# تعیین تابع تولید انرژی گندم آبی

محسن حیدری سلطان آبادی[۱]، روح‌اله صادقی[۲]، یحیی عجب‌شیرچی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱/۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۲۲

**چکیده:**

این پژوهش به منظور تعیین تابع تولید انرژی گندم آبی و بررسی نقش هر یک از نهاده‌های کشاورزی از جمله آب در انرژی تولیدی، در دشت مهیار شهرستان شهرضا انجام شد. به این منظور، تمامی نهاده‌های مصرفی و ستانده‌های تولیدی این محصول از طریق جمع‌آوری اطلاعات زراعی ۷۰ کشاورز دشت مهیار که به صورت تصادفی انتخاب شدند، گردآوری گردید. در قدم بعدی، معادل انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها محاسبه شد و از طریق تحلیل رگرسیون و با روش کمترین مربعات، در نرم افزار EViews 5، ضرایب دو معادله انرژی کاب- داگلاس و ترانسندنتال به‌دست آمد. به‌وسیله این دو معادله می‌توان با داشتن انرژی نهاده‌های مصرفی، انرژی ستانده را که نمایانگر عملکرد تولید محصول است، به دست آورد. مقایسه‌های آماری نشان داد که معادله ترانسندنتال نسبت به معادله انرژی کاب- داگلاس از برازش بهتری در تعیین تابع تولید انرژی گندم برخوردار است. براساس نتایج تعیین کشش انرژی نهاده‌ها در توابع بدست آمده، مؤثرترین نهاده‌ها در تولید انرژی دانه گندم به ترتیب سطح زیر کشت، انرژی کود شیمیایی، ماشین‌آلات و آب مصرفی است. انرژی آب با کشش ۰/۰۵- نشان داد که این نهاده بیش از اندازه مصرف می‌شود.

**کلمات کلیدی:**

گندم آبی، تابع تولید، ستانده و نهاده انرژی، انرژی آب

۱) استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول) mheisol@gmail.com

۲) دانش‌آموخته مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳) دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

**مقدمه**

رشد فزاینده جمعیت و بحران کمبود غذا، انسان را ناگزیر از استفاده مواد شیمیایی و مکانیزاسیون در کشاورزی نموده که علاوه بر به‌هم خوردن توازن بیولوژیک و آثار سوء بر محیط زیست، کارایی انرژی را بتدریج کاهش داده است. گندم غذای اصلی مردم جهان محسوب و به دو صورت آبی و دیم تولید می‌شود. سطح زیر کشت گندم آبی و دیم در ایران به ترتیب در حدود ۲/۴ و ۴ میلیون هکتار برآورد می‌شود که عملکرد گندم آبی تقریبا سه برابر نوع دیم است [۶]. افزایش عملکرد از جمله اهداف تولیدکنندگان این محصول است. در این راستا، علاوه بر کاربرد روش‌های صحیح مدیریت زراعی، افزایش مصرف نهاده‌های کشاورزی مد نظر قرار گرفته است. از این رو، تعیین میزان اثرگذاری و نقش هر یک از این نهاده‌ها و به تبع آن، جلوگیری از مصرف بی‌رویه و هدررفت انرژی ضروری به نظر می‌رسد. از دید کارکاسیر و گوکتولگا [۱۹] دو روش قابل قبول جهت ارزیابی انرژی مصرفی تولیدات کشاورزی وجود دارد. اول تحلیل ستانده– نهاده در استفاده از انرژی و دوم محاسبه انرژی و تحلیل اقتصادی. در مطالعه محمدیان صبور [۱۵]، نسبت انرژی برای محصول کلزا ۱/۰۳ به دست آمد که ۵۷ درصد از کل انرژی نهاده، صرف آبیاری شده است. شریفی عاشورآبادی و همکاران [۱۰] با مقایسه کارایی انرژی مصرفی در روش‌های مختلف حاصلخیزی (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) خاک مشاهده نمودند که در روش تغذیه شیمیایی با افزایش کودهای شیمیایی، عملکرد کمّی گیاه دارویی رازیانه افزایش یافت اما از کارایی انرژی کاسته شد در صورتی‌که در روش تغذیه تلفیقی با استفاده از کود دامی و حذف تدریجی کودهای شیمیایی، علاوه بر عملکرد کمّی، کارایی انرژی نیز در تولید این محصول افزایش یافت. سماواتیان و همکاران [۹] به ارزیابی میزان کارایی انرژی در کشت سیر پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین سهم از مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی و سوخت مصرفی است و مزارع بالای سه هکتار دارای بیشترین تعداد واحدهای کارا هستند. ازکان و همکاران [۲۰] بیان کردند که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده ترکیه به‌ازای هر هکتار از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول افزایش یافته در حالی که میزان خروجی انرژی طی همین مدت با رشدی کمتر، از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. بدین ترتیب، طی ۲۵ سال کارایی انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است. نتایج تحقیقات هاتیرلی و همکاران [۱۸] در تولید محصولات زراعی در ترکیه نشان داد که نسبت انرژی ستانده به انرژی نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است. سینگ و همکاران[۲۲] نتیجه گرفتند که مزارع کوچک و حاشیه‌ای نیاز به انرژی بیشتری به صورت کود شیمیایی، آبیاری و انرژی انسان و دام دارند در حالی که رسیدن به سطح بهینه انرژی در تولید گندم در مزارع متوسط و بزرگ اتفاق می‌افتد.

