

بررسی اثر روش آبیاری بر شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی تولید بادام در استان چهارمحال و بختیاری

حسن قاسمی مبتکر^{۱*}، زهرا حیدرپور^۱، مجید خانعلی^۱، عبدالمجید لیاقت^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۳

۱- گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی - دانشکده کشاورزی - دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی - دانشگاه تهران - کرج - ایران

۲- گروه مهندسی آبیاری و آبادانی - دانشکده کشاورزی - دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی - دانشگاه تهران - کرج - ایران

E-mail: mobtaker@ut.ac.ir

* مسئول مکاتبه: حسن قاسمی مبتکر

چکیده

در سال‌های اخیر با توجه به محدودیت منابع آب، رویکرد استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار از اولویت‌های برنامه‌های کشاورزی بوده است. اگرچه استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود، با این وجود این سامانه‌ها از منظر مصرف انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا، هدف از این پژوهش بررسی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی تولید بادام تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و تحت فشار در باغات بادام شهرستان‌های شهرکرد و سامان، استان چهارمحال و بختیاری بود. داده‌های این مطالعه شامل اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و انرژی مصرف شده در باغات با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد عملکرد تولید مغز بادام در دو سامانه آبیاری تفاوت معنی‌داری ندارد. بررسی نتایج مصرف آب در دو سامانه نشان داد سامانه آبیاری تحت فشار در حدود ۸۲٪ نسبت به سامانه آبیاری سطحی آب کمتری مصرف می‌کند، در حالی که مصرف انرژی در سامانه آبیاری تحت فشار حدود ۱۲٪ بیشتر از سامانه آبیاری سطحی محاسبه شد. شاخص نسبت انرژی در سامانه تحت فشار و سطحی به ترتیب برابر ۲/۰۴ و ۲/۴۰ محاسبه شد که حاکی از شرایط بهتر سامانه سطحی از نظر شاخص‌های انرژی دارد، با این وجود بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید بادام نشان داد که استفاده از سامانه آبیاری تحت فشار باعث کاهش آسیب به محیط زیست می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه زندگی، بادام، سامانه‌های آبیاری، شاخص‌های انرژی

How to cite:

Investigating the effect of irrigation method on energy and environmental indicators of almond production in Chaharmahal and Bakhtiari province

Hassan Ghasemi-Mobtaker^{1*}, Zahra Heidarpour¹, Majid Khanali¹, Abdolmajid Liaghat²

Received: July 18, 2023

Accepted: September 4, 2023

1- Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

2- Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Corresponding Author: mobtaker@ut.ac.ir

Abstract

In recent years, due to the limitation of water resources, the use of pressured irrigation methods has received much attention. Although the use of pressurized irrigation systems increases the water productivity, these systems have received less attention in terms of energy use and environmental aspects. So, the aim of this study was to evaluate the energy and environmental indicators of almond orchards under surface and pressured irrigation methods in Shahr-e Kord and Saman region of Chaharmahal and Bakhtiari province. The required data, including information about inputs and energy consumed in almond orchards, were collected using questionnaires and face-to-face interviews. No significant difference was observed regarding the performance of almond production in the two mentioned irrigation systems. Examining the results of water consumption in two systems showed that the pressured irrigation system consumes about 82% less water than the surface irrigation system, while the energy consumption in this system was about 12% more than the surface irrigation system. Energy ratio of almond production in surface irrigation systems was computed as 2.40, while the corresponding value in pressured system was 2.07. In other words, surface irrigation had better conditions in terms of energy indicators. The investigation of the environmental indicators of two irrigation systems showed that the use of the pressured irrigation system reduces the environmental damage.

Keywords: Almonds, Energy indices, Irrigation systems, Life cycle assessment

۱- مقدمه

از چاه و ایستگاه‌های پمپاژ) مصرف می‌شود (Ghasemi-Mobtaker et al., 2012). این عملیات، علاوه بر مصرف بخش عمده‌ای از انرژی ورودی، اثرات زیست‌محیطی زیادی نیز به همراه دارند. در بین روش‌های آبیاری، روش آبیاری قطره‌ای، بیشترین بازده مصرفی آب را نسبت به روش‌های سنتی دارد و باعث کاهش قابل توجهی در میزان مصرف آب می‌گردد. مطالعات اخیر نشان داده است که راندمان مصرف آب و همچنین بازده اقتصادی روش‌های آبیاری تحت فشار، نسبت به آبیاری سطحی بالاتر است. این در حالی است که میزان انرژی مصرفی در آبیاری تحت فشار بیشتر از آبیاری سطحی است (Ze-Qiang et al., 2010; Andres & Cuchi, 2014; Darouich et al., 2017). این امر منجر به ایجاد بارهای زیست‌محیطی زیادی می‌شود، بنابراین استفاده مؤثر و کارآمد از منابع انرژی به عنوان یکی از الزامات اساسی کشاورزی پایدار تلقی می‌شود.

امروزه مباحث مرتبط با انرژی و اثرات زیست‌محیطی در سامانه‌های کشاورزی در کانون توجهات می‌باشد. یک رویکرد ساختاری و جامع برای تجزیه و تحلیل آثار زیست‌محیطی در سامانه‌های تولیدی مختلف، ارزیابی چرخه زندگی است (Kaab et al., 2019). این رهیافت همچنین می‌تواند برای مقایسه اثرات زیست‌محیطی

انرژی یکی از اجزای اصلی راهبرد توسعه پایدار هر کشور است؛ در هر جامعه‌ای از سنتی گرفته تا صنعتی نه هزینه‌های انرژی، بلکه قابلیت دسترسی به انرژی است که ایجاد بحران می‌کند و مدیریت انرژی تنها و نزدیک‌ترین راه برای بهره‌برداری حداکثری از منابع انرژی است (Hepburn et al., 2021). هر کشوری باید راه‌حل مسئله انرژی را در چارچوب راهبرد توسعه اقتصادی خود تعیین کند. افزایش مصرف انرژی علاوه بر افزایش هزینه‌ها، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز به همراه دارد (Kaab et al., 2019). این آلاینده‌ها به طور مستقیم بر سلامت عمومی جوامع، کشاورزی و اکوسیستم‌ها تأثیر منفی گذاشته و هزینه‌های اجتماعی بسیار بالایی را به جامعه تحمیل خواهد نمود (Hernández-Delgado, 2015).

