نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۱ شماره ۳ / سال ۱۴۰۰ صفحات ۳۱۱-۲۹۵

تحلیل اقتصادی و ارزیابی پایداری تولید سیب‌زمینی بر اساس انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: استان گلستان)

حمید رضا شاه حسینی[۱]، محمود رمرودی[۲*]، حسین کاظمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱٤
۱-دانش آموخته دکتری آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۲-دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳-دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
*مسئول مکاتبه: E-mail: mramroudi42@uoz.ac.ir

چکیده

اهداف: این تحقیق با هدف ارزیابی و مقایسه پایداری محیطی و اقتصادی نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها: مطالعه، در استان گلستان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ و به وسیله پرسشنامه انجام شد. ۱۲۰ مزرعه برای کشت پاییزه و برای کشت بهاره، ٦۰ مزرعه انتخاب شدند. پس از تعیین مهم‌ترین ورودی‌ها و خروجی مزارع، شاخص‌های مربوط به اثر گلخانه‌ای و شاخص‌های اقتصادی در دو نظام زراعی، محاسبه و ارزیابی شدند.

یافته‌ها: پتانسیل گرمایش جهانی و کارایی کربن به ترتیب ۳۹۱۳/۹٤ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار و ۱۳/٤٦ در نظام زراعی پاییزه و ۱۸۵۷/۱۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار و ۱۷/۳۲ در نظام زراعی بهاره بدست آمد. در نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره به ترتیب، شاخص‌های ارزش ناخالص تولید ۱۸۹٦ و ۱۱۵۸ دلار در هکتار، درآمد ناخالص ۵۱۸/۲۱ و ۱۸/۳٤ دلار در هکتار، درآمد خالص ۵۸/۹۵ و ۲۸۷/۸۳- دلار در هکتار، نسبت سود به هزینه ۱/۰۳ و ۰/۸ و بهره‌وری ۱۷/۲۰ و ۱۳/۳۵ کیلوگرم بر دلار تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: پایداری محیطی نظام زراعی سیب‌زمینی بهاره بیشتر از پاییزه و پایداری اقتصادی نظام زراعی سیب‌زمینی پاییزه بسیار بیشتر از بهاره بود. ادامه تولید پاییزه سیب‌زمینی، به شرط بهبود مدیریت مصرف ورودی‌ها، توصیه می‌شود. در خصوص نظام زراعی بهاره، جایگزین کردن تولید سیب‌زمینی با محصولات رایج در منطقه، مانند باقلا و کدو، به دلیل پتانسیل تولید مناسب و قیمت فروش بالاتر در شریط منطقه، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزش ناخالص تولید، بهره‌وری، پتانسیل گرمایش جهانی، درآمد خالص، کارایی کربن

Economic Analysis and Evaluating the Sustainability of Potato Production Based on Greenhouse Gas Emissions (Case Study: Golestan Province)

Hamid Reza Shahhoseini[1], Mahmoud Ramroudi[2*], Hossein Kazemi[3]

Received: May 12, 2020 Accepted: February 2, 2021
1-PhD Graduated of Agroecology, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.
3-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
*Corresponding Author Email: mramroudi42@uoz.ac.ir

Abstract

Background and Objective: This study was conducted to evaluate and compare the sustainability of the two autumn and spring potato (*Solanum tuberosum* L.) farming ecosystems.

Materials and Methods: The study was conducted by questionnaire in Golestan Province during the period of 2017-2018. The number of samples was determined by Cochran formula. Accordingly, 120 and 60 farms were selected for autumn and spring cultivation, respectively. After determining the most important inputs and output for farms, the greenhouse effect and economic indices were determined in two farming ecosystems.

Results: Global warming potential and carbon efficiency were 3913.94 CO_2e .ha^{-1} and 13.46 in autumn farming ecosystem and 1857.15 CO_2e .ha^{-1} and 17.32 in spring farming ecosystems, respectively. In autumn and spring potato farming ecosystems, gross value of production indices were 1896 and 1158 \$. ha^{-1}; gross return indices were 518.21 and 18.34 \$. ha^{-1}, net return indices were 58.95 and -287.83 \$. ha^{-1}, benefit to cost ratio indices were 1.03 and 0.8 and productivity indices were 17.20 and 13.35 kg. $\$^{-1}$, respectively.

Conclusion: The environmental sustainability of the spring potato farming ecosystem was higher than the autumn and the economic sustainability of the autumn potato farming ecosystem was much higher than the spring. It is recommended to continue the autumn cultivating as long as the input consumption management is improved. In the spring potato farming ecosystem, it is advisable to replace potato with products such as beans and squash because of good production potential and higher selling price in the region.

Keywords: Gross Value of Production, Productivity, Global Warming Potential, Net Return and Carbon Efficiency

مقدمه

پایداری، یکی از مولفه‌های اصلی تولید محصولات کشاورزی است که امنیت غذایی و بهره‌مندی از منابع تولیدی برای نسل‌های حال و آینده را به دنبال دارد (شیبانی و همکاران ۲۰۱۷ و رضایی و همکاران ۲۰۱۹). تولید محصولات کشاورزی شامل عملیات مختلف مانند شخم، کودپاشی و آبیاری است که موجب انتشار گازهای گلخانه‌ای با اثرات بسیار مضر بر محیط، از جمله کاهش پایداری، می‌شود (لال و همکاران ۲۰۱۹). گازهای گلخانه-ای با جذب امواج فروسرخ در اتمسفر، گرما را به دام انداخته و موجب گرم شدن سطح زمین می‌شود که اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود. گرمایش جهانی یا تغییر اقلیم،

به عنوان اثر گازهای گلخانه‌ای، یکی از مهم‌ترین چالش-های محیطی جهان امروز است که بر زندگی آینده در زمین اثر دارد (سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). اکسید نیتروژن، متان و دی اکسید کربن، سه گاز گلخانه‌ای اصلی هستند (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦، بن جبلی و بن یوسف ۲۰۱۷ و لال و همکاران ۲۰۱۹) و کاربرد تجهیزات مزرعه، پمپ کردن آب برای آبیاری، پرورش احشام در شرایط بسته و کاربرد کودهای غنی نیتروژن، در انتشار زیاد آنها در بخش کشاورزی نقش دارند. بنابراین، سهم کشاورزی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، قابل توجه بوده و ١٤ تا ۳۰ درصد است (بن جبلی و بن یوسف ۲۰۱۷). افزایش مصرف ورودی‌های انرژی، به ویژه انرژی تجدیدناپذیر، در کشاورزی موجب اثرات محیطی مختلف از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی، کاهش تنوع زیستی و افزایش گازهای گلخانه‌ای شده است. این اثرات در مقیاس‌های مکانی مختلف از مزارع کوچک تا زیست‌سپهر، مهم هستند (کاظمی و همکاران ۲۰۱٦). با این وجود، بنا بر نظر فائو، بخش کشاورزی پتانسیل کاهش انتشار دی اکسید کربن را به میزان ۸۰ تا ۸۸ درصد دارد که این امر با مدیریت بهینه ورودی‌ها و کاربرد منابع تجدیدپذیر تا حد امکان محقق خواهد شد (بن جبلی و بن یوسف ۲۰۱۷). برای موفقیت در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از تولیدات کشاورزی نیاز به سه مرحله شناسایی مزارع با درجه آلوده‌کنندگی بالا، تعیین گزینه‌های مناسب زیستی برای این مزارع و انتخاب گزینه‌های با کارایی اقتصادی مناسب است (عالی‌مقام و همکاران ۲۰۱۷).