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

تولید محصولات کشاورزی در واقع فرایندی است که در آن انرژی نهاده‌های کشاورزی به انرژی ستانده‌ها (محصول) تبدیل می‌شود. فرایند تبدیل انرژی در مزرعه را می‌توان با تابع تولید نیز نشان داد. تابع تولید یک رابطه ریاضی نهاده- ستانده است که نرخ تبدیل منابع به محصولات را تشریح می‌کند. یک تابع تولید را می‌تواند به صورت (۱) نشان داد:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \quad (۱)$$

که در آن، y مقدار عملکرد محصول و x ها نهاده یا عوامل تولیدی می‌باشند [۱۲]. میزان عملکرد و مقادیر نهاده‌های بکار رفته، از طریق آزمایش و همچنین از طریق مطالعه آمار و ارقام موجود در واحدهای کشاورزی قابل تعیین است [۱]. اشکال متفاوتی از این تابع کلی ارائه شده است که در هر یک از آنها مقدار عملکرد محصول یا انرژی معادل آن بر حسب مقدار نهاده‌های مصرفی یا انرژی معادل آنها قابل محاسبه و تخمین است. تابع تولید کاب - داگلاس و تابع ترانسندنتال از جمله توابع مذکور هستند. در مطالعات انرژی، تابع تولید کاب - داگلاس بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۶] چنانکه سینگ و همکاران [۲۱] رابطه بین تولید گندم و نهاده‌های انرژی در پنجاب را با استفاده از تابع کاب - داگلاس نشان دادند. یکی از کاربردهای توابع تولید، تعیین کشش یا حساسیت تولید است (مشتق y نسبت به هر یک از x ها). کشش تولید برابر است با نسبت درصد تغییر مقدار تولید به درصد تغییر مقدار نهاده و حساسیت تولید را در اثر تغییر نهاده‌ها نشان می‌دهد [۷]. شکل لگاریتمی تابع تولید ترانسندنتال در رابطه (۲) نشان داده شده است[۳].

$$\ln(y) = \ln a + \sum_{i=1}^{n} (\beta_i \ln x_i) + \sum_{i=1}^{n} (\alpha_i x_i) \quad (۲)$$

در این رابطه، y و $x_i$ به ترتیب سطوح ستانده و نهاده‌ها می‌باشند. a مقدار ثابت و $ß_i$ و $\alpha_i$ گویای ضرایب معادله است. با حذف عبارت$\sum_{i=1}^{n}(\alpha_i x_i)$ تابع کاب- داگلاس حاصل می‌شود که در آن، $ß_i$ کشش تولید نسبت به هر نهاده متغیر ($x_i$) را نشان می‌دهد. کشش تولید در تابع تولید ترانسندنتال را نیز می‌توان از رابطه (۳) به دست آورد [۳]:

$$E_{pi} = \frac{\delta y}{\delta x_i} \cdot \frac{x_i}{y} = \left(\frac{\beta_i}{x_i} + \alpha_i\right) \cdot x_i = \beta_i + \alpha_i x_i \quad (۳)$$

ارسلان‌بد [۲] توابع خطی و کاب- داگلاس تولید سیب در ارومیه را برآورد نموده است. محمدی و همکاران [۱۴] برای سنجش بهره‌وری نهاده‌ها در تولید چغندرقند در شهرستان اقلید از توابع تولید کاب- داگلاس و ترانسندنتال استفاده نمودند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که از نهاده‌های بذر، نیروی کار و ماشین‌آلات بیش از حد بهینه اقتصادی و از نهاده کود شیمیایی کمتر از حد بهینه استفاده می‌شود. با توجه به آنچه بیان شد، با بررسی جریان انرژی در محصولات مختلف کشاورزی، می‌توان مراحلی که بیشترین و کمترین انرژی نهاده به مصرف می‌رسد، مشخص نمود و آنگاه با ارزیابی روش‌های کاهش مصرف انرژی در مراحل پرمصرف، راه‌های رسیدن به بهره‌وری انرژی بالاتر را مشخص کرد. مطالعات

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

انجام شده در مورد تعیین تابع تولید نشان می‌دهد که این روش برای نشان دادن رابطه بین مقادیر مصرف نهاده‌ها و مقدار تولید مناسب است. در مطالعه حاضر، با ارزیابی نتایج بدست آمده از مقادیر انرژی نهاده‌ها وستانده‌های محصول گندم آبی، توابع تولید انرژی گندم در دشت مهیار شهرستان شهرضا به دست آمد و در ادامه، راه‌کارهایی به منظور بهبود وضعیت بکارگیری منابع انرژی در منطقه ارائه گردید.

