مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره هفت، مهر ماه ۱۴۰۲ (۱۰۸-۹۹)

# اثرات محیط‌زیستی تولید سیب زمینی در استان همدان با روش ارزیابی چرخه حیات

**مجید دکامین** [۱*]

dekamin@malayeru.ac.ir

**احسان خدارضایی** [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۱۰

**چکیده**

**زمینه و هدف:** در سال‌های اخیر بحث بر سر پایداری محیط زیستی تولیدات کشاورزی به‌طور گسترده‌ای افزایش‌یافته است. در این راستا اثرات محیط‌زیستی تولید سیب‌زمینی در استان همدان (بزرگ‌ترین تولیدکننده سیب‌زمینی) بررسی شد.

**روش بررسی:** در این مطالعه از روش ارزیابی چرخه حیات برای شناسایی اثرات محیط‌زیستی استفاده شد. اطلاعات در شهرستان نهاوند و سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورز جمع آوری شد. ارزیابی اثر بر اساس روش CML IA انجام شد و اثرات محیط زیستی برای گروه های تاثیر پتانسیل تخلیه منابع سوخت فسیلی، پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل اسیدی شدن،پتانسیل اختناق دریاچه‌ای و پتانسیل سمیت برای انسان مورد بررسی قرار گرفت. واحد عملکردی تولید یک تن سیب زمینی مدنظر قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشـان داد به ازای تولید هر تن سـیب زمینی ۱۷۷۴/۷۵ MJ انرژی مصـرف می‌شـود و معادل ۱۲۵/۵۲ kg $CO_2$، kg ۵/۰۴$SO_2$، ۱/۳۴ kg $PO_4$ و ۶۹/۴ kg1,4-DB آلاینده به محیط وارد می‌شود که به ترتیب در طبقات اثر پتانسیل تخلیه منابع سوخت فسیلی، پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل مغذی شدن دریاچه و پتانسیل سمیت برای انسان نقش دارند.

**بحث و نتیجه‌گیری:** تجزیه و تحلیل نشـان داد فرآیند تولید کودهای شـیمیایی و الکتریسـیته بالاترین نقش را در طبقه اثرهای گرمایش جهانی، تخلیه سوخت‌های فسیلی و سمیت برای انسان داشتند. انتشارات مستقیم از مزرعه به علت انتشار ترکیبات نیتروژن و فسفر ناشی از کودها، بیشترین تأثیر را در مغذی شدن دریاچه و اسیدی شدن داشت.

**واژه‌های کلیدی:** اثرات محیط زیستی، تولید پایدار، سیب زمینی، نهاده کشاورزی، چرخه حیات.

۱- استادیار گروه ژنتیک و تولیدگیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، همدان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشجوی دکتری کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران.

*J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No. 7, October, 2023*

# Investigation of environmental impacts of potato production using life cycle assessment

**Majid Dekamin** [1*]
*dekamin@malayeru.ac.ir*
**Ehsan Khodarezaei** [2]

Admission Date: October 2, 2023 Date Received: September 1, 2023

**Abstract**

**Background and Objective:** In recent years, the debate over the environmental sustainability of agricultural productions is increased widely. In this context, environmental impacts of potato production in the Hamadan province (the largest producer of potatoes in Iran) were studied.

**Material and Methodology:** In this research, life cycle assessment approach was used to identify and reduce environmental impacts. Data were collected by face to face interview with farmers in Nahavand (2020-2021). The CML IA method was selected to impact assessment. The environmental impact were assessed for impact categories including involved the global warming potential, depletion of fossil fuel resources potential, acidification potential, eutrophication potential and human toxicity potential. Producing one ton of potatoes was determined as a functional unit.

**Findings:** The results showed that the production of one-ton potato consumes 1774.75 MJ energy. It emits 125.52 kg $CO_2$eq, 5.04 kg $SO_2$eq, 1.34 kg $PO_4$eq, 69.4 kg 1,4-DBeq that respectively are involved the global warming potential, depletion of fossil fuel resources potential, acidification potential, eutrophication potential and human toxicity potential.

**Discussion and Conclusion:** The analyses revealed that the production of chemical fertilizers and electricity had highest effects on global warming, depletion of fossil fuels and human toxicity. Also, direct emissions from the field because of nitrogen and phosphoric compound in fertilizers had highest effects on eutrophication and acidification.