انرژی و آب به‌عنوان دو نهاده اصلی سامانه‌های آبیاری، عناصر کلیدی و حیاتی برای توسعه اجتماعی و اقتصادی هستند (Tarjuelo et al., 2015). بررسی مطالعات انجام شده در زمینه مصرف انرژی در کشاورزی نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از انرژی مورد استفاده برای تولید محصولات کشاورزی در سامانه‌های آبیاری (شامل استحصال آب

گلخانه‌ای در تولید بادام ارگانیک در ترکیه نتایج نشان داد که برای تولید بادام ۳۰/۳۳۲۰ مگاژول در هکتار انرژی مورد نیاز می‌باشد که از این میزان ۸/۳۰٪ آن صرف آبیاری گردیده است. شاخص‌های نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر با ۲/۰۲ و ۰/۷ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد. همچنین نتایج نشان داد که حدود ۳۷٪ از انرژی ورودی به سوخت دیزل اختصاص دارد که مصرف این مقدار سوخت باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل ۲۵۱۸/۴۶ کیلوگرم در هکتار می‌گردد (Baran et al., 2020). مطالعه‌ای دیگر به منظور بررسی روند مصرف انرژی ناشی از پمپاژ آب‌های زیرزمینی برای آبیاری در چین نشان داد که تغییر در نحوه آبیاری و استفاده از آبیاری قطره‌ای و بارانی و همچنین تغییر روش‌های زراعی می‌تواند در روند کاهش مصرف انرژی آبیاری بسیار تأثیرگذار باشد (Chen et al., 2019).

با توجه به بررسی منابع و تحقیقات انجام شده در زمینه مصرف انرژی در تولید محصولات باغی، مشخص شد که مطالعه‌ای در مورد تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر مصرف انرژی و شاخص‌های زیست محیطی تولید بادام در استان چهارمحال و بختیاری انجام نشده است. بنابراین لازم است روند مصرف انرژی در تولید این محصول در منطقه، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق تولید محصولات باغی، در دو سامانه آبیاری مورد بررسی قرار گیرد. همچنین در این مطالعه به بررسی اثرات زیست محیطی تولید بادام در دو سامانه مذکور پرداخته شد تا پایداری تولید محصول از نظر زیست محیطی هم بررسی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز این پژوهش، از باغات شهرستان‌های شهرکرد و سامان واقع در استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری گردید. باغات این دو شهرستان به واسطه دو سامانه آبیاری تحت فشار و سطحی آبیاری می‌گردد. آب به وسیله پمپ از رودخانه به استخر انتقال می‌یابد و سپس توسط پمپی دیگر در لوله‌های انتقال برای آبیاری تحت فشار استفاده می‌شود. همچنین برای آبیاری سطحی از آب رودخانه به شکل مستقیم استفاده می‌شود. روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت و برای تعیین حجم نمونه از رابطه کوکران (رابطه ۱) استفاده شد و از هر یک از جامعه‌های مورد بررسی باغ‌هایی به صورت تصادفی جهت جمع‌آوری اطلاعات انتخاب شدند (Ghasemi-Mobtaker et al., 2010).

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

که در آن، n حجم نمونه، N حجم جامعه، S انحراف معیار، t برابر ۱/۹۶ و d دقت مطلوب احتمالی است. در مجموع ۵۷ پرسش‌نامه از باغ‌های بادام شامل ۳۴ باغ تحت سامانه آبیاری تحت فشار و ۲۳ باغ تحت سامانه آبیاری سطحی تکمیل گردید.

سامانه‌های مختلف و انتخاب سامانه بهینه مورد استفاده قرار گیرد (Hosseini-Fashami et al., 2019). ارزیابی چرخه‌زندگی، یک روش برای تعیین و بررسی بارهای زیست‌محیطی در یک محصول یا فرآیند است، لذا ارزیابی چرخه زندگی روش‌های مختلف آبیاری می‌تواند در انتخاب سامانه دوست‌دار محیط زیست مفید باشد.

بادام یکی از اولین محصولات شناخته‌شده در طول تاریخ در ایران می‌باشد. بادام یک آجیل با ارزش غذایی بالا و شامل مواد مغذی همچون ۴۹/۲۲ گرم چربی، ۴/۶۰٪ اسیداولئیک، ۴/۱۷٪ لینولئیک، ۲/۱۲ فیبر و ۲۶/۲۲ ویتامین E در هر ۱۰۰ گرم می‌باشد (Mexis et al., 2009). بادام یکی از محصولات است که مقاومت خوبی در برابر کم‌آبی و خشکی آب و هوا دارد. عوامل مختلفی همچون نوع خاک، روش آبیاری، میزان تبخیر و آب و هوای منطقه در میزان آب مورد نیاز برای رشد بادام مؤثر است.

تولید بادام از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مطالعات زیادی در خصوص مصرف آب در کشاورزی و روش‌های مختلف آبیاری انجام شده است. (Aliabadi et al., 2015) طی مطالعه‌ای بهره‌وری آب و انرژی مصرفی الکتریکی در سه سامانه مختلف آبیاری شامل بارانی، قطره‌ای و نشتی در تولید ذرت بذری را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد بهره‌وری انرژی در سامانه آبیاری بارانی بیشتر از دو سامانه دیگر می‌باشد. در مجموع نتایج نشان داد سامانه آبیاری بارانی سنتریپوت در مقایسه با دو سامانه دیگر، بهترین عملکرد از نظر آب و برق مصرفی را دارا می‌باشد. (Torki et al., 2015) Harchegany et al. (2015) باغ‌های بادام استان چهارمحال و بختیاری را از لحاظ مصرف انرژی مورد مطالعه قرار دادند. کل انرژی مصرفی در تولید بادام بین ۵۸/۰۳ تا ۶۸/۹۹ گیگاژول در هکتار محاسبه شد. بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به برق با ۵۰٪ از کل انرژی بود و بعد از آن کودهای شیمیایی با ۱۶ تا ۲۲٪ قرار داشتند. برق به دلیل استفاده پمپ‌های آب، بیشترین میزان مصرف انرژی را داشت. در مطالعه‌ای دیگر در باغ‌های بادام کالیفرنیا، انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم بادام همراه پوسته چوبی معادل ۳۵ مگاژول بیان شد که این میزان باعث تولید ۱/۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن می‌شود. همچنین علت اصلی این میزان انتشار، تولید و مصرف کود نیتروژن و آبیاری گزارش شد (Kendall et al., 2015). در مطالعه‌ای دیگر در استان چهارمحال و بختیاری به بررسی میزان انرژی ورودی، انرژی خروجی و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در تولید بادام پرداخته شد. نتایج نشان داد میزان کل انرژی ورودی بادام ۱۰۶/۶۱ و کل انرژی خروجی ۳۹/۲۶ گیگاژول در هکتار است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید بادام، ۴۰۴۷/۴۶ کیلوگرم در هر هکتار گزارش شد که بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به مصرف سوخت دیزل بود (Salehi et al., 2016). در مطالعه‌ای دیگر با هدف تعیین بهره‌وری مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای

جدول ۱- هم‌ارز انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی در باغات بادام

