DOI: 10.22034/IAES.2020.129241.1774

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱٤/شماره۱/صفحه های۱٤۳-۱۱۹

بررسی بعدهای اقتصادی و زیست‌محیطی موازنه انرژی در تولید چغندرقند در ایران

افسانه نیکوکار[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰٤/۲٤

چکیده

استفاده بهینه از نهاده‌های انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی منجر به کاهش هزینه‌های تولید، انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای و کاهش اثرگذاری منفی نهاده‌های تولید کشاورزی بر محیط‌زیست می‌شود. این بررسی با هدف ارزیابی موازنه انرژی در تولید چغندرقند در ایران و مقایسه بعدهای اقتصادی و زیست‌محیطی گسترش تولید این محصول انجام گرفته است. بدین منظور تابع تولید چغندرقند با استفاده از داده‌های تابلویی پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان در دوره زمانی ۱۳۹۴- ۱۳۷۹ برآورد شد. نتایج نشان داد که بیشترین ورودی انرژی به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی و نیروی انسانی است. همچنین با خالص انرژی در حدود ۶۴۳ گیگاژول، کارایی انرژی ۲۳/۵۳ و بهره‌وری انرژی ۱/۴ مگاژول بر کیلوگرم، افزایش تولید این محصول از نظر موازنه انرژی مطلوب است. برآورد تابع تولید کاب- داگلاس نشان داد که تنها نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی و کود دامی در محدوده اقتصادی استفاده می‌شوند و دیگر نهاده‌ها بیش از حد اقتصادی مصرف می‌شوند. تولید نهایی دو نهاده ماشین‌های کشاورزی و کود دامی از دیگر نهاده‌ها بیشتر است و افزایش عملکرد چغندرقند با استفاده از این دو نهاده، دی‌اکسیدکربن کمتری منتشر می‌کند. ضریب معنی‌دار متغیر مجازی نشان داد که عملکرد چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی و فارس کمتر از دیگر استان‌هاست. مجموع ضریب‌های معنی‌دار نیز نشان داد که بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس تولید وجود دارد. با توجه به نتایج این بررسی، پیشنهاد می‌شود ترویج و گسترش کشت بهینه بذرهای جدید، کاهش یارانه‌ها و واقعی کردن قیمت کودهای شیمیایی به منظور کاهش مصرف این نهاده و گسترش مکانیزاسیون کشت چغندرقند مورد توجه قرار گیرد.

طبقه بندی JEL: Q15، Q47، Q51

واژگان کلیدی: بهره‌وری انرژی، خالص انرژی، گازهای گلخانه‌ای، تابع تولید، داده‌های تابلویی

[۱] دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران Email: anikoukar57@gmail.com

مقدمه

بحث‌های مربوط به موازنه انرژی، با آگاهی از بحران جهانی انرژی و محدود بودن منبع‌های انرژی فسیلی، آغاز شد و تلاش برای برآورد میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف، به منظور برنامه‌ریزی بهتر مصرف، فزونی گرفت (Platis et al., 2019). از سوی دیگر، جهان امروز به دنبال افزایش بهره‌وری انرژی و صرفه‌جویی در استفاده از سوخت‌های فسیلی، به منظور کاهش اثرگذاری‌های منفی آن بر محیط‌زیست است. وابستگی شدید بخش کشاورزی به سوخت‌های فسیلی و همچنین منبع‌های محدود انرژی باعث شده است تا پژوهشگران، کارایی مصرف انرژی محصول‌های گوناگون را در منطقه‌های مختلف، ارزیابی کنند. با این تفکر که استفاده کاراتر از نهاده‌های انرژی منجر به تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای، کاهش زیان‌های زیست‌محیطی و نظام‌های پایدارتر تولید مواد غذایی می‌شود (Houshyar et al., 2015).

وابستگی بخش کشاورزی به مصرف انرژی، همگام با گسترش مکانیزاسیون کشاورزی و استفاده از روش‌های نوین تولید در این بخش، رو به افزایش است (Ghorbani et al., 2011). استفاده از رقم‌های پرمحصول، سامانه‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سم‌های شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی درکشاورزی مدرن شده است (Singh et al., 2004) به گونه‌ای که انرژی ورودی مورد استفاده در سامانه‌های نوین کشاورزی در مقایسه با سامانه‌های سنتی کشاورزی، بسیار زیاد است. در واکنش به استفاده بی‌رویه از انرژی ورودی، الگوی مصرف انرژی در فرآیندهای تولید کشاورزی به طور مؤثری اصلاح شده است. به ویژه آنکه، افزایش مصرف انرژی ورودی به‌منظور به دست آوردن بیشترین محصول ممکن است به دلیل هزینه‌های فزاینده تولید، به بیشترین سود منجر نشود (Erdal et al., 2007). اما برخی از بررسی‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش کشاورزی، در دهه‌های اخیر، روندی افزایشی داشته است و نسبت انرژی خروجی به ورودی سیر کاهشی داشته است (Gholami & Sharafi, 2006). هر چند نتایج برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که همراه با افزایش انرژی ورودی، انرژی خروجی، رشد بیشتری داشته و شاخص‌های کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی دارای روند افزایشی بوده و نسبت انرژی افزایش یافته است (Kardoni et al., 2018).

استفاده بهینه از منبع‌ها و نهاده‌ها یکی از نخستین و اساسی‌ترین هدف‌های کشاورزی پایدار به شمار می‌رود (Vafabakhsh & Mohammadzadeh, 2019). مصرف بهینه انرژی نیز به عنوان یکی از نهاده‌های مهم کشاورزی، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست‌محیطی، برای تولید پایدار در این بخش اهمیت ویژه ای دارد. یکی از راه‌های ارزیابی توسعه پایدار در بخش کشاورزی، استفاده از روش جریان انرژی است (Ghaderzadeh & Pirmohamadyani, 2019). بررسی‌های

بسیاری در ایران در دهه اخیر به ارزیابی سیر انرژی در تولید محصول‌های کشاورزی و چالش‌های زیست‌محیطی مرتبط با آن اختصاص یافته است. از آن جمله می‌توان به بررسی‌های Pishgar Komleh et al. (2013) درباره مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید خیار گلخانه‌ای در استان یزد، Rostami et al. (2013) درباره مصرف انرژی برای تولید خیار در شهرستان بروجن، Zarei Shahamat et al. (2013)، Taghinezhad et al. (2013) و Sefeedpari et al. (2014) درباره جریان انرژی در تولید نیشکر در استان خوزستان، Houshyar et al. (2015) درباره بررسی رابطه‌های بین ورودی‌ها و خروجی‌های انرژی و روند تغییر انتشار گازهای گلخانه‌ای در نتیجه تغییر سطح استفاده از نهاده‌ها با استفاده از برآورد تابع تولید گوجه‌فرنگی، اشاره کرد. همچنین Amiri & Rezvani (2016) کارآیی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص را در تولید پسته و Feyzbakhsh et al. (2019) سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید گندم و جو در زمین‌های شمالی دشت گرگان و در محدوده شهرستان آق‌قلا را بررسی کرده‌اند. در بررسی‌های گذشته، ارزیابی جریان انرژی و محاسبه شاخص‌های کارایی و بهره‌وری انرژی و همچنین اندازه‌گیری پتانسیل گرمایش جهانی و پیش‌بینی مقدار این شاخص‌ها در آینده و یا بر اثر تغییر شرایط، با استفاده از چهار روش صورت گرفته است: ۱- بررسی‌هایی که با توجه به مقدار متوسط نهاده‌های مصرفی و عملکرد محصول، شاخص‌های مورد نظر را محاسبه کرده‌اند که از آن جمله می توان به Qasemi et al. (2013)، Sefeedpari et al. (2014)، Yousefi et al. (2014)، Nikkhah et al. (2015)، Amiri & Rezvani (2016)، Vafabakhsh & Mohammadzadeh (2019)، Feyzbakhsh et al. (2019)، Yelmen et al. (2019)، Rao & Gangwar (2019)، Oguz et al. (2019) و Cozer et al. (2019) اشاره کرد. ۲- بررسی‌های Ebrahimi & Salehi (2015)، Mohammadi & Mehry (2015)، Nabavi et al. (2016)، Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019) که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی انرژی را محاسبه کرده‌اند. ۳- بررسی‌هایی مانند Khoshnevisan et al. (2014)، Thaghavifar & Mardani (2015)، Mardani & Taghavifar (2016) که پس از محاسبه کارایی انرژی، با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، پیش‌بینی‌هایی صورت داده‌اند. ۴- بررسی‌هایی که با استفاده از برآورد تابع تولید، شاخص‌های کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی را محاسبه کرده‌اند و پیامدهای زیست‌محیطی مصرف انرژی به مقدار بهینه اقتصادی را ارزیابی کرده‌اند. از جمله این بررسی‌ها می‌توان به Mehrabi & Esmaeili (2011)، Taghinezhad et al. (2013)، Moradi et al (2015)، Houshyar et al. (2015)، Mohammadi et al. (2016)، Kardoni et al. (2015) و Kardoni et al. (2018) اشاره کرد.

بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که مسئله و بحث درباره مصرف انرژی و تولید گازهای

گلخانه‌ای در فرآیند تولید محصول‌های مختلف کشاورزی، در پژوهش‌های گذشته بررسی شده است. در بین پژوهش‌های انجام شده، Yousefi et al. (2014) انرژی ورودی و خروجی و مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید چغندرقند را در استان کرمانشاه بررسی کرده‌اند. اما با وجود اهمیت چغندرقند در اقتصاد کشاورزی ایران، پژوهشی که هم بخش بزرگی از تولید چغندرقند را پوشش دهد و محدود به منطقه‌ای خاص نباشد، و هم به بررسی همزمان بعدهای زیست‌محیطی و اقتصادی تولید این محصول بپردازد، تاکنون انجام نشده است. از سوی دیگر، در شمار اندکی از پژوهش‌های انجام‌شده، از رهیافت برآورد تابع تولید استفاده شده است. در حالی‌که برآورد تابع تولید، معیار مناسبی برای محاسبه بهره‌وری و کارایی هر یک از نهاده‌ها به دست می‌دهد. همچنین برآورد و مقایسه کشش‌های جزئی نهاده‌ها، برآوردی از نقش هر یک از نهاده‌ها در ایجاد انرژی خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی فراهم می‌آورد. از سوی دیگر، این روش، بررسی پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی افزایش به‌کارگیری نهاده‌ها برای تولید بیشتر را امکان‌پذیر می‌سازد. از این رو، در این بررسی از رهیافت برآورد تابع تولید چغندرقند برای بررسی جریان انرژی در تولید این محصول استفاده می‌شود. با بررسی جریان انرژی، می‌توان راهکارهایی برای افزایش تولید چغندرقند، با کمترین آلودگی زیست‌محیطی ارائه کرد.

چغندرقند یکی از محصول‌های کشاورزی است که به دلیل نیاز به عملیات بیشتر، به‌ویژه در مرحله داشت، انرژی زیادی مصرف می‌کند. استفاده از فناوری‌های گذشته ماشین‌های کشاورزی و در دسترس نبودن امکانات فنی باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند می‌گردد، همچنین امروزه کشاورزان برای افزایش عملکرد، از منبع‌های مختلف انرژی استفاده می‌کنند که این امر ممکن است انتشار کربن را افزایش دهد. از سوی دیگر، افزایش سطح زیرکشت نیز مسئله استفاده از نهاده‌های انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی آن را تشدید می‌کند. بررسی آمارها نشان می‌دهد که سطح زیرکشت چغندرقند در ایران در سه دهه اخیر با نوسان‌های چشمگیری روبه‌رو بوده است و از بیش از ۱۶۸ هزار هکتار در سال زراعی ۶۲-۱۳۶۱ به ۹۷ هزار هکتار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ رسیده و در این دوره، سطح زیرکشت‌های حدود ۲۰۵ هزار هکتاری در سال ۷۱-۱۳۷۰ و حدود ۵۱ هزار هکتاری در سال ۸۷-۱۳۸۶ را نیز تجربه کرده است. مهم‌ترین دلیل کاهش سطح زیرکشت در سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، سیاست‌های نامناسب تجاری دولت؛ شامل آزادسازی واردات شکر و نبود حمایت تعرفه‌ای از تولیدکنندگان داخلی در سال ۱۳۸۵ بود که منجر به کاهش شدید قیمت داخلی چغندرقند و تغییر الگوی کشت به سود دیگر محصول‌های زراعی شد. اما در همین دوره سه‌ساله، ورود بذر منوژرم به عرصه تولید چغندرقند و فراگیری کشت مکانیزه چغندرقند به بیش از ۷۰ درصد سطح زیر کشت این

محصول، باعث شد که عملکرد چغندرقند با نوسان‌های کمتری، روندی کمابیش افزایشی را طی کند و از حدود ۲۲ تن به حدود ۴۹ تن در هکتار افزایش یابد (Ministry of Agriculture-Jahad (Retrieved July 2018)).

مهم‌ترین فراورده تولیدی از چغندرقند، قند و شکر است. قند و شکر به عنوان یکی از منبع‌های تأمین انرژی، در سبد کالاهای اساسی خانوار ایرانی جای دارد. چغندرقند افزون بر منبع تولید قند و شکر مورد نیاز انسان، منبعی برای تولید غذای دام و همچنین نهاده‌ای برای تولید اتانول در صنعت به شمار می‌رود. ایران از نظر شرایط اقلیمی مانند دمای محیط در فصل رشد، شدت تابش نور خورشید و اختلاف دمای شب و روز در فصل ذخیره‌سازی قند، از مستعدترین مناطق جهان برای کشت چغندرقند است. به طوری‌که بر مبنای آخرین آمار منتشر شده (تا زمان انجام مطالعه)، در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ مقدار تولید چغندرقند در ایران در حدود ۶ میلیون تن بوده است که از این مقدار، استان آذربایجان غربی با حدود ۳۲ درصد، استان خراسان رضوی با بیش از ۲۰ درصد، استان‌های کرمانشاه و فارس با حدود ۱۰ درصد، و استان همدان با بیش از ۵ درصد سهم، بزرگترین تولیدکنندگان چغندرقند کشور بوده‌اند و در سال‌های مختلف بیش از ۸۰ درصد تولید چغندرقند کشور به این استان‌ها اختصاص داشته است (Ministry of Agriculture-Jahad (Retrieved July 2018)).

با توجه به سطح زیر کشت شایان توجه چغندرقند در کشور و نیاز چشمگیر تولید این محصول به عملیات زراعی به ویژه در مرحله داشت، که میزان ورودی انرژی به سامانه کشت و تولید چغندرقند را به شدت افزایش می‌دهد، بررسی موازنه انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید این محصول اهمیت می‌یابد. لذا این بررسی به دنبال پاسخی برای این پرسش‌هاست: کدام نهاده‌های تولید چغندرقند، سهم بیشتری در موازنه انرژی دارند؟ خالص انرژی در سامانه کشت و تولید چغندرقند ایران چقدر است؟ شاخص‌های بهره‌وری و کارایی انرژی تولید چغندرقند چقدر هستند؟ هر یک از نهاده‌های تولید چغندرقند چه‌اندازه در انتشار دی‌اکسیدکربن نقش دارند و با تغییر هر یک، تا چه حد سودمندی‌های اقتصادی و زیست‌محیطی تغییر می‌کنند؟ آیا پیامدهای برنامه‌ریزی برای افزایش تولید یا سطح زیرکشت چغندرقند در ایران، از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی همسو هستند؟ و آیا افزایش تولید از طریق افزایش مقدار استفاده از نهاده‌ها، از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی، معقول و قابل توصیه هستند؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، این بررسی با هدف ارزیابی موازنه انرژی در فرآیند تولید چغندرقند در ایران انجام می‌شود. با توجه به اینکه پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان بیش از ۸۰ درصد تولید چغندرقند کشور را به خود اختصاص داده‌اند، این بررسی با استفاده از داده‌های تابلویی این

پنج استان برای دوره ۹۴-۱۳۷۹ (آخرین داده‌های در دسترس در سامانه هزینه تولید محصولات کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی) انجام می‌شود.

روش تحقیق

بر مبنای تعریف، تابع تولید رابطه فنی و فیزیکی بین مقادیر نهاده‌ها و ستاده را نشان می‌دهد. اما از آنجا که موضوع مورد بحث در این بررسی، مقایسه ورودی و خروجی انرژی و برآورد شاخص‌های کارایی و بهره‌وری انرژی در تولید چغندرقند است، همانند بررسی‌های گذشته، به جای مقدار فیزیکی نهاده‌ها و ستاده، هم‌ارزهای انرژی هر یک از نهاده‌ها و ستاده در تابع تولید قرار داده می‌شود. جدول (۱) هم‌ارزهای انرژی ستاده (محصول چغندرقند) و هر یک از نهاده‌های تولید کشاورزی را در واحد سطح نشان می‌دهد. این مقدارها، از بررسی‌های گذشته استخراج شده‌اند و برای تبدیل مقدار هر نهاده و محصول به واحدهای انرژی (مگاژول/هکتار)، از این هم‌ارزهای استاندارد انرژی استفاده می‌شود. البته بررسی‌ها نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۵ تاکنون در همه پژوهش‌های گذشته از هم‌ارزهای کمابیش یکسانی برای تبدیل مقدار فیزیکی نهاده‌ها به مقدار انرژی استفاده شده است. به همین دلیل اعداد جدول (۱) اگرچه همان مقدارهای به‌کار گرفته‌شده در همه پژوهش‌های گذشته است ولی از آنجا که پژوهش‌های Erdal et al. (2007) و Yousefi et al. (2014) بر روی چغندرقند انجام شده است، هم‌ارزهای انرژی، بیشتر از این دو پژوهش نقل شده‌اند.

