

کارایی زیست‌محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی تولید کلزا در شهرستان تبریز

قادر دشتی، الهه قاسمی، باب‌اله حیاتی، رویا باغبان آدمی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴

چکیده

توسعه رویکردهای علمی و مدیریت بهینه نهاده‌ها، ضرورتی پرهیزناپذیر برای بهبود کارایی و کاهش زیان‌های اقتصادی در فرآیند توسعه کشاورزی پایدار به‌شمار می‌آید. در این راستا هدف این پژوهش بررسی و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی تولید کلزا در شهرستان تبریز می‌باشد. برای این منظور داده‌های لازم، با تکمیل پرسشنامه از ۱۵۰ کشاورز کلزاکار شهرستان تبریز در سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ گردآوری شد. در این تحقیق، با برآورد تابع تولید ترانس‌لوگ مرزی تصادفی، میزان کارایی زیست‌محیطی کشتزارها مشخص شد. در ادامه زیان اقتصادی مصرف نهاده‌های زیانبار مانند سم‌ها و کودهای شیمیایی محاسبه شده و پس از آن عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی با برآورد رابطه رگرسیونی بررسی شد. نتایج برآورد تابع ترانس‌لوگ مرزی تصادفی نشان داد که میانگین کارایی زیست‌محیطی کشتزار کلزا ۵۸/۱۲ درصد بوده که گویای وجود ظرفیت قابل توجه برای کاهش مصرف کودها و سم‌های شیمیایی و بهبود کارایی زیست‌محیطی و در نهایت تنزل زیان اقتصادی در منطقه می‌باشد. همچنین یافته‌های تحقیق مؤید آن بود که تولید ناکارای هر هکتار کلزا باعث تحمیل ۱۳۱۹۹۲ هزار ریال آسیب و زیان اقتصادی به منطقه می‌شود. بنابر نتایج به‌دست آمده، عامل‌هایی همچون سن، سطح زیرکشت، شمار قطعه‌های زمین و تحصیلات بالاتر صاحب کشتزار بر میزان آسیب و زیان اقتصادی تأثیرگذار می‌باشند. بدین ترتیب بهره‌گیری از ظرفیت کشاورزان جوان‌تر و دارای تحصیلات بالاتر در زمینه بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها به‌ویژه کود و سم‌های شیمیایی با تمرکز بر اصول کشاورزی پایدار پیشنهاد و تأکید می‌شود. ضمن اینکه پرداختن به تولید کلزا در قطعه‌های محدود ولی دارای مقیاس گسترده می‌تواند به افزایش کارایی زیست‌محیطی و کاهش آسیب و زیان اقتصادی تولید کمک شایانی نماید.

طبقه‌بندی JEL: Q50, Q51, Q54

واژه‌های کلیدی: رهیافت مرزی تصادفی، زیان اقتصادی، کارایی زیست‌محیطی، کلزا، نهاده زیانبار زیست‌محیطی

^۱به‌ترتیب: استاد (نویسنده مسئول)، دانشجوی دکتری، استاد و کارشناس ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران.

مقدمه

در جهان در حال دگرگون امروزی، فعالیت‌های بخش کشاورزی از جمله اصلی‌ترین عامل‌های اثرگذار بر محیط‌زیست می‌باشد. در این بخش، توسعه اقتصادی همواره با تغییرپذیری‌ها در الگوهای بهره‌برداری از منابع طبیعی در جامعه‌های روستایی همراه بوده و کارایی تولید تحت اثرگذاری‌های ملاحظه‌های زیست‌محیطی و میزان انتشار آلاینده‌ها قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به یکی از موضوع و بحث‌های اساسی در تحقیقات توسعه اقتصادی جامعه‌های روستایی تبدیل شده است. بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های کشاورزی مانند آب، کودهای شیمیایی و انرژی می‌تواند تأثیر چشمگیری بر کارایی زیست‌محیطی در این جامعه‌ها داشته باشد. مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها می‌تواند موجب آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی و هوا شود و همچنین منجر به کاهش گوناگونی زیستی و افزایش گازهای گلخانه‌ای شود. بنابراین، در جامعه‌های روستایی، استفاده از روش و فناوری‌های کشاورزی پایدار و مدیریت بهینه نهاده‌ها با اهمیت می‌باشد، زیرا افزون بر بهبود کارایی محصول‌های کشاورزی تولیدی، پیامدهای منفی زیست‌محیطی را نیز کاهش می‌دهد. به‌بیانی دیگر، این رویکرد می‌تواند به حفظ پایداری منابع طبیعی و بهبود کیفیت محیط‌زیست در بلندمدت کمک شایانی داشته باشد (Du et al., 2024). بدین‌ترتیب کاهش مصرف نهاده‌های زیانبار زیست‌محیطی در بخش کشاورزی برای دستیابی به توسعه پایدار از دیرباز همواره مورد توجه قرار گرفته است (Sun et al., 2020).

از منظر زیست‌محیطی، کشاورزی زمانی پایدار تلقی می‌شود که آلودگی‌های ناشی از آن و بهره‌برداری از منابع در بلندمدت از سوی طبیعت جبران‌پذیر باشد. به‌همین‌منظور، سنجش پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های کشاورزی مستلزم درنظر گرفتن پایداری آن‌ها در بلندمدت می‌باشد (Masumkhani et al., 2019). بهره‌برداری فزاینده از منابع طبیعی و انتشار آلاینده‌ها تعادل بوم‌شناختی (اکولوژیکی) را برهم زده و چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی را به دنبال داشته است. رشد اقتصادی جهانی الگوهای تولید و مصرف را تغییر داده و در عین حال، موجب تشدید مسئله‌هایی مانند افزایش آلاینده‌ها و گرمایش جهانی شده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسید-کربن، روند تخریب محیط‌زیست را تسریع می‌کند. در سال ۲۰۲۲، میزان انتشار جهانی این گازها به ۵۳/۸ میلیارد تن رسید که نشان‌دهنده رشد پیوسته آن در دهه‌های اخیر می‌باشد. در این راستا، گرمایش جهانی به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی بسیار مهم در

سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی مطرح شده و اقدام‌های جهانی بر کاهش آلاینده‌ها و بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی و کشاورزی متمرکز شده است (Raihan et al., 2024).

امروزه، محیط‌زیست به‌عنوان یکی از مسئله‌های کلیدی در سیاست‌های جهانی مطرح بوده و اثرگذاری‌های عمیقی بر دیگر زمینه‌ها به‌ویژه جامعه‌های روستایی دارد. از این‌رو، سازگاری با محیط‌زیست یک ضرورت اساسی برای بسیاری از فعالیت‌ها در سطح زندگی روستایی به‌شمار می‌آید (Khairali pour et al., 2017). این فعالیت‌ها سیاست‌گذاران را با چالشی دوگانه روبه‌رو کرده است، از یک‌سو، ادامه روند توسعه بدون توجه به پیامدهای زیست‌محیطی تخریب بوم‌سامانه (اکوسیستم)‌ها را تسریع می‌کند و از سوی دیگر، اعمال محدودیت‌های زیست‌محیطی ممکن است بازدارنده‌ای برای رشد اقتصادی و بهبود فعالیت‌های روستایی تلقی شود. بنابراین، دستیابی به رشد اقتصادی پایدار نیازمند سیاست‌هایی است که ضمن افزایش کارایی منابع، ملاحظه‌های زیست‌محیطی را نیز در نظر بگیرد. در این زمینه کارایی زیست‌محیطی به‌عنوان معیاری کلیدی برای بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از تولید محصول‌های کشاورزی روستایی مطرح شده است. تحقق توسعه پایدار نیازمند برقراری توازن میان بهره‌وری اقتصادی، کاهش آلاینده‌ها و به‌کارگیری روش و فناوری‌های کم‌اثر زیست‌محیطی برای حفاظت از بوم‌سامانه‌ها و منابع طبیعی است (Norouzi Avagani et al., 2023). به‌عبارت دیگر، ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سامانه‌های تولیدی و انتقال دانش علمی به بهره‌برداران می‌تواند فرآیند کاهش آثار منفی زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی روستاییان را تسهیل نماید (Tadayonpour et al., 2021). در این راستا، پژوهش‌های متعددی در خصوص افزایش کارایی و کاهش پیامدهای منفی و آسیب و زیان‌های اقتصادی وارده بر محیط‌زیست انجام گرفته است. Tu et al (2019) با استفاده از رهیافت مرزی تصادفی^۱ به برآورد کارایی فنی و زیست‌محیطی تولید برنج سازگار با محیط‌زیست در ویتنام پرداختند. بنابر نتایج میانگین کارایی زیست‌محیطی معادل ۲۲/۵۸ درصد به‌دست آمد. همچنین در بین روش‌های انفرادی، برنج معمولی بالاترین امتیاز کارایی‌های فنی و زیست‌محیطی را داشته و برنج اصلاح شده دارای کمترین کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی می‌باشد. میانگین کارایی زیست‌محیطی تولید برنج معمولی، به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از برنج اصلاح شده است. (Rashed et al (2022). کارایی زیست‌محیطی مصرف