Table 1. Energy content of inputs and outputs in almond orchards

مرجع	محتوای انرژی (مگاژول بر واحد)	واحد	نهادها
			نهادهای ورودی
		h	۱- نیروی انسانی
(Mohammadi et al., 2010)	۱/۹۶		- مرد
(Salehi et al., 2014)	۱/۵۷		- زن
(Ghasemi-Mobtaker et al., 2010)	۶۴/۸۰	h	۲- ماشین‌ها
(Ghasemi-Mobtaker et al., 2010)	۵۶/۳۱	L	۳- سوخت
		kg	۴- کودهای شیمیایی
(Mohammadi et al., 2010)	۶۶/۱۴		- نیتروژن (N)
(Mohammadi et al., 2010)	۱۲/۴۴		- فسفر (P ₂ O ₅)
(Rafiee et al., 2010)	۱۱/۱۵		- پتاسیم (K ₂ O)
(Pahlavan et al., 2012)	۱/۱۲		- گوگرد (S)
(Mohammadi et al., 2010)	۰/۳۰	kg	۵- کود حیوانی
		kg	۶- آفت‌کش‌ها
(Erdal et al., 2007)	۱۰/۱۲		- حشره‌کش
(Rafiee et al., 2010)	۲۱۶		- قارچ‌کش
(Canakci et al., 2005)	۶۰	kg	۷- پلاستیک
(Ozkan et al., 2004)	۱۱/۹۳	kWh	۸- الکتریسیته
			ستاندها
(Beigi et al., 2016; Salehi et al., 2016)	۲۴/۰۸	kg	۱- مغز بادام
(Beigi et al., 2016)	۱۹/۳۸	kg	۲- پوست سبز بادام
(Torki et al., 2015)	۱۶	kg	۳- چوب

محصول تولید شده است. در این مطالعه برای مقایسه دو سامانه از نظر کارایی مصرف آب از شاخص بهره‌وری آب (رابطه ۵) استفاده شد.

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (۲)$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۳)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (۴)$$

$$WP = \frac{Y}{WA} \quad (۵)$$

که در آن، ER نسبت انرژی (بدون واحد)، EP بهره‌وری انرژی (kg MJ⁻¹)، Y عملکرد محصول (kg ha⁻¹)، WP شاخص بهره‌وری آب (kg m⁻³)، NEG افزوده خالص انرژی (MJ ha⁻¹)، مقدار انرژی خروجی (MJ ha⁻¹)، E_{in} مقدار انرژی ورودی (MJ ha⁻¹) و WA حجم آب مصرفی (m³) است.

باغات از لحاظ نوع آبیاری به دو دسته تقسیم شدند و مقدار مصرف نهاده‌ها در هر دو دسته مشخص شد. نهاده‌های مورد استفاده جهت تولید محصول بادام شامل نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت فسیلی، کودهای شیمیایی، کود حیوانی، الکتریسیته، آفت‌کش‌ها، پلاستیک و آب می‌باشد. مقدار متوسط مصرف این نهاده‌ها در هر هکتار باغ بادام محاسبه شد و با استفاده از هم‌ارزهای انرژی، مقدار متوسط انرژی در هر هکتار محاسبه شد. همچنین خروجی‌ها شامل مغز بادام، پوست سبز بادام و چوب بود که هم‌ارز آنها در جدول (۱) نمایش داده شده است.

۲-۱- شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی امکان مقایسه بین سامانه‌های مختلف را فراهم می‌آورند. رابطه‌های (۲) تا (۵) برای محاسبه این شاخص‌ها استفاده شد (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014). یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی میزان مصرف آب در تولید محصولات، شاخص بهره‌وری آب می‌باشد (Ghasemi-Mobtaker et al., 2022). در واقع این شاخص مشخص می‌کند به ازای هر واحد از آب مصرفی چه مقدار

۲-۲- ارزیابی چرخه زندگی

ارزیابی چرخه زندگی روشی کاربردی و قابل استناد در راستای تحلیل و بررسی اثرات زیست‌محیطی در فرآیند تولید یک محصول مشخص می‌باشد. این روش ابداعی، با کمی‌سازی اثرات زیست‌محیطی در یک سامانه تولیدی، امکان ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی در تولید محصول مورد مطالعه را تسهیل می‌نماید. مطابق استاندارد ISO 14040 ارزیابی چرخه زندگی شامل چهار مرحله اصلی به شرح زیر است (Iriarte et al., 2010):

تعریف هدف و دامنه: مهم‌ترین مرحله، تعریف هدف و دامنه می‌باشد که در آن ساختار کلی پژوهش شامل مرز سامانه، واحدهای کارکردی مشخص شده و بخش‌های اثر انتخاب می‌شود. در مطالعه حاضر، واحد کارکردی به‌عنوان یک تن از محصول (مغز بادام) تعریف شد؛ به این معنا که تمامی آلاینده‌های انتشار یافته بر پایه نهاده‌های مصرفی برای تولید یک تن محصول در هر دو سامانه آبیاری محاسبه و گزارش شد. همچنین مرز سامانه شامل تمام نهاده‌های مورد استفاده و عملیات انجام شده در باغ‌ها در دو سامانه آبیاری در نظر گرفته شد (Mousavi-Avval, et al., 2017).

تحلیل سیاهه: به‌طور کلی فرآیند تحلیل سیاهه متشکل از مواردی نظیر جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، پایش مرز سامانه، انجام محاسبات، سنجش اعتبار داده‌ها و در نهایت تخصیص داده‌های جمع‌آوری شده می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از ضرایب انتشار، میزان انتشار آلاینده‌های سامانه‌های مختلف به هوا، آب و خاک در کل چرخه عمر محصول مورد مطالعه محاسبه شد (Kaab et al., 2019). همچنین برای محاسبه میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی غیرمستقیم یا خارج از مزرعه ناشی از مصرف نهاده‌ها از داده‌های موجود در پایگاه داده اکواینونت استفاده شد.

ارزیابی اثرات چرخه زندگی: هدف از ارزیابی اثر چرخه‌ی زندگی تفسیر بیشتر داده‌های سیاهه‌ی چرخه‌ی زندگی می‌باشد. در این مرحله، داده‌های سیاهه، در عامل‌های توصیف (ضرایب تبدیل) مربوطه ضرب می‌شود تا شاخص‌های مربوط به بخش‌های اثر مختلف به دست آید. روش‌های مختلفی برای ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی وجود دارد. مطالعه حاضر براساس روش ReCiPe 2016 انجام شد (Ghasemi-Mobtaker et al., 2022).