## مواد و روش‌ها

هدف از تحقیق حاضر، تعیین ضرایب معادلاتی است که در آنها میزان عملکرد یا انرژی حاصل از تولید گندم آبی از طریق میزان نهاده‌ها یا انرژی معادل آنها به دست می‌آید. نهاده‌های مصرفی در تولید یک محصول زراعی (مانند گندم) به کلیه عملیات و موادی اطلاق می‌شود که از آغاز تا پایان مراحل تولید آن محصول، اجرا یا مصرف می‌شود (مانند عملیات شخم زدن یا مصرف کود و سم). با استفاده از معادلات استاندارد، هر یک از این فرآیندها یا مواد را می‌توان بر حسب انرژی معادل آنها تعریف یا تبدیل نمود. دشت مهیار (منطقه مورد مطالعه) از دهستان‌های شهرستان شهرضاست که در شمال مرکز شهرستان و ۲۵ کیلومتری جنوب اصفهان واقع شده است. این دشت ۱۱۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۶۵۰ متر است [۴]. این منطقه، نیمه‌بیابانیِ خفیف و خشک است. براساس اطلاعات هواشناسی طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۷ متوسط حداقل و حداکثر درجه حرارت سالانه به ترتیب ۴/۲- و ۳۵ و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۵/۳ می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه ۱۳۱/۵میلی‌متر و متوسط تعداد روزهای یخبندان ۱۰۳ روز در سال است. آب مصرفی کشاورزان از تعداد ۲۳۳ حلقه چاه کشاورزی، یک رشته قنات، یک رشته کانال انتقال آب و شبکه‌های فرعی آن تأمین می‌شود [۵]. بافت خاک سطحی در این دشت، سنگین و دارای کمی محدودیت شوری بوده و شیب کلی اراضی ملایم است [۸]. کشت سالانه دشت مهیار بیش از ۱۰۰۷۰ هکتار (۶۰ درصد از کشت سالانه) شهرستان است. به منظور تعیین سطوح نهاده‌ها و ستانده‌ها در کشت گندم این منطقه، یک نمونه ۷۰ نفری از میان جامعه کشاورزان گندم کار دشت مهیار به طور تصادفی انتخاب گردید. در پرسش‌نامه تهیه شده، مواردی از قبیل میزان مالکیت اراضی، نوع عملیات زراعی، نوع تراکتور و نوع و اندازه ادوات بکار رفته در آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، مدت زمان انجام هر عملیات و میزان استفاده از نهاده‌هایی از قبیل آب، بذر، کود، سم و نیروی کارگری مشخص شد. سپس انرژی معادل نهاده‌های بکار رفته در شش گروه اصلی انرژی معادل آبیاری، انرژی معادل سوخت مصرفی، انرژی معادل ساخت و استهلاک ماشین، انرژی معادل توان انسان (کارگری)، انرژی معادل بذر، سم و کود شیمیایی و انرژی معادل حمل و نقل تقسیم‌بندی و از طریق روابط موجود محاسبه گردید [۱۱]. انرژی ستانده یا انرژی معادل محصول تولید شده شامل دانه و کاه گندم نیز به روش مشابه به دست آمد [۱۱]. در گام بعدی، معادل انرژی نهاده‌ها و ستانده‌های بدست آمده به ترتیب به عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های دو تابع تولید کاب- داگلاس و ترانسندنتال استفاده شد و ضرایب این معادلات به‌دست آمد. انرژی بذر به علت هم‌خطی بالا با دیگر نهاده‌ها از مدل حذف شد. نهاده انرژی نیروی انسانی و انرژی آفت‌کش نیز به خاطر تشابه

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

کاربرد در مزارع مختلف اثر معنی‌دار در تولید نشان ندادند و از مدل حذف شدند. با توجه به آنچه گفته شد، الگوی تجربی تابع تولید انرژی کاب- داگلاس با نهاده‌هایی که در تابع باقی ماندند، به شکل زیر درآمد:

$$\ln y = \ln a + ß_A \ln A + ß_{FER} \ln FER + ß_F \ln F + ß_W \ln W \quad (۴)$$

شکل تابع تولید انرژی ترانسندنتال نیز پس از حذف نهاده‌هایی که در مدل معنی‌دار نشدند، به شکل زیر حاصل شد:

$$\ln y = \ln a + ß_A \ln A + ß_{FER} \ln FER + ß_F \ln F + ß_W \ln W + \alpha_A A + \alpha_{FER} FER + \alpha_F F + \alpha_W W \quad (۵)$$

در این توابع:

A: سطح زیر کشت برحسب هکتار، a: عرض از مبدأ، y: انرژی ستانده برحسب مگاژول، FER: انرژی کود شیمیایی برحسب مگاژول، F: انرژی سوخت دیزل برحسب مگاژول، W: انرژی پمپاژ آب مصرفی برحسب مگاژول، ln: نماد لگاریتم طبیعی و $\alpha$ ها و ß ها پارامترهای (ضرایب) الگوی تابع تولید می باشند.