¹ Stochastic Frontier Analysis

انرژی در کشورهای برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی را با بهره‌گیری از تابع مرزی تصادفی بررسی و ارزیابی کرده‌اند. یافته‌ها مؤید آن بوده که میانگین کارایی زیست‌محیطی در این کشورها ۶۱ درصد به‌دست آمد. همچنین، نتایج گویای آن بوده که بهبود شرایط اقتصادی، سیاسی و نهادهای مدیریتی می‌تواند موجب افزایش کارایی زیست‌محیطی مصرف انرژی و کاهش زیان اقتصادی در این کشورها شود. (Molaei (2023)، کارایی زیست‌محیطی و زیان اقتصادی تولید چغندر قند در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی برآورد کردند. برابر نتایج، میانگین کارایی زیست‌محیطی معادل ۵۸ درصد به‌دست آمد. بدین ترتیب امکان کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به اندازه ۴۲ درصد در تولید چغندر قند وجود دارد. میانگین ارزش زیان زیست‌محیطی برآورد شده برابر با ۵۳/۵ میلیون ریال بر هکتار برآورد شد. (Norozi et al (2022)، کارایی زیست‌محیطی کلزاکاران ایران را طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۰ بررسی و ارزیابی کردند. نتایج مؤید آن بود که میانگین کارایی زیست‌محیطی در کشور برابر ۰/۷۳ می‌باشد. همچنین، یافته‌ها نشان داده که مصرف آب، ساختار صنعتی و پیشرفت فناوری در بخش کشاورزی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر کارایی‌های زیست‌محیطی دارند. Lozano et al (2024) در روش و سامانه تولید برنج-خرچنگ به بررسی کارایی زیست‌محیطی کشت برنج چین با بهره‌گیری از رهیافت معیار مازاد مبنا^۱ (SBM) پرداختند. بنابر نتایج حاصله، میانگین کارایی زیست‌محیطی روش و سامانه ۶۱/۸ درصد به‌دست آمد. برابر یافته‌های تحقیق مصرف‌های اضافی دارو و خوراک‌ها به عنوان عامل‌های مؤثر در کاهش کارایی‌ها نیز شناسایی شدند. Moe et al (2024) با استفاده از رهیافت تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ، کارایی‌های زیست‌محیطی تولید برنج در میانمار را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، میانگین کارایی زیست‌محیطی ۲۳ درصد به‌دست آمد. همچنین با مصرف کود ازته، کارایی زیست‌محیطی در روش نشایی ۳۵ درصد و در روش پاششی ۲۰ درصد برآورد شد. (Ghasemi et al (2023) به مطالعه کارایی‌های زیست‌محیطی و زیان و آسیب اقتصادی تولید گندم دیم شهرستان اهر با بهره‌گیری از تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ پرداختند. بنابر نتایج تحقیق، میانگین کارایی زیست‌محیطی ۴۹/۵۹ درصد به‌دست آمد و مصرف نهاده‌های زیانبار همچون کود و سم‌های شیمیایی اثرگذاری‌های منفی بر کارایی زیست‌محیطی داشتند. همچنین، میزان زیان اقتصادی ناشی از مصرف این نهاده‌ها ۲۲۶ هزار ریال در هر هکتار برآورد شد. در نهایت عامل‌هایی مانند میزان سطح زیرکشت،

¹ Slacks-Based Measure

کارایی زیست محیطی و ... ۹۹

وجود افراد با تحصیلات دانشگاهی و خسارت آفت تأثیر معنی‌داری بر میزان کارایی نشان دادند. Dashti et al (2025) با برآورد تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ و مدل رگرسیون توبیت، کارایی زیست‌محیطی و آسیب و زیان اقتصادی تولید پیاز در دشت تبریز را اندازه‌گیری کردند. بنابر یافته‌های تحقیق، میانگین کارایی زیست‌محیطی معادل ۵۱ درصد به‌دست آمد. همچنین تولید ناکارای هر هکتار پیاز موجب ایجاد آسیب و زیان زیست‌محیطی به میزان ۱۷/۵ میلیون ریال می‌شود. نتایج به‌دست آمده از مدل توبیت^۱ هم نشان داد که عامل‌های سن، سطح تحصیلات، شغل اصلی و میزان سطح زیرکشت تأثیر مثبت بر کارایی زیست‌محیطی داشته در حالی که شمار قطعه‌های کشت سیب‌زمینی دارای اثرگذاری‌های منفی بر کارایی زیست‌محیطی می‌باشد. مرور ادبیات مؤید آن است که کارایی زیست‌محیطی در نظام‌های تولید کشاورزی به‌طور گسترده‌ای از طریق رهیافت‌های مرزی تصادفی و تحلیل پوششی داده‌ها^۲ سنجش و ارزیابی شده است. یافته‌های پژوهش‌های پیشین بر این نکته تأکید دارند که بهره‌گیری مازاد و غیراصولی از عامل‌های تولید، به‌ویژه نهاده‌های زیانبار مانند کودها و سم‌های شیمیایی، نه تنها موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود بلکه پیامدهای جبران‌ناپذیر و قابل‌توجهی بر محیط‌زیست و پایداری کشاورزی دارد. در این پژوهش، به‌منظور تبیین اصولی و همخوان با مبانی اقتصادی در زمینه بهره‌گیری بهینه از نهاده‌های تولید، تلاش شده است تا با برآورد یک تابع تولید مرزی تصادفی، میزان کارایی زیست‌محیطی در تولید کلزا ارزیابی شود. بر این اساس، ظرفیت بالقوه برای کاهش مصرف نهاده‌های زیانبار و حفظ میزان تولید با استفاده از روش و فناوری‌های حاکم و منابع موجود بررسی شده است. افزون بر این، میزان آسیب و زیان‌های اقتصادی ناشی از تولید کلزا برآورد شده و عامل‌های مؤثر بر آن با بهره‌گیری از روش‌های اقتصادسنجی تحلیل می‌شود. با رشد روزافزون جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای منابع غذایی، دانه‌های روغنی همچون کلزا جایگاه ویژه‌ای در تأمین روغن خوراکی و صنایع وابسته پیدا کرده‌اند. کلزا، به‌عنوان دومین گیاه روغنی بزرگ جهان، نقشی کلیدی در بخش کشاورزی و صنعت ایفا می‌کند. در سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲، سطح زیرکشت کلزا در ایران به ۹۸۷۲۰ هکتار رسیده و تولیدی معادل ۱۹۷۱۵ تن داشته است. در این میان، استان آذربایجان شرقی با سطح زیرکشت ۳۱۵۸ هکتار و تولید ۷۱۲۹ تن، ۳/۶۱ درصد از کل تولید این محصول در ایران را به خود اختصاص داده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2024). کشت کلزا در این استان به‌طور عمده به‌صورت آبی انجام می‌شود