انتشار گازهای گلخانه‌ای از کشت‌بوم‌ها به عنوان یک شاخص کلیدی در توسعه پایدار است (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦). مصرف کارامد انرژی در کشاورزی، همراه با انرژی ورودی پایین در مقایسه با خروجی کشاورزی، نیاز به سوخت‌های فسیلی و مشکلات محیطی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را به حداقل رسانده و موجب بهبود کشاورزی پایدار به عنوان یک نظام تولیدی اقتصادی می‌شود (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱۲ و کاظمی و همکاران ۲۰۱٦). بنابراین، سیاست کشاورزی رایج باید توسعه سامانه‌های تولید باشد که نیاز کمتر به ورودی‌های تجدیدناپذیر داشته و در عین حال، سطح بالای خروجی را حفظ کند که موجب کاهش انتشار گاز-های گلخانه‌ای در کنار بهره‌وری اقتصادی قابل قبول می-شود (زیلیواکیس و همکاران ۲۰۰۵). کشت سیب‌زمینی در استان گلستان به دو صورت پاییزه و بهاره می‌باشد. به‌گونه‌ای که همزمان با برداشت سیب‌زمینی پاییزه در برخی مناطق استان، سیب‌زمینی بهاره در مناطق دیگر در حال کاشت است. سطح زیر کشت سیب‌زمینی در استان گلستان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦، ٦۵۰۰ هکتار گزارش شد که ٦۲۰۰ هکتار از آن به صورت کشت پاییزه و ۳۰۰ هکتار به صورت کشت بهاره بود. همچنین، میانگین عملکرد سیب‌زمینی در استان گلستان ۲۰ تا ۲۵ تن است (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان ۲۰۱۸).

برای کاهش پتانسیل گرمایش جهانی در بخش کشاورزی، ترکیبی از تحلیل های محیطی و اقتصادی در سامانه تولید، به منظور کاربرد بهترین استراتژی‌های مدیریتی در این کشت‌بوم‌ها مفید است (یوسفی و همکاران ٢٠١٤ b). بنابراین، کمی‌سازی و ارزیابی میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی تولید محصول در کنار ارزیابی اقتصادی آن، برای سیاست-گزاران مفید بوده و به بهبود مدیریت و توسعه فناوری-های کارامد و دوست‌دار محیط کمک می‌کند (لال و همکاران ۲۰۱۹). به همین دلیل، مطالعات متنوعی در رابطه با ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات کشاورزی انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به گوجه‌فرنگی در ترکیه (کاراکایا و اوزیلگن ۲۰۱۱)، چغندرقند در انگلستان (زیلیواکیس و همکاران ۲۰۰۵) و برنج در ایران (یساری و همکاران ۲۰۱۸) و مالزی (السوراگابی و همکاران ۲۰۱۹) اشاره کرد. همچنین از جمله مطالعات انجام شده در زمینه تحلیل اقتصادی تولید محصولات کشاورزی نیز می‌توان به

سویا، ذرت و گندم در ایتالیا (سارتوری و همکاران ۲۰۰۵)، سویا در هندوستان (ماندال و همکاران ۲۰۰۲)، چغندرقند در ترکیه (اردال و همکاران ۲۰۰۷)، سیب‌زمینی در ایران (آذرپور و همکاران ۲۰۱۳) و سیب‌زمینی و چغندرقند در ایران (زاهدی و همکاران ۲۰۱۵) اشاره کرد.

ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظام کشت گندم- نخود فرنگی در ٤ سطح مصرف ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در کانادا نشان داد، میزان انتشار این گاز از ٤۱۰ تا ۱۱۳۰ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در سطوح مختلف مصرف متغیر بود و بیشترین میزان انتشار در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن به دست آمد (خبازان و همکاران ۲۰۰۹). ارزیابی تولید سویا در گرگان در سناریوهای مختلف مدیریتی بیانگر آن است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بین ۱۲٥٦/۱ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار در سناریوی رایج و ۲۹٦۹/۲ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار در سناریوی با سطح بالای مکانیزاسیون متغیر می‌باشد (عالی‌مقام و همکاران ۲۰۱۷). در مطالعه دیگری ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در ٦ سناریوی مختلف مدیریتی تولید گندم در گرگان نشان داد، میزان کل پتانسیل گرمایشی بین ٤۳۳/۳ تا ۱٦۱۱/۹ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار متغیر بوده و این میزان برای سناریوی با مدیریت بهتر محصول، ۹۳۲ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار بوده است (سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). تحلیل اقتصادی تولید چغندرقند در استان خراسان رضوی حاکی از آن است که شاخص‌های ارزش ناخالص تولید ۳۸٥٤/٥ دلار، هزینه کل تولید ۲۸۹٦/٥ دلار، درآمد ناخالص ۲۱۲٦/۱ دلار، درآمد خالص ۹٥۸/۱ دلار در هکتار، نسبت سود به هزینه ۱/۳ و بهره‌وری ۱۱/٦ کیلوگرم بر دلار می‌باشد (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱۲). با این حال، هیچ مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان کارایی اقتصادی تولید محصول سیب‌زمینی در استان گلستان یافت نشد. هدف از این تحقیق، تعیین و مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کنار بهره‌وری اقتصادی برای تولید پاییزه و بهاره سیب‌زمینی، به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی، در استان گلستان و ارائه راهکارهایی برای مدیریت بهتر به منظور کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و در عین حال بهبود بهره‌وری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و جمع آوری داده‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ در استان گلستان، در شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد کتول، انجام شد. داده‌ها به وسیله پرسشنامه و مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان جمع‌آوری شد. تعداد پرسشنامه به وسیله رابطه ۱ تعیین شد (کوکران ۲۰۰۳).

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2pq}{d^2}-1\right)} \qquad \text{رابطه } \{۱\}$$

در این رابطه، n حجم نمونه، z خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول (۱/۹٦)، p مقدار جمعیت دارای صفت خاص و q مقدار جمعیت فاقد صفت خاص بود. p و q از نظر آماری نشان دهنده این نکته هستند که کشاورز چه مقدار شانس برای انتخاب شدن دارد و با چه مقدار شانس انتخاب نخواهد شد. به دلیل اینکه تبعیضی در انتخاب کشاورزان وجود نداشت، این مقدار در هر دو مورد برابر ۰/٥ بود. d مقدار دقت احتمالی قابل قبول و N میزان حجم جامعه آماری یا تعداد کل کشاورزان سیب‌زمینی کار در استان گلستان ۲۱۳۸ نفر بود. ۱۲۰ مزرعه برای کشت پاییزه و برای کشت بهاره، ٦۰ مزرعه و کشاورزان به روش تصادفی طبقه‌ای و در هر طبقه به روش تصادفی ساده انتخاب شدند.

ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی

برای تعیین انتشار گازهای گلخانه‌ای برای ورودی-های مختلف به کار رفته در تولید محصولات کشاورزی، منابع داده مختلفی شرکت دارند (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ a). مقدار گاز گلخانه‌ای تولید شده از طریق ضرب کردن مقادیر خام ورودی‌های مصرف شده در ضریب انتشار ویژه ورودی‌های کشاورزی محاسبه شد (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦) (جدول ۱).

جدول ۱- ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (گرم) به ازای هر واحد ورودی‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آنها در نظام زراعی سیب‌زمینی

منبع	متان	اکسید نیتروژن	دی اکسید کربن	ورودی
کرامر و همکاران ۱۹۹۹	٥/۲۰	۰/۷۰	۳٥٦۰/۰۰	سوخت فسیلی
اشنایدر و همکاران ۲۰۰۹	۳/۷۰	۰/۰۳	۳۱۰۰/۰۰	کود نیتروژن
اشنایدر و همکاران ۲۰۰۹	۱/۸۰	۰/۰۲	۱۰۰۰/۰۰	کود فسفر
اشنایدر و همکاران ۲۰۰۹	۱/۰۰	۰/۰۱	۷۰۰/۰۰	کود پتاس
اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦	۰/۰۱	۰/۰۲	٥۱۰۰	سموم شیمیایی
زیلیواکیس و همکاران ۲۰۰٥	۰/۰۲	۸/۸۲	٦۱/۲۰	الکتریسیته
اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦	۲۱	۳۱۰	۱	عامل معادل دی اکسید کربن پتانسیل گرمایش جهانی

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را می‌توان بر حسب هر واحد زمین مورد استفاده در تولید محصول، هر واحد وزن محصول و هر واحد از ورودی یا خروجی انرژی محاسبه کرد (سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). در این تحقیق میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان بر حسب کیلوگرم در هکتار در رابطه با ورودی‌های سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و الکتریسیته و پتانسیل گرمایش جهانی به روش زیلیواکیس و همکاران (۲۰۰٥) بر حسب کیلوگرم در هکتار برای سامانه‌های تولید سیب‌زمینی پاییزه و بهاره در استان گلستان کمی شد. سپس پتانسیل گرمایش جهانی هر گاز گلخانه‌ای برای هر یک از سامانه‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان محاسبه گردید. پتانسیل گرمایش جهانی، شاخصی است که تعیین کننده سهم نسبی یک گاز از اثر گلخانه‌ای است. این شاخص به عنوان اثرات نیروی تابشی تجمعی بین زمان حاضر و زمان انتخابی در آینده است که از طریق یک جرم واحد گاز منتشر شده در زمان حال ایجاد شده است. انتشارها بر اساس معادل دی اکسید کربن، به عنوان گاز مرجع، اندازه‌گیری می‌شوند (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b). پتانسیل گرمایش جهانی متان و اکسید نیتروژن در دوره زمانی بیش از صد سال نیز به ترتیب حدود ۲۱ و ۳۱۰ در نظر گرفته شد (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦). در انتها، انتشار کل گازهای گلخانه‌ای نیز با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (کرامر و همکاران ۱۹۹۹).

رابطه {۲} $$\text{اثر گلخانه ای} = \sum \left(\text{معادل دی اکسید کربن در هکتار}\right) \times \text{پتانسیل گرمایش جهانی} \left(\text{کیلوگرم}\right) \text{جرم گاز انتشار یافته}$$

کارایی مصرف کربن نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ a).

$$\text{نسبت کارایی کربن} = \frac{\text{عملکرد خروجی}(\text{کیلوگرم کربن در هکتار})}{\text{پتانسیل گرمایش جهانی}(\text{کیلوگرم کربن در هکتار})} \quad \text{(رابطه۳)}$$

در این رابطه، عملکرد خروجی باید بر اساس معادل کربن بیان شود. محتوای کربن را معمولاً ٤٥ درصد از عملکرد کل در نظر می‌گیرند (بلیندر و همکاران ۲۰۰۷). همچنین به این دلیل که پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس معادل دی اکسید کربن است، برای تعیین محتوای کربن باید این مقدار را در نسبت وزن مولکولی کربن به دی اکسید کربن ضرب کرد که معمولاً ۱۲/٤٤ یا حدود ۰/۲۷ می‌باشد (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ a). برای ارزیابی جریان انرژی، ذخیره کربن و انتشار گاز گلخانه‌ای در بوم‌نظام‌ها، شاخص پایداری نیز محاسبه شد (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b). روش‌های مختلفی برای ارزیابی پایداری یک نظام تولید وجود دارد. خاک‌شناسان از کیفیت خاک، اقتصاددانان از بهره‌وری، مهندسان از کارایی مصرف انرژی و بوم‌شناسان از ضرایب انرژی برای بیان میزان پایداری استفاده می‌کنند (لال ۲۰۰٤). در این تحقیق شاخص پایداری به وسیله رابطه ٤ محاسبه شد (لال ۲۰۰٤).

$$\text{شاخص پایداری} = \frac{[\text{معادل کربن ورودی‌های شیمیایی}(\text{معادل کربن در هکتار}) - \text{معادل کربن خروجی}(\text{معادل کربن در هکتار})]}{\text{معادل کربن ورودی‌های شیمیایی}(\text{معادل کربن در هکتار})} \quad \text{(رابطه ٤)}$$

برای تعیین محتوای کربن ورودی‌های شیمیایی نیز باید محتوای دی اکسید کربن آنها را در نسبت وزن مولکولی کربن به دی اکسید کربن ضرب کرد (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b).

تحلیل اقتصادی

برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی در نظام زراعی سیب‌زمینی، پس از تعیین مهم‌ترین ورودی‌ها و خروجی، مقدار خام آنها در هر کدام از ۱۸۰ مزرعه تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر ورودی‌های اقتصادی و خروجی (عملکرد) در هر هکتار در نظام‌های زراعی سیب‌زمینی در استان گلستان

متغیر	واحد	نظام زراعی پاییزه	نظام زراعی بهاره
نیروی کارگری	ساعت	۳۷۲/٥٦	٤٥۹/۸۳
ماشین‌آلات	ساعت	۱۹/٦۸	۱۷/۰۳
سوخت فسیلی	لیتر	۳۲۹/۸۹	۲٤٦/٤۳
کود نیتروژن	کیلوگرم	۲۰۳/۰۰	۲۲۹/۰۰
کود فسفر	کیلوگرم	۱۲٦/۰۰	۱۱۰/۰۰
کود پتاس	کیلوگرم	۸٤/۷۰	۷٤/۱۰
کود دامی	کیلوگرم	۱۳۰۰۰/۰۰	۲۲۷۰/۰۰
علف‌کش	کیلوگرم	۱/۰۲	۰/۳۷
حشره‌کش	کیلوگرم	۰/۲۲	۰/۰۰
قارچ‌کش	کیلوگرم	۰/۸۷	۰/۰۰
الکتریسیته	کیلووات ساعت	٦۳۷/۰۷	۰/۰۰
بذر	کیلوگرم	٤۳۱۰/۰۰	۳٥۰۰/۰۰
عملکرد سیب‌زمینی	کیلوگرم	۳۱٦۰۰	۱۹۳۰۰

میزان هزینه برای هر ورودی در نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره با ضرب مقدار مصرف ورودی در قیمت خرید آن محاسبه شد (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱۲). تمام محاسبات مربوط به تعیین میزان هزینه و شاخص‌های اقتصادی، توسط نرم افزار EXCEL 2007 انجام شد. مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی شامل ارزش ناخالص تولید، هزینه کل تولید، درآمد ناخالص، درآمد خالص، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری تولید (رابطه‌های ۵ تا ۱۰) (زنگنه و همکاران ۲۰۱۰ و اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱۲) در هر مزرعه محاسبه شد. سپس دو نظام زراعی پاییزه و بهاره، با میانگین‌گیری هر یک از شاخص‌ها از تمام ۱۲۰ و ۶۰ مزرعه پاییزه و بهاره، از لحاظ اقتصادی ارزیابی و مقایسه شدند.

(رابطه ۵) قیمت سیب‌زمینی(دلار در کیلوگرم)× عملکرد سیب زمینی (کیلوگرم در هکتار) = ارزش ناخالص تولید

(رابطه ٦) هزینه متغیر تولید (دلار در هکتار) + هزینه ثابت تولید (دلار در هکتار) = هزینه کل تولید

(رابطه ۷) هزینه متغیر تولید (دلار در هکتار) - ارزش ناخالص تولید (دلار در هکتار) = درآمد ناخالص

(رابطه ۸) هزینه کل تولید (دلار در هکتار) - ارزش ناخالص تولید (دلار در هکتار) = درآمد خالص

(رابطه ۹) $$\text{نسبت سود به هزینه} = \frac{\text{ارزش ناخالص تولید(دلار در هکتار)}}{\text{هزینه کل تولید(دلار در هکتار)}}$$

(رابطه ۱۰) $$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد سیبزمینی(کیلوگرم در هکتار)}}{\text{هزینه کل تولید(دلار در هکتار)}}$$

نتایج و بحث

انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی

مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان برای ورودی‌های سوخت فسیلی، کود نیتروژن، کود فسفر، کود پتاسیم، سموم شیمیایی و الکتریسیته و پتانسیل گرمایش جهانی آنها در دو نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان به ترتیب در جداول ۳ و ٤ نشان داده شده است. میزان انتشار هر گاز گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی برای تمام ورودی‌ها از طریق ضرب شدن آنها در ضرایب تبدیل مربوطه به دست آمد.