تفسیر نتایج: این مرحله روشی جهت تعیین، کمی‌سازی، بررسی و ارزیابی اطلاعات به‌دست آمده از مراحل قبلی و همچنین ارزیابی تأثیر چرخه زندگی می‌باشد. در این مرحله نتایج مراحل ارزیابی اثر، مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند تا مراحل یا نقاطی که در مسیر تولید محصولات بیشترین و کمترین اثر سوء را برای محیط‌زیست داشته‌اند مشخص کند و در نهایت نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد بررسی قرار می‌گیرند (Tricase et al., 2018).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- انرژی نهاده و ستانده

انرژی مورد نیاز و همچنین انرژی ستانده در تولید بادام برای دو سامانه آبیاری سطحی و آبیاری تحت‌فشار محاسبه شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد بر اساس میانگین داده‌های جمع‌آوری شده، میزان عملکرد مغز بادام در هر دو سامانه آبیاری تقریباً برابر است. اما میزان انرژی خروجی دو سامانه متفاوت از هم مشاهده شد. میزان سهم انرژی هر نهاده در هر کدام از این سامانه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در جدول (۲) خلاصه شده است. نتایج نشان داد که برای تولید بادام در هر هکتار در سامانه آبیاری تحت‌فشار به ۴۴۱۵۰/۷۶ مگاژول انرژی نیاز است. همچنین برای سامانه آبیاری سطحی در هر هکتار بادام ۳۸۸۳۶/۲۰ مگاژول انرژی مصرف می‌گردد. به عبارت دیگر مصرف انرژی در سامانه آبیاری تحت‌فشار حدود ۱۲٪ بیشتر از سامانه آبیاری سطحی می‌باشد. این موضوع به دلیل استفاده از دو نهاده الکتریسیته و پلاستیک در سامانه تحت‌فشار می‌باشد. به بیان دیگر این دو نهاده برای سامانه آبیاری و پمپاژ آب مورد نیاز است. برای کاهش وابستگی به منابع تجدیدناپذیر، استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید الکتریسیته جهت پمپاژ آب در منطقه توصیه می‌شود. البته باید توجه داشت که در سامانه آبیاری تحت‌فشار به دلیل امکان استعمال کود از طریق سامانه آبیاری، مصرف کودهای شیمیایی در مقایسه با سامانه سطحی پایین است. به بیان دیگر مصرف کود از ته به عنوان یکی از پرکاربردترین کودها در ایران در سامانه آبیاری تحت‌فشار حدود ۴۷٪ کمتر از سامانه آبیاری سطحی بود که این موضوع از جنبه زیست‌محیطی می‌تواند مورد توجه باشد.

سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید بادام در سامانه‌های آبیاری مورد مطالعه در شکل (۱) نمایش داده شده است. در سامانه آبیاری تحت‌فشار بیشترین نهاده انرژی بر پلاستیک (در حدود ۲۱٪ از انرژی کل) بود که علت آن مصرف این ماده در ساخت لوله‌های پلی‌اتیلن و تجهیزات این سامانه آبیاری است. به‌طور کلی در هر سال به‌طور متوسط، حدود ۱۵۷ کیلوگرم پلاستیک در هر هکتار از باغ‌های بادام نیاز است که برای ساخت این مقدار پلاستیک انرژی زیادی صرف شده است. پس از پلاستیک کود حیوانی با ۱۶٪ درصد از انرژی ورودی دومین نهاده انرژی بر است که در طی یک سال چندین بار مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماشین‌ها با حدود ۱۴٪ سهم از انرژی کل در رتبه بعدی قرار دارند که می‌توان گفت علت مصرف آن در مراحل مختلف همچون شخم‌زدن در اوایل فصل زراعی به علت سله‌شکنی و زیر و رو نمودن خاک پای درختان، سمپاشی به جهت دفع آفات مختلف درخت، کودپاشی کودهای شیمیایی و آلی برای تغذیه درخت در مراحل قبل از گلدهی و در زمان باردهی است.

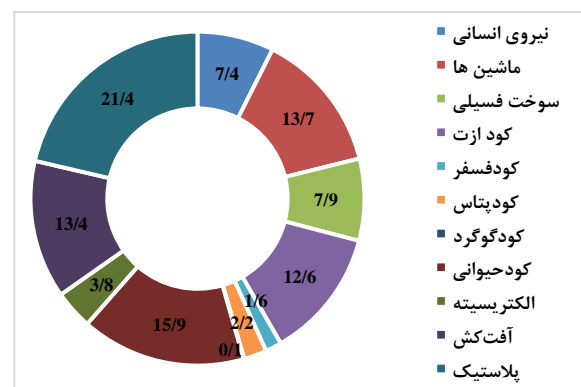
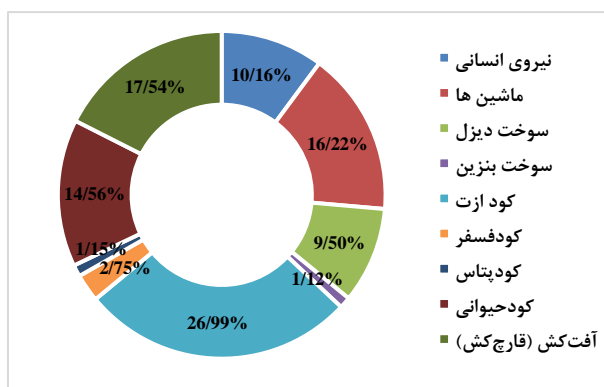
شسته شده و میزان کمتری از آن به گیاه می‌رسد؛ پس کشاورز بایستی میزان بیشتری از کود را مصرف نماید تا کود شسته شده با آب جبران گردد. همچنین در این روش امکان پخش دقیق کود در مجاورت ریشه درختان وجود ندارد.

در سامانه آبیاری سطحی بیشترین سهم مربوط به کود ازت با ۲۷٪ بود که نشان از مصرف بالای این کود است. به عبارت دیگر مصرف کود ازته به عنوان یکی از رایج‌ترین کودها در سامانه آبیاری سطحی در مقایسه با سامانه آبیاری تحت فشار حدود ۸۸٪ بیشتر است. یکی از علل این موضوع این است که در روش آبیاری سطحی، کود به همراه آب

جدول ۲- نهاده‌های مصرفی، ستانده‌ها و محتوای انرژی معادل در تولید بادام

Table 2. Amount of inputs, outputs and their energy content in almond production

انرژی در هکتار (سطحی)	انرژی در هکتار (تحت فشار)	مقدار در هکتار (سطحی)	مقدار در هکتار (تحت فشار)	نهاده‌ها
MJ ha ⁻¹				
۳۹۴۵/۴۸	۳۲۷۸/۷۵	۲۰۱۳/۰۰	۱۶۷۲/۸۳	۱- نیروی انسانی (h)
۶۳۰۰/۵۵	۶۰۵۳/۰۸	۹۷/۲۳	۹۳/۴۱	۲- ماشین‌ها (h)
۳۶۹۰/۴۷	۳۱۷۳/۲۳	۶۵/۵۴	۵۶/۳۵	۳- سوخت دیزل (L)
۴۳۴/۵۱	۳۲۸/۱۹	۹/۳۸	۷/۰۹	۴- سوخت بنزین (L)
				۵- کودهای شیمیایی (kg)
۱۰۴۸۳/۱۹	۵۵۷۵/۹۹	۱۵۸/۵۰	۸۴/۳۱	- کود ازت
۱۰۶۹/۸۴	۶۹۲/۱۸	۸۶/۰۰	۵۵/۶۴	- کود فسفر
۴۴۶/۰۰	۹۷۸/۵۸	۴۰/۰۰	۸۷/۷۶	- کود پتاس
۰/۰۰	۲۶/۸۸	۰/۰۰	۲۴/۰۰	- کود گوگرد
۵۶۵۳/۸۵	۷۰۴۱/۱۸	۱۸۸۴۶/۱۵	۲۳۴۷۰/۵۹	۶- کود حیوانی (kg)
۰/۰۰	۱۶۶۲/۴۸	۰/۰۰	۱۳۹/۳۵	۷- الکتریسیته (kWh)
۶۸۱۲/۳۱	۵۹۰۸/۲۴	۳۱/۵۴	۲۷/۳۵	۸- آفت‌کش (L)
۰/۰۰	۹۴۳۲/۰۰	۰/۰۰	۱۵۷/۲۰	۹- پلاستیک (kg)
		۱۵۵۵۹/۲۳	۲۸۲۱/۷۱	۱۰- آب (m ³)
۳۸۸۳۶/۲۰	۴۴۱۵۰/۷۶			کل انرژی ورودی
ستانده‌ها				
۱۹۸۱۹/۶۹	۱۹۵۴۷/۲۹	۸۲۳/۰۸	۸۱۱/۷۶	۱- مغز بادام (kg)
۴۰۹۹۶/۱۵	۴۰۴۷۰/۰۰	۲۱۱۵/۳۸	۲۰۸۸/۲۴	۲- پوست سبز (kg)
۳۲۳۶۹/۲۳	۳۱۲۹۴/۱۲	۲۰۲۳/۰۸	۱۹۵۵/۸۸	۳- چوب (kg)
۹۳۱۸۵/۰۸	۹۱۳۱۱/۴۱			کل انرژی خروجی