**Keywords:** Environmental impact, Sustainable production, Potato, Agricultural inputs.

**مقدمه**

ارزیابی چرخه حیات این فرصت را فراهم می‌کند که ارزیابی کاملی از اثرات متنوع روی محیط زیست صورت گیرد و توانایی شنا سایی فر صت‌های منا سب از منظر تو سعه پایدار را ممکن می‌سازد (۱ و ۲). در کشورهای پیشرفته دنیا این روش به‌صورت گسترده‌ای در بخش صنعت و کشاورزی استفاده می‌شود. گزارش‌های متعددی در رابطه با به‌کارگیری روش ارزیابی چرخه حیات در کشاورزی وجود دارد که اثرات محیط زیستی

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Hamadan, Iran. * *(Corresponding Author)*
2- PhD Student of Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

محصولات و نظام‌های کشاورزی را مورد ارزیابی و بررسی قرار داده‌اند (۳، ۴ و ۵).

سیب‌زمینی یکی از محصولات کشاورزی است که بعد از گندم، برنج، جو و ذرت رتبه پنجم را در ایران ازنظر تولید و اهمیت به خود اختصاص داده است (۶). در سال ۲۰۱۳ سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران حدود ۱۹۰۰۰۰ هکتار، تولید کل آن ۵۵۶۰۰۰۰ تن در سال و متوسط عملکرد آن ۲۹ تن در هکتار اعلام شده است. این میزان تولید ایران را در رده سیزدهم تولید سیب‌زمینی جهان قرار داده است (۷). استان همدان با تولید سالانه ۱۰۸۹۷۷۶ تن سیب‌زمینی و متوسط عملکرد ۴۰ تن در هکتار، اولین تولیدکننده سیب‌زمینی در کشور است (۶). مصرف نهاده‌های بیش‌تر برای تولید، منجر به مصرف بیش‌تر انرژی و منابع طبیعی و همچنین انتشار بیش‌تر عناصر غذایی و افزایش اثرات محیط زیستی می‌شود؛ بنابراین نیاز است که اثرات محیط زیستی تولید سیب‌زمینی در بزرگ‌ترین تولیدکننده سیب‌زمینی کشور ارزیابی شود تا بتوانیم به تولید پایدارتر سیب زمینی دست یابیم. هدف این مطالعه، شناسایی نقاط حساس و کلیدی برای فراهم آوردن امکان بهبود کارکرد محیط زیستی نظام کشت رایج سیب‌زمینی در استان همدان است.

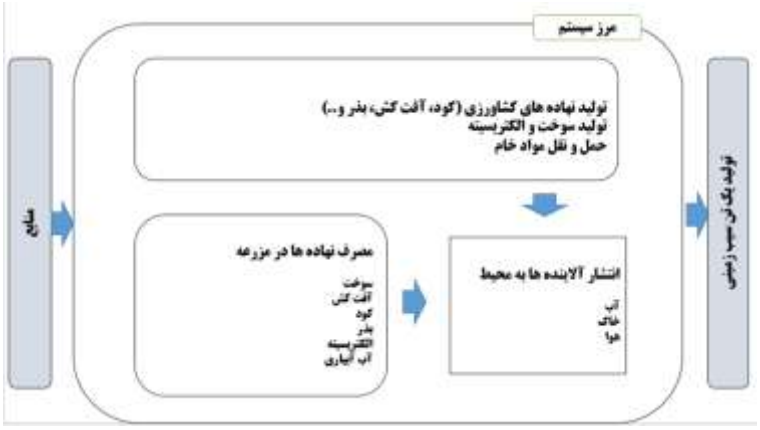
## مواد و روش‌ها

### روش ارزیابی چرخه حیات

در این تحقیق از روش ارزیابی چرخه حیات برای ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید سیب زمینی استفاده شده است. راهنمای ایزو ۱۴۰۴۰ بیان می‌کند که ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله شامل تعریف هدف و حوزه، سیاهه برداری، ارزیابی اثر و نهایتاً مرحله تفسیر است.

### تعریف هدف و حوزه مطالعه، واحد کارکردی و مرز سیستم

هدف این مطالعه، ارزیابی اثرات محیط زیستی کشت سیب‌زمینی به‌منظور شناسایی مراحلی است که بیش‌ترین بار محیط زیستی را در چرخه حیات سیب‌زمینی دارد و ارایه گزینه‌های مناسب برای کاهش اثرات محیط زیستی در سیستم تولید سیب‌زمینی در استان همدان است. یک واحد کارکردی به یک کمیت یا کیفیت از محصول اطلاق می گردد که به عنوان واحد مرجع برای اختصاص بارهای محیط زیستی از آن استفاده می شود. واحد کارکردی مفهومی کلیدی در ارزیابی چرخه حیات است چراکه امکان مقایسه بین محصولات را فراهم می آورد. واحد کارکردی یک مرجع را برای ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط فراهم می‌کند (۸). در مطالعه حاضر واحد کارکردی تولید یک تن سیب‌زمینی تعیین شد.