¹ Tobit Model

² Data Envelopment Analysis

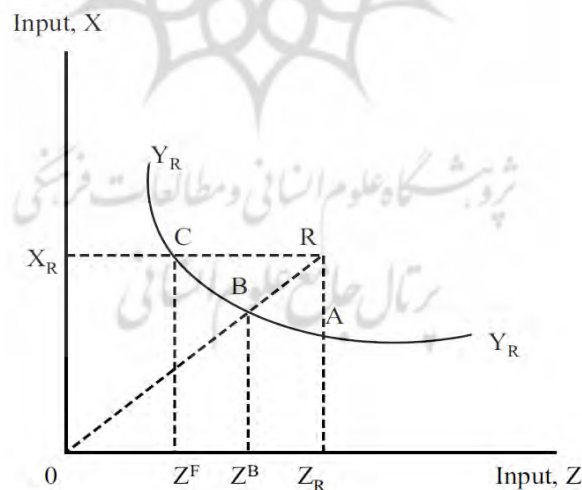
و به مصرف قابل توجه نهاده‌هایی مانند آب، کودهای شیمیایی و سم‌ها نیاز دارد. بررسی و ارزیابی‌های میدانی (Baghban Adami (2023) و Dashti et al (2025) و تجربه‌های کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی بر این امر دلالت دارد که استفاده بیش از حد از این نهاده‌ها، ضمن افزایش هزینه‌های تولید، موجب کاهش کیفیت خاک، آلودگی منابع آبی و بروز مسئله‌های زیست‌محیطی گسترده شده است. بر همین مبنا در سال‌های اخیر، کاهش بارندگی و بحران منابع آبی، به‌ویژه در شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه، فشار مضاعفی بر کشاورزی منطقه وارد کرده و به دلیل وابستگی به نهاده‌های شیمیایی و در پی آن تولید محصول‌های ناسالم، سلامت مصرف‌کنندگان را نیز تحت تأثیر قرار داده است. در این بین وابستگی به روش‌های سنتی و بهره‌گیری نکردن از روش و فناوری‌های نوین کشاورزی، افزون بر هدررفت منابع منجر به کاهش کارایی و افزایش زیان اقتصادی نیز شده است. در این میان، درک علمی و دقیق از فرآیندهای تولید و تأثیر مصرف نهاده‌ها بر کارایی زیست‌محیطی و زیان اقتصادی می‌تواند به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشاورزی در تدوین راهکارهای علمی و مدیریت بهینه و مناسب منابع‌های منابع و ترویج کشاورزی پایدار در منطقه‌های روستایی کمک کند. با عنایت به شرایط حاکم بر منطقه، اتخاذ سیاست‌های کارآمد در راستای کاهش مصرف نهاده‌های زیانبار، مدیریت صحیح منابع آب و ترویج روش‌های نوین کشاورزی، نه تنها موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های اقتصادی خواهد شد بلکه می‌تواند از تخریب‌های محیط‌زیست جلوگیری کرده و پایداری تولیدهای کشاورزی را در بلندمدت تضمین کند. بدین ترتیب در این پژوهش به ارزیابی کارایی زیست-محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان و آسیب‌های اقتصادی تولید کلزا در شهرستان تبریز پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

در اقتصاد کشاورزی، استفاده از رهیافت تابع‌های مرزی به عنوان یک ابزار تحقیقاتی مهم به‌ویژه در زمینه بررسی و ارزیابی کارایی‌های مطرح شده است. مدل‌های مرزی به‌طور معمول به دو دسته فراسنجه‌ای تقسیم می‌شوند. روش‌های فراسنجه‌ای نیازمند تعیین یک فرم تابعی مشخص برای تابع تولید هستند (مانند مدل‌های کاب-داگلاس یا ترانسلوگ)، در حالی که مدل‌های نافراسنجه‌ای از تعیین فرم تابعی بی‌نیاز می‌باشند (Nikan et al., 2024). روش تابع مرزی تصادفی که توسط آیگنر و همکاران (Aigner et al (1997) مطرح شد، از طریق یک جزء خطای ترکیبی با یک عبارت متقارن دوسویه و یک جزء یک‌سویه روبرو می‌باشد. عبارت خطای دو سویه به دنبال

کارایی زیست محیطی و ... ۱۰۱

در نظر گرفتن تکانه (شوگ)های تصادفی بیرون از نظارت (کنترل) بنگاه است، در حالی که جزء یک سوپیه، ناکارایی ها را مدنظر قرار می دهد. به عبارتی دیگر، بهره گیری از توابع تولید مرزی تصادفی به عنوان روشی کارا برای تحلیل کارایی زیست محیطی و ارزیابی اثرگذاری های نهاده های زیانبار در کشاورزی توسعه یافته است. در این راستا، Reinhard et al (2000)، از این مدل به منظور بررسی مصرف بهینه کود نیتروژن به عنوان نهاده زیانبار با هدف کاهش اثرگذاری های منفی زیست محیطی و حفظ کارایی در تولید کشاورزی بهره گرفتند. تابع تولید مرزی ارائه شده در شکل (۱)، ارتباط بین نهاده های عادی شده (نرمال) (X) و نهاده زیانبار (Z) را در حالی که سطح تولید (Y_R) ثابت نگه داشته شده است نمایش می دهد. منحنی Y_R نشان دهنده ایزوکوانت برای بنگاه های به طور کامل کارا است. در صورتی که یک بنگاه، نهاده های تولیدی را در نقطه R برای تولید یک واحد محصول به کار گیرد، میزان ناکارایی فنی به وسیله فاصله BR مشخص می شود. این فاصله میزان کاهش متناسب همه نهاده ها را بدون کاهش در تولید نشان می دهد. به عبارت دیگر، نهاده ها می توانند به اندازه نقطه های CR و AR کاهش یابند در حالیکه مقدار ستاده تغییر نکند. بر مبنای تعریف کارایی زیست محیطی، نسبت $|OZ^F|/|OZ_R|$ کمترین مقدار قابل قبول نهاده زیانبار را تعیین می کند که مشروط به سطح تولید (Y_R) و مقدار به کار گرفته شده از نهاده های عادی شده (X_R) می باشد (Reinhard et al., 2000).



شکل (۱) تابع تولید مرزی نهاده های نرمال X و نهاده های زیانبار زیست محیطی Z
(Moe et al., 2024)

یک تابع تولید مرزی تصادفی، به صورت $Y_i = f(X_i, Z_i, \beta) \exp(v_i - u_i)$ تعریف می‌شود که در آن، Y_i مقدار ستاده کشتزار $\bar{a}_i$ ، X_i بردار نهاده‌های نرمال و Z_i بردار نهاده‌های زیانبار برای محیط-زیست می‌باشد. همچنین u_i نمایانگر انحراف از مرز کارایی به دلیل ناکارایی فنی است، در حالی که v_i انحراف از مرز تولید را به واسطه عامل‌های تصادفی و پیش‌بینی‌ناپذیر عامل‌های بیرون از نظارت (کنترل) نشان می‌دهد. از تابع تولید مرزی برای برآورد کارایی‌های زیست‌محیطی، به صورت $EE_i = \min \{ \theta : f(X_i, Z_i) \geq Y_i \} \leq 1$ استفاده می‌شود. در نهایت فرم ترانسلوگ به عنوان تابع تولید مرزی تصادفی انتخاب شد، چراکه این فرم تابعی نسبت به فرم تابع کاب-داگلاس انعطاف‌پذیری بیشتری داشته و قادر است تعامل‌های غیرخطی پیچیده میان نهاده‌ها و بازده تولید را مدل‌سازی کند. این ویژگی به‌ویژه زمانی که نهاده‌های زیانبار (مضر) همچون کودهای شیمیایی و سم‌ها در فرآیند تولید دخالت دارند، با اهمیت می‌باشد (Moe et al., 2024). فرم تابع ترانسلوگ ($\ln EE_i$) و شاخص کارایی‌های زیست‌محیطی (EE_i) با لحاظ دو نهاده کود شیمیایی و سم‌ها به عنوان عامل‌های زیانبار (مضر) به صورت رابطه‌های (۱) و (۲) ارائه شدند (Moe et al., 2024):