جدول ۳- انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) از ورودی‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آنها در نظام زراعی پاییزه سیب‌زمینی در استان گلستان

ورودی	دی اکسید کربن	اکسید نیتروژن	متان	پتانسیل گرمایش جهانی	درصد از کل پتانسیل گرمایش جهانی
سوخت فسیلی	۱۱۷٤/٤۱	۰/۲۳	۱/۷۲	۱۲۸۱/۸۳	۳۲/۷۵
کود نیتروژن	٦۲۹/۳	۰/۰۰٦	۰/۷۵	٦٤٦/۹۱	۱٦/۵۳
کود فسفر	۱۲٦	۰/۰۰۳	۰/۲۳	۱۳۱/۷٦	۳/۳۷
کود پتاسیم	۵۹/۲۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۸	٦۱/۲۲	۱/۵٦
سموم شیمیایی	۱۰/۷٦	۰/۰۰۰۰٤	۰/۰۰۰۰۲	۱۰/۷۷	۰/۲۸
الکتریسیته	۳۸/۹۹	۵/٦۲	۰/۰۱	۱۷۸۱/٤	٤۵/۵۱
انتشار کل	۲۰۳۸/۷۵	۵/۸٦	۲/۷۹	–	–
معادل دی اکسید کربن پتانسیل گرمایش جهانی	۲۰۳۸/۷۵	۱۸۱٦/٦	۵۸/۵۹	–	–

جدول ۴- انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) از ورودی‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آنها در نظام زراعی بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان

ورودی	دی اکسید کربن	اکسید نیتروژن	متان	پتانسیل گرمایش جهانی	درصد از کل پتانسیل گرمایش جهانی
سوخت فسیلی	۸۷۷/۲۹	۰/۱۷	۱/۲۸	۹۵٦/۸۷	۵۱/۵۲
کود نیتروژن	۷۰۹/۹	۰/۰۰۷	۰/۸۵	۷۲۹/۹۲	۳۹/۳۰
کود فسفر	۱۱۰	۰/۰۰۲	۰/۲	۱۱٤/۸۲	٦/۱۸
کود پتاسیم	۵۱/۸۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۷	۵۳/۵٦	۲/۸۸
سموم شیمیایی	۱/۸۹	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰٤	۱/۸۹	۰/۱۲
الکتریسیته	۰	۰	۰	۰	۰
انتشار کل	۱۷۵۰/۹۵	۰/۱۸	۲/٤۰	–	–
معادل دی اکسید کربن پتانسیل گرمایش جهانی	۱۷۵۰/۹۵	۵۵/۸۰	۵۰/٤۰	–	–

مقدار انتشار دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان از نظام زراعی پاییزه سیب‌زمینی به ترتیب ۲۰۳۸/۷۵، ۵/۸٦ و ۲/۷۹ کیلوگرم در هکتار و از نظام زراعی بهاره به ترتیب ۱۷۵۰/۹۵، ۰/۱۸ و ۲/٤۰ کیلوگرم در هکتار بود (به ترتیب جداول ۳ و ٤). بنابراین، میزان تولید هر سه گاز اصلی گلخانه‌ای در نظام زراعی پاییزه از بهاره بیشتر است. مقدار تولید هر سه گاز دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان در هر دو نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان به ترتیب کمتر از مقدار ۲٦٦۸/۳۵، ۲۲/۹۲ و ۳/٤۹ کیلوگرم در نظام زراعی چغندرقند در استان کرمانشاه (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ a) بدست آمد. مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی تولید سیب‌زمینی در استان گلستان در نظام زراعی پاییزه بیش از دو برابر نظام زراعی بهاره است (به ترتیب ۳۹۱۳/۹٤ و ۱۸۵۷/۱۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار). بنابراین، باید مصرف ورودی‌های شیمیایی در تولید سیب‌زمینی، به ویژه در نظام زراعی پاییزه، تا حد امکان کاهش یابد. به حداقل رساندن ورودی‌های شیمیایی علاوه بر پایداری این سامانه‌های تولید و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، در کسب منفعت اقتصادی در بلندمدت، موثر است (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b).

سامانه‌های تولید با ورودی انرژی پایین، به خوبی توسط کشاورزان مورد مطالعه که علاقه‌مندی بیشتری به منفعت اقتصادی نسبت به بهره‌وری انرژی دارند، پذیرفته نشده است که اساساً به دلیل هزینه‌های پایین انرژی ورودی در کشور و اختصاص یارانه بالا برای ورودی‌های کشاورزی توسط دولت است. حذف یارانه از کشت‌بوم‌ها، با هدف ترغیب کشاورزان به مصرف کارامدتر ورودی‌ها، توصیه می‌شود. برای رسیدن به هدف مصرف صحیح منابع انرژی و کاهش چالش‌های محیطی، هر دو عامل کشاورزی و سیاست کشاورزی باید الگوهای مدیریتی کارامد را برای رسیدن به پایداری محیطی تدوین و اجرا کنند (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b). مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی در هر دو سامانه تولید سیب‌زمینی در استان گلستان بیشتر از مقدار ۹۹۲/۸۸ برای تولید سیب‌زمینی در استان اصفهان (پیشگار کومله و همکاران ۲۰۱۲) و ۱۰۰۹/۹۱ برای تولید کلزای دیم در استان گلستان (کاظمی و همکاران ۲۰۱٦) و کمتر از مقدار ۱۲۸٦۸/۸٤ برای تولید ذرت در استان کرمانشاه (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b) و ۹۸٤۷/۷۷ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار برای تولید چغندرقند در استان کرمانشاه (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ a) بود. بنابراین هر

کیلوگرم تولید سیب‌زمینی در سامانه‌های پاییزه و بهاره در استان گلستان به ترتیب موجب تولید ۰/۱۲ و ۰/۱ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن گرمایش می‌شود. ایجاد گرمایش به ازای هر کیلوگرم تولید گندم در استان اصفهان ۰/۹۹۸ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن بدست آمد (خوشنوسیان و همکاران ۲۰۱۳).

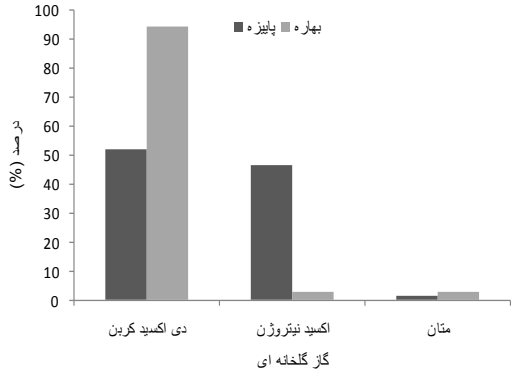
بیشترین سهم از کل پتانسیل گرمایش جهانی در نظام پاییزه مربوط به الکتریسیته است (٤٥/٥١ درصد) (جدول ۳) که به دلیل برقی بودن پمپ‌های چاه آب در حدود نیمی از مزارع در نظام پاییزه و همچنین روش آبیاری اسپرینکلر گان در برخی مزارع در سامانه پاییزه می‌باشد. کاربرد روش آبیاری اسپرینکلر گان، یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش مصرف الکتریسیته در مزارع ایران است. همچنین ارزیابی تولید سویا در سناریوهای مختلف مدیریتی در گرگان نشان داد، سهم الکتریسیته از پتانسیل گرمایش جهانی بین ۳۷ تا ۷۸ درصد متغیر بود که به روش آبیاری بستگی داشت (عالی‌مقام و همکاران ۲۰۱۷).

