به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۵۲-۴۳

# بررسی تراز انرژی زراعت گرچک در شهرستان ورامین به‌منظور تولید بیودیزل

عارفه رزازی[۱]، مجید آقاعلیخانی [۲*]، برات قبادیان[۳]، بهنام زند[۴] و سید محمد صفی‌الدین اردبیلی[۵]

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران – ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران – ایران.
۳. دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران – ایران.
۴. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، ورامین – ایران.
۵. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران – ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۵

## چکیده

گرچک (*Ricinus communis* L.) با داشتن قابلیت تحمل شرایط سخت، نیاز تغذیه‌ای کم، محتوای ۵۰ درصدی و کیفیت مطلوب روغن، از بهترین گیاهان مورد استفاده در تولید بیودیزل است. اولین گام برای توسعهٔ سطح زیرکشت این گیاه برای تولید بیودیزل، بررسی تراز انرژی در تولید آن است. در تحقیق حاضر با بررسی کلیهٔ نهاده ها در دو سال کشت پیاپی (۹۲-۱۳۹۰) در منطقهٔ ورامین استان تهران، انرژی‌های نهاده (اعم از تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر) و ستانده محاسبه و شاخص‌های انرژی در این زمینه ارزیابی شدند. از مجموع ۱۱۲۴۵/۶۴ مگاژول انرژی به‌کاررفته در تولید گرچک، انرژی‌های تجدیدناپذیر و غیرمستقیم به‌ترتیب ۸۰/۹۶ و ۵۹/۶۸ درصد، بخش عمدهٔ انرژی مصرفی در تولید گرچک را تشکیل می‌دهند. همچنین از میان نهاده ها، کود و سم با ۵۵/۲۶ درصد از کل انرژی مصرفی رتبهٔ اول، و پس از آن سوخت با ۲۱/۲۸ درصد، رتبهٔ دوم را به خود اختصاص دادند. کارایی مصرف انرژی فقط برای تولید دانه ۳/۸۱ به‌دست آمد که در مقایسه با سایر گیاهان مورد استفاده برای تولید بیودیزل بسیار مطلوب و شایان توجه است. ازاین‌رو، به‌منظور گسترش کشت مکانیزه و کاهش هزینه‌های تولید گرچک، اصلاح نژاد توده‌های محلی موجود توصیه می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** انرژی، بهره‌وری، بیواتانول، ستانده، سوخت زیستی، نهاده.

* نویسنده مسئول
Email: maghaalikhnai@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر کاهش منابع سوخت‌های فسیلی، افزایش واردات سوخت و قیمت محصولات نفتی، مسائل زیست‌محیطی و افزایش آلایندگی ناشی از کاربرد این سوخت‌ها، سبب افزایش تحقیقات وسیعی برای یافتن سوخت‌های جایگزین مناسب شده است. بیودیزل یکی از این سوخت‌هاست که می‌توان آن را از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی به‌دست آورد. از روغن‌های گیاهی پس از فرآوری می‌توان به‌طور مستقیم یا در اختلاط با سوخت دیزل استفاده کرد .کاربرد دانه‌های روغنی به‌منظور تولید بیودیزل مستلزم مثبت بودن انرژی به‌دست‌آمده در مقایسه با انرژی مصرفی برای تولید آن است که همبستگی قوی با انرژی ورودی برای تولید دانهٔ روغنی مذکور دارد [۲۶، ۱۷، ۱۵].