(ب): سطحی

(الف): تحت فشار

شکل ۱- سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید بادام در سامانه‌های مختلف آبیاری

Fig 1. The share of energy inputs for almond production in different irrigation systems

سطحی است. به عبارت دیگر آبیاری تحت فشار در حدود ۸۲٪ نسبت به سامانه آبیاری سطحی آب کمتری مصرف می کند.

جدول ۳- شاخص های انرژی در دو سامانه آبیاری محصول بادام

Table 3. Energy indicators of almond production in two irrigation systems

شاخص ها	سامانه آبیاری تحت فشار	سامانه آبیاری سطحی
نسبت انرژی	۲/۰۷	۲/۴۰
بهره وری انرژی (kg MJ^{-1})	۰/۰۲	۰/۰۲
بهره وری آب (kg m^{-3})	۰/۲۹	۰/۰۵
افزوده خالص انرژی (MJ ha^{-1})	۴۷۱۶۰/۶۵	۵۴۳۴۸/۸۸

افزوده خالص انرژی برای بادام در سامانه آبیاری تحت فشار MJ ha^{-1} ۵۴۳۴۸/۸۸ حاصل شد و این رقم برای سامانه آبیاری سطحی MJ ha^{-1} ۴۷۱۶۰/۶۵ بود. Baran et al. (2020) افزوده خالص انرژی را در مطالعه ای بر روی بادام در ترکیه MJ ha^{-1} ۲۰۱۴۱/۳۸ گزارش کردند.

۳-۳- ارزیابی چرخه زندگی در تولید بادام

در بخش پایانی شاخص های زیست محیطی محصول بادام در دو سامانه آبیاری بررسی گردید و نتایج در جدول (۴) و همچنین شکل (۲) خلاصه شده است. برای محصول بادام در سامانه آبیاری تحت فشار شاخص آسیب به سلامت انسان DALY ۰/۱۹۹۱ به دست آمد که ۵۸٪/۹۴ آن انتشارات مستقیم و ۱۲٪/۲۱ آن ناشی از مصرف کودهای شیمیایی بود. سلامت انسان با واحد (DALY) یا در واقع یک خسارت، برابر است با فقدان یک سال زندگی یک نفر یا یک نفر چهار سال از زندگی خود را با معلولیت ۲۵٪ طی کند، می باشد. درصد بالای انتشارات مستقیم به دلیل ورود مستقیم ترکیبات اکسیدهای کربن و نیتروژن در اثر استفاده از سوخت های فسیلی و ورود مستقیم کودهای شیمیایی به آب، هوا، خاک و در نهایت بدن انسان است. آفت کش ها نیز از موادی هستند که آسیب زیادی در زمان تولید و انتقال به مزرعه به انسان وارد می نماید.

برای محصول بادام با سامانه آبیاری سطحی، شاخص آسیب به سلامت انسان DALY ۰/۲۳۶۳ به دست آمد که از این مقدار ۶۹٪/۱۸ آن شامل انتشارات می باشد. بعد از آن کودهای شیمیایی با ۱۶٪/۱۰ و ماشین ها با ۶٪/۲۵ قرار دارند. هر کدام از نهاده ها در مراحل تولید تا انتقال به مزرعه آسیب هایی از جمله تولید اکسیدهای کربن و نیتروژن، ترکیبات سمی، اثرات لایه اوزون و... دارند. در مطالعه ای بر روی محصول یونجه نتایج نشان داده است که در شاخص سلامت انسان بیشترین اثر را الکتریسیته، انتشارات مستقیم و کود حیوانی داشته اند (Ghaderpour et al., 2018).

مقایسه نتایج دو روش آبیاری از نظر شاخص آسیب به سلامت انسان نشان داد که استفاده از سامانه آبیاری تحت فشار در تولید بادام

آفت کش ها با ۱۸٪ و ماشین ها با ۱۶٪ از انرژی کل در رتبه بعدی قرار دارند. آفت کش ها در این سامانه نیز به علت عدم مصرف صحیح و استفاده بی رویه جهت به دست آوردن فیزیک سالم بادام، مصرف بالایی از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده اند. ماشین ها نیز برای استفاده در سمپاشی و شخم مورد استفاده قرار گرفتند، که آن هم به علت توپوگرافی منطقه، مدت زمان بیشتری نیاز به فعالیت داشتند. نتایج نشان داد سامانه آبیاری تحت فشار در حدود ۸۲٪ نسبت به سامانه آبیاری سطحی آب کمتری مصرف می کند. به طور کلی می توان نتیجه گیری کرد که استفاده از سامانه آبیاری تحت فشار باعث کاهش مصرف اکثر نهاده ها در تولید بادام می شود. الکتریسیته و پلاستیک دو نهاده مهمی هستند که مصرف آنها در سامانه آبیاری تحت فشار نسبت به سامانه آبیاری سطحی افزایش می یابد. در مورد انرژی الکتریسیته پیشنهاد می شود امکان سنجی استفاده از منابع تجدید پذیر در منطقه مورد بررسی و مطالعه قرار بگیرد. همچنین در خصوص پلاستیک پیشنهاد می شود با محافظت لوله ها از سرما و گرما عمر آنها افزایش پیدا کند. تا بتوان مدت زمان طولانی تری از لوله ها استفاده کرد

تحقیقات مشابهی در زمینه انرژی بادام انجام گردیده است که میزان انرژی مصرفی بادام در استان چهارمحال و بختیاری ۶۱۶۴۰/۴۳ مگاژول در هر هکتار اعلام شد. همچنین بیشترین سهم انرژی مربوط به الکتریسیته با ۳۳۳۱۴/۷۶ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Beigi et al., 2016). در مطالعه دیگری (Torki-Harchegany et al., 2015) بیشترین سهم مصرفی در تولید بادام را مربوط به الکتریسیته گزارش کردند.