دومین سهم از پتانسیل کل گرمایش جهانی در نظام پاییزه مربوط به سوخت فسیلی (۳۲/۷۵ درصد) است (جدول ۳). در سامانه بهاره به دلیل عدم مصرف الکتریسیته، بیشترین سهم از کل پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به سوخت فسیلی بود (۵۱/۵۲ درصد) (جدول ٤). بنابراین، اتخاذ راهکارهایی برای کاهش مصرف الکتریسیته و سوخت فسیلی، مانند نوسازی پمپ‌های فرسوده و کاربرد منابع تجدیدپذیر، در کاهش پتانسیل گرمایش جهانی و در نتیجه افزایش پایداری محیطی در نظام زراعی پاییزه و بهاره موثر است. کاربرد منابع وسیع تجدیدپذیر مانند انرژی باد، آب و خورشید در عملیات‌های کشاورزی، مانند آبیاری، موجب کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (عالی‌مقام و همکاران ۲۰۱۷). به دلیل فرسوده بودن ماشین‌آلات کشاورزی در اغلب مزارع، نوسازی آنها نیز در کاهش مصرف ورودی سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کاهش پتانسیل گرمایش جهانی و افزایش پایداری محیطی، به ویژه در نظام پاییزه (به دلیل کاربرد بیشتر ماشین‌آلات در این نظام) موثر است. ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از ورودی‌های مختلف در مزارع استرالیا نشان داد، افزایش کاربرد و فرسوده بودن ماشین‌آلات موجب افزایش مصرف سوخت و در نتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود؛ به طوری که ١٤/٤ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوخت فسیلی مربوط به ماشین‌آلات است (مراسنی و همکاران ۲۰۰۷). همچنین استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی نیز در کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش پتانسیل گرمایش جهانی در هر دو نظام زراعی موثر است. روش خاک‌ورزی کاهشی موجب کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش انتشار دی اکسید کربن به میزان ۳۰ تا ٦٤ درصد می‌شود (اولسن و همکاران ۲۰۰۵). ارزیابی تعادل انرژی در تولید ذرت و سویا در آمریکا نشان داد، عملیات کاشت، خاک‌ورزی، کوددهی و برداشت محصول به میزان زیادی بر میزان مصرف سوخت موثر است؛ به طوری که میزان مصرف سوخت بین ۳۰ تا ۵۱ درصد در تولید سویا و ۱۷ تا ۳٦ درصد در تولید ذرت متغیر بود (رختی و همکاران ۲۰۰۷). بنابراین، برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، سامانه‌های تولید با سیاست کشاورزی رایج باید با سامانه‌های تولید کارامد جایگزین شود و یکی از مهم‌ترین راهکارها در این خصوص سامانه‌های با سطح پایین مصرف سوخت است.

کودهای شیمیایی دومین و سومین سهم از کل پتانسیل گرمایش جهانی را در سامانه‌های بهاره و پاییزه داشت (به ترتیب ٤٨/٣٦ و ٢١/٤٦ درصد). با این وجود، سهم کود نیتروژن از کل پتانسیل گرمایش جهانی در هر دو نظام زراعی، به ویژه نظام زراعی بهاره، بسیار بیشتر از کودهای فسفر و پتاسیم بود. بیشتر بودن این سهم در سامانه بهاره به دلیل کاربرد فشرده‌تر نیتروژن در آن بود. کودهای شیمیایی بیشترین سهم از انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید سیب‌زمینی در استان اصفهان به

میزان ۳۲۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار داشت (پیشگار کومله و همکاران ۲۰۱۲). کمترین سهم از کل پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید سیب‌زمینی در استان گلستان مربوط به سموم شیمیایی بود. با این وجود، این میزان برای سامانه پاییزه بیش از دو برابر سامانه بهاره بود (به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۱۲ درصد) (به ترتیب جداول ۳ و٤) که مهم‌ترین دلیل آن وجین دستی علف‌های هرز در اغلب مزارع و عدم شیوع بیماری و آفت در نظام بهاره می‌باشد.

اگر چه دی اکسید کربن سهم بسیار بیشتری از انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر دو سامانه داشته (به ترتیب ۹۹/۵۸ و ۹۹/۸۵ درصد در سامانه پاییزه و بهاره)، با این حال بر اساس پتانسیل گرمایش جهانی و اثر گلخانه‌ای، سهم گاز اکسید نیتروژن نیز در سامانه پاییزه قابل توجه است به طوری که سهم اکسید نیتروژن از گرمایش ایجاد شده ناشی از تولید پاییزه سیب‌زمینی در استان گلستان ٤٦/٤١ درصد بدست آمد (شکل ۱). سهم دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان از کل پتانسیل گرمایش جهانی در نظام زراعی یونجه در منطقه سیستان به ترتیب ٤/٦، ۹۵/۳ و ۰/۱ درصد گزارش گردید (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱٦).



شکل ۱- سهم گازهای مختلف از پتانسیل گرمایش جهانی در نظام تولید سیب‌زمینی در استان گلستان

محتوای کربن عملکرد غده و ورودی‌های شیمیایی مصرفی محاسبه شده در پتانسیل گرمایش جهانی در این تحقیق به ترتیب برای نظام زراعی پاییزه ١٤٢٢٠ و ١٠٥٦/٧٦ و برای نظام زراعی بهاره ٨٦٨٥ و ٥٠١/٤٣ کیلوگرم کربن در هکتار بود (جدول ٥).

جدول ٥- شاخص‌های اثر گلخانه‌ای نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان

نظام زراعی بهاره	نظام زراعی پاییزه	واحد	شاخص
٨٦٨٥	١٤٢٢٠	کیلوگرم کربن در هکتار	کربن خروجی
٥٠١/٤٣	١٠٥٦/٧٦	کیلوگرم کربن در هکتار	کربن ورودی
٨١٨٣/٥٧	١٣١٦٣/٢٤	کیلوگرم کربن در هکتار	کربن خالص
١٧/٣٢	١٣/٤٦	-	کارایی کربن
١٦/٣٢	١٢/٤٦	-	شاخص پایداری

کربن خالص یا پتانسیل ترسیب کربن در نظام زراعی پاییزه از بهاره بیشتر است (به ترتیب ۱۳۱۶۳/۲٤ و ۸۱۸۳/۵۷ کیلوگرم کربن در هکتار) که به دلیل عملکرد بسیار بیشتر این نظام نسبت به نظام بهاره می‌باشد (به ترتیب ۳۱٦۰۰ و ۱۹۳۰۰ کیلوگرم در هکتار). بنابراین، نظام تولید سیب‌زمینی پاییزه از لحاظ کاهش دی اکسید کربن اتمسفری به مراتب بهتر از نظام بهاره در استان گلستان است. ترسیب کربن راهکار موثری برای کاهش دی اکسید کربن اتمسفری، به عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است. گیاهان غده‌ای و علوفه‌ای به دلیل عملکرد اقتصادی و ذخیره کربن بیشتر، برای ترسیب کربن مناسب هستند (خرم‌دل و همکاران ۲۰۱۳). میزان کربن خالص به دست آمده در این تحقیق برای هر دو سامانه پاییزه و بهاره تولید سیب‌زمینی بیشتر از مقدار ۷۱۸۷/۷۵ کیلوگرم کربن در هکتار برای تولید ذرت در استان کرمانشاه (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b) بدست آمد. با این وجود، کارایی مصرف کربن در نظام زراعی بهاره بیشتر از پاییزه است (به ترتیب ۱۷/۳۲ و۱۳/٤٦) (جدول ۵) که به دلیل پتانسیل گرمایش جهانی کمتر در نظام بهاره می‌باشد. این نسبت برای تولید ذرت در آمریکا ۵/۳ (لال ۲۰۰٤) و چغندرقند در استان کرمانشاه ۱۰/۹۵ (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ a) گزارش گردید. مقدار شاخص پایداری برای تولید سیب‌زمینی در نظام پاییزه کمتر از بهاره است (به ترتیب ۱۲/٤٦ و ۱٦/۳۲) که نشان دهنده پایداری محیطی کمتر نظام زراعی پاییزه در مقایسه با بهاره در تولید سیب‌زمینی در استان گلستان می‌باشد. بنابراین، به منظور افزایش پایداری کشت‌بوم‌ها و همچنین کاهش اثر محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی، اصلاح الگوی مصرف ورودی‌های شیمیایی و منابع انرژی تجدیدناپذیر، به ویژه در سامانه‌های پاییزه ضروری است. مقدار شاخص پایداری برای تولید سیب‌زمینی برای هر دو سامانه پاییزه و بهاره در این تحقیق بسیار بیشتر از مقدار ۲/۰۵ به دست آمده برای تولید ذرت در استان کرمانشاه (یوسفی و همکاران ۲۰۱٤ b) بدست آمد.