گرچک[1] از خانوادهٔ فرفیون[2] با دارا بودن ویژگی‌های مطلوب، از مناسب‌ترین گیاهان مورد استفاده برای تولید سوخت گیاهی است. دانه‌های گرچک در حدود ۵۰ درصد روغن دارند که در مقایسه با سویا و پنبه که به‌ترتیب حاوی ۱۹ و ۲۰ درصد روغن هستند، برتری چشمگیری دارد. این گیاه به‌دلیل داشتن قدرت تحمل شرایط نامساعد خاکی، از جمله بافت نامناسب و حاصلخیزی اندک، برای کشت در زمین‌های حاشیه‌ای به‌منظور جلوگیری از بیابان‌زایی و فرسایش نیز بسیار مناسب است [۹ ، ۸]. اکثر مناطق ایران نیز با داشتن آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک، بستر مناسبی برای این گیاه است و می‌توان ضمن حفظ این مناطق از فرسایش به تولید سوخت و سودآوری از آنها نیز توجه کرد. به‌علاوه با قرار دادن گیاه گرچک در برنامهٔ تناوب مزرعه می‌توان از مزایای آن در اکوسیستم‌های زراعی بهره‌مند شد. به‌رغم آشنایی کشاورزان سنتی ایران با گرچک و کشت آن در حواشی مزارع برای بهره‌مندی از مزایای آن، این گیاه در دو دههٔ اخیر به فراموشی سپرده شده و به‌همین دلیل، آمار دقیقی از سطح زیرکشت این گیاه در کشور در دسترس نیست.

ازآنجا که بخش کشاورزی مصرف‌کننده و نیز تولیدکنندهٔ انرژی است، بررسی میزان تأثیر افزایش انرژی ورودی در تولید محصول از مهم‌ترین راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی است [۷]. گام نخست در این راستا، برآورد و ارزیابی شاخص‌های انرژی است. با شناخت عوامل مؤثر و چگونگی تأثیر آنها بر مقدار این شاخص‌ها در کنار بررسی امکان جایگزینی نهاده‌های شیمیایی و تجدیدناپذیر با منابع زیستی، آلی و تجدیدپذیر و با درنظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی، امکان بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی وجود خواهد داشت.

مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی شامل دو بخش مصرف در مزرعه و خارج از مزرعه می‌شود. مصرف انرژی در مزرعه نیز به دو دستهٔ مصرف مستقیم و مصرف غیرمستقیم تفکیک‌پذیر است. مواردی از قبیل سوخت مورد نیاز تراکتور و ماشین آلات مورد استفاده برای کلیهٔ فعالیت‌ها شامل آماده‌سازی زمین، کشت، برداشت و ...، نیروی برق مصرف‌شده برای پمپ‌های آبیاری و ...، سوخت مورد استفاده در تأسیسات گرمایشی و خشک کردن محصول همگی نمونه هایی از استفادهٔ مستقیم انرژی نهاده هستند. مصرف غیرمستقیم انرژی نیز شامل مواردی از قبیل انرژی مصرفی برای ساخت تجهیزات و زیرساخت‌های مزرعه، انرژی مورد نیاز برای ساخت ادوات و ماشین‌های کشاورزی، انرژی مصرفی در تولید کودها و سموم شیمیایی است. مصرف انرژی در خارج از مزرعه به فرآوری محصولات و حمل‌ونقل نیز تسری می‌یابد [۱۲]. همچنین از دیدگاه دیگر با توجه به فراوانی

1. Ricinus communis L.
2 .Euphorbiacea



Archive of SID
www.SID.ir

انرژی در طبیعت و زمان لازم برای بازتولید آن، می‌توان انرژی به‌کار رفته در یک سیستم تولیدی را به دو دستهٔ تجدیدپذیر نظیر نیروی کارگری و آب مورد نیاز آبیاری و تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی تقسیم کرد.

روابط انرژی نهاده و ستانده در سیستم زراعی، بسته به نوع محصول، نوع خاک، ماهیت عملیات خاکورزی، نوع و میزان کود های شیمیایی و آلی، عملیات داشت، برداشت و درنهایت سطوح عملکرد، تغییر می‌کند [۱۲]. هدف تحقیق حاضر، محاسبه و بررسی تراز انرژی تولید گیاه گرچک در استان تهران به‌عنوان منبع مناسبی برای تولید بیودیزل است.