۳-۲- محاسبه شاخص های انرژی

جدول (۳) نمایانگر شاخص های انرژی می باشد. نسبت انرژی در تولید محصول بادام در سامانه آبیاری تحت فشار ۲/۰۷ و در سامانه آبیاری سطحی ۲/۴۰ به دست آمد. در مطالعه ای این شاخص برای محصول نارنگی در مازندران ۰/۸۷ حاصل شد (Mohammadshirazi et al., 2012). همچنین Hosseinzadeh-Bandbafha et al. (2018) برای بادام زمینی نسبت انرژی را ۴/۵۳ به دست آوردند. Torki-Harchegany et al. (2015) این شاخص را در ارقام سفید، مامایی و شاهرودی بادام به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۲۷ و ۲/۱۳ گزارش کرده اند.

بهره وری انرژی بادام در سامانه آبیاری تحت فشار kg MJ^{-1} ۰/۰۲ و برای سامانه آبیاری سطحی نیز kg MJ^{-1} ۰/۰۲ به دست آمد. Baran et al. (2020) در مطالعه ای در ترکیه برای بادام این رقم را kg MJ^{-1} ۰/۰۷^۱ گزارش کردند. Salehi et al. (2016) این شاخص را برای بادام در استان چهارمحال و بختیاری kg MJ^{-1} ۰/۰۱۶ به دست آوردند. همچنین Rafiee et al. (2010) در مطالعه ای برای محصول سیب در استان تهران این شاخص را kg MJ^{-1} ۰/۴۹ گزارش دادند. همچنین شاخص بهره وری آب برای بادام در سامانه تحت فشار kg m^{-3} ۰/۲۹ و برای سامانه آبیاری سطحی kg m^{-3} ۰/۰۵ بدست آمد که نتایج حاکی از مصرف بهینه آب در سامانه آبیاری تحت فشار نسبت به آبیاری

منابع و انتشارات کارخانه‌ها، ماشین‌ها با توجه به استفاده از مواد مختلف همچون فلزات و پلاستیک، سوخت‌های فسیلی و کود حیوانی به دلیل تولید و حمل و نقل آن‌ها به مزرعه سهمی در این آسیب دارند. شاخص آسیب به اکوسیستم‌ها در سامانه آبیاری سطحی محصول بادام species.yr $\times 10^{-4}$ ۲/۳۹ محاسبه شد که ۵۶/۲۰٪ آن انتشارات مستقیم است. نهاده‌های مورد استفاده، انتشارات مستقیمی را دارند که اثراتی بر روی اکوسیستم‌های مختلف دارد. از جمله گرمایش زمین، آزادسازی گازهای گلخانه‌ای از طریق مصرف نهاده‌ها، پدیده اتریفیکاسیون و غیره. بعد از آن کودهای شیمیایی با ۲۳/۷۹٪ قرار دارد که نشان می‌دهد این کودها در مراحل مختلف تولید و حمل‌ونقل به مزرعه اثرات زیادی بر اکوسیستم‌ها دارند. در مطالعه‌ای در خصوص اثرات زیست‌محیطی تولید کلازا، نتایج نشان داد در شاخص آسیب به اکوسیستم‌ها بیشترین درصد مربوط به کودهای شیمیایی و پس از آن ماشین‌ها بوده است (موسوی اول و همکاران، ۱۳۹۴). مقایسه دو سامانه آبیاری نشان داد که مقدار شاخص آسیب به اکوسیستم‌ها در سامانه آبیاری تحت فشار و سامانه آبیاری سطحی تفاوت معنی‌داری باهم ندارند. بنابراین با توجه به مزایای سامانه آبیاری تحت فشار، این سامانه می‌تواند به عنوان سامانه دوستدار محیط زیست توصیه گردد.

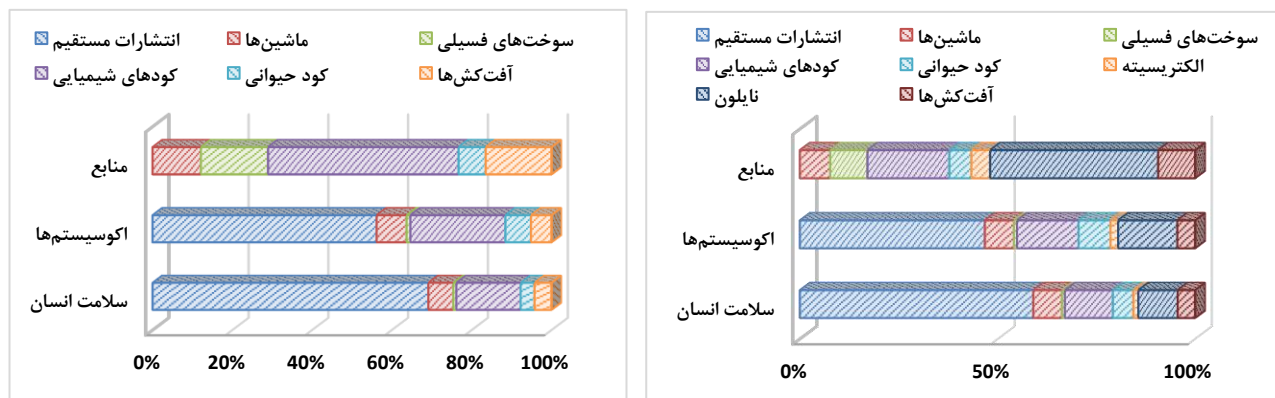
باعث کاهش ۱۶٪ آسیب به سلامت انسان می‌شود. شاخص آسیب به اکوسیستم‌ها در سامانه آبیاری تحت فشار محصول بادام species.yr $\times 10^{-4}$ ۲/۳۸ به دست آمد که ۴۶/۷۱٪ آن انتشارات مستقیم است. اکوسیستم با واحد (species.yr) نشان از ناپدید شدن همه گونه‌ها از ۱ متر مربع در طول یک سال می‌باشد. تمامی نهاده‌های مورد استفاده در تولید بادام از جمله سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها ترکیب مستقیمی را وارد آب، خاک و هوا می‌کند که آسیب‌های زیان‌باری به زیستگاه‌های آبزیان و حیوانات خشکی و غیره می‌رساند. همچنین ۱۵/۵۶٪ از شاخص آسیب به اکوسیستم‌ها ناشی از کودهای شیمیایی است که نشان می‌دهد تولید و مصرف این کودها آثار زیان‌باری بر روی اکوسیستم دارد.