**شکل ۱- مرز سیستم و نهاده های مرتبط برای تولید یک تن سیب‌زمینی در استان همدان.**

Figure1. System boundaries and relevant inputs of the production of one ton of potato in Hamadan province.

در این مطالعه هدف ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید سیب‌زمینی است بنابراین مرز سیستم در تولید سیب‌زمینی تا «دروازه مزرعه» انتخاب شد در شکل (۱) مرز سیستم به تصویر کشیده شده است.

**سیاهه برداری**

سیاهه برداری برای این مطالعه، بر اساس تولید سالانه این محصولات از طریق مصاحبه و مشاهده مستقیم و اندازه‌گیری نهاده های مصرفی مختلف گردآوری شد. در این مطالعه، اطلاعات نهاده‌های مصرفی، عملکرد محصول و مدیریت مزرعه گردآوری شده است (جدول ۱). داده های کشاورزی در طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ جمع آوری شد. جمع آوری داده ها از طریق مصاحبه رودررو با کشاورزان شهرستان نهاوند به دست آمد.

**جدول ۱- لیست جریان های ورودی و خروجی برای تولید یک هکتار و یک تن سیب‌زمینی در استان همدان- نهاوند.**

Table1.Input and output flows of the production of one ton and one-hectare potato in Hamadan province-Nahavand.

| ورودی‌ها و خروجی‌ها | واحد | به ازای یک هکتار | به ازای یک تن |
|---|---|---|---|
| سوخت دیزل | l | ۲۵۰/۴ | ۰/۰۰۵۹۲ |
| کود نیتروژن | kg | ۸۹۱/۶۵ | ۰/۰۲۱۰۹ |
| سوپرفسفات تریپل | kg | ۵۲۷/۲۸ | ۰/۰۱۲۴۷ |
| کود پتاسیم | kg | ۱۶۸/۳ | ۰/۰۰۳۹۸ |
| ریزمغزی‌ها | kg | ۷ | ۰/۰۰۰۱۶ |
| علف‌کش | kg | ۵ | ۰/۰۰۰۱۱ |
| قارچ‌کش | kg | ۲/۳ | ۰/۰۰۰۰۵ |
| حشره‌کش | kg | ۶/۳ | ۰/۰۰۰۱۴ |
| کود دامی | kg | ۳۱۹۰ | ۰/۷۵۴۸۱ |
| الکتریسیته | kW/h | ۲۲۲۸ | ۰/۰۵۲۷۱ |
| آبیاری | $m^3$ | ۱۱۴۷۵/۵ | ۰/۲۷۱۵۳ |
| غده بذری | kg | ۳۳۷۵ | ۰/۰۷۹۵۸ |
| عملکرد سیب‌زمینی | kg | ۴۲۲۶۲ | ۴۲۲۶۲ |
| انتشار از مزرعه | | | |
| تصعید آمونیاک | kg/ha | ۹۴/۹ | ۰/۰۰۲۲۴ |
| اکسیدهای نیتروژن | kg/ha | ۵/۹ | ۰/۰۰۰۱۳ |
| آبشویی نیتروژن | kg/ha | ۴۲/۸ | ۰/۰۰۱۰۱ |
| انتشار فسفر | kg/ha | ۴۸ | ۰/۰۰۱۱۳ |

در این مطالعه میزان انتشارات ترکیبات نیتروژنه ناشی از مصرف کودها از طریق روش پیشنهادی برنتراپ و همکاران (۹) برآورد شد. $N_2O$ یکی از گازهای گلخانه‌ای است که انتشار میزان کمی از آن تأثیر زیادی در ایجاد اثر گلخانه‌ای دارد. در این مطالعه، انتشار $N_2O$ طبق راهنمای IPCC (۱۰) برآورد گردید. انتشار آفت‌کش‌ها به هوا با استفاده از روش هاوسچیلد و همکاران (۱۱) برآورد گردید. مصرف سوخت دیزل در موتور تراکتور و سایر ماشین‌آلات، منجر به آزاد شدن برخی ترکیبات مضر به هوا می‌شود. فاکتورهای انتشار برای مصرف سوخت دیزل توسط ساحله و پوتینگ(۱۲) ارایه شده است.