## ۲. مواد و روش‌ها

در بسیاری از مقالات مشابه، داده‌های تحقیق از طریق پرسش‌نامه و یا مصاحبه با کشاورزان و مراکز خدمات کشاورزی فعال در کشت گیاه زراعی مورد نظر به‌دست می‌آید. در تحقیق حاضر با توجه به محدود بودن سطح زیرکشت گرچک و تصمیم نگارندگان برای بازشناسی و معرفی این گیاه به منطقه، تمامی داده‌های به‌کاررفته در این تحقیق به طور مستقیم از دو سال کشت پیاپی گیاه گرچک (۹۲-۱۳۹۱) در شهرستان ورامین (جنوب شرق استان تهران) به‌دست آمده است. این منطقه براساس طبقه بندی دومارتن در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳۰ ثانیهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۹۱۵ متری از سطح متوسط آب خلیج فارس قرار دارد و دارای آب‌وهوای خشک است. در این تحقیق، از بذرهای اکوتیپ موسوی که از پربازده‌ترین اکوتیپ های شناسایی شده در کشور است، استفاده شد. سطح زیرکشت در هر سال ۲۰۰۰ متر مربع بود.

در زراعت گرچک، غیر از آبیاری، تنک کردن و برداشت که با نیروی انسانی صورت پذیرفت سایر عملیات زراعی به‌صورت مکانیزه انجام گرفت. به‌منظور آماده‌سازی بستر بذر، ابتدا شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار سه‌خیش و سپس دیسک‌زنی در دو نوبت توسط دیسک ۲۸ پره صورت گرفت. کاشت بذر (به‌مقدار ۱۲ کیلوگرم در هکتار) با رسیدن میانگین دهروزهٔ دمای خاک به ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد در سال‌های اول و دوم آزمایش به‌ترتیب در تاریخ ۴ و ۱۱ خرداد، به‌وسیلهٔ دستگاه خطی‌کار غلات ساخت شرکت سبز دشت اصفهان با عرض کار ۳ متر انجام گرفت. مقدار انرژی دانهٔ گرچک براساس ترکیب شیمیایی آن (به‌طور متوسط ۵۰ درصد روغن و ۱۶ درصد پروتئین) تعیین شد [۲۹، ۲۳]. همچنین سم‌پاشی با سم‌پاش بوم‌دار پشت تراکتوری و کودپاشی به‌وسیلهٔ کودپاش سانتریفیوژ و براساس مقادیر ذکرشده در جدول ۲ انجام گرفت. آبیاری نیز براساس نیاز گیاه و به‌طور متوسط هر ۱۰ روز یک‌بار صورت گرفت. متوسط نیاز آبی یکسالهٔ این گیاه با توجه به آب‌وهوای منطقه ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار مشاهده شده است [۸]، ولی به‌دلیل عدم اندازه‌گیری دقیق نیاز آبی این گیاه در کشور، در این آزمایش با توجه به شرایط جغرافیایی شهرستان ورامین که در منطقهٔ خشک واقع شده است و اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته، نیاز آبی گرچک ۳۰۰۰ متر مکعب برآورد شد. همچنین در برآورد انرژی معادل آبیاری، تولید، استهلاک و سوخت پمپ آب درنظر گرفته شده است. وجین و تنک‌کردن محصول نیز در هر هکتار توسط سه نفر و در مدت زمان هشت ساعت (۲۴ نفر ساعت) به طول انجامید. برداشت غیرماشینی شامل عملیات چیدن خوشه‌ها در دو مرحله توسط چهار نفر و در مدت ۱۰ ساعت (۴۰ نفر ساعت) انجام گرفت. متوسط عملکرد با تراکم ۲۵۰۰۰ بوته در هکتار در حدود ۲۱۰۰ کیلوگرم دانه و ۹۰ تن در هکتار بیوماس است و از آنجا که بیوماس تولیدی نیز



Archive of SID
www.SID.ir

قابلیت تبدیل شدن به بیواتانول را دارد، انرژی ستانده و سایر شاخص‌ها، جداگانه برای عملکرد دانه و عملکرد دانه + بیوماس محاسبه شدند. انرژی معادل هر کیلوگرم بذر و بیوماس برداشت‌شده براساس ترکیبات آنها به‌ترتیب ۲۰/۴ و ۱۷/۶ مگاژول درنظر گرفته شد [۲۸، ۲۳].