سهم پلاستیک نیز ۱۵/۰۴٪ است که بیانگر آن است که مراحل تولید پلاستیک یعنی استخراج نفت، پالایش آن و تولید پلاستیک آثار زیان‌بار جدی بر روی اکوسیستم‌های مختلف دارد. کودحیوانی با ۸/۱۲٪، ماشین‌ها با ۷/۳۳٪ و آفت‌کش‌ها با ۴/۵۲٪ در جایگاه‌های بعدی هستند که هر کدام در مراحل ساخت و انتقال به مزرعه باعث آسیب به اکوسیستم‌ها گردیده‌اند. الکتروسیته با توجه به مصرف سوخت در نیروگاه‌ها، آفت‌کش‌ها با توجه به مراحل تولید و مصرف

جدول ۴- شاخص‌های نهایی در تولید بادام در دو سامانه آبیاری

Fig 4. Endpoint results of ReCiPe2016 method in two irrigation systems for almond production

شاخص‌ها	واحد	سامانه آبیاری تحت فشار	سامانه آبیاری سطحی
آسیب به سلامت انسان	DALY	۰/۱۹۹۱	۰/۲۳۶۳
آسیب به اکوسیستم‌ها	species.yr	$۲/۳۸ \times 10^{-4}$	$۲/۳۹ \times 10^{-4}$
آسیب به دسترسی منابع	USD 2013	۴۴۶/۷۸	۲۸۹/۵۹



شکل ۲- سهم هر یک از منابع در بخش‌های اثر در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی

شکل ۲- سهم هر یک از منابع در بخش‌های اثر در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی

Fig 3. Distribution of each endpoint based on inputs in pressured and surface irrigation systems

- شاخص نسبت انرژی محصول بادام در سامانه آبیاری تحت فشار ۲/۰۷ و سامانه آبیاری سطحی ۲/۴۰ به دست آمد. نتایج نشان داد از نظر شاخص های انرژی دو سامانه آبیاری تفاوت زیادی ندارند، با این وجود سامانه آبیاری تحت فشار از نظر شاخص بهره‌وری آب شرایط بهتری داشت.
- برای محصول بادام شاخص آسیب به سلامت انسان در سامانه آبیاری تحت فشار DALY ۰/۱۹۹۱ و در سامانه آبیاری سطحی DALY ۰/۲۳۶۳ حاصل شد. همچنین شاخص آسیب به اکوسیستم و دسترسی به منابع برای سامانه آبیاری تحت فشار species.yr $\times 10^{-4}$ ۲/۳۸ و ۴۴۶/۷۸ USD 2013 و برای سامانه آبیاری سطحی species.yr $\times 10^{-4}$ ۲/۳۹ و ۴۴۶/۷۸ USD 2013 بود. ۲۸۹/۵۹

به‌طور کلی بررسی نتایج ارزیابی چرخه زندگی تولید بادام در دو روش آبیاری نشان داد که استفاده از روش آبیاری تحت فشار به جز شاخص آسیب به دسترسی منابع، باعث بهبود شاخص های زیست محیطی می‌شود. هر چند مصرف انرژی در این روش بالاست این موضوع از نتایج منفی این روش است. لذا پیشنهاد می‌شود مطالعاتی در زمینه افزایش عمر پلاستیک به منظور کاهش مصرف این نهاده در تولید بادام انجام شود تا هم مصرف انرژی در این روش کاهش یابد و هم شاخص آسیب به دسترسی منابع بهبود یابد. بنابراین به شرط مدیریت منابع انرژی در روش آبیاری تحت فشار و کاهش مصرف انرژی، استفاده از این روش می‌تواند در تولید بادام به عنوان یک روش پایدار توصیه شود.

منابع

- Aliabadi, H., Alizadeh, A and Erfani, A. (2015). *Energy and water productivity under different irrigation systems, (Case study of corn in Jovain Agro-Industry)*. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 4(9): 571-582. (In Persian).
- Andres, R., and Cuchi, J. A. (2014). *Analysis of sprinkler irrigation management in the LASESA district, Monegros (Spain)*. Agricultural Water Management. 131: 95-107.
- Baran, M., Gokdogan, O. and Oguz, H. (2020). *Determining the energy usage efficiency of walnut (juglans regia L.) Cultivation in Turkey*. Erwebs-Obstabau. 59: 77-82.
- Beigi, M., Toriki-Harchegani, M. and Ghanbarian, D. (2016). *Energy use efficiency and economical analysis of almond production: a case study in Chaharmahad-va-Bakhtiari province, Iran*. Energy Efficiency. 9: 745-754.
- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and Ozmerzi, A. (2005). *Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey*. Energy Conversion & Management. 46: 655-666.
- Chen, X., Thorp, K. R., Ouyang, Z., Hou, Y., Zhou, B. and Li, Y. (2019). *Energy consumption due to groundwater pumping for irrigation in the North China Plain*. Science of the Total Environment. 669: 1033-1042.
- Darouich, H., Camera, M. R., Goncalves, J. M., Paredes, P., and Pereira, L. S. (2017). *Comparing sprinkler and surface irrigation for wheat using multi-criteria analysis: water saving vs. economic returns*. Water. 9(1): 50.

شاخص آسیب به دسترسی منابع برای سامانه آبیاری تحت فشار محصول بادام USD 2013 ۴۴۶/۷۸ به دست آمد که ۴۲/۵۷٪ آن ناشی از مصرف نایلون می‌باشد. واحد منابع (USD 2013) نشان از ارزش اقتصادی منابع بر حسب دلار می‌باشد. نایلون به علت استخراج نفت که یکی از مشتقات آن است تأثیر بالایی در این شاخص دارد. پس از آن کودهای شیمیایی با ۲۰/۶۷٪ قرار دارند و سوخت های فسیلی با ۹/۴۱، آفت کش ها با ۹/۳۹ درصد و ماشین ها با ۷/۶۶ درصد، کودهای حیوانی با ۵/۵۶ درصد و الکتروسیته با ۴/۷۴ درصد در جایگاه های بعدی قرار دارند.

شاخص آسیب به دسترسی منابع برای آبیاری سطحی محصول بادام USD 2013 ۲۸۹/۵۹ حاصل شد که ۴۷/۷۷٪ آن مربوط به استفاده از کودهای شیمیایی بود. نتایج همچنین نشان داد ۱۶/۸۴٪ از این مقدار مربوط به سوخت های فسیلی و بعد از آن آفت کش ها با ۱۶/۴۷٪ و ماشین ها با ۱۲/۱۳٪ قرار دارند که هر کدام نشان می‌دهند برای استفاده از آن ها در تولید بادام منابع مصرف می‌گردد. در مطالعه ای در خصوص اثرات زیست محیطی تولید کلزا نتایج نشان داد در شاخص دسترسی به منابع هم بیشترین درصد نهاده مربوط به کودهای شیمیایی و بعد از آن ماشین ها بوده است (Avval et al., 2015).