جدول(۱) هم‌ارزهای ورودی و خروجی انرژی در تولید چغندرقند

Table (1)Input and Output Energy Equivalents in Sugar Beet Producton

منبع Reference	هم‌ارز انرژی Energy Equivalent (MJ)	ورودی و خروجی Input & Output
		ورودی‌ها Inputs
Yousefi et al. (2014)	1.96	نیروی کار labor (hour)
Yousefi et al. (2014)	62.70	ماشین‌های کشاورزی(Machinery (hour
Erdal et al. (2007)	66.14	کود نیترات Nitrogen (kg)
Erdal et al. (2007)	11.15	کود پتاس Potassium (kg)
Erdal et al. (2007)	12.44	کود فسفات Phosphorus (kg)
Yousefi et al. (2014)	0.30	کود دامی Farmyard Manure (kg)
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	238	علف‌کش Herbicide (kg)
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	101.2	حشره‌کش Insecticide (kg)
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	115	قارچ‌کش Fungicide (kg)
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	50	بذر Sugar Beet Seed (kg)
		خروجی Output
Erdal et al. (2007)	16.80	محصول چغندرقند Sugar Beet Yeild (kg)

پس از تبدیل مقدار نهاده‌ها و ستاده تولید به هم‌ارزهای انرژی، تابع تولید برآورد می‌شود. در این بررسی، شکل‌های تابعی کاب- داگلاس، ترانسندنتال و ترانسلوگ که ماهیت فرآیند تولید کشاورزی از جمله محصول چغندرقند را به‌خوبی بیان می‌کنند، برای برآورد تابع تولید، انتخاب شده‌اند. شکل کلی تابع تولید برای چغندرقند به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$Y_{it} = f(l_{it}, m_{it}, s_{it}, ch_{it}, f_{it}, p_{it}, w_{it}) \qquad (1)$$

در این رابطه، Y_{it} هم‌ارز انرژی مقدار تولید چغندرقند در هر هکتار (هم‌ارز انرژی عملکرد چغندرقند) برای استان i در زمان t است. همانگونه که پیش‌تر اشاره شد، این بررسی با استفاده از داده‌های تابلویی پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان برای دوره زمانی ۹۴-۱۳۷۹ انجام می‌شود. l_{it} ، m_{it} ، s_{it} ، ch_{it} ، f_{it} و p_{it} به ترتیب هم‌ارز انرژی مقدار هر یک از نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، بذر، کودشیمیایی، کود دامی و سم‌ها در هکتار برای استان i در زمان t هستند. داده‌های مورد نیاز برای برآورد این تابع، از بانک اطلاعات هزینه تولید محصولات کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده است. در آمار ارائه‌شده در وبگاه این وزارت‌خانه، مقدار میانگین مصرف هر یک از نهاده‌ها در هکتار به تفکیک محصول و استان برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴ (آخرین آمار در دسترس) گزارش شده است. اما برای نهاده آب، تنها آمار مربوط به هزینه آب مصرفی ارائه شده است. به دلیل پرشماری منبع‌های مورد استفاده برای آبیاری و نامشخص بودن دبی هر یک از این منبع‌ها، اندازه‌گیری میانگین مقدار آب مصرفی در فعالیت‌های کشاورزی ایران، چالش‌برانگیز است. به ویژه آنکه وزارت جهاد کشاورزی هر ساله با تکمیل پرسشنامه از منطقه‌های مختلف یک استان، میانگین مقدار مصرف نهاده‌ها را برآورد می‌کند. لذا تنوع منطقه‌ای در یک استان نیز مسئله تنوع منبع‌های آب را تشدید می‌کند. از این رو، اطلاعات منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی تنها هزینه آبیاری هر یک از محصول‌های زراعی را در استان‌ها نشان می‌دهد. از سوی دیگر قیمت آب حاصل از هر یک از منابع تأمین آب مانند چاه، قنات، رودخانه و سد، بسته به عرف منطقه و نوع منبع، متفاوت است. بنابراین به دست آوردن مقدار آب مصرفی از تقسیم هزینه‌های آبیاری بر قیمت تعیین‌شده برای آب کشاورزی از سوی وزارت نیرو، دقیق نیست. البته از آنجا که هزینه تأمین هر نهاده، رابطه مستقیم با مقادیر مصرف نهاده دارد، هزینه آبیاری در هر استان، شاخص مناسبی از مقادیر آب مصرفی است. لذا در این مطالعه w_{it} هزینه آبیاری را نشان می‌دهد.

از آنجا که آمار وزارت جهاد کشاورزی، شامل شمار ساعت‌های استفاده از ماشین‌های کشاورزی نیست و تنها درصد استفاده از ماشین‌های کشاورزی را برای هر یک از عملیات زراعی در واحد سطح نشان می‌دهد، باید شمار ساعت‌های کار ماشینی در هر هکتار محاسبه شود. به این منظور، در آغاز با استفاده از نتایج بررسی‌های گذشته از جمله (Moghimian & Rismanchian 2018) و Rohani (1994) و مشورت با کارشناسان زراعی، ساعت‌های مورد نیاز کار با ماشین‌های کشاورزی برای انجام هر یک از مرحله‌های عملیات زراعی در هکتار به دست آمد که در جدول (۲) گزارش شده است. سپس اعداد جدول (۲) در درصد استفاده از ماشین‌های کشاورزی ضرب شد تا ساعت‌های استفاده از ماشین‌های کشاورزی برای انجام هر مرحله از عملیات زراعی به دست آید. برای محاسبه کل ساعت‌های کار ماشینی نیز، ساعت‌های کار ماشینی در همه مرحله‌ها با هم جمع شد. در نهایت با استفاده از جدول (۱) هم‌ارز انرژی ساعت‌های کار ماشین‌های کشاورزی در هکتار به دست آمد.

جدول (۲) ساعت‌های کار ماشینی مورد نیاز برای هر یک از عملیات کشت چغندرقند در هکتار
Table (2) Working Hours of Agricultural Machines for Cultivation Operations of Sugar Beet

عملیات Operation	ساعت کار در هکتار Working hours per hectare	عملیات Operation	ساعت کار در هکتار Working hours per hectare
تسطیح Leveling	4	کود پاشی (کودشیمیایی) Fertilizing Chemical Fertilizer	2.5
دیسک Disc	2.5	وجین و سله شکنی Weeding & Breaking the Crust	8.5
شخم Tillage	3.5	سمپاشی Spraying	1.5
کرت بندی Sown Plot	1.5	برداشت با کمباین Harvest by Combine	14.5
بذرپاشی Planting	5	برداشت با دروگر Harvest by Harvester	7
کودپاشی (کود حیوانی) Fertilizing Farmyard Manure	3.5	دیگر عملیات برداشت و حمل Harvest & Transportation	10

منبع: Moghimian & Rismanchian (2018) و Rohani (1994) و یافته‌های تحقیق

برای محاسبه انرژی ورودی کودهای شیمیایی، مقادیر هر یک از کودهای نیترات، فسفات و پتاس در مقدار انرژی معادل هر کیلوگرم همان کود ضرب و حاصل هر سه مورد، با یکدیگر جمع شد تا مقدار انرژی ورودی کودهای شیمیایی به دست آید. برای محاسبه انرژی سم‌ها نیز همانند نهاده کودشیمیایی عمل شد. برای محاسبه انرژی نیروی کار نیز شمار نفر روز کارهای

مورد اســتفاده در عملیات مختلف کشاورزی با هم جمع و حاصل در ۸ ساعت ضرب شد تا تعداد ساعت‌های کار به دست آید. سپس در معادل انرژی هر ساعت نیروی کار ضرب شد.

برای ارزیابی کارایی انرژی‌های ورودی، با بهره‌گیری از پژوهش‌های گذشته از جمله Houshyar et al. (2015) از چهار شاخص اصلی به صورت زیر استفاده می‌شود:

(۲)

$$\text{نسبت انرژی}^{1} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول/هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژل/هکتار)}} \quad \text{(بدون واحد)}$$

$$\text{انرژی مخصوص}^{2} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)}}{\text{عملکرد خروجی محصول (کیلوگرم/هکتار)}} \text{ (مگاژول/کیلوگرم)}$$

$$\text{بهره‌وری انرژی}^{3} = \frac{\text{عملکرد خروجی محصول (کیلوگرم/هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)}} \text{ (کیلوگرم/مگاژول)}$$

$$\text{خالص انرژی حاصله}^{4} = \text{انرژی خروجی} - \text{انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)}$$

این شــاخص‌ها کارایی انرژی مورد اســتفاده در یک ســامانه را نشــان می‌دهند. افزون بر این شــاخص‌ها، شــاخص دیگری محاســبه می‌شود که میزان دی‌اکسیدکربن منتشر شده به ازای هر کیلوگرم عملکرد را اندازه می‌گیرد (Houshyar et al., 2015):

$$(I_{GHG})_A = \frac{\sum_{j=1}^{n} CI}{Y} \qquad (۳)$$

در این رابطه، $\sum_{j=1}^{n} CI$ کل دی‌اکسـیدکربن ورودی‌های انرژی اسـت. Y متوسط عملکرد و n شــمار نهاده‌ها را نشــان می‌دهد. $(I_{GHG})_A$ شــاخص میانگین دی‌اکســیدکربن منتشــر شــده (کیلوگرم) در هر کیلوگرم عملکرد اسـت. به بیان دیگر این شاخص نشان می‌دهد که برای تولید هر کیلوگرم چغندرقند، چقدر دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود.