**ارزیابی اثر**

در این مرحله اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌گردد. در این مطالعه ارزیابی اثر، بر اساس روش CML IA انجام شد. طبقات اثر مورد مطالعه عبارت‌اند از: پتانسیل تخلیه منابع سوخت فسیلی[1] پتانسیل مغذی شدن دریاچه[2] پتانسیل گرمایش جهانی[3] پتانسیل سمیت برای انسان[4] و پتانسیل اسیدی شدن[5] موردبررسی قرار گرفته است.

**نتایج**

**نتایج طبقه اثرها**

پارامترهای مختلف لحاظ شده در این مطالعه، به تفکیک مورد بحث قرار گرفته‌اند. نتایج هر کدام از طبقه اثرهای مطالعه به ازای واحد کاکردی (یک تن سیب زمینی) ارایه شده است.

**جدول ۲- نتایج طبقه اثرهای مرتبط با تولید یک تن سیب زمینی در استان همدان، نهاوند.**

Table2. Life cycle impacts associated with the production of one ton of potato in Hamedan province, Nahavand.

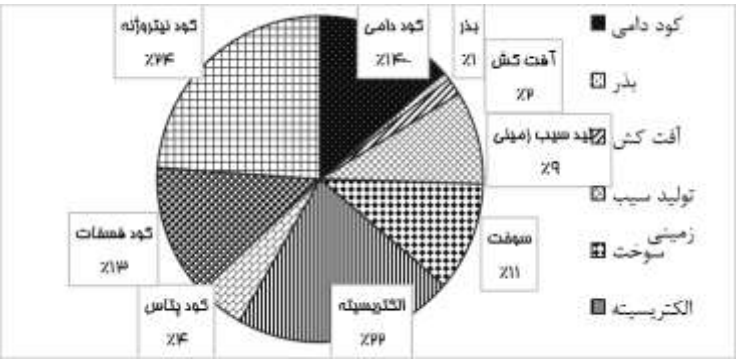
| طبقه‌های اثر | تخلیه سوخت‌های فسیلی | پتانسیل گرمایش جهانی | پتانسیل اسیدی شدن | پتانسیل مغذی شدن دریاچه | سمیت برای انسان |
|---|---|---|---|---|---|
| واحد | MJ | kg $CO_2$ eq | kg $SO_2$ eq | kg $PO_4$ eq | kg 1,4-DB eq |
| کود نیتروژنه | ۷۹۳/۸۰ | ۴۱/۲۹ | ۰/۴۹ | ۰/۰۳ | ۱۳/۷۵ |
| کود فسفات | ۲۹۰/۱۵ | ۲۲/۸۷ | ۰/۳۰ | ۰/۰۹ | ۱۰/۹۴ |
| کود پتاس | ۹۷/۰۱ | ۸/۱۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۲/۶۹ |
| الکتریسیته | ۶۰۹/۱۹ | ۳۷/۹۷ | ۰/۳۸ | ۰ | ۱۰/۴۵ |
| سوخت دیزل | ۲۵۲/۵۳ | ۱۸/۶۹ | ۰/۲۰ | ۰/۰۴ | ۱۶/۳۷ |
| سیب زمینی | x | ۱۶ | ۳/۷۱ | ۱/۱۷ | ۱۰/۸۳ |
| آفت کش | ۵۱/۰۷ | ۳/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۵/۰۳ |
| بذر | ۶/۱۹ | ۱/۲۹ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۳۳ |
| کود دامی | -۳۲۵/۱۹ | -۲۳/۸۰ | -۰/۱۵ | -۰/۰۳ | -۰/۹۹ |
| کل | ۱۷۷۴/۷۵ | ۱۲۵/۵۲ | ۵/۰۴ | ۱/۳۴ | ۶۹/۴ |