نتایج همچنین نشان داد مقدار شاخص آسیب به دسترسی به منابع در سامانه آبیاری تحت فشار حدود ۵۴٪ بیشتر از سامانه آبیاری سطحی بود که علت آن مصرف پلاستیک در سامانه آبیاری تحت فشار است که با محافظت از لوله ها و افزایش عمر آنها می‌توان این شاخص را بهبود بخشید. همچنین افزایش عمر پلاستیک می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در سامانه آبیاری تحت فشار نیز منجر شود. به‌طور کلی بررسی نتایج ارزیابی چرخه زندگی در دو سامانه آبیاری در تولید بادام نشان داد که استفاده از سامانه آبیاری تحت فشار به جز شاخص آسیب به دسترسی، منابع باعث کاهش آسیب به محیط زیست می‌شود.

۴- نتیجه گیری نهایی

هدف از انجام این پژوهش بررسی شاخص های انرژی و چرخه زندگی بادام در روش های آبیاری تحت فشار و سطحی در استان چهارمحال و بختیاری بود. مهم ترین نتایج پژوهش به شرح زیر است:

- انرژی ورودی برای تولید بادام در سامانه آبیاری تحت فشار ۴۴۱۵۰/۷۶ مگاژول در هکتار و در آبیاری سطحی ۳۸۸۳۶/۲۰ مگاژول در هکتار محاسبه شد. پرمصرف ترین نهاده های ورودی از نظر انرژی در سامانه آبیاری تحت فشار؛ پلاستیک (۵۹۰۸/۲۴ مگاژول)، کود حیوانی (۷۰۴۱/۱۸) و ماشین ها (۶۰۵۳/۰۸) و در سامانه آبیاری سطحی؛ کود ازت (۱۰۴۸۳/۱۹ مگاژول)، آفت کش ها (۶۸۱۲/۳۱ مگاژول) و ماشین ها (۶۳۰۰/۵۵ مگاژول) محاسبه شد.

- under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production*. 18: 336-345.
- Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., and Chau, K. W. (2019). *Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production*. *Science of the Total Environment*. 664: 1005-1019.
- Kendall, A., Marvinney, E., Brodt, S and Zhu, W. (2015). *Life cycle-based assessment of energy use greenhouse gas emission in almond production, Part I*. *Journal of Industrial Ecology*. 19(6): 1008–1018.
- Mexis, S.F., Badeka, A.V. and Kontominas, M.G. (2009). *Quality evaluation of raw ground almond kernels (Prunusdulcis): effect of active and modified atmosphere packing, container oxygen barrier and storage conditions*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10: 580-589.
- Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Mohtasebi, S.S. and Rafiee, H. (2010). *Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran*. *Renewable Energy*. 35: 1071–1075.
- Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S., Mousavi-Avval, S. H. and Bagheri-Kalhor, E. (2012). *An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16: 4515–4521.
- Mousavi-Avval, H., Rafiee, S and Hoseinpour, S. (2015). *Life cycle assessment of energy and environmental impacts of rapeseed production in Mazandaran province with two different approaches*. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 46(3): 265-274. (In Persian).
- Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Sharifi, M., Hosseinpour, S., Notarnicola, B., Tassielli, G and Renzulli, P.A. (2017). *Application of multi-objective genetic algorithms for optimization of energy, economics and environmental life cycle assessment in oilseed production*. *Journal of Cleaner Production*. 140: 804–815.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, Sh and Ghasemi-Mobtaker, H. (2014). *Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach*. *Journal of Cleaner Production*. 65: 311-317.
- Tarjuelo, J. M., Rodriguez-Diaz, J. A., Abadía, R., Camacho, E., Rocamora, C., and Moreno, M. A. (2015). *Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies*. *Agricultural Water Management*. 162: 67–77.
- Torki-Harchegany, M., Ebrahimi, R and Mahmoodi, M. (2015). *Almond production in Iran: An analysis of energy use efficiency (2008-2011)*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 41: 217-224.
- Tricase, C., Lamonaca, E., Ingrao, C., Bacenetti, J and Lo Giudice, A. (2018). *A comparative Life Cycle Assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways*. *Journal of Cleaner Production*. 172: 3747–3759.
- Zen-Qiang, S. U. N., Yao-Hu, K. A. N. G., and Jiang, S. F. (2010). *Effect of sprinkler and border irrigation on topsoil structure in winter wheat field*. *Pedosphere*. 20(4): 419–426.
- 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: 35-41.
- Ghaderpour, O., Rafiee, S and Sharifi, M. (2018). *Life cycle assessment of alfalfa production and prediction of emissions using multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system in Bukan Township*. *Journal of agricultural machinery*. 8(1): 119-136. (In Persian).
- Ghasemi-Mobtaker, H., Kaab, A., Rafiee, S., Nabavi-Pelesaraei, A. (2022). *A comparative of modeling techniques and life cycle assessment for prediction of output energy, economic profit, and global warming potential for wheat farms*. *Energy Reports*. 8: 4922-4934.
- Ghasemi-Mobtaker, H., Akram, A., and Keyhani, A. (2012). *Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran*. *Energy for Sustainable Development*. 16, 84–89.
- Ghasemi-Mobtaker, H., 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: 367–372.
- Hepburn, C., Qi, Y., Stern, N., Ward, B., Xie, C., and Zenghelis, D. (2021). *Towards carbon neutrality and China's 14th Five-Year Plan: Clean energy transition, sustainable urban development, and investment priorities*. *Environmental Science and Ecotechnology*. 8: 100130.
- Hernández-Delgado, E. A. (2015). *The emerging threats of climate change on tropical coastal ecosystem services, public health, local economies and livelihood sustainability of small islands: Cumulative impacts and synergies*. *Marine Pollution Bulletin*. 101(1): 5-28.
- Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Nabavi-Pelesaraei, A., Khanali, M., Ghahderijani, M. and Chau, K. W. (2018). *Application of data envelopment analysis approach for optimization of energy use and reduction of greenhouse gas emission in peanut production of Iran*. *Journal of Cleaner Production*, 172: 1327-1335.
- Hosseini-Fashami, F., Motevali, A., Nabavi-Pelesaraei, A., Hashemi, S. J., and Chau, K. W. (2019). *Energy-Life cycle assessment on applying solar technologies for greenhouse strawberry production*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 116: 109411.
- Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. (2010). *Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops*
- Ozkan, B., Akcaoz, H and Karadcniz, F. (2004). *Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey*. *Energy Conversion and Management*. 45: 1821–1830.
- Pahlavan, R., Omid, M., Rafiee, S and Mousavi-Avval, S.H. (2012). *Optimization of energy consumption for rose production in Iran*. *Energy for Sustainable Development*. 16(2): 236-241.
- Rafiee, S., Mousavi Avval, S.H and Mohammadi, A. (2010). *Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran*. *Energy*. 35: 3301–3306.
- Salehi, M., Ebrahimi, R., Maleki, A and Ghasemi-Mobtaker, H. (2014). *An assessment of energy modeling and input costs for greenhouse button mushroom production in Iran*. *Journal of Cleaner Production*. 64: 377–383.
- Salehi, M., Maleki, A., Gasemi-mobtaker, H., Rostami, S and Shakeri, H. (2016). *Investigation of energy inputs and CO2 emission for almond production using sensitivity analysis in Iran*. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 18(1): 158–166.