برای پیدا کردن حســاســیت خروجی به ورودی‌های انرژی، همانند بررســی Houshyar et al. (2015)، از معــادلــه بهره‌وری نهــایی فیزیکی یــا همــان تولیــد نهایی فیزیکی هر نهاده *(MPP)* استفاده می‌شود که به عنوان مثال؛ برای تابع تولید کاب – داگلاس به صورت رابطه (۴) است:

$$MPP_{x_j} = \alpha_j * \frac{M_Y}{M_{x_j}} \qquad (۴)$$

---

۱ Energy Ratio
۲ Specific Energy
۳ Energy Productivity
۴ Net Energy Gain

در این رابطه؛ M_Y میانگین مقدار عملکرد چغندرقند، M_{x_j} میانگین میزان انرژی j امین نهاده (ورودی انرژی) و α_j کشش j امین نهاده (ورودی انرژی) است. MPP_{x_j} بهره‌وری نهایی فیزیکی j امین نهاده (ورودی انرژی) است و تغییر در مقدار عملکرد چغندرقند به ازای یک واحد تغییر در مقدار j امین ورودی انرژی را در صورت ثابت بودن دیگر نهاده‌ها نشان می‌دهد. با محاسبه این شاخص می‌توان سودمندی‌های اقتصادی ناشی از افزایش نهاده‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد.

رابطه (۴) تنها بعد اقتصادی تغییر مقدار نهاده‌ها را مد نظر قرار می‌دهد اما پرسشی که مطرح می‌شود این است که افزودن یا کاستن از یک نهاده با هدف دستیابی به عملکرد اقتصادی بالاتر، آیا از نظر زیست‌محیطی پذیرفتنی است؟ برای پاسخ به این پرسش، همانند بررسی Houshyar et al. (2015) شاخص دیگری محاسبه می‌شود که تغییر در میزان دی‌اکسیدکربن آزاد شده به ازای یک واحد تغییر در هر نهاده را به شکل رابطه (۵) نشان می‌دهد:

$$\Delta(I_{GHG})_j = \left[\frac{(I_{GHG})_j - (I_{GHG})_A}{(I_{GHG})_A}\right] * 100(\%) \quad (۵)$$

در این رابطه $\Delta(I_{GHG})_j$ تغییر در شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسیدکربن) پس از افزایش j امین نهاده انرژی و عملکرد چغندرقند است. مثبت یا منفی بودن این شاخص، به ترتیب افزایش یا کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای را نسبت به میانگین انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد. $(I_{GHG})_A$ میانگین شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای و $(I_{GHG})_j$ شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای برای j امین نهاده انرژی افزایش‌یافته است و از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$(I_{GHG})_j = \frac{CI_j}{Y_j} \quad (۶)$$

در این رابطه، CI_j میزان هم‌ارز دی‌اکسیدکربن جدید j امین نهاده انرژی افزایش‌یافته بر حسب کیلوگرم بر هکتار است و Y_j میانگین عملکرد مورد انتظار چغندرقند پس از تغییر سطح نهاده بر حسب کیلوگرم بر هکتار است. به بیان دیگر، این شاخص نشان می‌دهد که اگر قرار باشد با استفاده از افزایش به‌کارگیری j امین نهاده، یک کیلوگرم چغندرقند بیشتر تولید شود، چه مقدار دی‌اکسیدکربن تولید خواهد شد. با محاسبه و مقایسه رابطه‌های (۴) و (۵) همسویی پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی برنامه‌ریزی برای افزایش تولید یا سطح زیرکشت چغندرقند بررسی می‌شود.

برای پاسخ به پرسش‌های این بررسی و دستیابی به هدف‌های پژوهش، تابع تولید چغندرقند

(رابطـه (۱)) بر مبنـای جـدول (۱) و بـا اســتفـاده از داده‌های مقدار مصـــرف نهاده‌ها و تولید چغندرقند در هکتار، برای پنج اســتان آذربایجان غربی، خراســان رضــوی، کرمانشــاه، فارس و همدان در دوره ۹۴-۱۳۷۹ برآورد می‌شــود. پس از برآورد الگو، شــاخص‌های مطرح شــده در رابطه‌های (۲) تا (۵) برای بررســی بعدهای اقتصــادی و زیست‌محیطی تولید چغندرقند در ایران محاســبه و تحلیل می‌شــوند. داده‌های مورد نیاز مطالعه، از نتایج پرســشــنامه‌های هزینه تولید و آمارنامه‌های کشــاورزی که هرســاله توسط وزارت جهاد کشاورزی برای محصول‌های زراعی و به تفکیک اســتان تهیه و تکمیل می‌شــوند، و در وبگاه این وزارت‌خانه در دسترس هستند، استفاده می‌شـــود. برای تحلیـــل داده‌هـــا از نرم‌افزار Excel2010 و برآورد الگوی پژوهش از نرم‌افزار Eviews10 بهره گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

پیش از برآورد الگوی پژوهش بـه منظور جلوگیری از بـه وجود آمدن رگرســـیون کاذب، مانایی متغیرها با اســتفاده از آزمون ریشــه واحد و همجمعی داده‌های تابلویی بررسی شد. برای بررسی مانایی، از آزمون لوین، لین و چو[۱] *(LLC)* اســتفاده شــد. فرضــیه صــفر آزمون، بیانگر نامانایی متغیرهاست. نتایج این آزمون در جدول (۳) گزارش شده است.

جدول (۳) نتایج آزمون لوین، لین و چو

Table(3) Results of Levin, Lin & Chu Test

متغیر Variable	نام متغیر Name	آماره آزمون statistics	نتیجه Result
عملکرد چغندرقند Sugar Beet Yeild	LY_{it}	-0.397	-
تفاضل اول عملکرد چغندرقند D Sugar Beet Yeild	$LY_{it}(1)$	-9.602***	I(1)
نیروی کار Labor	Ll_{it}	0.34	-
تفاضل اول نیروی کار D Labor	$Ll_{it}(1)$	-10.032***	I(1)
ماشین‌های کشاورزی Machinery	Lm_{it}	-2.035**	I(0)
بذر Sugar Beet Seed	Ls_{it}	-1.454*	-
تفاضل اول بذر D Sugar Beet Seed	$Ls_{it}(1)$	-4.845***	I(1)
کود شیمیایی Chemical Fertilizer	Lch_{it}	-6.669***	I(0)
کود دامی Farmyard Manure	Lf_{it}	-7.094***	I(0)
سم‌ها Pesticides	Lp_{it}	-6.068***	I(0)
آب Water	Lw_{it}	1.549	-
تفاضل اول آب D Water	$Lw_{it}(1)$	-6.248***	I(1)

منبع: یافته‌های تحقیق

[۱] Levin, Lin & Chu

نتیجه آزمون لوین، لین و چو نشان می‌دهد برای متغیرهای ماشین‌های کشاورزی، کودشیمیایی، کود دامی و سم‌ها، فرضیه صفر مبنی بر اینکه این متغیرها دارای ریشه واحد هستند، در سطح معنی‌داری کمتر از پنج درصد پذیرفته نمی‌شود و متغیرها در سطح مانا هستند. فرضیه صفر مبنی بر اینکه متغیرهای عملکرد چغندرقند، نیروی کار، بذر و آب دارای ریشه واحد هستند، رد نمی‌شود و با یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند.

با توجه به مانایی متغیرهای الگو در سطح‌های مختلف، برای برآورد الگوی رگرسیونی باید وجود ارتباط بلندمدت بین متغیرها اثبات شود. برای تأیید ارتباط بلندمدت بین متغیرهای الگو، از آزمون هم‌انباشتگی استفاده می‌شود. همانند سری‌های زمانی، بررسی وجود هم‌انباشتگی متغیرها در داده‌های تابلویی نیز مهم است. آزمون‌های هم‌انباشتگی تابلویی دارای قدرت و اعتبار بیشتری نسبت به آزمون‌های هم‌انباشتگی برای هر مقطع به صورت جداگانه هستند. این آزمون‌ها حتی در شرایطی که دوره زمانی، کوتاه مدت و اندازه نمونه نیز کوچک است، قابلیت استفاده دارند (Baltaji, 2006). آزمون هم‌انباشتگی کائو، آزمونی است که برای بررسی هم‌انباشتگی متغیرها در داده‌های تابلویی به‌کار رفته است. مقدار آماره آزمون کائو برای داده‌های این بررسی، ۳/۶۴۹ و از مقادیر بحرانی بیشتر است و فرضیه صفر مبنی بر نبود هم‌انباشتگی، در سطح خطای کمتر از یک درصد پذیرفته نمی‌شود. بنابراین می‌توان وجود رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرها در استان‌های مورد بررسی را تأیید کرد.

پرسشی که اغلب در پژوهش‌های کاربردی مطرح می‌شود این است که آیا شواهدی دال بر قابلیت ادغام شدن داده‌ها وجود دارد یا اینکه الگو برای همه واحدهای مقطعی متفاوت است. لذا بایددر آغاز بررسی شود که آیا بین مقطع‌ها، ناهمگنی یا تفاوت‌های فردی وجود دارد یا خیر؟ در صورت وجود ناهمگنی، از روش داده‌های تابلویی و در غیر این صورت، از روش داده‌های تلفیقی با رویکرد حداقل مربعات معمولی برای برآورد الگو استفاده می‌شود. البته این پرسش برای زمان نیز مطرح می‌شود و ممکن است اثرهای ثابت زمانی نیز وجود داشته باشد. آزمون F لیمر (چاو)، آزمونی برای بررسی نوع داده‌ها است که برای داده‌های این پژوهش انجام شد و نتایج آن در جدول (۴) گزارش شده است. همان‌گونه که مقدار آماره‌های این آزمون نشان می‌دهد وجود هر دو اثر ثابت زمانی و مقطعی، رد نمی‌شود.