پس از محاسبه دقیق معادل انرژی‌های ستانده و نهاده تولید گندم به کمک روش‌های استاندارد، این مقادیر جهت ورود به توابع تولید آماده گردید. لگاریتم طبیعی (ln) مقادیر متغیرها در نرم افزار Excel محاسبه و به عنوان داده اولیه به نرم افزار Eviews 5 وارد گردید. برآورد پارامترهای تاب تولید از طریق تحلیل رگرسیون و با استفاده از روش کمترین مربعات انجام شد.

## نتایج و بحث

جداول (۱) و (۲) به ترتیب انرژی‌های محاسبه شده نهاده و ستانده را در تولید گندم آبی نشان می‌دهند. میزان تمامی نهاده‌ها و ستانده‌های گندم آبی و روابط مربوط به تبدیل آنها به انرژی به تفصیل در منبع [۱۱] شرح داده شده است.

- سهم انرژی‌های مختلف ورودی در کشت گندم: بر اساس نتایج جدول (۱) و شکل (۱)، انرژی آبیاری بیش از ۷۷ درصد از انرژی مصرفی در تولید گندم در دشت مهیار را به خود اختصاص می‌دهد. انرژی آب آبیاری به ارتفاع مکش پمپ‌های آب، حجم آب مصرف شده و بازده پمپ و موتورهای بکار رفته بستگی دارد [۱۱]. از دلایل اصلی جهش شدید مصرف انرژی در بخش آبیاری، عمیق بودن چاه‌های منطقه در اثر افت سطح آب زیر زمینی است که مستقیما باعث افزایش ارتفاع مکش پمپ آب می‌شود. به عبارت ساده‌تر، انرژی بسیار زیادی برای انتقال آب از کف چاه به سطح زمین مصرف می‌شود. از طرفی، حجم آب در شیوه‌های سنتی آبیاری بالا بوده و موجب افزایش انرژی مربوط به آبیاری شده است. در بین گروه نهاده‌های بذر، سم و کود شیمیایی، بیشترین مصرف انرژی مربوط به ازت خالص و بذر است. همان‌گونه که در مقدمه بیان گردید، کشاورزان سعی می‌کنند با مصرف بیشتر نهاده‌های کشاورزی مانند کود شیمیایی، عملکرد در واحد سطح را افزایش

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

دهند که همین امر باعث افزایش انرژی مصرفی به صورت کود شیمیایی گردیده است. بیشترین سهم از انرژی سوخت مصرفی ماشین‌آلات به سه عملیات شخم، دیسک زنی و برداشت اختصاص دارد. این سه عملیات کشاورزی به نیروی مکانیکی زیادی نیاز دارد که این امر باعث افزایش انرژی مصرفی در این سه عملیات شده است.

– تابع تولید انرژی: نتایج حاصل از برآورد ضرایب توابع (۴) و (۵) (مربوط به الگوی تولید انرژی در محصول گندم)، در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که فرم‌های تابعی برآورد شده از لحاظ تبیین الگو بر اساس آماره $R^2$ و نیز آماره دوربین واتسون (D.W) مناسب می‌باشد. در این توابع، انرژی ستانده (y) بر حسب مگاژول، تابعی از سطح زیر کشت (A) بر حسب هکتار، مقدار انرژی سوخت مصرف شده (F) بر حسب مگاژول، انرژی کود شیمیایی (FER) بر حسب مگاژول و انرژی نهاده برای پمپاژ آب (W) بر حسب مگاژول است.

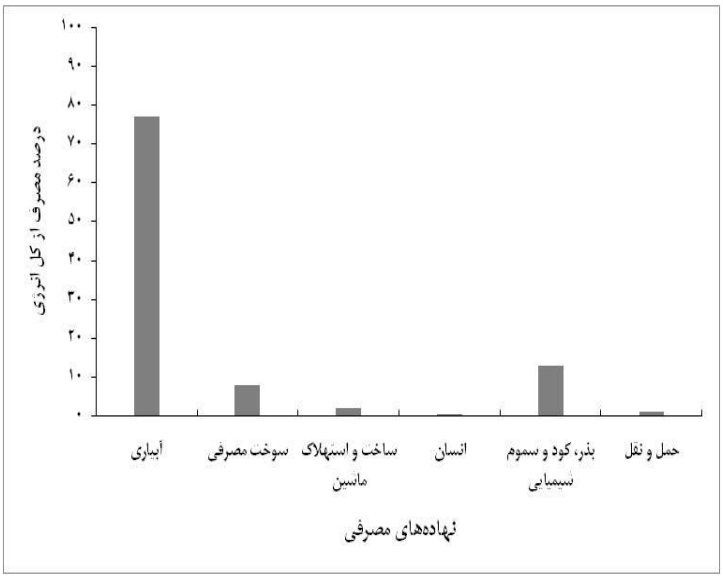
**جدول ۱) انرژی نهاده‌ها در کشت گندم آبی [۱۱]**