تحلیل اقتصادی

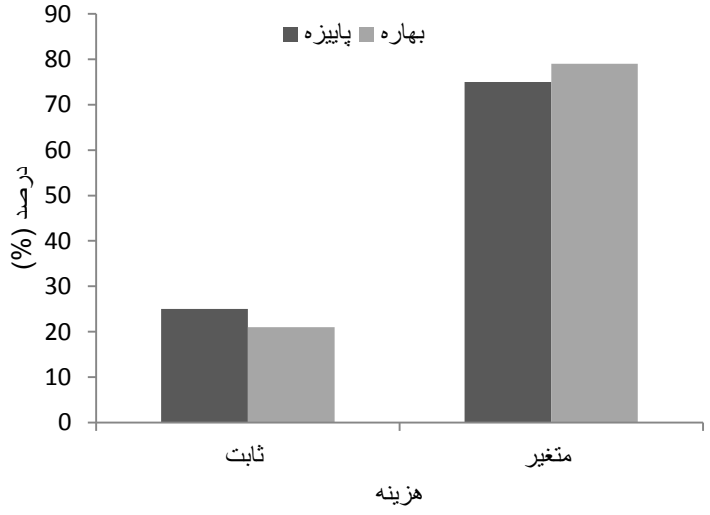
ارزش ناخالص تولید در سامانه پاییزه به میزان ۳۸/۹۲ درصد از نظام بهاره بیشتر بود (به ترتیب ۱۸۹٦ و ۱۱۵۸ دلار در هکتار در نظام زراعی پاییزه و بهاره) (جدول ٦).

با توجه به قیمت یکسان فروش سیب‌زمینی پاییزه و بهاره در سال ۹۷ (میانگین فروش هر کیلوگرم ۰/۰٦ دلار)، دلیل بیشتر بودن ارزش ناخالص تولید در سامانه پاییزه نسبت به بهاره، عملکرد بیشتر سیب‌زمینی در سامانه پاییزه بود (به ترتیب ۳۱٦۰۰ و ۱۹۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سامانه پاییزه و بهاره). هزینه کل تولید در نظام پاییزه به میزان ۲۷/۰٦ درصد از نظام بهاره بیشتر بود (به ترتیب ۱۸۳۷/۰۵ و ۱٤٤۵/۸۳ دلار در هکتار در نظام پاییزه و بهاره) (جدول ٦) که عمدتاً به دلیل کاربرد بیشتر نهاده‌هایی مانند سموم شیمیایی در آن و مکانیزه بودن آبیاری در اغلب مزارع در نظام پاییزه بود. همچنین، وجین دستی علف‌های هرز و عدم شیوع آفت و بیماری در نظام بهاره موجب کاهش هزینه سموم شیمیایی در این نظام زراعی شد. علاوه بر این، در سامانه بهاره به دلیل ابعاد کوچک مزارع و نزدیکی آنها به چشمه‌های آب، آبیاری بدون کاربرد پمپ آب انجام می‌شد که موجب کاهش هزینه انرژی گردید.

جدول ۶- تحلیل اقتصادی نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان

نظام زراعی بهاره	نظام زراعی پاییزه	واحد	شاخص اقتصادی
۱۹۳۰۰	۳۱۶۰۰	کیلوگرم در هکتار	عملکرد
۰/۰۶	۰/۰۶	دلار در کیلوگرم	قیمت فروش
۱۱۵۸	۱۸۹۶	دلار در هکتار	ارزش ناخالص تولید
۱۱۳۹/۶۶	۱۳۷۷/۷۹	دلار در هکتار	هزینه متغیر تولید
۳۰۶/۱۷	۴۵۹/۲۶	دلار در هکتار	هزینه ثابت تواید
۱۴۴۵/۸۳	۱۸۳۷/۰۵	دلار در هکتار	هزینه کل تولید
۰/۰۷	۰/۰۶	دلار در کیلوگرم	هزینه کل تولید
۱۸/۳۴	۵۱۸/۲۱	دلار در هکتار	درآمد ناخالص
۰/۰۰۱	۰/۰۲	دلار در کیلوگرم	درآمد ناخالص
-۲۸۷/۸۳	۵۸/۹۵	دلار در هکتار	درآمد خالص
-۰/۰۱	۰/۰۰۲	دلار در کیلوگرم	درآمد خالص
۰/۸	۱/۰۳	-	نسبت سود به هزینه کل
۱۳/۳۵	۱۷/۲۰	کیلوگرم در دلار	بهره‌وری

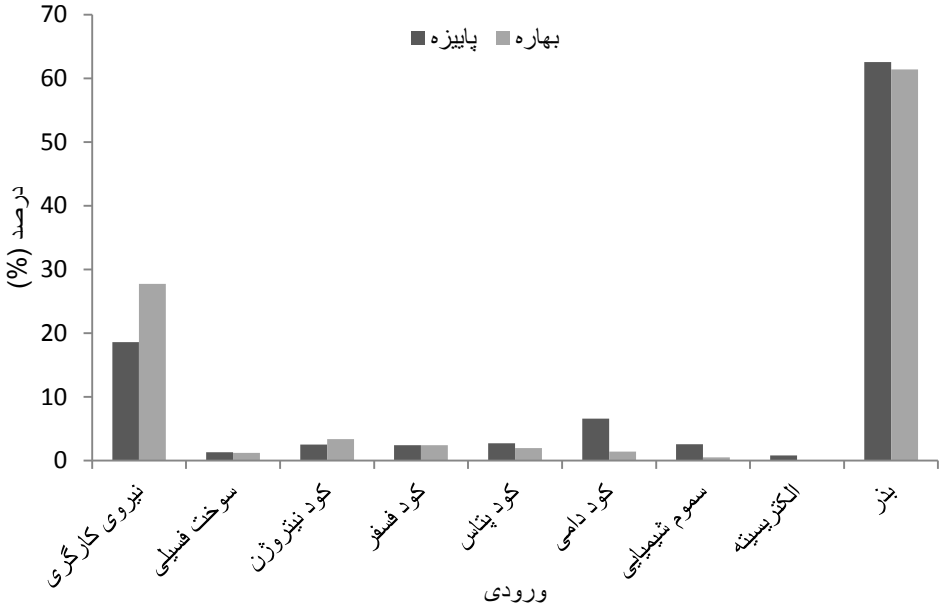
ارزیابی اقتصادی مصرف نهاده‌ها نشان داد، بیشترین سهم از هزینه کل تولید در هر دو نظام زراعی پاییزه و بهاره، مربوط به هزینه متغیر بود که به ترتیب به میزان ۷۵ و ۷۹ درصد در نظام زراعی پاییزه و بهاره بود (شکل ۲).