جدول (۴) آزمون وجود اثرهای ثابت زمانی و مقطعی

Table (4) Cross Section and Period Fixed Effects Test

نوع آزمون test	مقدار آماره آزمون Test Statistics	سطح معنی‌داری Level of Significance
آزمون F برای وجود اثر ثابت مقطعی Cross-section F	4.03***	0.00
آزمون χ^2 برای وجود اثر ثابت مقطعی Cross-section Chi-square	21.35***	0.00
آزمون F برای وجود اثر ثابت زمانی Period F	1.83**	0.05
آزمون χ^2 برای وجود اثر ثابت زمانی Period Chi-square	33.34***	0.00
آزمون F برای وجود اثر ثابت مقطعی و زمانی Cross-Section/Period F	2.43***	0.00
آزمون χ^2 برای وجود اثر ثابت مقطعی و زمانی Cross-Section/Period Chi-square	50.17***	0.00

منبع: یافته‌های تحقیق

پس از انجام آزمون F لیمر (چاو)، از آزمون هاسمن برای بررسی این موضوع که آیا مقطع‌ها دارای اثرهای ثابت هستند یا اثرهای تصادفی، استفاده می‌شود. اما برای انجام آزمون باید شمار مقطع‌ها از شمار ضریب‌های برآوردی الگو بیشتر باشد. بنابراین امکان انجام این آزمون فراهم نشد. البته به طور معمول زمانی که الگوی داده‌های تابلویی به صورت متوازن است (یعنی شامل همه داده‌های مقطعی موجود است)، انتظار می‌رود الگوی اثرهای ثابت، کارکرد بهتری داشته باشد (Baltaji, 2006). با وجود معنادار بودن اثرهای ثابت مقطعی و زمانی، تابع تولید برآورد شد اما با تنها دو متغیر معنادار، که احتمال دارد به دلیل بروز هم‌خطی ناشی از شمار زیاد متغیرهای مجازی بوده است، نتایج خوبی ارائه نکرد. لذا با بررسی میانگین عملکرد چغندرقند بین استان‌های مختلف و همچنین بین دوره‌های زمانی مختلف، الگوهایی با متغیرهای مجازی دو استان فارس و خراسان و نیز متغیرهای مجازی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ (بر مبنای فرازونشیب‌های تولید و سطح زیرکشت چغندرقند در نتیجه تغییر سیاست‌های دولت و خشکسالی در دوره مورد بررسی)، برآورد و نتایج همه الگوها از نظر شمار ضریب‌های معنادار، آماره‌های خوبی برازش ازجمله ضریب تعیین، شوارتز و آکائیک با یکدیگر مقایسه شد. در نهایت برای برآورد تابع تولید چغندرقند در پنج استان ایران در دوره زمانی ۹۴-۱۳۷۹، الگوی اثرهای ثابت زمانی با یک متغیر مجازی برای مقطع‌ها انتخاب شد. این متغیر مجازی، برای دو استان فارس و خراسان مقدار یک و برای دیگر استان‌ها مقدار صفر داشته است.

برای برآورد تابع تولید چغندرقند، همانگونه که در بخش روش‌شناسی پژوهش بیان شد، سه تابع تولید کاب- داگلاس، ترانسندنتال و ترانسلوگ برآورد شدند. برای انتخاب شکل تابعی

مناسب، آزمون مقایسه الگوهای مقید و نامقید انجام شد و آماره F با مقدار ۰/۷۵ برتری تابع تولید کاب- داگلاس را رد نکرد. همچنین بر مبنای معیارهای خوبی برازش مانند شمار ضریب‌های معنادار و سازگاری با تئوری، برتری تابع تولید کاب- داگلاس نسبت به دو تابع دیگر، برای بیان رابطه بین نهاده‌ها و ستاده انرژی در تولید چغندرقند تأیید شد.

پس از برآورد تابع تولید چغندرقند با روش حداقل مربعات معمولی، فرضیه صفر نبود همبستگی بین مقطع‌ها با استفاده از آزمون‌های بروش- پاگان و پسران انجام شد که نتیجه آن در جدول (۵) گزارش شده است و نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر نبود همبستگی بین مقطع‌ها پذیرفته نمی‌شود.

جدول (۵) آزمون وجود همبستگی بین مقطع‌ها

Table (5) Residual Cross-Section Dependence Test

آزمون Test	مقدار آماره آزمون Test Statistics	سطح معنی‌داری Level of Significance
آزمون بروش- پاگان Breusch- Pagan LM	20.62^{***}	0.00
آزمون پسران Pesaran Scaled LM	2.37^{**}	0.02
آزمون پسران Pesaran CD	-2.9^{***}	0.00

منبع: یافته‌های تحقیق

آزمون دیگری که برای بررسی درستی به‌کارگیری روش حداقل مربعات معمولی انجام شد، آزمون برابری واریانس اجزای اخلال بین مقطع‌ها بود که نتایج آن در جدول (۶) گزارش شده است. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد، فرضیه برابری واریانس اجزای اخلال بین مقطع‌ها پذیرفته نمی‌شود.

جدول (۶) آزمون برابری واریانس اجزای اخلال بین مقطع‌ها

Table (6) Cross-Section Heteroskedasticity Test

آزمون Test	مقدار آماره آزمون Test Statistics	سطح معنی‌داری Level of Significance
آزمون بارتلت Bartlett	21.48^{***}	0.00
آزمون لوین Levene	3.86^{***}	0.00
آزمون پسران Pesaran CD	3.49^{***}	0.01

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج آزمون‌های انجام‌شده، تابع تولید چغندرقند با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته برآورد شد که نتایج آن در جدول (۷) گزارش شده است. ضریب تعیین الگو با مقدار ۰/۹۲ قدرت توضیح‌دهندگی متغیرهای مستقل و آماره F با مقدار ۲۸/۷ اعتبار الگوی برآورد شده را در سطح معناداری کمتر از یک درصد تأیید می‌کنند. همچنین آماره دوربین واتسون با مقدار ۲/۲ نشان از نبود مشکل خودهمبستگی دارد. الگوی برآورد شده نشان می‌دهد نهاده‌های

انرژی ماشـین‌های کشـاورزی، بذر، کود شـیمیایی و کود دامی، اثر معناداری بر انرژی عملکرد چغندرقند در سـطح احتمال کمتر از یک درصـد دارند. نهاده‌های انرژی ماشین‌های کشاورزی و کود دامی با ضـرایب ۰/۳۸ و ۰/۰۳ اثر مثبت بر انرژی عملکرد چغندرقند دارند و مقدار مثبت و کمتر از یک کشـش نهاده‌های یاد شـده به این معناست که این نهاده‌ها در مرحله دوم تولید که مرحله اقتصـادی اسـت به کار می‌روند. بررسـی‌های Moradi et al (2015)، Houshyar et al. (2015) و Kardoni et al. (2015) نیز اثر مثبت ماشـین‌های کشـاورزی و کود دامی را بر تولید محصـول‌های مختلف تأیید می‌کنند. اما جدول (۷) نشـان می‌دهد کشـش نهاده‌های بذر و کود شیمیایی، منفی و به‌ترتیب در حدود ۰/۰۸- و ۰/۲۹- است. این مطلب نشان می‌دهد که این دو نهاده در مرحله سـوم تولید و بیش از حد اسـتفاده می‌شـوند و افزایش ۱۰۰ درصـدی آن‌ها به‌ترتیب منجر به ۸ و ۲۹ درصـد کاهش در انرژی عملکرد چغندرقند می‌شود. با توجه به کشت متراکم چغندرقند و لزوم وجین‌های چندباره و پی‌درپی این محصول، ممکن است استفاده بیش از حد اقتصـادی از نهاده بذر اتفاق بیفتد. همچنین ممکن است کشاورزان مطابق عادت مرسوم، مقـدار زیادی از بذر را به کار گیرند در حالی که بذرهای جدید (منوژرم) باید به میزان بسـیار کمتری از بذرهای قدیمی اسـتفاده شـوند. پژوهش‌های Moradi et al (2015) و Houshyar et al. (2015) نیز اسـتفاده بیش از حد از نهاده بذر را نشـان می‌دهند. همچنین استفاده نابهینه از نهـاده‌هایی مانند کودشـیمیایی که با قیمت یارانه‌ای در اختیار تولیدکنندگان قرار می‌گیرد، در بررسـی‌های گذشـته بارها به اثبات رسـیده اسـت (Moradi et al (2015)، Houshyar et al. (2015)، Mohammadi et al. (2016)، Kardoni et al. (2018)).

ضریب‌های منفی متغیرهای انرژی سم‌ها و هزینه آبیاری از نظر آماری معنادار نیستند اما ضریب بی‌معنای انرژی نهاده نیروی کار، مثبت اسـت. با توجه به اینکه به جای نهاده انرژی آب، هزینه این نهاده در تابع تولید قرار داده شـده اسـت، بی‌معنا بودن اثر این نهاده قابل انتظار اسـت. این نتیجه که کشـش جزئی نهاده نیروی کار در این بررسـی، تفاوت معناداری با صـفر ندارد، با این نظریه که تولید نهایی این نهاده در بخش کشـاورزی صـفر و یا نزدیک به صـفر است، همخوانی دارد. ضـریب متغیر مجازی با مقدار حدود ۰/۱۹- نشـان می‌دهد که عملکرد چغندرقند در دو اسـتان فارس و خراسـان به طور معناداری کمتر از عملکرد این محصـول در دیگر استان‌هاست. مجموع ضریب کشش‌های انرژی‌های ورودی معادل ۰/۰۴۴ است که بیانگر بازده کاهشی نسبت به مقیاس اسـت. در بررسـی Moradi et al (2015) نیز بازدهی کاهنده نسـبت به مقیاس برای تولید هندوانه تأیید شـده اسـت اما بررسـی‌های Houshyar et al. (2015) برای گوجه‌فرنگی، Kardoni et al. (2015) برای خیـار و Kardoni et al. (2018) برای غلات، بـازدهی فزاینده

نسبت به مقیاس را نشان می‌دهند.