در بخش نیروی انسانی، نیروی کارگری برای تکمیل فرایند کشت، آبیاری و سایر فعالیت‌های جنبی نیز دیده شده و انرژی مصرفی رانندهٔ تراکتور نیز در این بخش منظور شده است (جدول ۲). انرژی معادل مصرف‌شده در ماشین‌ها و ادوات کشاورزی نیز شامل انرژی مورد نیاز برای ساخت و استهلاک ابزار و ماشین‌آلات، انرژی مورد نیاز برای انتقال وسیله به مزرعه، انرژی معادل سوخت مصرفی و انرژی معادل تعمیر و نگهداری آنهاست که انرژی ساخت و استهلاک ماشین‌آلات با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۲۷].

$$M_{Pe} = GM_PT / W \qquad (۱)$$

در این رابطه، $M_{Pe}$ انرژی ساخت و استهلاک (برحسب مگاژول)؛ G جرم ماشین (برحسب کیلوگرم)؛ $M_P$ انرژی ساخت (بر حسب مگاژول بر کیلوگرم)؛ T ساعت کارکرد؛ و W عمر اقتصادی ماشین (برحسب ساعت) است.

استهلاک عبارت است از کاهش ارزش اقتصادی ماشین در اثر گذشت زمان که در این تعریف نقش تورم تا حدودی نادیده گرفته می‌شود که ممکن است سبب ایجاد اشکالاتی به‌صورت تفاوت در ارزش واقعی روز ماشین و ارزش به‌دست‌آمده از ماشین شود. تعیین عمر دقیق ماشین، بسیار پیچیده است؛ با وجود این می‌توان عمر مفید تراکتور و ادوات کشاورزی را با درنظر گرفتن عوامل متعددی همچون کیفیت ساخت قطعات، نوع خاک، نوع محصول، شرایط اقلیمی و غیره برآورد کرد (جدول ۱). در مجموع با احتساب انرژی معادل برای هر واحد و رابطهٔ ۱، انرژی معادل ساخت و استهلاک ابزار و ماشین‌آلات محاسبه شد.

میزان سوخت مصرفی برای کل عملیات زراعی با توجه به متوسط سوخت مصرفی تراکتورهای فرگوسن چهارسیلندر (MF-285) و فرگوسن چهارسیلندر (MF-399)، تراکتور رایج مورد استفاده در منطقه، ۸/۹ لیتر در ساعت درنظر گرفته شد [۵]. به‌مقدار فوق متوسط سوخت لازم برای انتقال ماشین‌آلات به مزرعه نیز اضافه شده است.

پس از برآورد نهاده‌های به‌کاررفته با استفاده از روابط ۲، ۳ و ۴ نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و بهرهٔ خالص انرژی محاسبه شد.

**جدول ۱. مشخصات تراکتور و ادوات کشاورزی استفاده‌شده در زراعت گرچک**

| نام وسیله | وزن (kg) | عمر اقتصادی (h) |
|---|---|---|
| تراکتور فرگوسن چهارسیلندر (MF-285) | ۲۸۰۰ | ۱۰۰۰۰ |
| گاوآهن برگردان‌دار سه خیش | ۳۲۵ | ۲۵۰۰ |
| دیسک ۲۸ پره | ۱۰۰۰ | ۲۵۰۰ |
| کودپاش سانتریفیوژ | ۱۱۷ | ۱۲۰۰ |
| خطی‌کار غلات با عرض کار ۳ متر | ۶۸۰ | ۱۲۰۰ |
| سم‌پاش بوم‌دار پشت تراکتوری | ۱۵۰ | ۱۵۰۰ |



Archive of SID
www.SID.ir

### نسبت انرژی (EUE)[1] یا کارایی مصرف انرژی (ER)[2]

این شاخص، رابطهٔ بین انرژی ستانده و انرژی نهاده را بیان می‌کند و در رابطهٔ ۲ نشان داده شده است [۱۰،۱۳]:

(۲) انرژی نهاده/انرژی ستانده = نسبت انرژی

به‌دلیل اینکه در رابطهٔ ۲، صورت و مخرج از یک بعد[3] (انرژی برحسب مگاژول) هستند، نسبت انرژی شاخصی است بی‌بعد، بنابراین می‌توان آن را برای مقایسهٔ هر نوع محصولی به‌کار برد.