$$\ln EE_i = \ln \theta = \ln [\theta Z_i / Z_i] = \ln \theta Z_i - \ln Z_i \quad (1)$$

$$EE_i = \theta = \exp [\ln EE_i] \quad (2)$$

برای ارزیابی و تعیین تابع مناسب، از آزمون نسبت درست‌نمایی^۱ ($LR = -2 \ln(L(H_0)/L(H_1))$) استفاده شد که در آن، $L(H_0)$ و $L(H_1)$ به ترتیب مقدارهای تابع‌های درست‌نمایی برای مدل محدود (تابع کاب-داگلاس) و $L(H_1)$ مدل نامحدود (تابع ترانسلوگ) می‌باشد. از آنجایی که در این تحقیق از تابع تولید ترانسلوگ برای برآورد کارایی‌های زیست‌محیطی بهره گرفته شد لذا الگوی تجربی پژوهش به‌قرار رابطه (۳) می‌باشد:

$$\begin{aligned} \ln Y = & \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln Z_1 \\ & + \beta_5 \ln Z_2 + 0.5 \beta_{11} [\ln X_1]^2 + 0.5 \beta_{22} [\ln X_2]^2 \\ & + 0.5 \beta_{33} [\ln X_3]^2 + 0.5 \beta_{44} [\ln Z_1]^2 + 0.5 \beta_{55} [\ln Z_2]^2 + \beta_{12} \ln X_1 \ln X_2 + \\ & \beta_{13} \ln X_1 \ln X_3 + \beta_{14} \ln X_1 \ln Z_1 + \beta_{15} \ln X_1 \ln Z_2 + \beta_{23} \ln X_2 \ln X_3 \\ & + \beta_{24} \ln X_2 \ln Z_1 + \beta_{25} \ln X_2 \ln Z_2 + \beta_{34} \ln X_3 \ln Z_1 + \beta_{35} \ln X_3 \ln Z_2 + \\ & \beta_{45} \ln Z_1 \ln Z_2 + [V_i - U_i] \end{aligned} \quad (3)$$

¹ Likelihood Ratio Test

کارایی زیست محیطی و ... ۱۰۳

در رابطه (۳)، $\ln$ نماد لگاریتم طبیعی و Y_i نشان دهنده مقدار تولید کلزای کشتزار نام می باشد. متغیرهای X_1, X_2, X_3, Z_1, Z_2 به ترتیب نشان دهنده عامل های تولید بذر، نیروی کار، آب، کودشیمیایی و سم ها می باشند که در فرآیند تولید کلزا به کار گرفته شده اند. برای برآورد کارایی های زیست محیطی محصول کلزا، نهاده های کود و سم های شیمیایی به عنوان نهاده های زیانبار در نظر گرفته شدند. این نهاده ها از مهم ترین عامل های ایجاد مخاطره های زیست محیطی تولید کلزا در منطقه مورد بررسی و ارزیابی به شمار می آیند. در مورد این نهاده ها، معادله بالا برای Z_1 به θZ_1 تغییر کرده و Z_2 به θZ_2 تبدیل شده است. به طوری که فرض بر آن است که نداشتن کارایی فنی کشاورزان برابر صفر است ($U_i = 0$)، θZ_1 و θZ_2 نشان دهنده سطح کارایی مصرف نهاده های زیانبار است که برابر رابطه (۴) قابل ارائه می باشد:

$$\begin{aligned} \ln Y = & \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln \theta Z_1 + \beta_5 \ln \theta Z_2 \\ & + 0.5 \beta_{11} [\ln X_1]^2 + 0.5 \beta_{22} [\ln X_2]^2 + 0.5 \beta_{33} [\ln X_3]^2 + 0.5 \beta_{44} [\ln \theta Z_1]^2 + \\ & + 0.5 \beta_{55} [\ln \theta Z_2]^2 + \beta_{12} \ln X_1 \ln X_2 + \beta_{13} \ln X_1 \ln X_3 + \beta_{14} \ln X_1 \ln \theta Z_1 \\ & + \beta_{15} \ln X_1 \ln \theta Z_2 + \beta_{23} \ln X_2 \ln X_3 + \beta_{24} \ln X_2 \ln \theta Z_1 + \\ & + \beta_{25} \ln X_2 \ln \theta Z_2 + \beta_{34} \ln X_3 \ln \theta Z_1 + \beta_{35} \ln X_3 \ln \theta Z_2 \\ & + \beta_{45} \ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2 + [V_i - U_i] \end{aligned} \quad (۴)$$

برای برآورد کارایی های زیست محیطی ($\ln EE_i = \ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2 - \ln Z_1 - \ln Z_2$)، معادله (۳) از معادله (۴) کسر شد که نتیجه آن به صورت رابطه (۵) ارائه می شود (Moe et al., 2024):

$$\begin{aligned} & \beta_4 \ln \theta Z_1 + \beta_5 \ln \theta Z_2 + 0.5 \beta_{44} [\ln \theta Z_1 \ln \theta Z_1 - \ln Z_1 \ln Z_1] + 0.5 \beta_{55} [\ln \theta Z_2 \ln \theta Z_2 - \ln Z_2 \ln Z_2] + \beta_{14} \ln X_1 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{15} \ln X_1 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) \\ & + \beta_{24} \ln X_2 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{25} \ln X_2 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) + \beta_{34} \ln X_3 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{35} \ln X_3 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) \\ & + \beta_{45} (\ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2) + U_i = 0 \end{aligned} \quad (۵)$$

با توجه به رابطه (۵) حال می توان کارایی های زیست محیطی را به قرار رابطه (۶) نوشت:

$$\begin{aligned} \ln EE_i = & -[\beta_4 \ln \theta Z_1 + \beta_5 \ln \theta Z_2 + 0.5 \beta_{44} [\ln \theta Z_1 \ln \theta Z_1 - \ln Z_1 \ln Z_1] + 0.5 \beta_{55} [\ln \theta Z_2 \ln \theta Z_2 - \ln Z_2 \ln Z_2] + \beta_{14} \ln X_1 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{15} \ln X_1 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) \\ & + (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) + \beta_{24} \ln X_2 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{25} \ln X_2 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) + \beta_{34} \ln X_3 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{35} \ln X_3 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) + \beta_{45} (\ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2)] + \\ & + [\beta_4 \ln \theta Z_1 + \beta_5 \ln \theta Z_2 + 0.5 \beta_{44} [\ln \theta Z_1 \ln \theta Z_1 - \ln Z_1 \ln Z_1] + 0.5 \beta_{55} [\ln \theta Z_2 \ln \theta Z_2 - \ln Z_2 \ln Z_2] + \beta_{14} \ln X_1 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{15} \ln X_1 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) \\ & + \beta_{24} \ln X_2 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{25} \ln X_2 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) + \beta_{34} \ln X_3 (\ln \theta Z_1 - \ln \theta Z_2) + \beta_{35} \ln X_3 (\ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1) \\ & + \beta_{45} (\ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2 - \ln \theta Z_1 \ln \theta Z_2)] - 2 \beta_{44} \beta_{55} U_i]^{0.5} / \beta_{44} \beta_{55} \end{aligned} \quad (۶)$$