جدول (۷) تابع تولید انرژی در واحد سطح (عملکرد) چغندرقند بر مبنای نهاده‌های انرژی

Table (7) Energy Yeild Function of Sugar Beet Based on Energy Inputs

متغیرها Variables	نام متغیرها Variables' Name	ضریب‌ها	آماره t
نیروی کار Labor	Ll_{it}	0.48	0.846
ماشین‌های کشاورزیMachinery	Lm_{it}	0.386^{***}	۵/۳۸۳
بذر Sugarbeet Seed	Ls_{it}	-0.082^{**}	-2.399
کود شیمیایی Chemical Fertilizer	Lch_{it}	-0.289^{***}	-5.784
کود دامی Farmyard Manure	Lf_{it}	0.031^{***}	3.619
سم‌ها Pesticides	Lp_{it}	-0.008	-0.312
آب Water	Lw_{it}	-0.011	-0.649
متغیر مجازی Dummy variable	D	-0.186^{***}	-7.052
عرض از مبدا Intercept	C	13.823^{***}	18.327
ضریب تعیین R^2	0.92	آماره F F Statistics	28.7^{***}
ضریب تعیین تعدیل شده $\overline{R^2}$	0.89	دوربین واتسون DW	2.2

منبع: یافته‌های تحقیق، (***معنی‌داری در سطح 1%، ** معنی‌داری در سطح 5%و * معنی‌داری در سطح 10%)

برآورد تابع تولید نشـان داد که ماشـین‌های کشاورزی و کودشیمیایی به‌ترتیب بیشترین اثرهای مثبت و منفی را بر تولید چغندرقند داشـته‌اند. مقایسه مقدار انرژی ورودی نهاده‌های مختلف در جدول (۸) نیز نشـان می‌دهد که کودشـیمیایی با فاصـله بسـیار زیاد نسـبت به دیگر نهاده‌ها، بیشـترین نقش را در ورودی انرژی داشته است و دیگر نهاده‌ها هر یک به‌تنهایی سهمی کمتر از پنج درصـد در کل انرژی‌های ورودی دارند. پژوهش‌های گذشـته نیز سهم بالای کودشیمیایی و سـهم کمتر از ۲۰ درصـد را برای مجموع نهاده‌های نیروی انسـانی، کود دامی، بذر و سـم‌ها، در ورودی‌های انرژی تأیید می‌کنند. همچنین مقدار انرژی برآوردشده برای هر یک از نهاده‌ها، قابل مقایسـه و مورد تأیید بررسـی‌های گذشـته اسـت (Kardoni et al. (2015)، Vafabakhsh & Mohammadzadeh (2019)، Feyzbakhsh et al. (2019)، Kardoni et al. (2018) و Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)).

همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها اشـاره شـد، در این بررسـی برای سـنجش حسـاسـیت خروجی به ورودی‌های انرژی، از معادله بهره‌وری نهایی اسـتفاده شـده اسـت. شـاخص MPP حسـاسـیت عملکرد چغندرقند را به یک واحد تغییر در انرژی ورودی هر یک از نهاده‌ها نشـان

می‌دهد. نتایج محاسبه این شاخص در جدول (۸) ارائه شده است. بر مبنای اطلاعات این جدول، عملکرد چغندرقند بیشترین حساسیت را نسبت به انرژی ورودی ماشین‌های کشاورزی با مقدار ۱۱/۵۷۳ دارد. به طوری که یک مگاژول انرژی بیشتر ماشین‌های کشاورزی در هکتار منجر به ۱۱/۵۷۳ کیلوگرم افزایش در عملکرد چغندرقند می‌شود. کود دامی و نیروی انسانی در رتبه‌های بعدی قرار دارند که البته اثر نیروی انسانی از نظر آماری معنادار نیست. بیشترین تولید نهایی منفی به انرژی نهاده بذر اختصاص دارد به طوری که هر مگاژول انرژی بیشتر این نهاده در هکتار منجر به ۷/۲۸۸ کیلوگرم کاهش عملکرد چغندرقند در هر هکتار می‌شود. پس از بذر نیز به‌ترتیب نهاده‌های کود شیمیایی و سم قرار دارند. با توجه به اینکه به جای مقدار انرژی آب، هزینه آبیاری در تابع تولید لحاظ شده است، بدیهی است که *MPP* این نهاده محاسبه نشود.

شاخص‌های کارایی (نسبت) انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص، نشان می‌دهند که کارایی انرژی در تولید چغندرقند بالا و در سطح مطلوبی است. البته باید توجه داشت که در محاسبه این شاخص‌ها همه نهاده‌ها به‌جز نهاده آب در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین مقدار این شاخص‌ها تا حدودی از مقدار واقعی انحراف دارند. اما شاخص‌های نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی، به اندازه‌ای بالا هستند که لحاظ کردن نهاده آب، نتایج را به سود اثبات ناکارایی مصرف انرژی در تولید چغندرقند تغییر ندهد.

جدول (۸) موازنه انرژی در تولید چغندرقند

Table (8) Energy Balance in Sugar Beet Production

تولید نهایی MPP	میانگین انرژی Average Energy (MJ/Ha)	ورودی و خروجی Input & Output
1.265	1169.806	نیروی کار Labor
11.573	1327.013	ماشین‌های کشاورزی Machinery
-7.288	450.014	بذر Sugar Beet Seed
-0.476	24291.79	کود شیمیایی Chemical Fertilizer
2.213	560.376	کود دامی Farmyard Manure
-0.423	757.206	سم‌ها Pesticides
28556.029	میانگین انرژی ورودی همه نهاده‌ها Total Input Energy (MJ/Ha)	
671913.182	میانگین انرژی خروجی Total Output Energy (MJ/Ha)	
39994.832	میانگین عملکرد محصول Yeild (Kg/Ha)	
23.53	کارایی (نسبت) انرژی Energy Ratio	
0.71	انرژی ویژه Specific Energy (MJ/Kg)	
1.4	بهره‌وری انرژی Energy Productivity (MJ/Kg)	
643357.153	خالص انرژی Net Energy Gain (MJ/Ha)	

منبع: یافته‌های تحقیق

یکی از پرسش‌های این پژوهش این بوده که آیا توصیه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی برای افزایش تولید چغندرقند با یکدیگر همسو هستند؟ برای نمونه؛ نتیجه محاسبه شاخص تولید نهایی نهاده‌ها نشان داد که با یک مگاژول افزایش استفاده از ماشین‌های کشاورزی می‌توان عملکرد چغندرقند را بیش از ۱۱ کیلوگرم افزایش داد. اما آیا استفاده بیشتر از این نهاده، از نظر زیست‌محیطی نیز پذیرفته است؟ برای دستیابی به پاسخ این پرسش، از رابطه (۵) استفاده شد. این رابطه نشان می‌دهد که در آغاز باید میانگین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در نتیجه استفاده از نهاده‌ها در هکتار محاسبه شود. برای انجام این محاسبات، با توجه به بررسی‌های گذشته، از اعداد جدول (۹) استفاده شد. این جدول میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از یک مگاژول انرژی هر یک از نهاده‌های مصرفی را نشان می‌دهد.

جدول (۹) میزان انتشار دی‌اکسیدکربن از یک مگاژول انرژی ورودی

Table (9)CO_2 Emission of One MJ Energy Input

ورودی Input	هم‌ارز دی‌اکسیدکربن Equivalent CO_2 (Kg/MJ)	انتشار دی‌اکسید کربن CO_2 Emission (Kg/Ha)	منبع Reference
نیروی کار labor	0.36	418.46	Nguyen & Hermansen (2012)
ماشین‌های کشاورزی Machinery	0.072	95.54	Dyer & Desjardins (2006)
بذر Sugar Beet Seed	0.0034	1.53	-
کود دامی Farmyard Manure	0.097	54.17	Bellarby et al (2008)
کود نیترات Nitrogen	0.047	984.65	Snyder et al (2009)
کود پتاس Potassium	0.063	25.15	Snyder et al (2009)
کود فسفات Phosphorus	0.08	235.4	Snyder et al (2009)
علف‌کش Herbicide	0.026	13.33	Lal (2004)
حشره‌کش Insecticide	0.05	9.94	Lal (2004)
قارچ‌کش Fungicide	0.034	1.55	Lal (2004)
کل دی‌اکسیدکربن Total CO_2	-	1839.73	-

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که جدول (۹) نشان می‌دهد، تولید چغندرقند در هر هکتار به طور میانگین در حدود ۱۸۴۰ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند. حال با توجه به جدول‌های (۸) و (۹) و رابطه (۵)