| نهاده | انرژی معادل (مگاژول بر هکتار) | درصد از کل |
|---|---|---|
| آبیاری | ۹۶۸۸۵/۵۵ | ۷۷/۱ |
| سوخت مصرفی | ۹۹۸۳ | ۷/۹ |
| ساخت و استهلاک ماشین آلات | ۱۳۳۲/۹۳ | ۱/۰۶ |
| انسان | ۳۸۷ | ۰/۳۱ |
| بذر، کود و سموم شیمیایی | ۱۶۴۴۲/۵ | ۱۳/۱ |
| حمل و نقل | ۶۴۳/۷۷ | ۰/۵۱ |
| مجموع | ۱۲۵۶۷۴/۸ | ۱۰۰ |

**جدول ۲ ) انرژی ستانده محصول گندم آبی *[۱۱]***

| محصول | میانگین عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) | انرژی واحد (مگاژول بر کیلوگرم) | معادل انرژی (گیگاژول بر هکتار) |
|---|---|---|---|
| تولید دانه | ۶۱۲۹ | ۱۴/۷ | ۹۰/۱ |
| تولید کاه | ۹۱۹۳/۵ | ۱۲/۵ | ۱۱۴/۹۲ |
| مجموع | – | – | ۲۰۵/۰۲ |

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]




**شکل ۱) سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید گندم آبی**

در جدول (۴)، توابع برآورد شده از لحاظ تعداد کل ضرایب، تعداد ضرایب معنی‌دار، $R^2$ تعدیل شده و نیز آزمون نرمالیته جملات معنی‌دار اخلال مقایسه شده‌اند. جهت انجام این آزمون از آماره جارگی برا[1] استفاده شد. این آماره بر اساس مقادیر چولگی و کشیدگی اجزاء اخلال محاسبه می‌گردد. اجزای اخلال عواملی هستند که در تولید نقش داشته ولی در مدل لحاظ نشده‌اند و نرمال بودن توزیع این جملات بدان معنی است که اثر این عوامل بر تولید، به طور نرمال در تمامی نمونه‌ها توزیع شده است. برای مقایسه تابع انرژی کاب- داگلاس با تابع ترانسندنتال (تابع دوم به عنوان تابع غیر مقید و تابع اول به عنوان تابع مقید در نظر گرفته شد) از آزمون نسبت درستنمایی استفاده شد. نتایج آزمون در جدول ۵ آمده است. در این جدول برتری تابع کاب – داگلاس انرژی نسبت به تابع ترانسندنتال انرژی در سطح احتمال ۵ درصد رد می‌شود. لازم به ذکر است الگوهای برآورد شده از لحاظ وجود واریانس ناهمسانی (توسط آزمون آرچ) نیز مورد آزمون قرار گرفت که مشکلی از این لحاظ وجود نداشت. با توجه به نتایج جداول (۴) و (۵) از بین توابع تولید انرژی، تابع ترانسندنتال برتر تشخیص داده شد.

1) jarque-Bera (JB)

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

**جدول ۳ ) ضرایب برآورده شده توابع تولید انرژی (اعداد داخل پرانتز انحراف معیار ضرایب می‌باشند)**

| پارامترها | تابع تولید کاب – داگلاس | | تابع تولید ترانسندنتال | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عرض از مبدا (a) | ۵/۳۱*** (۰/۸۵) | | ۲/۹۸*** (۱/۵۳) | | |
| $ß_A$ | ۰/۳۳*** (۰/۰۹) | | ۰/۰۷۶ (۰/۱۶) | | |
| $ß_F$ | ۰/۲** (۰/۰۷۷) | | ۰/۳۹*** (۰/۱۴) | | |
| $ß_{FER}$ | ۰/۲۶*** (۰/۰۷۳) | | ۰/۲۶۲** (۰/۱۲۵) | | |
| $ß_W$ | ۰/۱۴** (۰/۰۵۹) | | ۰/۲۰۹** (۰/۰۹۴) | | |
| $\alpha_A$ | – | | ۰/۰۱** (۰/۰۰۴۷) | | |
| $\alpha_F$ | – | | −۱/۱۱ × ۱۰−۶ (۶/۹۹ × ۱۰−۷) | | |
| $\alpha_{FER}$ | – | | ۲/۷۵ × ۱۰−۷ (۶/۶۹ × ۱۰−۷) | | |
| $\alpha_W$ | – | | −۶/۵۳ × ۱۰−۸ (۴/۷۶ × ۱۰−۸) | | |
| | $R^2$ = ۰/۹۴۴ | F= ۲۱۴ *** | | $R^2$=۰/۹۶ | F= ۱۳۵ *** |
| | $AdjR^2$ =۰/۹۳۹ | D.W= ۱/۹۵ | | Adj $R^2$ =۰/۹۵۳ | D.W= ۲/۰۷ |