شکل ۲- سهم هزینه‌های مختلف از هزینه کل نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان

دلیل اصلی بیشتر بودن سهم هزینه ثابت در نظام زراعی پاییزه نسبت به بهاره (به ترتیب ۲۵ و ۲۱ درصد) (شکل ۲)، دفعات زیاد خاک‌ورزی و در نتیجه کاربرد زیاد ماشین‌آلات در این سامانه و عدم کاربرد ماشین‌آلات برای عملیاتی مانند کودپاشی، سم‌پاشی و سرزنی محصول و سنتی بودن آبیاری در تمام مزارع مورد

مطالعه در سامانه کشت بهاره بود. کاهش دفعات خاک-ورزی (استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی) و نوسازی ماشین‌آلات کشاورزی و موتورهای فرسوده پمپ آب، می‌تواند در کاهش کاربرد ماشین‌آلات و مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کاهش هزینه‌های ثابت و متغیر در سامانه پاییزه موثر باشد. سهم هزینه ثابت و متغیر از هزینه کل برای تولید سیب‌زمینی در دو شرایط سطح بالا و سطح پایین کاربرد ماشین‌آلات به ترتیب ۳۷ و ٦۳ درصد برای سطح بالا و ۲۰ و ۸۰ درصد برای سطح پایین کاربرد ماشین‌آلات در استان همدان بود (زنگنه و همکاران ۲۰۱۰). بیشترین سهم از هزینه متغیر در هر دو نظام زراعی پاییزه و بهاره مربوط به بذر بود (به ترتیب ٦۲/٥٦ و ٦۱/٤۲ درصد) (شکل ۳) که به دلیل ارزش زیاد این نهاده و مصرف بیش از مقدار توصیه شده برای کشت (به ترتیب ٤۳۱۰ و ۳٥۰۰ کیلوگرم در هکتار در سامانه پاییزه و بهاره) می‌باشد. کاربرد بذور مناسب و به میزان توصیه شده توسط کارشناسان، موجب کاهش هزینه این ورودی و در نتیجه هزینه کل تولید سیب‌زمینی خواهد شد.



شکل ۳- سهم ورودی‌های مختلف از هزینه متغیر نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان

نیروی کارگری دومین سهم از هزینه متغیر در هر دو سامانه پاییزه و بهاره را داشت که به ترتیب ۱۸/٥۹ و ۲۷/۷٤ درصد بدست آمد (شکل ۳). سهم بیشتر نیروی کار از هزینه متغیر در سامانه بهاره نسبت به پاییزه، نشان دهنده وابستگی بیشتر این سامانه به این ورودی و سطح مکانیزاسیون کمتر در سامانه بهاره می‌باشد. به همین ترتیب، سهم ماشین‌آلات از هزینه ثابت نیز در سامانه پاییزه از بهاره بیشتر است. همچنین سهم سوخت فسیلی از هزینه متغیر در سامانه پاییزه نسبت به بهاره بیشتر می‌باشد (به ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۱۹ درصد در سامانه پاییزه و بهاره). سومین سهم از هزینه متغیر در سامانه پاییزه مربوط به کود دامی (٦/٦ درصد) بدست آمد ولی در سامانه بهاره این سهم به کود نیتروژن تعلق داشت (۳/۳۸ درصد) (شکل ۳). علاوه بر مصرف کمتر کود دامی در سامانه بهاره، دفعات آبیاری به دلیل قرار گرفتن دوره رشد محصول در فصل تابستان، در این سامانه بیشتر

است که موجب افزایش آب‌شویی و در نتیجه مصرف بیشتر کود نیتروژن در این سامانه نسبت به سامانه پاییزه می‌شود.

با وجود بیشتر بودن هزینه‌های متغیر در سامانه پاییزه نسبت به بهاره، درآمد ناخالص در این سامانه بیشتر از سامانه بهاره بود (به ترتیب ۵۱۸/۲۱ و ۱۸/۳٤ دلار در هکتار در سامانه پاییزه و بهاره) که نشان دهنده منفعت کمتر به ازای هر هکتار محصول تولیدی در سامانه بهاره است؛ به طوری که شاخص درآمد خالص در این سامانه منفی شد (۲۸۷/۸۳- دلار در هکتار). منفی بودن این شاخص در سامانه بهاره نشان دهنده عدم سودمندی اقتصادی تولید سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ در این نظام تولید است. بنابراین، جایگزین کردن تولید سیب‌زمینی بهاره با محصولاتی مانند باقلا و کدو، به دلیل پتانسیل تولید مناسب و قیمت فروش بالاتر در شریط این منطقه، توصیه می‌شود. درآمد خالص در سامانه پاییزه ۵۸/۹۵ دلار در هکتار، یعنی بسیار بیشتر از نظام بهاره بود که با وجود هزینه کل تولید بیشتر در سامانه پاییزه، نشان دهنده ارزش تولید بیشتر در این سامانه است. ارزیابی نسبت سود به هزینه در دو سامانه نشان داد، سامانه پاییزه از لحاظ این شاخص به میزان ۲۸/۷۵ درصد از سامانه بهاره مطلوب‌تر است (به ترتیب ۱/۰۳ و ۰/۸ در سامانه پاییزه و بهاره) (جدول ٦). این شاخص برای تولید سیب‌زمینی در استان‌های اردبیل و گیلان به ترتیب ۱/۸۸ (محمدی و همکاران ۲۰۰۸) و ۱/٤۸ (آذرپور و همکاران ۲۰۱۳) گزارش گردید. بهره‌وری در سامانه پاییزه و بهاره به ترتیب ۱۷/۲۰ و ۱۳/۳۵ کیلوگرم در دلار بود (جدول ٦) که نشان دهنده پایداری اقتصادی بیشتر تولید سیب‌زمینی در سامانه پاییزه نسبت به بهاره است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، انتشار گازهای گلخانه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی و شاخص‌های اقتصادی نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در استان گلستان برای اولین بار ارزیابی و مقایسه شدند. نتایج ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره نشان داد، مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی تولید سیب‌زمینی در استان گلستان در نظام زراعی پاییزه بیش از دو برابر نظام زراعی بهاره بود. ورودی‌های الکتریسیته، سوخت فسیلی و کود نیتروژن، بیشترین سهم از کل پتانسیل گرمایش جهانی را در نظام‌های زراعی سیب‌زمینی در استان گلستان داشت. کاهش مصرف الکتریسیته (از طریق نوسازی تجهیزات آبیاری و پمپ‌های الکتریکی)، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی (از طریق روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و نوسازی ماشین‌آلات و پمپ‌های گازوئیلی) و کاهش مصرف نیتروژن (از طریق مصرف کودهای دامی به ویژه در نظام زراعی بهاره) موثرترین راهکارها برای مدیریت بهتر مصرف ورودی‌های شیمیایی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظام‌های زراعی سیب‌زمینی در استان گلستان است. بنابراین باید انرژی‌های جایگزین پایدار، مانند باد، برای سوخت‌های فسیلی به منظور کاهش تقاضای انرژی و بحران‌های زیست‌محیطی، از طریق تثبیت انتشار گازهای گلخانه‌ای و به حداقل رساندن تغییر اقلیم و اثر قابل انتظار آن، توسعه یابد. نتایج نشان داد که مدیریت انرژی باید به عنوان یک عامل اساسی در خصوص مصرف کارآمد و پایدار انرژی در نظر گرفته شود. ارزیابی شاخص‌های مربوط به اثر گلخانه‌ای نشان داد، سیب‌زمینی پاییزه محصول مناسب‌تری نسبت به سیب‌زمینی بهاره برای ترسیب کربن در استان گلستان است. همچنین پایداری محیطی نظام زراعی بهاره بیشتر از پاییزه بود.