به واسطه وجود نبود کارایی، میزان زیان و آسیب‌های اقتصادی تولید کلزا در دشت تبریز با استفاده از روش (2017) Tu برآورد شد. بدین منظور، با داشتن هزینه عامل‌های تولید و مقدارهای کارایی زیست محیطی، مقدار زیان اقتصادی از رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$LE_i = (1 - EE_i)TC_i \quad (7)$$

در رابطه بالا، LE_i زیان اقتصادی کشتزار i ام، EE_i کارایی زیست محیطی و TC_i هزینه کل مربوط به نهاده‌های زیانبار مانند کودهای شیمیایی و سم‌ها در کشتزار i ام می‌باشد. زیان و آسیب‌های اقتصادی برای هر نهاده به شکل منفرد و با هم برای دو نهاده کود و سم قابل محاسبه می‌باشد. بررسی و شناسایی عامل‌های مؤثر بر آسیب و زیان اقتصادی از رابطه رگرسیونی برابر (۸) بهره گرفته شد:

$$\ln LE_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln age + \alpha_2 \ln land + \alpha_3 \ln plot + \alpha_4 edu + \varepsilon_i \quad (8)$$

که در آن $\ln$ نماد لگاریتم طبیعی، LE_i زیان اقتصادی کشتزار i ام، α_i پارامترهای مدل، age سن کشاورز بر حسب سال، $land$ سطح زیرکشت اختصاص داده شده به کشت کلزا بر حسب هکتار، $plot$ شمار قطعه‌های کشت کلزا، edu میزان تحصیلات (بی‌سواد=۱، ابتدایی=۲، راهنمایی=۳، متوسطه=۴، دانشگاهی=۵) و ε_i اجزاء اخلال مدل را نشان می‌دهد. جامعه آماری این پژوهش، کشاورزان تولیدکننده کلزا در شهرستان تبریز بوده که بر مبنای اعلام مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان تبریز شمار آنان ۱۱۰۰ کشاورز بوده است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران با رابطه (۹) برابر با ۱۵۰ نفر تعیین شد:

$$n = \frac{N t^2 s^2}{N d^2 + t^2 s^2} = 150 \quad (9)$$

در رابطه بالا، n شمار نمونه موردنظر، N شمار کل جمعیت هدف (کلزاکاران شهرستان تبریز) معادل ۱۱۰۰ بهره‌بردار، t ضریب اطمینان در فاصله ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ و S^2 واریانس سطح زیرکشت (۱/۴۴) می‌باشد، همچنین d خطای قابل پذیرش است که مقدار آن در سطح ۹۵ درصد معادل ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب، داده‌ها و اطلاعات موردنیاز به روش نمونه‌گیری تصادفی با تکمیل پرسشنامه از ۱۵۰ کلزاکار شهرستان تبریز مربوط به سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ گردآوری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و برآورد مدل از نرم‌افزار Stata 17 استفاده به عمل آمد.

نتایج و بحث

در این قسمت، در آغاز به توصیف آماری برخی از مهم‌ترین متغیرهای تحقیق پرداخته می‌شود. بر مبنای نتایج، میانگین سن بهره‌برداران مورد ارزیابی ۴۵/۴۸ سال می‌باشد که کمترین و بیشترین آن‌ها به ترتیب ۲۰ و ۷۰ سال بوده است. میانگین پیشینه فعالیت کشاورزی آنان بالغ بر ۲۷ سال به دست آمد. بدین ترتیب آنان از مهارت و تجربه لازم برای پرداختن به فعالیت‌های زراعی برخوردار می‌باشند. ۳۶/۶۶ درصد کشاورزان دارای تحصیلات متوسطه و بالاتر می‌باشد و این امر می‌تواند زمینه مساعدی برای بهره‌گیری از منابع و مراجع‌های جدید علمی و پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در تولید را فراهم سازد. حدود ۶۲ درصد کشاورزان محصول کلزای خود را بیمه کرده و بالغ بر ۶۰ درصد آنان دارای فعالیت‌های غیرکشاورزی نیز بودند. با عنایت به نزدیکی منطقه مورد بررسی با مرکز شهر، کشاورزان افزون بر فعالیت‌های زراعی از امکان پرداختن به فعالیت بیرون از کشتزار نیز به عنوان یک منبع درآمدی مکمل برخوردار هستند. میانگین میزان سطح زیرکشت کلزا ۳/۲۵ هکتار بوده که کمترین و بیشترین گستره آن به ترتیب ۰/۵ و ۲۰ هکتار می‌باشد. به‌طور طبیعی وجود کشتزار با گستره بالا، امکان بهره‌گیری از روش و فناوری (تکنولوژی)های جدید نظیر ماشین‌آلات را تسهیل و حتی اقتصادی می‌کند. همچنین متوسط شمار قطعه‌های اراضی ۲/۲۱ قطعه بوده که کمترین و بیشترین آن‌ها به ترتیب ۱ و ۶ قطعه به دست آمد.

برای برآورد الگوی رگرسیونی، از آزمون نسبت درست‌نمایی (LR) برای بررسی جنبه‌های مدل (اثر عدم کارایی تصادفی و تعیین فرم تابعی) بهره گرفته شد. برای ارزیابی مناسب‌ترین روش برآورد مدل، برابر جدول (۱) آماره LR محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول کای-دو بیشتر بوده و بدین ترتیب مشخص شد که به‌واسطه نداشتن کارایی لازم و اثرگذاری آن بر فرآیند تولید، رهیافت مرزی تصادفی (SFA) برای برازش مدل، مناسب‌تر است. برای انتخاب فرم تابعی مناسب نیز، چون مقدار آماره LR محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول کای-دو بزرگتر است بنابراین همخوانی داده‌ها با تابع تولید ترانسلوگ و ارجح بودن آن نسبت به تابع کاب - داگلاس تأیید شد.

جدول (۱) آزمون نسبت درست‌نمایی تعمیم‌یافته برای تعیین فرم تولید مرزی و اثر ناکارایی تصادفی

Table (1) Generalized likelihood ratio test for determining the frontier production form and for testing the stochastic inefficiency effect

تصمیم	آماره بیشینه درست‌نمایی	آماره کای‌دو (X^2) در سطح ۱٪	فرض صفر
نبود اثر ناکارایی تصادفی			
نبود پذیرش فرض صفر	47.4	6.63	$\sigma_u^2 = 0$
شکل تابع کاب داگلاس			
نبود پذیرش فرض صفر	39.3	30.14	$\beta_{11} = \beta_{22} = \beta_{33} = \beta_{44} =$ $\beta_{55} = \beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{14} =$ $\beta_{15} =$ $\beta_{23} = \beta_{24} = \beta_{25} = \beta_{34} =$ $\beta_{35} = \beta_{45} = 0$

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول (۲) نتایج مربوط به برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی ارائه شده است. ملاحظه می‌شود عامل‌های بذر، نیروی کار، آب، سم و کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر میزان تولید محصول کلزا دارند. همچنین بر مبنای نتایج، مقدار ۷ محاسباتی بیشتر از صفر است که این امر وجود نداشتن کارایی در تولید کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز را تأیید می‌کند. به عبارت دیگر، تفاوت میان تولید واقعی و تولید موردانتظار تا حد زیادی به عامل‌های مدیریتی و وجود نداشتن کارایی در فرآیند تولید بستگی دارد. از این رو، استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی برای برآورد تابع تولید ترانسلوگ و سنجش کارایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به روش حداقل مربعات معمولی (OLS) ارجحیت دارد.