*** معنی‌داری در سطح یک درصد، ** معنی‌داری در سطح ۵ درصد، * معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

**جدول ۴) مقایسه توابع برآورد شده از لحاظ آماره‌های خوبی برازش**

| تابع تولید | تعداد کل ضرایب | تعداد ضرایب معنی‌دار | $R^2$ تعدیل شده | مقدار آماره (JB) |
|---|---|---|---|---|
| کاب – داگلاس | ۵ | ۴ | ۰/۹۳۹ | ۲/۳۲ (عدم رد فرض صفر در سطح ۱۰ درصد) |
| ترانسندنتال | ۹ | ۵ | ۰/۹۵۳ | ۲/۷۹ (عدم رد فرض صفر در سطح ۱۰ درصد) |

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

**جدول ۵) مقایسه توابع تولید انرژی کاب - داگلاس و ترانسندنتال بر اساس آزمون درستنمایی**

| تابع تولید | مقدار تابع درستنمایی | تعداد پارامترها | (LR) محاسبه شده | معنی‌داری آزمون |
|---|---|---|---|---|
| ترانسندنتال | ۲۴/۹۳ | ۹ | ۶/۷۷ | ۰/۱۴۸ (عدم رد فرض صفر در سطح ۱۰ درصد) |
| کاب – داگلاس | ۱۹/۹۴ | ۵ | – | – |

کشش نهاده‌ها در این تابع محاسبه و در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که بر اساس تعریف کشش، افزایش سطح زیر کشت مزرعه، می‌تواند بیشترین تأثیر در افزایش تولید انرژی را داشته باشد. کشش منفی نهاده انرژی پمپاژ نشان می‌دهد که مصرف این نهاده وارد ناحیه سوم اقتصادی شده و بیش از اندازه مصرف می‌شود. کشش نهاده انرژی سوخت نیز نشان می‌دهد که مصرف این نهاده در انتهای ناحیه دوم است و نیازی به مصرف بیشتر آن احساس نمی‌شود. براساس نتایج جدول (۱)، آبیاری و سوخت، انرژی زیادی در کشت گندم مصرف می‌کنند که با کشش این نهاده‌ها هم‌خوانی دارد و لزوم توجه به کاهش مصرف آنها را روشن می‌سازد. اما کشش بالای نهاده کود شیمیایی دور از انتظار بود چرا که در حال حاضر نیز مصرف این نهاده بیش از توصیه کارشناسان است. این تناقض می‌تواند ناشی از آن باشد که آبیاری سنگینِ سطحی باعث آبشویی کودهای شیمیایی مصرف شده می‌شود و آن را از دسترس گیاه خارج می‌سازد و یا نشان از این دارد که کود در زمان مناسب مصرف نمی‌شود. همان‌طور که گفته شد، بیشترین انرژی مصرفی کشت گندم در دشت مهیار برای تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری مصرف می‌شود که تابع تولید نیز مصرف زیاد این نهاده را تأیید می‌نماید. براساس نتایج مطالعات بهادران [۴]، شکاف‌های ایجاد شده در این دشت افت شدید ذخایر آب و وضعیت وخیم زیست محیطی در این دشت را گوشزد می‌کند. برای افزایش بهره‌وری مصرف آب باید روش‌های عملی در زمینه انتخاب زمان و مقدار مناسب آب آبیاری از نتایج تحقیقات در این زمینه، به زارعین بهره‌بردار آموزش داده شود. همچنین اگر میزان آب مورد نیاز کشاورزان عادلانه محاسبه و تعیین گردد و قیمت آن برای مصارف کشاورزی اخذ شود، آب نیز مانند سایر نهاده‌های کشاورزی به عنوان یک کالای اقتصادی مدنظر قرار خواهد گرفت و مصرف آن با احتیاط بیشتری صورت می‌گیرد. جایگزین کردن روش آبیاری کرتی با دیگر روش‌های سطحی نظیر آبیاری جویچه‌ای مؤثر خواهد بود چنانکه بر اساس گزارش مأمن‌پوش و همکاران [۱۳] در مزارع استان اصفهان بازده کاربرد آب در این روش بیشتر از سایر روش‌ها بوده است.