ارزیابی شاخص‌های اقتصادی نشان داد، ارزش ناخالص تولید در نظام زراعی پاییزه بیشتر است که به دلیل عملکرد بسیار بیشتر این نظام نسبت به نظام زراعی بهاره است. سهم هزینه متغیر از هزینه کل، نسبت به هزینه ثابت، در هر دو نظام زراعی بیشتر

می‌باشد. بیشترین سهم از هزینه متغیر در هر دو نظام زراعی مربوط به بذر است. هزینه کل تولید در نظام زراعی پاییزه بیشتر از بهاره بدست آمد که عمدتاً به دلیل وابستگی بیشتر عملیات کشاورزی مانند کودپاشی، وجین و سرزنی به ماشین‌آلات و مصرف بیشتر سموم شیمیایی در نظام زراعی پاییزه می‌باشد. با این وجود، شاخص‌های درآمد ناخالص و درآمد خالص در نظام زراعی پاییزه بیشتر است که به دلیل عملکرد بسیار بیشتر این نظام زراعی می‌باشد. همچنین شاخص درآمد خالص در سامانه بهاره منفی شد که نشان دهنده عدم سودمندی اقتصادی تولید سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در این نظام زراعی است. شاخص‌های نسبت سود به هزینه و بهره‌وری در نظام زراعی پاییزه بیشتر از بهاره بود که نشان دهنده پایداری اقتصادی بیشتر این نظام زراعی در استان گلستان است. به عنوان نتیجه نهایی، با وجود پایداری محیطی کمتر نظام زراعی پاییزه سیب‌زمینی نسبت به بهاره در استان گلستان، ادامه تولید پاییزه سیب‌زمینی به دلیل پایداری اقتصادی بسیار بیشتر آن، به شرط تعیین دقیق میزان نیاز محصول به هر ورودی و آموزش کشاورزان برای مدیریت مصرف ورودی‌ها، توصیه می‌شود. در خصوص نظام زراعی بهاره، جایگزین کردن تولید سیب‌زمینی بهاره با محصولاتی مانند باقلا و کدو توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از حمایت مالی که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره ۱۷-۹۶۱۸ تأمین شد، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Alimagham SM, Soltani A, Zeinali E and Kazemi H. 2017. Energy flow analysis and estimation of greenhouse gases (GHG) emissions in different scenarios of soybean production (Case study: Gorgan region, Iran). Journal of Cleaner Production, 149: 621-628.

Asgharipour MR, Mondani F and Riahinia S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy, 44: 1078-1084.

Asgharipour MR, Mousavinik SM and Fartout Enayat F. 2016. Evaluation of energy input and greenhouse gases emissions from alfalfa production in the Sistan region, Iran. Energy Reports, 2: 135-140.

Azarpour E, Moraditochaee M and Bozorgi HR. 2013. Estimate energy, energy balance and economic indices of watered farming Potato Production in North of Iran. International Journal of Biosciences, 3(11): 48-56.

Ben Jebli M and Ben Youssef S. 2017. The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries. Ecological Indicators, 74: 295-301.

Bolinder MA, Janzen HH, Gregorich EG, Angers DA and Vanden Bygaart AJ. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment, 118: 29–42.

Cochran J. 2003. Patterns of sustainable agriculture adoption/non-adoption in Panama a thesis submitted to McGill University. McGill University, Montreal, Canada: 1-114.

Elsoragaby S, Yahya A, Razif Mahadi M, Nawi NM and Mairghany M. 2019. Analysis of energy use and Greenhouse Gas emissions (GHG) of Transplanting and Broadcast Seeding Wetland Rice Cultivation. Energy, 189: 116160.

Erdal G, Esengun K, Erdal H and Gunduz O. 2007. Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 32: 35-41.

Jihad-e-Agricultural Organization of Golestan Province. 2018. Deputy for Plant Production Improvement. Management of agricultural affairs. Vegetable and summer office.

Karakaya A and Ozilgen M. 2011. Energy utilization and carbon dioxide emission in the fresh, paste, whole-peeled, diced, and juiced tomato production processes. Energy, 36: 5101-5110.

Kazemi H, Hassanpour Bourkheili S, Kamkar B, Soltani A, Gharanjic K and Nazari NM. 2016. Estimation of greenhouse gas (GHG) emission and energy use efficiency (EUE) analysis in rainfed canola production (case study: Golestan province, Iran). Energy, 116: 694-700.

Khakbazan M, Mohr RM, Derksen DA, Monreal MA, Grant CA and Zentner RP. 2009. Effects of alternative management practices on the economics energy and GHG emissions of a wheat–pea cropping system in the Canadian prairies. Soil and Tillage Research, 104: 30–38.

Khorramdel S, Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Khorasani R and Ghorbani R. 2013. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. Soil and Tillage Research, 133: 25-31.

Khoshnevisan B, Rafiee Sh, Omid M, Yousefi M and Movahedi M. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy, 52: 333-338.

Kramer KJ, Moll HC and Nonhebel S. 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. Agriculture, Ecosystems and Environment, 72: 9–16.

Lal B, Gautam P, Nayak AK, Panda BB, Bihari P, Tripathi R, Shahid M, Guru PK, Chatterjee D, Kumar U and Meena BP. 2019. Energy and carbon budgeting of tillage for environmentally clean and resilient soil health of rice-maize cropping system. Journal of Cleaner Production, 226: 815-830.

Lal R. 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International, 30: 981-90.

Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM and Bandyopadhyay KK. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass and Bioenergy, 23(5): 337–345.

Maraseni TN, Cockfield G and Apan A. 2007. A comparison of greenhouse gas emissions from inputs into farm enterprises in Southeast Queensland. Australia. Journal of Environmental Science and Health, 42: 11-19.

Mohammidi A, Tabatabaeefar A, Shahin H, Rafiee S and Keyhani A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49: 3566-3570.

Olesen JE, Hansen EM and Elsgaard L. 2005. Udledning af drivhusgasser ved pløjefri dyrkningssystemer. In: Olesen, J.E. (Ed.), Drivhusgasser fra jordbruget ereduktionsmuligheder, pp. 52e66. DJF Rapport Markbrug Report No. 113. Denmark.

Pishgar-Komleh SH, Ghahderijani M and 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: 183-191.

Rathke GW, Wienhold, BJ, Wilhelm WW and Diepenbrock W. 2007. Tillage and rotation effect on corne-soybean energy balances in eastern Nebraska. Soil and Tillage Research, 97: 60-70.

Rezaei P, Naderi Mahdei K, Karimi S and Shanazi K. 2019. Environmental Sustainability Assessment of Farming System Using Ecological Footprint Analysis (Case Study: Potato and Cucumber Cultivation in Sofalgaran district of Bahar County). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(2): 53-66. (In Persian).

Sartori L, Basso B, Bertocco M and Oliviero G. 2005. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. Biosystem Engineering, 91: 245-256.

Sheibani S, Ghanbari A, Asghari Pourchaman MR and Abolpour B. 2017. Determining the Optimal Water Use Efficiency in Wheat Production Sustainability. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(2): 1-18. (In Persian).

Snyder CS, Bruulsema T.W, Jensen TL and Fixen PE. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems and Environment, 133: 247–266.

Soltani A, Rajabi MH, Zeinali E and Soltani E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy, 50: 54-61.

Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA and Jaggard K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production in the UK. Agricultural Systems, 85: 101-119.

Yasari E, Dastan S and Yadi R. 2018. Evaluation of CO_2 Emission Caused By Energy Consumption of Local Rice Cultivars in Mazandaran Province. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(4): 191-206. (In Persian).

Yousefi M, Khoramivafa M and Mondani F. 2014a. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) agroecosystems in Iran. Atmospheric Environment, 92: 501-505.

Yousefi M, Mahdavi Damghani A and Khoramivafa M. 2014b. Energy consumption, greenhouse gas emissions and assessment of sustainability index in corn agroecosystems of Iran. Science of the Total Environment, 493: 330-335.

Zahedi M, Eshghizadeh HR and Mondani F. 2015. Energy Efficiency and Productivity in Potato and Sugar Beet Production Systems in Isfahan Province. Journal of Crop Production and Processing, 17(5): 181-191. (In Persian).

Zangeneh M, Omid M and Akram A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy, 35: 2927-2933.