می‌توان دریافت که افزایش تولید چغندرقند در هر هکتار، با به‌کارگیری مقدار بیشتر هر یک از نهاده‌ها، چقدر دی‌اکسیدکربن بیشتر نسبت به مقدار میانگین، منتشر می‌کند. جدول (۸) نشان می‌دهد که تنها تولید نهایی سه نهاده نیروی کار، ماشین‌های کشاورزی و کود دامی، مثبت است و به‌کارگیری مقدار بیشتر دیگر نهاده‌ها منجر به کاهش تولید می‌شود. بنابراین جدول (۱۰) پیامدهای زیست‌محیطی (افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن) افزایش به‌کارگیری سه نهاده نیروی کار، ماشین‌های کشاورزی و کود دامی را نشان می‌دهد. بر مبنای اطلاعات جدول‌های (۸) و (۱۰)، افزایش عملکرد چغندرقند با افزایش به‌کارگیری دو نهاده کود دامی و ماشین‌های کشاورزی، نه‌تنها از نظر اقتصادی، بلکه از نظر زیست‌محیطی نیز توجیه‌پذیر است. با توجه به جدول (۷)، به‌کارگیری بیشتر نهاده نیروی کار اثر معناداری بر عملکرد چغندرقند ندارد و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. جدول (۱۰) نیز نشان می‌دهد که استفاده از نیروی کار بیشتر، از نظر زیست‌محیطی نیز سودمند نیست و بیش از ۵۰۰ درصد نسبت به مقدار میانگین همه نهاده‌ها، دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند. مقایسه نتایج جدول‌های (۸) و (۱۰) نشان می‌دهد که به‌کارگیری بیشتر نهاده‌های کود دامی و ماشین‌های کشاورزی به‌جای کود شیمیایی و نیروی کار، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست‌محیطی توجیه‌پذیر است. بررسی Houshyar et al. (2015) بر روی سه گروه از تولیدکنندگان گوجه‌فرنگی، نتایج متفاوتی داشته است. در دو گروه از تولیدکنندگان، افزایش کود دامی، دی‌اکسیدکربن بیشتری تولید می‌کند و در یکی از این دو گروه، افزایش استفاده از ماشین‌های کشاورزی و نیروی انسانی باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود در حالی که در دیگری انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد.

جدول (۱۰) تغییرپذیری انتشار گازهای گلخانه‌ای

Table (10) Changes in GHG Emission

ورودی Input	$(I_{GHG})_A$	$(I_{GHG})_{EI}$	$\Delta(I_{GHG})_i$
نیروی کار labor	0.046	0.28	518.68
ماشین‌های کشاورزی Machinery	0.046	0.006	-86.48
کود دامی Farmyard Manure	0.046	0.044	-4.71

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف بررسی موازنه انرژی تولید چغندرقند در ایران و مقایسه بعدهای اقتصادی و زیست‌محیطی گسترش تولید این محصول، با استفاده از داده‌های تابلویی پنج استان همدان، کرمانشاه، خراسان، فارس و آذربایجان غربی انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین ورودی

انرژی به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی و نیروی کار است. همچنین با خالص انرژی در حدود ۶۴۳ گیگاژول، کارایی انرژی ۲۳/۵۳ و بهره‌وری انرژی ۱/۴ مگاژول بر کیلوگرم، افزایش تولید این محصول از نظر موازنه انرژی مطلوب است. برآورد تابع تولید نشان داد که تنها نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی و کود دامی در محدوده اقتصادی استفاده می‌شوند و دیگر نهاده‌ها بیش از حد اقتصادی استفاده می‌شوند. تولید نهایی دو نهاده ماشین‌های کشاورزی و کود دامی از دیگر نهاده‌ها بیشتر است و افزایش عملکرد چغندرقند با استفاده از این دو نهاده، از نظر زیست‌محیطی نیز آلایندگی کمتری ایجاد می‌کند.

با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود ارائه اطلاعات کافی درباره میزان استفاده و روش کشت بذرهای جدید و همچنین مشوق‌هایی برای گسترش کشت این بذرها توجه بیشتری شود. برای افزایش کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی، باید برنامه‌هایی برای کاهش به‌کارگیری کودهای شیمیایی و در صورت لزوم، جایگزینی کود دامی هم توسط تولیدکنندگان و هم توسط سیاست‌گذاران مورد توجه قرار گیرد. از جمله این برنامه‌ها می‌توان به کاهش یارانه‌ها و واقعی کردن قیمت کود شیمیایی اشاره کرد. بهره‌وری صفر نیروی کار، توجه به مسئله بیکاری در بخش کشاورزی را از سوی سیاست‌گذاران می‌طلبد. در این راستا، اتخاذ سیاست‌هایی در جهت ایجاد اشتغال پایدار و تنوع‌بخشی به فعالیت‌های روستاییان، برای بهینه‌سازی مصرف نهاده نیروی کار ضرورت دارد. ضریب مثبت، بالا و معنادار ماشین‌های کشاورزی، نشان از وجود ظرفیت‌های گسترش مکانیزاسیون کشت چغندرقند دارد. همچنین از نظر فنی نیز پیوندی میان بذرهای منوژرم و کشت مکانیزه وجود دارد. با توجه به قراردادی بودن کشت چغندرقند در ایران، در مفاد قرارداد، باید به تأمین نهاده ماشین‌های کشاورزی و تأکید بر کشت بذر منوژرم، بیشتر توجه شود.

منابع

Amiri, S.R. and Rezvani Moghaddam, P. (2016) An Input–Output Energy and Economical Analysis of Pistachio (Pistacia vera L.) Production Systems in County of Zarand, Kerman Province. *Journal of Agroecology*, 8 (3): 452-462. In Farsi

Baltagi, B. H. (2006). *Econometric Analysis of Panel Data.* Wiley: New York.

Bellarby, J., Foereid, B., Hastings, A., Smith, P. (2008). *Cool Farming: Climate Impacts of Agriculture and Mitigation Potential*. Published by Greenpeace International

Cozer, N., Dal Pont, G., Horodesky, A. and Ostrensky, A. (2019) Infrastructure, Management and Energy Efficiency in a Hypothetical Semi-Intensive Shrimp Model Farm in Brazil: a Systematic Review and Meta-Analysis, *Review in Aquaculture*, 12(2): 1072-1089

Dyer, J.A., Desjardins. (2006). Carbon Dioxide Emissions Associated with the

Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. *Biosystems Engineering*, 93 (1): 107-118.

Ebrahimi, R. and Salehi, M. (2015) Investigation of CO_2 Emission Reduction and Improving Energy Use Efficiency of Button Mushroom Production Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Cleaner Production*. 103: 112-119

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and Gunduz, O. (2007) Energy Use and Economical Analysis of Sugar Beet Production in Tokat Province of Turkey, *Energy*, 32: 35-41.

Feyzbakhsh, M. T., Rezvantalab, N. and Alizadeh, P. (2019) Comparison of input and output energy and global warming potential in rainfed wheat and barley in Aq-Qala (Golestan province). *Environmental Sciences,* 17 (1): 121-140. In Farsi

Ghaderzadeh, H. and Pirmohamadyani, Z. (2019) Evaluation Efficiencies of Energy for Potato Production in Hamedan Province of Iran, *Journal of Agricultural Economics Research*. 12 (2): 167-202. In Farsi

Gholami, A. and Sharafi, S. (2006) Analysis of Inputs and Output Energy of Agri Products in Iran, *9th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*. Tehran. Iran: 176-185. In Farsi

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S. and Aghel, H. (2011) A Case Study of Energy Use and Economical Analysis of Irrigated and Dry Land Wheat Production Systems, *Applied Energy*. 88: 283-288.

Houshyar, E., Dalgaard, T., Tarazkar, M. H., and Jørgensen, U. (2015). Energy input for tomato production what economy says, and what is good for the environment, *Journal of Cleaner Production*, 89: 99-109.

Kardoni, F., Saeidi, N. and Fathi, A. (2015) Evaluation of Energy Consumption and Econometric Analysis in Greenhouse Cucumber Production (Case Study: Jiroft Province). *Agronomic Research in Semi Desert Region*, 12 (2): 103-109. In Farsi

Kardoni, F., Jami-alahmadi, M. and Bakhshi, M. R. (2018) Econometric Analysis of Energy Use in Cereal Production of Iran (Case Study: wheat, Barley, Corn, Rice), *Journal of Agricultural Economics Research*. 10 (1): 133-148. In Farsi

Khoshnevisan, B., Rafiee, Sh., 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: 120-127.

Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment International*. 30 (7): 981-990.