### بهره‌وری انرژی (EP)[4]

بهره‌وری انرژی، به‌کارگیری مطلوب‌ترین راهبرد برای بهره‌گیری از منابع انرژی از تولید تا مصرف است که به‌صورت رابطهٔ ۳ تعریف می‌شود [۱۳]:

(۳)

انرژی نهاده / عملکرد وزنی محصول = بهره‌وری انرژی

واحد بهره‌وری انرژی، کیلوگرم بر مگاژول است و برای مقایسهٔ تولید محصولی واحد در سیستم‌های مختلف تولید استفاده می‌شود و نشان‌دهندهٔ کارایی هر سیستم است [۳]. همچنین این شاخص و شاخص انرژی ویژه برای نشان دادن میزان انرژی لازم برای تولید هر واحد محصول نیز به‌کار می‌روند.

### بهرهٔ خالص انرژی (NEG)[5]

تفاوت بین میزان انرژی نهاده و ستانده با شاخصی به نام بهرهٔ خالص انرژی و طبق رابطهٔ ۴ بیان می‌شود [۱۰]:

(۴) انرژی نهاده – انرژی ستانده = بهرهٔ خالص انرژی

بهرهٔ خالص انرژی میزان توسعهٔ بالقوه انرژی است که در شرایط اقلیمی مختلف به نحوهٔ مدیریت مزرعه و استفاده از شیوه‌های زراعی بستگی دارد.

## ۳. نتایج و بحث

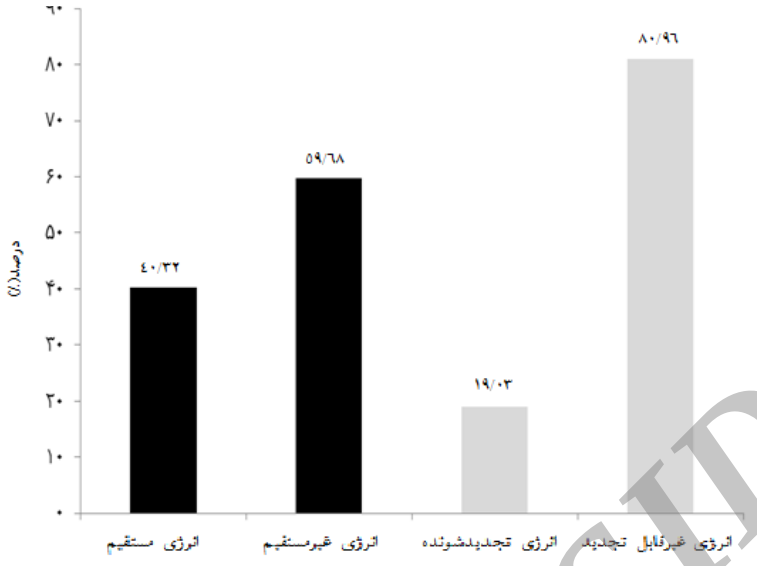
مجموع انرژی مصرفی (کل نهاده‌ها) در زراعت یکسالهٔ گرچک ۱۱۲۴۵/۶۴ مگاژول است. همچنین انرژی ستانده برای بذر و بیوماس تولیدی به‌ترتیب ۴۲۸۴۰، ۱۵۸۴۰۰۰ و در مجموع ۱۶۲۶۸۴۰ مگاژول است. این مقادیر در برخی گیاهان زراعی برای انرژی نهاده و ستانده به‌ترتیب ۳۱۹۰۴/۹۴ و ۳۵۰۵۳/۶۹ در پنبه [۱]، ۷۳۲۲۰/۴۲ و ۱۲۷۷۴۵/۲۳ در برنج [۶] و ۲۹۸۹۵/۴۹ و ۵۴۱۳۱ در سویا [۱۴] مشاهده شده است. از مجموع انرژی به‌کاررفته در این سیستم کشت تنها ۱۹/۰۳ درصد آن تجدیدپذیر است و بخش عمدهٔ آن را انرژی‌های تجدیدناپذیر تشکیل می‌دهند (شکل ۱). همچنین بخش اعظم انرژی استفاده‌شده در این سیستم تولیدی به‌صورت غیرمستقیم است.