**گرمایش جهانی**

در شکل(۲)، سهم بخش‌های مختلف درگیر در تولید سیب‌زمینی، بر اساس دی‌اکسید کربن تولید شده به ازای واحد کارکردی در نظر گرفته‌شده (یک تن سیب‌زمینی) به تصویر کشیده است. به‌طوری‌که کودهای نیتروژنه (بیش از ۲۴٪)، کودهای فسفات (در حدود ۱۳٪) و کود پتاس (در حدود ۴٪) روی‌هم‌رفته، بیش از ۴۰٪ در طبقه اثر گرمایش جهانی سهم دا شتند. بعد از کودها فرایند تولید الکتریسیته بیش از ۲۰٪ در این طبقه اثر سهم دا شته ا ست. ا ستفاده از کود دامی به علت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌واسطه افزایش ماده آلی در مزرعه توانسته است منجر به کاهش اثر گرمایش جهانی شود. Pishgar-Komleh و همکاران (۱۳) گزارش دادند کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید

1- Potential Abiotic Depletion
2- Eutrophication Potential
3- Global Warming Potential
4- Human Toxicity Potential
5- Acidification

سیب‌زمینی دا شتند. در تحقیق حا ضر نیز، کودهای شیمیایی بی شترین سهم را در تولید گازهای گلخانه‌ای دا شتند و پس از آن الکتریسیته بالاترین تأثیر را داشت. تولید سیب‌زمینی آب زیادی را نیاز دارد بنابراین به دنبال آن الکتریسیته بیشتری برای پمپ کردن آب مصرف می‌شود. Esmaielpour و همکاران (۱۴) در مطالعه اثرات محیط زیستی تولید سیب زمینی ایران، مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در سطوح کودی ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن را /۵۰۹/۸۷ کیلوگرم دی اکسید کربن تخمین زدند.




**شکل ۲- سهم هر یک از ورودی‌ها در ایجاد طبقه اثر پتانسیل گرمایش جهانی**

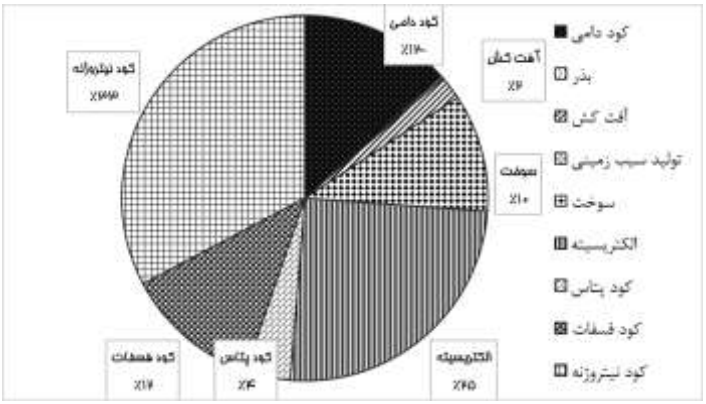
Figure 2. The contribution of each class of inputs in global warming potential impact category.

مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی همدان، ۵۳۰۴ kg $CO_2$eq. $ha^{-1}$ در هکتار بود اما این مقدار به ازای تولید هرتن سیب‌زمینی معادل ۱۲۵ کیلوگرم برآورد شد. ملاحظه می‌شود تولید یک تن سیب‌زمینی همدان در مقایسه با محصولات مذکور، گاز گلخانه‌ای کم‌تری تولید می‌کند. علت این امر، عملکرد بالای سیب‌زمینی در همدان است که منجر به کاهش اثرات محیط زیستی در واحد وزن محصول می‌شود.

**تخلیه سوخت‌های فسیلی**

فرایندها و نهاده‌های سهیم در طبقه اثر تخلیه سوخت‌های فسیلی در شکل ۳ نشان داده‌شده است. در این طبقه اثر فرایند تولید کود شیمیایی نیتروژنه بیش‌ترین سهم (بیش از ۳۳٪) را در طبقه اثر تخلیه سوخت‌های فسیلی به خود اختصاص داده است. در طبقه اثر تخلیه سوخت‌های فسیلی نیز، پس از کودهای شیمیایی، تولید الکتریسیته بیش‌ترین سهم را در ایجاد اثر داشت.

مقدار تخلیه سوخت‌های فسیلی در همدان به ازای تولید هرتن سیب‌زمینی معادل MJ ۱۷۷۴/۷۵ و برای هر هکتار MJ ۷۵۰۰۴ برآورد شد. در مطالعه مشابهی Knudsen و همکاران (۱۵) نشان دادند تولید سویای رایج و ارگانیک در چین منجر به مصرف MJ ۱۷۱۰ و MJ ۷۳۳ انرژی تجدید ناپذیر به ازای هر تن سویا می شود. می‌توان از طریق ا صلاح فرایندهای کا شت و دا شت و برداشت که مصرف‌کننده انرژی الکتریسیته و گازوئیل هستند از بارهای محیط زیستی کاست. استفاده از روش‌های کم خاک‌ورزی در ک شت سیب‌زمینی همدان می‌تواند باعث افزایش ماده آلی خاک و کاهش مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن شود.