جدول (۲) نتایج برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی

Table (2) The estimated results translog production function

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره Z
Variable	Coefficient	Standard Deviation	Z-Statistic
1.71	62.3	106.83**	عرض از مبدأ Constan
-1.17	15.85	-10.02	بذر seed
1.86	0.44	0.82**	نیروی کار Labor
-1.79	6.25	-13.90**	آب Water

کارایی زیست محیطی و ... ۱۰۷

-1.69	6.98	-10.54*	کودشیمیایی Fertilizer
-0.76	1.18	-5.33	سم pesticide
1.82	2.12	0.81**	بذر-بذر Seed-Seed
0.42	0.74	0.89	نیروی کار- کار Labor-Labor
-0.01	0.70	-0.003	آب-آب Water-Labor
-1.84	1.37	-1.30**	کودشیمیایی- کود شیمیایی Fertilizer-Fertilizer
-1.95	0.92	-2.67**	سم-سم Pesticide Pesticide
-0.43	0.77	-0.39	بذر- نیروی کار Seed- Labor
1.62	0.85	0.92*	بذر- آب Seed -Water
1.98	0.86	1.71**	بذر- کودشیمیایی Seed - Fertilizer
1.80	0.86	0.66**	بذر- سم Seed - Pesticide
-0.52	1.47	-0.76	نیروی کار-آب Labor - Water
0.37	1.49	0.54	نیروی کار- کودشیمیایی Labor - Fertilizer
0.68	1.33	0.91	نیروی کار- سم Labor - Pesticide
2.54	0.8	2.05***	آب- کودشیمیایی Water - Fertilizer
1.89	0.86	0.76**	آب- سم Water - Pesticide
-1.77	0.14	-0.19**	کودشیمیایی- سم Fertilizer - Pesticide
3.08	0.23	0.018***	δ_u^2
5.96	0.03	0.62***	δ_v^2
4.12	0.24	0.030***	γ

منبع: یافته‌های پژوهش
 ***، ** و * به ترتیب، معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد را نشان می‌دهد.
 *، ** and *** represent the significance levels of 10 percent, 5 percent, and 1 percent, respectively.
 Source: Research Findings

بنابر نتایج جدول (۳)، میانگین کارایی‌های زیست‌محیطی کشتزارهای کلزا در منطقه مورد بررسی برابر با ۵۸/۱۲ درصد می‌باشد. این رقم با نتایج تحقیقات (Norouzian et al (2022 در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی کلزاکاران استان‌های ایران، (Moe et al (2024 در بررسی کارایی‌های زیست‌محیطی تولید برنج در میانمار و (Dashti et al (2025 در کارایی زیست‌محیطی تولید پیاز دشت تبریز، هم‌راستا است. همچنین، میزان کارایی زیست‌محیطی تولید کلزا از ۹/۱ درصد (کمینه) تا ۹۰/۹ درصد (بیشینه) متغیر بوده است. این امر مؤید آن است که اختلاف بسیار بالایی (۸۱/۸ درصد) بین کارآترین و ناکارآترین کشتزارهای تولید کلزا در منطقه مورد بررسی و ارزیابی به چشم می‌خورد. افزون بر این ۳۱/۰۲ درصد کشتزارهای دارای کارایی بیش از ۸۰ درصد می‌باشند. بدین ترتیب بخش قابل‌توجهی از کشتزارها از عامل‌های تولیدی به‌شکل کارا و بهینه استفاده به‌عمل آورده‌اند. میانگین کارایی به‌دست آمده گویای آن است که در شرایط کنونی با روش و فناوری‌های موجود، توان بالقوه چشمگیری در راستای کمتر کردن میزان مصرف نهاده‌های زیان‌بار و ارتقاء کارایی و بهره‌وری عامل‌های تولید کلزا وجود دارد. این امر در خصوص مطالعات (Moe et al (2024 و (Dashti et al (2025 نیز مصداق دارد مقدار آماره ۷ حاکی از تأثیر توأمان عوامل مدیریتی و نیز عوامل تصادفی بر مقدار تولید می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت که عامل‌های بیرون از کنترل و مهار کشاورز، مانند شرایط نامساعد جوی منطقه (سرما و یخبندان) و نیز کمبود منابع آب، میزان تولید و لذا کارایی‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول (۳) کارایی زیست‌محیطی کشاورزان تولیدکننده کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز
Table (3) Environmental efficiency of canola farmers in rural areas of Tabriz county

درصد Percentage	فراوانی Frequency	دامنه کارایی Range of efficiency
9.94	15	≤ 50
5.96	9	50-60
20.69	31	60-70
31.87	48	70-80
31.02	47	≥ 80
58.12	-	میانگین Mean
81.8	-	دامنه Range
9.1	-	حداقل Min
90.9	-	حداکثر Max
16.41	-	انحراف معیار Std.Dev

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های پژوهش

کارایی زیست محیطی و ...۱۰۹

جدول (۴) آماره توصیفی مربوط به زیان اقتصادی ناشی از تولید ناکارای زیست محیطی محصول کلزا در شهرستان تبریز رانشان می دهد.

جدول (۴) آماره توصیفی زیان اقتصادی تولید ناکارای زیست محیطی محصول کلزا (هزار ریال)
Table (4) Descriptive statistic of economic loss due to environmentally inefficient production canola (One thousand rials)

زیان اقتصادی Economic loss	میانگین Mean	انحراف معیار SD	کمینه Min	بیشینه Max
زیان اقتصادی کود Fertilizer economic loss	85820	24654.61	0	115500
زیان اقتصادی سم Pesticide economic loss	46172	5352.515	0	63000
زیان اقتصادی کود و سم Fertilizer and Pesticide economic loss	131992	23979.98	0	161700

Source: Research Findings

منبع: یافته های پژوهش

همانند نتایج پژوهش های پژوهشگران (Molaei (2023)، Dashti et و Ghasemi et al (2023) و al (2025) ملاحظه می شود که مصرف ناکارای نهاده های شیمیایی در تولید کلزا در منطقه های روستایی شهرستان تبریز با آسیب و زیان اقتصادی قابل توجهی همراه بوده است. میزان آسیب و زیان اقتصادی ناشی از مصرف کود شیمیایی و سم ها به ترتیب برابر با ۸۵۸۲۰ و ۴۶۱۷۲ هزار ریال در هر هکتار برآورد شده است. مجموع این آسیب و زیان برای استفاده همزمان این نهاده ها به ۱۳۱۹۹۲ هزار ریال در هر هکتار می رسد. بدین ترتیب به خاطر نداشتن کارایی مصرف نهاده های شیمیایی زیان اقتصادی قابل توجهی به کشاورزان منطقه وارد می شود. به نظر می رسد وجود نداشتن کارایی در به کارگیری نهاده ها تنها ناشی از بکار نبردن فناوری های نوین نبوده، بلکه بیشتر ریشه در عامل های مدیریتی، دانش فنی کشاورزان و محدودیت دسترسی آنان به عوامل تولید و نیز اتکا بیشتر به نهاده های شیمیایی می باشد.

نتایج بررسی عامل های تأثیرگذار بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا در منطقه های روستایی شهرستان تبریز در جدول (۵) آورده شده است. بنابر یافته های پژوهش، عامل های سن، سطح زیرکشت، شمار قطعه های زمین و سطح تحصیلات تأثیر معنی داری بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز دارند.

جدول (۵) عوامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز
 Table (5) Affecting factors the loss economic of canola production in Tabriz county

متغیر Variable	ضریب Coefficient	آماره t t Statistic
عرض از مبدا Constant	11.90***	2.95
سن Age	0.30***	2.25
سطح زیر کشت Cultivation	-0.13*	-1.67
تعداد قطعات زمین Number of Land Plots	0.04*	1.64
تحصیلات Education	-0.03*	-1.68

منبع: یافته‌های پژوهش

***، ** و * به ترتیب، معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد را نشان می‌دهد

*, ** and *** represent the significance levels of 10, 5 and 1 percent, respectively.