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

**جدول ۶) کشش نهاده‌ها در توابع ترانسندنتال**

| نهاده | سطح زیر کشت (A) | کود شیمیایی (FER) | سوخت (F) | آب مصرفی (W) |
|---|---|---|---|---|
| کشش | ۰/ ۳۹ | ۰/ ۳۵ | ۰/۰۵۵ | -۰/۰۵ |

بررسی امکان اجرای طرح‌های آبیاری بارانی با استفاده از آب کانال نیز می‌تواند چاره‌ساز شود، زیرا یکی از دلایل عدم استقبال کشاورزان از روش‌های آبیاری تحت فشار املاح بالا و ذرات معلق در آب چاه‌های منطقه می‌باشد. اساسا شخم با گاوآهن برگردان‌دار توان زیادی به مصرف می‌رساند، اگرچه در مجموع بافت خاک منطقه سنگین می‌باشد، ولی بخش‌هایی از هر مزرعه دارای خاک‌هایی با درصد بالای شن و سیلت است که در این‌گونه زمین‌ها می‌توان از گاوآهن قلمی استفاده کرد. این کار علاوه برکاهش مصرف سوخت، مدت زمان مورد نیاز عملیات را کاهش می‌دهد. کاربرد کمبینات بذرکار به جای بذرپاشی، سهولت و کاهش در عملیات خاکورزی و کاشت، یکنواختی کاشت بذر و کاهش بذر مصرفی را در پی دارد این در حالی است که فقط در ۳۵ درصد از سطح زیر کشت مزارع مورد بررسی از کمبینات در کشت گندم استفاده شده است. کاشت با کمبینات مصرف بذر را که یکی از انرژی‌برترین نهاده‌هاست، حداقل ۱۷ درصد کاهش می‌دهد. جایگزین کردن کمباین‌های فرسوده موجود و نظارت بر عملکرد آنها (کنترل افت برداشت)، برداشت محصول و پیرو آن بهره‌وری انرژی را افزایش می‌دهد. همچنین مصرف کودهای شیمیایی براساس آزمون نیاز کودی خاک، افزایش بهره‌وری را در پی دارد. مطابق نظر دیک و همکاران [۱۷] افزایش بهره‌وری مصرف کودهای شیمیایی و بویژه نیتروژن عاملی تعیین‌کننده در دستیابی به بهره‌وری انرژی بالا می‌باشد. بررسی عملکرد محصول با کاربرد کودهای بیولوژیک و میکرو در مقایسه با روش‌های متداول در منطقه نیز می‌تواند مفید باشد و نیز کاربرد کودهای آلی علاوه بر تغذیه گیاه تأثیر بسزایی در اصلاح ساختار خاک و افزایش قابلیت حظ آب در خاک دارد.

## نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های تعیین نقش نهاده‌ها در تولید محصولات کشاورزی، تعیین تابع تولید انرژی محصول می‌باشد. در تحقیق حاضر، سهم انرژی هر یک از نهاده‌های مصرفی در تولید گندم آبی مشخص گردید و تابع تولید انرژی محصول گندم بر اساس انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها بدست آمد. بر اساس نتایج بدست آمده، انرژی آب مصرفی با مقدار ۷۷/۱ درصد و انرژی حمل و نقل با مقدار ۰/۵۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین سهم مصرف انرژی در تولید گندم آبی را به خود اختصاص دادند. طبق نتایج، تابع تولید ترانسندنتال تخمین مناسب‌تری از میزان انرژی کسب شده از محصول گندم براساس انرژی نهاده‌های مصرفی نسبت به تابع کاب – داگلاس نشان داد. محاسبه عامل کشش نهاده‌ها در توابع حاصل نشان داد که سطح زیر کشت، انرژی کود شیمیایی، ماشین‌آلات و آب مصرفی با مقادیر ۰/۳۹ ، ۰/۳۵ ، ۰/۰۵۵ و ۰/۰۵- 

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

به ترتیب مؤثرترین نهاده‌ها در تولید انرژی دانه گندم هستند. کشش منفی انرژی آب نشاندهنده مصرف بیش از اندازه این نهاده است. روش‌هایی مانند جایگزین کردن روش آبیاری کرتی با دیگر روش‌های سطحی نظیر آبیاری جویچه‌ای، استفاده از گاوآهن قلمی، کاربرد کمبینات بذرکار به جای بذرپاشی و عملیات کودپاشی براساس آزمون نیاز کودی خاک در افزایش بهره‌وری انرژی در تولید گندم موثر خواهد بود.

## منابع


[۱] ارسلان‌بد، محمدرضا. (۱۳۶۶). اقتصاد تولید. (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران.

[۲] ارسلان‌بد، محمدرضا. (۱۳۸۰). تحلیل اقتصادی تولید سیب در ارومیه. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۳۴: ۲۱۵-۲۰۷.