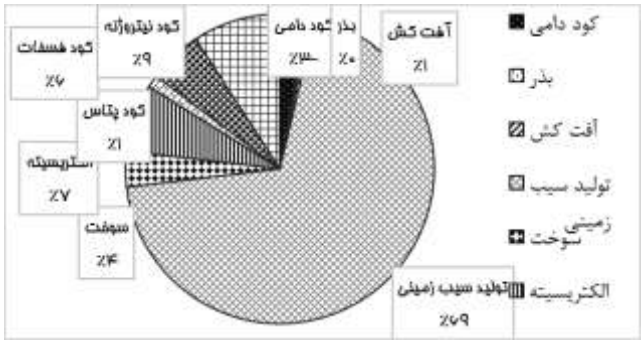



**شکل ۳- سهم هرکدام از ورودی‌ها در ایجاد طبقه اثر تخلیه سوخت‌های فسیلی**

Figure 3. The contribution of each class of inputs indepletion of fossil fuel resources impact category

**اسیدی شدن**

همان‌طور که در شکل (۴) دیده می‌شود، فرایند تولید سیب‌زمینی در مزرعه (با سهم حدود ۷۰٪) بیشترین اثرات را در طبقه اثر اسیدی شدن به خود اختصاص داده است. در این طبقه اثر فرایند تولید الکتریسیته (با سهم حدود ۷٪) در رده دوم ازنظر انتشار آلاینده‌های اسیدی شدن قرار دارد.



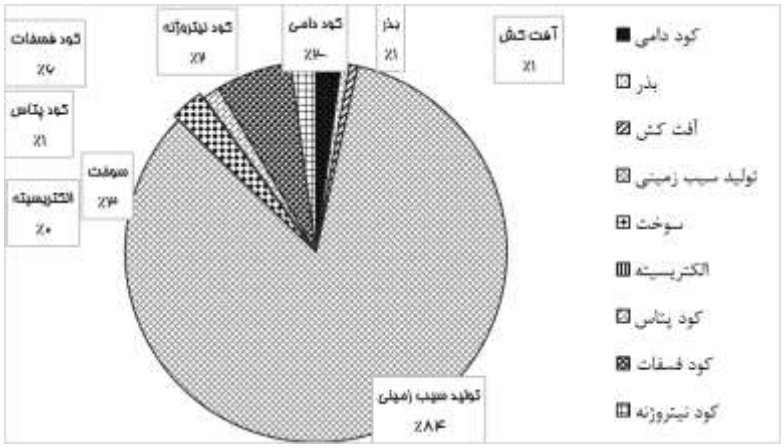

**شکل ۴- سهم هرکدام از ورودی‌ها در طبقه اثر اسیدی شدن**

Figure 4. The contribution of each class of inputs in acidification impact category

تولید یک تن سیب‌زمینی در همدان منجر به ورود ۵ کیلوگرم معادل $SO_2$ به هوا می‌شود که دارای اثرات اسیدی شدن است. انتشارات مستقیم از مزرعه عامل اصلی اثرات اسیدی شدن در تولید سیب‌زمینی در همدان است. Wang و همکاران (۱۶) اثرات محیط زیستی تولید بیواتانول از سیب‌زمینی را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد در مرحله تولید مزرعه‌ای سیب‌زمینی در طبقه اثر پتانسیل اسیدی شدن، انتشارات مستقیم از مزرعه بیش‌ترین سهم را دارد.

**مغذی شدن دریاچه**

درصد سهم نهاده‌ها و عملیات مختلف در طبقه اثر مغذی شدن دریاچه در شکل ۵ نشان داده شده است. در طبقه اثر مغذی شدن دریاچه، فرایند تولید سیب‌زمینی بیشترین معادل فسفات (۱/۷Kg $PO_4$ eq) را به محیط منتشر می‌کند. فسفر انتشاریافته حاصل از مصرف کودهای شیمیایی بیش‌ترین تأثیر (در حدود ۷۳٪) را در این طبقه اثر به خود اختصاص داده است. همچنین انتشار نیترات از طریق آبشویی کودها نیز با ۲۶٪ بیشترین اثرگذاری را نشان داده است.