Source: Research Findings

بنابر جدول (۵)، افزایش سن کشاورز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا دارد، بدین‌صورت که به‌ازای یک درصد افزایش در سن کشاورز، آسیب و زیان اقتصادی به میزان ۰/۳ درصد افزایش می‌یابد. همانند نتایج پژوهش‌های انجام شده (Ghasemi et al (2023) و (Dashti et al (2025)، با افزایش سن کشاورزان، توان نیروی کار موجود رفته رفته کاهش یافته و به سبب انجام ندادن به‌هنگام کارها، زیان اقتصادی هم افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل به‌نظر می‌رسد مشارکت نیروی کار نوپا و جوان در فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند این روند را کاهش دهد. عامل سطح زیر کشت تأثیر منفی اما معنی‌داری بر آسیب و زیان‌های اقتصادی تولید محصول کلزا دارد، به‌طوری‌که به‌ازای یک درصد افزایش در سطح زیر کشت میزان زیان اقتصادی ۰/۱۳ درصد کاهش می‌یابد. افزایش سطح زیر کشت کشتزارهای کلزا انگیزه به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته مانند ماشین و ادوات کشاورزی و روش و سامانه آبیاری تحت فشار را تقویت کرده و در نهایت منجر به کاهش استفاده از نهاده‌های زیانبار و کاهش آسیب و زیان اقتصادی می‌شود. در این حالت، با بزرگ‌تر شدن سطح کشتزارها و استفاده از تجهیزات و فناوری‌های مکانیزه، امکان مدیریت بهینه مصرف نهاده‌های شیمیایی (زیانبار) فراهم شده و در نتیجه، میزان اتکا به مصرف کود و سم‌ها در واحد سطح کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر فناوری‌های پیشرفته مانند ماشین و ادوات کشاورزی و روش و سامانه آبیاری تحت فشار جایگزین عامل‌های تولید شیمیایی شده و

کارایی زیست محیطی و ... ۱۱۱

بدین ترتیب به واسطه بهبود بهره‌وری ناشی از تغییر فناوری‌های تولید محصول‌های کشاورزی، کشاورزان در عمل اتکای کمتری بر مصرف نهاده‌های کود و سم‌ها داشته که نتیجه نهایی آن، پایداری تولید و کاهش زیان‌های اقتصادی خواهد بود. (Ghasemi et al (2023 نیز در بررسی و ارزیابی خود وجود رابطه معنی‌دار بین کارایی و سطح زیرکشت را تأیید کرده بودند. بنابر نتایج، شمار قطعه‌های کشت کلزا ارتباط مثبت و معنی‌دار با میزان آسیب و زیان‌های اقتصادی دارد. با افزایش شمار قطعه‌های سطح زیرکشت، کشاورز هم‌زمان در چندین قطعه به فعالیت می‌پردازد که موجب هدر رفت زمان، افزایش هزینه‌های تولید و آسیب و زیان‌های اقتصادی می‌شود. (Dashti et al (2025 نیز در پژوهش و ارزیابی خود به این نکته مهم اشاره داشته‌اند. بنابراین تولید در شمار قطعه‌های کمتر ولی دارای گستره بزرگ‌تر منجر به افزایش کارایی و کاهش آسیب و زیان‌های اقتصادی و پیامدهای زیست‌محیطی می‌شود. بنابر نتایج به‌دست آمده، سطح تحصیلات نیز تأثیر منفی و معنی‌داری بر زیان‌های اقتصادی دارد. بدین ترتیب با افزایش سطح تحصیلات، میزان این زیان‌ها نیز افزایش می‌یابد. افراد دارای تحصیلات بالاتر، هرچند که امکان اشتغال در نهادهای دولتی و شهری را دارند، لیکن آنان به‌واسطه آگاهی از کاستی‌ها و عوارض مصرف بی‌رویه مواد شیمیایی در کشتزارها، سعی می‌کنند به‌طور منطقی و محدود از این عامل‌ها بهره بگیرند. بدین ترتیب با کاهش بهره‌گیری از عامل‌های زیان‌بار میزان آسیب و زیان‌های اقتصادی وارده کمتر می‌شود. یافته‌های (Tanursaz et al (2021 و (Ghasemi et al (2023 با این نتیجه همسو می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق، به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان‌های اقتصادی تولید کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز پرداخته شد. تحلیل داده‌های مربوط به ۱۵۰ کشاورز کلزاکار در سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ گویای آن بود که عامل‌های بذر، نیروی کار، آب، کود شیمیایی و سم‌ها تأثیر معنی‌داری بر تولید کلزا دارند. میانگین کارایی زیست‌محیطی برابر با ۵۸/۱۲ درصد نشان می‌دهد کشاورزان در صورت بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها، می‌توانند تا ۴۱/۸۸ درصد از مصرف عامل‌های زیان‌بار کاهند. این کاهش مصرف نهاده‌ها می‌تواند افزون بر کاهش هزینه‌ها به افزایش بهره‌وری، کاهش آسیب و زیان‌های اقتصادی و بهبود رقابت‌پذیری در تولید کلزا منجر

شود. بنابر نتایج، مصرف نهاده‌های کود شیمیایی و سم‌ها، با کاهش بهره‌وری عامل‌های تولید باعث تحمیل هزینه‌های اضافی نیز می‌شود به گونه‌ای که آسیب و زیان‌های اقتصادی ناشی از مصرف توأم کودهای شیمیایی و سم‌ها در هر هکتار معادل ۱۳۱۹۹۲ هزار ریال برآورد شده است. از آنجایی که استفاده غیرمنطقی از این منابع، افزون بر وارد کردن فشار اقتصادی به بهره‌برداران سبب کاهش کیفیت محصول‌های تولیدی کشاورزی و به خطر افتادن سلامت منابع طبیعی و محیط‌زیست نیز می‌شود. بنابراین بهتر است کشاورزان برای کاهش آسیب و زیان اقتصادی و حفظ منابع، از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی خودداری کرده و به سمت استفاده بهینه از عامل‌ها و نیز جایگزینی عملیات و روش‌های سنتی با اقدام‌های پایدار کشاورزی پیش روند. بنابر نتایج، با افزایش سن کشاورزان، آسیب و زیان‌های اقتصادی نیز افزایش می‌یابد. بدین ترتیب اهمیت مشارکت جوانان روستایی در فعالیت‌های کشاورزی منطقه نیز بیشتر نمایان می‌شود. با توجه به تأثیر منفی سطح تحصیلات بر آسیب و زیان‌های اقتصادی کشتزارها ضرورت استفاده از توان و ظرفیت کشاورزان دارای سواد بالاتر در راستای رعایت اصول و عملیات کشاورزی پایدار نیز بیش از گذشته اهمیت پیدا می‌کند. همچنین نظر به تأثیر منفی سطح زیرکشت و اثر مثبت شمار قطعه‌ها بر زیان‌های اقتصادی پیشنهاد و تأکید می‌شود تولید کلزا در کشتزارهای گسترده‌تر و شمار قطعه‌های کمتر انجام پذیرد. بایستی توجه داشت نظر به تأثیر زیانبار نهاده‌های شیمیایی بر محیط‌زیست، تولیدکنندگان با آگاهی از این معضل علیرغم میل باطنی و صرفاً در راستای افزایش عملکرد از این عامل‌ها بهره می‌گیرند. شایان یادآوری است هنگامی که سطح زیرکشت و به عبارتی اندازه کشتزار افزایش می‌یابد امکان استفاده از روش و فناوری‌های نوین مانند ماشین و ادوات کشاورزی و سامانه‌های آبیاری تحت فشار در راستای افزایش تولید محصول گسترش یافته و بنابراین با بهبود بهره‌وری عامل‌های تولید از ناحیه پیشرفت فناوری‌ها، تولیدکنندگان عملاً اتکای کمتری بر مصرف نهاده‌های شیمیایی دارند که این امر گام مفیدی در جریان کشاورزی پایدار و اقتصادی‌تر شدن فرایند تولید به شمار آید.

