شدند (Wang et al., 2010).

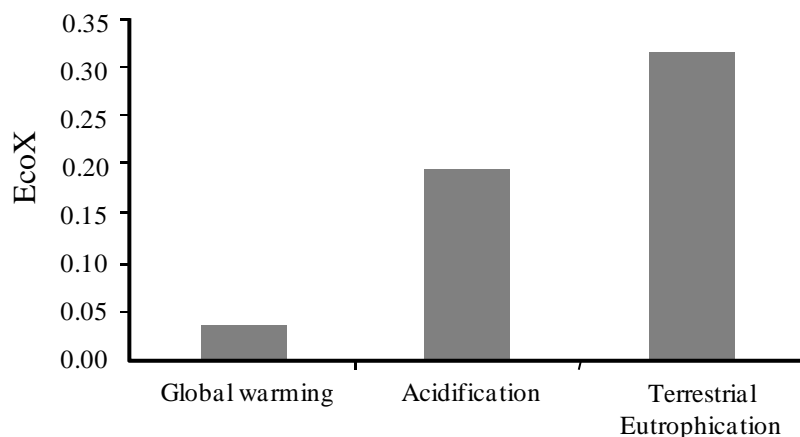
در شکل ۱ شاخص نهایی اثرات زیست محیطی برای تولید یک تن بادام زمینی مشاهده می شود، شاخص زیست محیطی در تولید یک تن بادام زمینی در استان گیلان، با در نظر گرفتن سه اثر

استانداردهای تدوین‌شده اختصاص یابد.

### سیاسگزاری

از دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت از این تحقیق در قالب طرح پژوهشی کد ۲۷۵۰۳ تشکر و قدردانی می‌گردد.

شرایط لازم برای جایگزینی بخشی از ماشین‌های فرسوده با ماشین‌های نو و کارا از نظر مصرف سوخت ایجاد گردد و از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی برای کشت بادام‌زمینی استفاده شود. برای کاهش انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف نیتروژن از کودهای نیتروژن با پتانسیل آلودگی کمتر استفاده شود و اصول صحیح و زمان مناسب کوددهی رعایت گردیده و بخشی از سطح زیر کشت این محصول به کشت ارگانیک مطابق



شکل ۱- شاخص نهایی اثرات زیست‌محیطی EcoX برای تولید یک تن بادام‌زمینی در گیلان

Fig. 1- The environmental index (EcoX) for one-ton production of peanut in Guilan province

### منابع

- Abeliotis, K., Detsis, V., and Pappia, C. 2013. Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. *Journal of Cleaner Production* 41(0): 89-96.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Dehghani, H. 2007. *Guide to Air Quality, Principles of Meteorology and Air Pollution*. Publications of Ghashie. Tehran, Iran 402 pp. (In Persian)
- Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32(1): 35-41.
- Energy the Balance Sheet. 2008. Available at Web site <http://www.moe.gov.ir/>. (In Persian)



- Fasina, O.O. 2008. Physical properties of peanut hull pellets. *Bioresource Technology* 99(5): 1259-1266.
- 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.
- 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.
- Hosseinzadeh-Gashti, A., Esfehiani, M., Asghari, J., Safar Zade Vishkayi, M.N., and Rabiei, B. 2009. Effect of sulfur application on growth indices and yield of (*Arachis hypogaea* L.). *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Isfahan University of Technology* 13: 27-39. (In Persian with English Summary)
- 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(4): 336-345.
- Khorramdel, S. 2011. Evaluation of the potential of carbon sequestration and life cycle assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Laegreid, M., Bockman, O.C., and Kaarstad, O. 1999. *Agriculture, Fertilizers and the Environment*. CABI Publishing, Wallingford, xxiv 294 pp.
- Liang, S., Xu, M., and Zhang, T. 2013. Life cycle assessment of biodiesel production in China. *Bioresource Technology* 129(0): 72-77.
- 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. (In Persian with English Summary)
- 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. (In Persian with English Summary)
- Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137(3-4): 367-372.
- Nikkhah, A., Hamzeh, H., and Emadi, B. 2013. Economic analysis of peanut production under different farm levels in Guilan province. The First National Student Conference of Iranian Agricultural Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29(1): 39-51.
- Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Rafiee, S. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. *Energy* 36(10): 5824-5831.
- Rajabi-Hamedani, S., Keyhani, A., and Alimardani, R. 2011. Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran. *Energy* 36(11): 6345-6351.
- Ramedani, Z., Rafiee, S., and Heidari, M.D. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. *Energy* 36(11): 6340-6344.
- 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.
- Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1989. *Statistical Methods*. Iowa State University Press.
- 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.
- 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. (In Persian with English Summary)

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.

Unakitan, G., Hurma, H., and Yilmaz, F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy* 35(9): 3623-3627.

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.

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(2): 157-161.

Yan, X., Akimoto, H., and Ohara, T. 2003. Estimation of nitrous oxide, nitric oxide and ammonia emissions from croplands in East, Southeast and South Asia. *Global Change Biology* 9(7): 1080-1096.

Yilmaz, I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy* 30(2): 145-155.