[۳] اکبری، نعمت الله و رنانی، محسن. (۱۳۷۵). درآمدی بر اقتصاد تولید کشاورزی (ترجمه). چاپ اول. نشر هشت بهشت، اصفهان.

[۴] بهادران، بهزاد. (۱۳۷۱). درزها و شکاف‌های دشت مهیار. مجله تحقیقات جغرافیایی، ۲۷: ۸۱ -۷۱.

[۵] بی‌نام. (۱۳۸۵). گزارش جامع مکانیزاسیون شهرستان شهرضا. مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان شهرضا.

[۶] بی‌نام. (۱۳۹۴). آمارنامه کشاورزی جلد اول: محصولات زراعی، سال زراعی ۱۳۹۲- ۱۳۹۱. وزارت جهاد کشاورزی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

[۷] تابنده تهرانی، کورش و یزدانی، سعید. (۱۳۸۲). بررسی اقتصادی کاربرد نهاده‌ها در تولید پنبه (مطالعه موردی شهرستان گرمسار). مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۹ (۴): ۳۴-۱۹.

[۸] خورشیدی، علی. (۱۳۸۴). هیدروژئولوژی و مدل ریاضی آبخوان دشت مهیار جنوبی (شمال شهرضا). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی.

[۹] سماواتیان، نعیمه. رفیعی، شاهین و مبلی، حسین. (۱۳۸۹). بررسی و تعیین هزینه‌های تولید، عملکرد اقتصادی و اثر کارایی انرژی بر عملکرد اقتصادی درتولید سیر: شهرستان های همدان و بهار. مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. تهران - دانشگاه تهران.

[۱۰] شریفی عاشورآبادی، ابراهیم. نورمحمدی، قربان. متین، ابوالقاسم. قلاوند، امیر و لباسچی، محمدحسین. (۱۳۸۱). مقایسه کارایی انرژی مصرفی در روش‌های مختلف حاصلخیزی (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) خاک. مجله پژوهش و سازندگی، جلد پانزدهم، شماره‌های ۳ و ۴ پی آیند ۵۶ و ۵۷ صفحه های ۹۱ تا ۹۷.

[۱۱] صادقی، روح‌اله. (۱۳۸۸). بررسی جریان انرژی و ارزیابی انرژتیک تولید محصول گندم و ارایه راه‌کارهایی برای بهبود مصرف نهاده‌های انرژی (مطالعه موردی دشت مهیار شهرستان شهرضا). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

[۱۲] قره‌باغیان، مرتضی. (۱۳۷۳). برآورد تابع تولید شکر و نیشکر در واحد کشت و صنعت هفت‌تپه، فصل‌نامه علمی پژوهشی دانشکده اقتصاد دانشکده شهید بهشتی، شماره ۳.


[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]

[۱۳] مأمن‌پوش، علیرضا. عباسی، فریبرز و موسوی، فرهاد. (۱۳۸۰). ارزیابی کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در برخی مزارع استان اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی.۲ (۹): ۴۳-۵۸.

[۱۴] محمدی، حمید. موسوی، سید نعمت‌الله. کفیل زاده، فرشید و رحیمی، مجید. (۱۳۸۴). بهره وری عوامل و نهاده‌های تولید در مزارع چغندرقند شهرستان اقلید. مجله چغندرقند ۲۱(۱): ۴۱-۳۱.

[۱۵] محمدیان صبور، پیام. (۱۳۸۶). بررسی امکان بهینه کردن نهاده‌های مکانیزاسیون با استفاده از شاخص های انرژی در کشاورزی شهرستان مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

[۱۶] میسمی، محمدعلی. رنجبر، ایرج و عجب‌شیرچی، یحیی. (۱۳۸۷). الگوی مصرف انرژی در تولید برخی محصولات کشاورزی و برآورد شاخص‌های انرژی: مطالعه موردی در سطح شهرستان بناب. مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.

[17] Deike, S., Pallut, B., and Christen, O. (2008). "Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity". Europe. J. Agronomy 28: 461–470.

[18] Hatirli, S.A., Ozkan, B., and Fert, C. (2005). "An economic analysis of energy input-output in Turkish agriculture". Renewable and Sustainable Energy Reviews 9(5): 608-623.

[19] Karkacier, O., Goktolga, G. (2005). "Input- Output Analysis of Energy Use in Agriculture". Energy Conversion and Management 46: 1523-1521.

[20] Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. (2004). "Energy input output analysis in Turkish agriculture". Renewable Energy. 29(1):39–51.

[21] Singh, G., Singh, S., and Singh, J. (2004). "Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab". Energy Conversion and Management 45: 453–465.

[22] ingh, S., Singh, S., Pannu, C.J.S., and Mitta, J.P. (1998). "Preharvest energy use and crop yield relationships for growing wheat in Punjab". Energy Convers 39(13):1377-1382.

[ Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12 ]