**شکل ۵- سهم هر کدام از ورودی‌ها در ایجاد طبقه اثر مغذی شدن دریاچه**

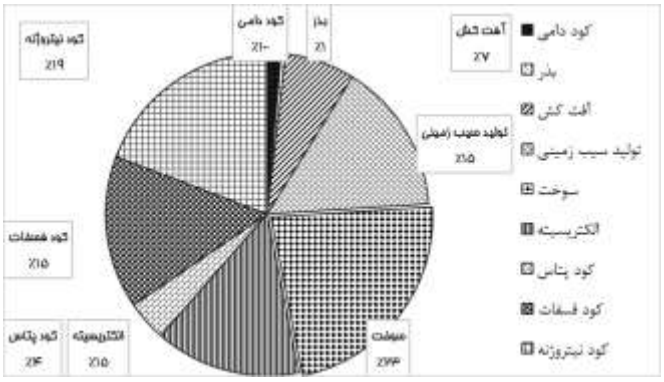
Figure 5. The contribution of each class of inputs in eutrophication impact category

Khoshnevisan و همکاران (۱۷) مقدار پتانسیل مغذی شدن دریاچه در تولید سیب زمینی در استان اصفهان را به طور متوسط ۲/۸ کیلوگرم فسفات به از هرتن سیب زمینی براورد کردند. این شاخص در تولید سیب زمینی همدان ۱/۷ کیلوگرم معادل فسفات بدست آمد. عملکرد بالاتر سیب زمینی در همدان دلیل کم‌تر بودن پتانسیل مغذی شدن دریاچه است.

انتشارهای مواد مغذی اثرات واضحی بر روی تغییر اقلیم، اسیدی شدن و سرشارسازی در هر نوع زمین کشاورزی دارند. بر همین اساس، راه‌حل کلی برای کاهش اثرات محیط زیستی در مناطق کشاورزی مدیریت تمام فرایندهایی است که در عملیات پخش کود و آفت‌کش‌های شیمیایی تأثیر مستقیم دارند. کاهش انتشارات ناشی از مصرف کودها مهم‌ترین عامل برای کاهش اثرات مغذی شدن دریاچه و اسیدی است (۱۷و ۱۸و ۱۹ و ۲۰).

**سمیت برای انسان**

طبقه اثر سمیت برای انسان بر اساس انتشار معادل کیلوگرم 1,4-dichlorobenzene به محیط بیان می‌شود. تولید سوخت با ۲۳٪، تولید کود نیتروژنه ۱۹٪ و انتشارت مستقیم ناشی از تولید سیب‌زمینی با ۱۵٪، بیش‌ترین سهم را در ایجاد سمیت برای انسان داشتند. (شکل ۶). تولید آفت‌کش‌ها به‌عنوان فرایند بالادستی با توجه به میزان کم آن از نظر کمی (۵ کیلوگرم 1,4-dichlorobenzene) نقش کمی در سمیت برای انسان داشته است. این در حالی است که انتشارات حاصل از مصرف این نهاده اثرات خود را در فرایند تولید سیب‌زمینی نشان داده است.




**شکل ۶- سهم ورودی‌ها در ایجاد طبقه اثر سمیت برای انسان در تولید یک تن سیب‌زمینی استان همدان.**

Figure 6. The contribution of each class of inputs in human toxicity impact category.

مقدار اثر سمیت برای یک تن تولید سیب‌زمینی در همدان، معادل ۶۹ کیلوگرم 1,4-dichlorobenzene برآورد شد و تولید کودهای شیمیایی و سوخت بالاترین اثر را در ایجاد آن داشتند. به‌طور کلی کاهش مصرف سوخت‌های شیمیایی و استفاده از کودهای آلی می‌تواند از مقدار اثر سمیت برای انسان در تولید سیب‌زمینی بکاهد.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثرات محیط‌زیستی تولید سیب‌زمینی در استان همدان با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات انجام شد. نتایج نشان داد تولید سیب‌زمینی در همدان به دلیل عملکرد زیاد، به ازای واحد هرتن محصول اثرات محیط‌زیستی کمتری نسبت به اکثر محصولات زراعی و باغی ایجاد می‌کرد. فرآیند تولید کودهای شیمیایی و الکتریسیته بالاترین نقش را در طبقه اثرهای گرمایش جهانی، تخلیه سوخت‌های فسیلی و سمیت برای انسان داشتند. انتشارات مستقیم از مزرعه به علت انتشار ترکیبات نیتروژن و فسفر ناشی از کودها، بیش‌ترین تأثیر را در مغذی شدن دریاچه و اسیدی شدن داشت. بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی، استفاده بیشتر از کودهای آلی، نوسازی و افزایش کارایی سیستم‌های آبیاری و تناوب لگوم‌ها از راهکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات محیط زیستی در سیستم تولید سیب‌زمینی در همدان است.