Mardani, A. and Taghavifar H. (2016) An Overview on Energy Inputs and Environmental Emissions of Grape Production in West Azerbayjan of Iran, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 54: 918–924

Mehrabi Boshrabadi, H. and Esmaeili, A. (2011) Input-Output Analysis of Energy in Agricultural Sector of Iran, *Agricultural Economics and Development*. 74: 1-28. In Farsi

Ministry of Agriculture- Jahad (MAJ). (2020) <https://dpe.maj.ir> Retrieved July 2018

Moghimian, E. and Rismanchian, M. (2018) *Sugar Beet Planting*, Textbooks Publishing Company of Iran, Ministry of Education. First Edition. In Farsi

Mohammadi-Barsari, A., Firouzi, S. and Aminpanah, H. (2016) Energy-Use Pattern and Carbon Footprint of Rain-Fed Watermelon Production in Iran, *Information Processing in Agriculture*. 3 (2): 69-75

Mohammadi, H. and Mehri, M. (2015) An Analysis of Improving Energy Use with Data Envelopment Analysis in Horticulture products in Yazd Province: Case Study Pistacio, *Quarterly Energy Economics Review*. 11 (46): 113-134. In Farsi

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P. and Mansoori, H. (2015) Energy Use and Economical Analysis of Seedy Watermelon Production for Different Irrigation Systems in Iran, *Energy Reports*. 1: 36–42

Nabavi-Pelesaraei, A., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Qasemi-Kordkheili, P., Kouchaki-Penchah, H. and Riahi-Dorcheh, F. (2016) Applying Optimization Techniques to Improve of Energy Efficiency and GHG (Greenhouse Gas) Emissions of Wheat Production, *Energy*. 103: 672-678

Nguyen, T.L.T., Hermansen, J.E., 2012. System expansion for handling co-products in LCA of sugar cane bio-energy systems: GHG consequences of using molasses for ethanol production, *Applied Energy*. 89 (1): 254-261.

Nikkhah, A., Emadi, B. and Firouzi, S. (2015) Greenhouse Gas Emissions Footprint of Agricultural Production in Guilan Province of Iran, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 12: 10–14

Oguz, H. I., Erdogan, O. and Gokdogan, O. (2019) Energy Use Efficiency and Economic Analysis of Nectarine (Prunus persica var. nucipersica) Production: A Case Study from Nigde Province, 61: 323–329

Pishgar Komleh, H., Omid, M., Heidari, M. D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province, *Energy*. 59: 63-71.

Platis, D.P., Anagnostopoulos, C.D., Tsaboula, A.D., Menexes, G.C., Kalburtji, K.L., and Mamolos, A.P. (2019) Energy Analysis, and Carbon and Water Footprint for Environmentally Friendly Farming Practices in Agroecosystems and Agroforestry, *Sustainability: Special Issue Preserving Ecosystem Services via Sustainable Agro-Food Chains"*. 11 (6): 1664

Qasemi Kordkheili1, P. Kazemi, N. Hemmati, A and Taki, M. (2013) Energy input-output and Economic Analysis for Soybean Production in Mazandaran Province of Iran, *Elixir Agriculture*. 56: 13246-13251

Rao, KVR. and Gangwar, S. (2019) Energy Assessment of Wheat under Conventional and Drip Irrigation Systems, International Journal of Chemical Studies. 7(1): 664-669

Rohani, S. (1994) A Study of Costs and Benefits of Sugar Beet Production in Hamedan Province, *Iranian Journal of Agricultural Science*. 25 (1): 19-31. In Farsi

Rostami, S., Alaei, E. and Imanmehr, A. (2013) Analysis of Energy Indicators for Cucumber Production in Borujen Township, *Journal of Biosystems Engineering*.

2 (2): 12-23. In Farsi

Sefeedpari, P. Shokoohi, Z. Behzadifar, Y. (2014) Energy Use and Carbon Dioxide Emission Analysis in Sugarcane Farms- A Survey on Haft-Tappeh Sugarcane Agro-Industrial Company in Iran, *Journal of Cleaner Production*. 83: 212-219.

Singh, G., Singh, S. and Singh, J., (2004) Optimization of Energy Inputs for Wheat Crop in Punjab, *Energy Conversation Management*. 45: 453-65.

Snyder, C., Bruulsema, T., Jensen, T., and Fixen, P. (2009) Review of Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Systems and Fertilizer Management Effects, *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 133: 247-266.

Taghavifar, H. and Mardani, A. (2015) Prognostication of Energy Consumption and Greenhouse Gas (GHG) Emissions Analysis of Apple Production in West Azarbayjan of Iran Using Artificial Neural Network, *Journal of Cleaner Production*. 87: 159-167

Taghinezhad, J., Alimardani, R. and Jafari, A. (2014) Energy Consumption Flow and Econometric Models of Sugarcane Production in Khouzestan Province of Iran, *Sugar Tech*. 16(3): 277–285

Vafabakhsh, J and Mohammadzadeh, A. (2019) Energy Flow and GHG Emissions in Major Field and Horticultural Crop Production Systems (Case Study: Sharif Abad Plain), *Journal of Agroecology*. 11 (2): 365-382. In Farsi

Yelmen, B., Sahin, H. and Cakir, M. T. (2019) Energy Efficiency and Economic Analysis in Tomato Production: a Case Study of Mersin Province in the Mediterranean Region, Applied Ecology and Environmental Research. 17(4): 7371-7379

Yousefi, M., Khoramivafa, M. and Mondani, F. (2014). Integrated Evaluation of Energy Use, Greenhouse Gas Emissions and Global Warming Potential for Sugar Beet (Beta Vulgaris) Agroecosystems in Iran, *Atmospheric Environment*. 92: 501-505

Zarei Shahamat, E., Asoodar, M. A., Marzban, A. and Abdeshahi, A. (2013). Energy use and economical analysis of Sugarcane production in Iran a case study: Debel Khazaeei agro-industry, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5(3): 249-252

پرتال جامع علوم انسانی

DOI: 10.22034/IAES.2020.129241.1774

Agricultural Economics/Volume 14/Issue 1/1399

Analyzing Economical and Environmental Dimensions of Energy Balance in Sugar Beet Production in Iran

Afsaneh Nikoukar[1]

Received: 14 June.2020 **Accepted:14 July.2020**

Extended Abstract

Introduction

Optimal use of inputs and increasing energy efficiency are economically and environmentally important for sustainable agricultural production and lead to less production costs also, less negative effects on the environment. Considering the importance of efficient use of energy inputs, this study aims to examine the energy balance of sugar beet production in Iran and compares the economic and environmental dimensions of expanding sugar beet production. Sugar beet is one of the agricultural products that consumes a lot of energy due to the need for many farm operations. Use of old agricultural machinery technology and lack of access to technical facilities increase greenhouse gas emission in sugar beet production process. The entry of monogram seeds into the sugar beet production increased share of mechanized sugar beet cultivation to more than 70% of the area under cultivation of this crop. Also, this increased the yield of sugar beet from about 22 tons to about 49 tons per hectare. In 2016 the amount of sugar beet production in Iran was about 6 million tons. The provinces of West Azerbaijan, Khorasan Razavi, Kermanshah, Fars and Hamedan, with more than 80% share, are the largest producers of sugar beet in the country. This study seeks to answer these questions: What is the net energy gain in Iran's sugar beet production system? What are the indices of energy efficiency in sugar beet production process? Which one of the sugar beet production inputs is involved in more energy consumption and more carbon dioxide emission? Is the sugar beet production increase desirable economically and environmentally?

Materials and Methods

To analyze economic and environmental dimensions of sugar beet production, production function was estimated by using converted values of inputs and output to energy equivalents per hectare. Panel data of five provinces of Hamedan, Kermanshah, Khorasan, Fars and West Azerbaijan for 2000-2015 period was used for production function estimation. The marginal physical product of each input (MPP) was used to find the output sensitivity to the energy inputs. To evaluate the efficiency of energy consumption, four

[1] Associate Professor of Agricultural Economics, Payam-e Noor University, Tehran, Iran
Email: anikoukar57@gmail.com

main indices: energy ratio, specific energy, energy productivity and net energy gain were used. Another index was used to answer this question that is it acceptable environmentally to add an input with the aim of achieving higher economic performance? This index evaluated the changes in amount of emitted CO_2 after increasing input usage.

Results and Discussion

The calculated efficiency indices showed that the highest energy inputs are chemical fertilizer, machinery and labor, respectively. Also, with a net energy gain of about 643 GJ, 23.53 energy ratio and 1.4 MJ/Kg energy productivity, the increase in sugar beet production is desirable in viewpoint of energy balance. The Cobb- Douglas production function was estimated using the generalized least squares method for sugar beet. The coefficients of estimated model showed that only machinery and farmyard manure were used in the economic range. The energy inputs of seeds and chemical fertilizers had negative significant effects on the energy output per hectare. The MPPs of two inputs of machinery and farmyard manure were higher than other inputs. Also, changes in green house emission index showed that an increase in sugar beet yield using these two inputs causes less CO_2 emission. The highest amounts of negative MPPs were allocated to seed, chemical fertilizers and pesticides, respectively.

The coefficient of Dummy variable showed that the yield of sugar beet in Fars and Khorasan provinces is significantly lower than other provinces. The sum of the significant coefficients of the energy inputs was equal to 0.044, which indicated a decreasing returns to scale.

Suggestions

Based on the results of this study, to increase economic and environmental efficiency, some policy instruments and programs should be considered to reduce the use of chemical fertilizers and, if necessary, substitute farmyard manure for chemical fertilizer by policymakers and producers. These programs may include reducing subsidies and realizing the price of chemical fertilizers. The positive, high and significant coefficient of the machinery and relationship between mechanization and monogram seeds indicate the existence of capacities to expand the mechanization of sugar beet cultivation. To expand mechanized cultivation and optimal use of monogram seeds it is suggested that incentives be used in production contracts. Zero labor productivity requires policymakers to pay attention to the issue of unemployment in the agricultural sector. Adopt policies to create sustainable employment and diversify rural activities are recommended to use labor at optimum level in agricultural production.

JEL Classification: Q15 ،Q47 ،Q51

Key Words: Energy Productivity, Net Energy Gain, Greenhouse Gas, Production Function, Panel Data