منبع‌ها

- Aigner, D., Knox Lovel, C.A. and Schmidt, P. (1997). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*. 6(1), 21-37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Baghban Adami, R. (2023). Assessment of productivity and energy efficiency in canola production in Tabriz county. *MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz*. (In Farsi)

- Dashti, G., Ghasemi, E. and Ghahremanzadeh, M. (2024). Environmental efficiency and economic losses of onion production in Tabriz plain. *Environmental Sciences*. doi:10.48308/envs.2024.1440. (In Farsi)
- Dashti, G., Ghasemi, E. and Ghahremanzadeh, M. (2025). Effective factors on the environmental efficiency of potato production in Ardabil county. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. doi: 10.22034/saps.2024.58668.3124
- Ghasemi, E., Dashti, G. and Vahedi, J. (2023). Technical efficiency, environmental efficiency and economic losses of rainfed wheat production in Ahar county. *Agricultural Economics*, 17(1):1-20. doi: 10.22034/iaes.2022.1971035.1954. (In Farsi)
- Khairilipour, K., Jafari Samrin, H. and Soleimani, M. (2017). Determining environmental impacts in rapeseed production using life cycle assessment method, case study: Ardabil province. *Iranian Biosystems Engineering*, 48 (4): 517-526. doi: 10.22059/ijbse.2017.218793.664864. (In Farsi)
- Lozano, S., Gutiérrez, E. and Aguilera, E. (2024). Environmental efficiency of rainfed and irrigated wheat crops in Spain. A stochastic DEA metafrontier approach. *OR Spectrum*, 1-39. <https://doi.org/10.1007/s00291-024-00791-x>
- Masumkhani, F., Abolhasani, L., Khorramdel, S. and Mohadess., S. A. (2019). Evaluation of environmental impacts of major agricultural products of belherat rural district of Neyshabour using life cycle assessment. *Journal of Agroecology*, 11(3): 909-924. doi: 10.22067/jag.v11i3.72459. (In Farsi)
- Ministry of Agriculture Jihad. (2024). www.maj.ir
- Moe, M. M., Bunyasiri, I. and Sirisupluxna, P. (2024). Environmental efficiency of monsoon rice (oryza sativa) production between transplanting and broadcasting sowing methods in Myanmar. *The Open Agriculture Journal*, 18(1): 1-10. doi: 10.2174/0118743315293141240424062821
- Molaei, M.(2022). Estimating environmental efficiency and economic losses of sugar beet production in Urmia lake basin (central and Nazlu chay districts). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(3):319-331. (In Farsi)
- Nikan, S., Dashti, G., Hosseinzad, J. and Ghahremanzadeh, M. (2024). Decomposition of factor productivity growth of rice in Iran: Application of stochastic frontier analysis approaches. *Journal of Agricultural Economics & Development*, 38(2), 169-176. <https://doi.org/10.22067/jead.2024.86613.1251>
- Norouzi Avargani, R., Zarei, Mahmoudabadi. M. and Mahmoudyan, H. (2023). A systematic review of energy and environmental efficiency studies. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, 9(3): 171-203. doi: <http://epprjournal.ir/article-1-1141-fa.html>. (In Farsi)
- Norozian, M., Hoseini, S. M., Akbarei, A. and Dadrasmoghadam, A. (2022). Effective factors on environmental efficiency rapeseed cultivation in provinces

- of Iran (Approach spatial econometric). *Agricultural Economics Research*, 13(4): 60-77. doi: 10.30495/jae.2021.21934.2043. (In Farsi)
- Raihan, A., Tanchangya, T., Rahman, J. and Ridwan, M. (2024). The influence of agriculture, renewable energy, international trade, and economic growth on India's environmental sustainability. *Journal of Environmental and Energy Economics*, 3(1): 37-53. <https://doi.org/10.56946/jeee.v3i1.324>
- Rasheed, N., Khan, D. and Magda, R. (2022). The influence of institutional quality on environmental efficiency of energy consumption in BRICS countries. *Frontiers in Energy Research*, 10, 943771. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.943771>. (In Farsi)
- Reinhard, S., Lovell, C.K. and Thijssen, G.J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; Estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, 121(2): 287-303. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00218-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00218-0)
- Tadayonpour, N., Sabzghabaei, G. R. and Dashti, S. S. (2021). Investigation of environmental effects of cabbage production in Dezful county using life cycle assessment. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4): 341-354. doi: 10.22034/saps.2021.43191.2585. (In Farsi)
- Tanursaz, A., Bakhshoodeh, M. and Azarm, H. (2021). The effects of conservation tillage on technical efficiency of wheat growers in Dezful county. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1):331-348. doi: 10.22034/saps.2021.12819 (In Farsi)
- Tu, V.H., Can, N.D., Takahashi, Y., Kopp, S.W. and Yabe, M. (2019). Technical and environmental efficiency of eco-friendly rice production in the upstream region of the Vietnamese Mekong delta. *Environment, Development and Sustainability*, 21: 2401-2424. doi: 10.1007/s10668-018-0140-0
- Tu, V.H. (2017). Resource use efficiency and economic losses: Implications for sustainable rice production in Vietnam. *Environment, Development and Sustainability*, 19: 285-300. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9724-0>



**Environmental Efficiency and the Factors Affecting
Economic Losses in Canola Production in Tabriz County**
*Ghader Dashti, Elaheh Ghasemi, Babollah Hayati, Roya Baghban
Adami¹*

Received: 6 March.2025

Accepted: 4 May.2025

Extended Abstract

Introduction: Environmental efficiency is a crucial factor in the sustainability of the agricultural sector, as inefficiencies in this area not only lead to additional costs but also reduce productivity and degrade natural resources. Therefore, optimal input management and the development of scientific approaches are essential for minimizing economic losses and promoting sustainable agriculture in rural areas. Accordingly, the present study aims to measure environmental efficiency and analyze the factors influencing the economic loss of canola production in rural areas of Tabriz County.

Materials and Methods: For this purpose, the required data and information were collected through a survey of 150 canola farmers in Tabriz County during the 2022–2023 cropping season. In this study, the environmental efficiency of farms was determined by estimating the stochastic frontier translog production function. Subsequently, the economic loss associated with the use of environmentally detrimental inputs, such as pesticides and chemical fertilizers, was calculated. Finally, the factors affecting economic loss were analyzed using a regression model.

Results and discussion: The results of the estimated stochastic frontier translog function indicated that production factors, including seed, labor, water, pesticides and fertilizers, significantly influenced canola output. The average environmental efficiency of canola farms was estimated at 58.12%, suggesting considerable potential for reducing fertilizer and pesticide use and improving environmental efficiency in the region. Based on the results, 63.49% of farms exhibited efficiency levels above 80%, indicating that a significant proportion of farms efficiently and optimally utilized production

¹ Respectively: Professor, Ph.D. Candidate, Professor and Graduated MSc in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, University of Tabriz, Tabriz. Iran. Professor (corresponding author)
Email: Dashti-g@tabrizu.ac.ir

inputs. Furthermore, the findings revealed that inefficient onion production per hectare resulted in an economic loss of 131,992 thousand rials for the region. According to the results, factors such as age, cultivation, the number of land plots and education significantly affected economic loss.

Suggestion: Therefore, it is essential to expand specialized training programs for farmers on optimizing input use, particularly chemical fertilizers and pesticides, with a focus on sustainable agricultural principles and resource efficiency. Additionally, the promotion and adoption of modern agricultural technologies should be prioritized as a strategy for enhancing environmental efficiency and mitigating negative impacts. In this regard, the development of support programs, such as insurance facilities and the strengthening of technical and managerial infrastructure, can play a crucial role in improving production sustainability and reducing economic losses in the agricultural sector of rural areas.

JEL Classification: Q50, Q51, Q54

Keywords: Canola, Detrimental Environmental Input, Damage and Economic Loss, Environmental Efficiency, SFA