## تشکر و قدردانی

از تمامی کشاورزانی که در فراهم آمدن داده های این پژوهش همکاری کردند، کمال تشکر را داریم. هزینه های مرتبط با این پژوهش از گرنت پژوهشی اعطائی دانشگاه ملایر به شماره قرارداد ۳۶۹-۹/۸۴ تأمین شده است.

## References

1. Sanjuan-Delmás, D., Llorach-Massana, P., Nadal, A., Ercilla-Montserrat, M., Muñoz, P., Montero, J.I., Josa, A., Gabarrell, X. and Rieradevall, J., 2018. Environmental assessment of an integrated rooftop greenhouse for food production in cities. Journal of Cleaner Production, 177, pp.326-337.
2. Afshar, R.K. and Dekamin, M., 2022. Sustainability assessment of corn production in conventional and conservation tillage systems. Journal of Cleaner Production, 351, p.131508.
3. Dekamin, M., Kheiralipour, K. and Afshar, R.K., 2022. Energy, economic, and environmental assessment of coriander seed production using material flow cost accounting and life cycle assessment. Environmental Science and Pollution Research, 29(55), pp.83469-83482.
4. Esmaeilpour, B., Khorramdel, S., Amin Ghafuri, A., 2015. Environmental impact of production systems potatoes in Iran based on nitrogen fertilizer use life cycle assessment. Volume VIII, pp. 224-199.
5. Pineda, I.T., Lee, Y.D., Kim, Y.S., Lee, S.M. and Park, K.S., 2021. Review of inventory data in life cycle assessment applied in production of fresh tomato in greenhouse. Journal of Cleaner Production, 282, p.124395.
6. Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H. and Rajaeifar, M.A., 2014. Application of artificial neural networks for prediction of output energy and GHG emissions in potato production in Iran. Agricultural Systems, 123, pp.120-127.
7. Food and Agricultural Organization (FAO)., 2021. http://www.fao.org
8. ISO., 2006a. 14040 international standards. Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.

9. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J., 2004. 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), pp. 247-264.
10. IPCC., 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), Prepared by the NationalGreenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
11. Hauschild, M., 2000. Estimating pesticide emissions for LCA of agricultural products. Agricultural data for life cycle assessments, 70.
12. Sahle, A., Potting, J., 2013. Environmental life cycle assessment of Ethiopian rosecultivation. Science of the Total Environment 443, pp. 163–172.
13. Pishgar-Komleh, S. H., Ghahderijani, M., Sefeedpari, P., 2012. Energy consumption and CO2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner production, 33, pp. 183-191.
14. Esmaeilpour, B., Khorramdel, S., Amin Ghafuri, A., 2015. Environmental impact of production systems potatoes in Iran based on nitrogen fertilizer use life cycle assessment. Volume VIII, pp. 224-199.
15. Knudsen, M. T., Yu-Hui, Q., Yan, L., Halberg, N., 2010. Environmental assessment of organic soybean (Glycine max) imported from China to Denmark: a case study. Journal of Cleaner Production, 1814), pp. 1431-1439.
16. Wang, M., Shi, Y., Xia, X., Li, D., Chen, Q., 2013. Life-cycle energy efficiency and environmental impacts of bioethanol production from sweet potato. Bioresource technology, 133, pp. 285-292.
17. Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., Sefeedpari, P., 2013. Prognostication of environmental indices in potato production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production, 52, pp. 402-409.
18. Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A. and Mosavi, R., 2019. Environmental impact assessment of Soybean cultivation in Ardabil farms. Journal of Environmental Science and Technology, 21(8), pp.175-184.
19. Dekamin, M. and Barmaki, M., 2018. Selecting the best environmental friendly oilseed crop by using Life Cycle Assessment, water footprint and analytic hierarchy process methods. Journal of Cleaner Production, 198, pp.1239-1250.
20. Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A. and Meshkini, S.R.M., 2018. Cradle to farm gate life cycle assessment of oilseed crops production in Iran. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 11(4), pp.178-185.