از این میان، نهاده‌های مصرفی، کود و سم که جزء انرژی‌های تجدیدناپذیر و غیرمستقیم قرار می‌گیرند با سهم ۵۵/۲۶ درصدی از کل انرژی لازم در کشت گرچک، بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند (جدول۲). بخش اعظم انرژی مورد نیاز در این بخش مربوط به کود نیتروژن (۴۱/۸۸ درصد) است. مصرف زیاد انرژی در این بخش از یک سو و افزایش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کودهای شیمیایی از سوی دیگر، لزوم توجه به منابع آلی تأمین عناصر غذایی نظیر کمپوست‌ها را بیشتر نشان می‌دهد [۲]. همچنین در خاک‌های قلیایی کشور که مشکل تثبیت فسفر در خاک وجود دارد با کاربرد ورمی‌کمپوست (به‌عنوان یک منبع آلی) و سولفور می‌توان سبب آزادسازی فسفر از لایه‌های سخت فسفری شد و نیاز گیاه را تأمین کرد [۲۱، ۲۲].

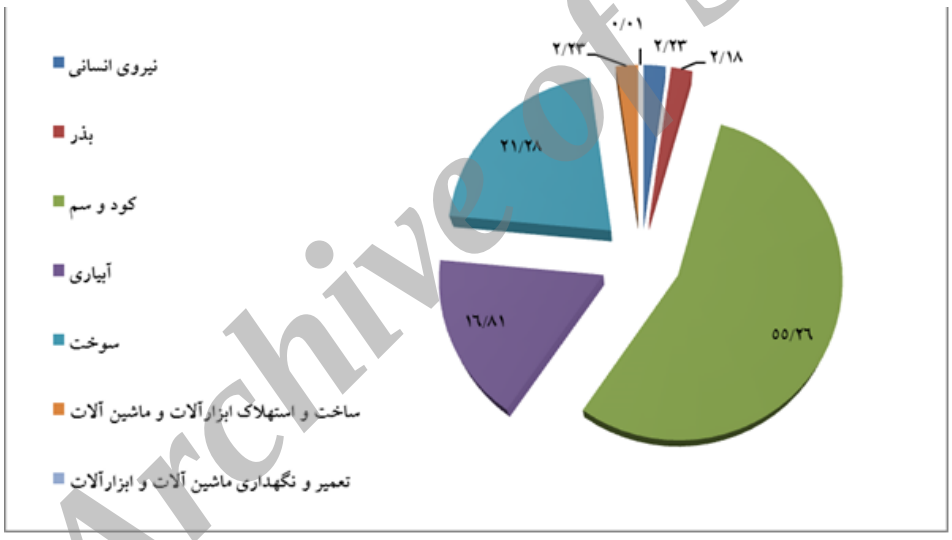
1. Energy Use Efficiency
2. Energy Ratio
3. Dimension
4. Energy Productivity
5. Net Energy Gain



Archive of SID
www.SID.ir




**شکل ۱. دسته‌بندی انرژی مصرفی در تولید گرچک در منطقهٔ ورامین**




**شکل ۲. سهم نهاده‌ها (درصد) از انرژی مصرفی در تولید گرچک**

از این میان، نهاده‌های مصرفی، کود و سم که جزء انرژی‌های تجدیدناپذیر و غیرمستقیم قرار می گیرند با سهم ۵۵/۲۶ درصدی از کل انرژی لازم در کشت گرچک، بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند (جدول۲). بخش اعظم انرژی مورد نیاز در این بخش مربوط به کود نیتروژن (۴۱/۸۸ درصد) است. مصرف زیاد انرژی در این بخش از یک سو و افزایش مشکلات زیست محیطی ناشی از کودهای شیمیایی از سوی دیگر، لزوم توجه به منابع آلی تأمین عناصر غذایی نظیر کمپوست‌ها را بیشتر نشان می‌دهد [۲]. همچنین در خاک‌های قلیایی کشور که مشکل تثبیت فسفر در خاک وجود دارد با کاربرد ورمی‌کمپوست (به عنوان یک منبع آلی) و سولفور می‌توان سبب آزادسازی فسفر از لایه‌های سخت فسفری شد و نیاز گیاه را تأمین کرد [۲۲، ۲۱].



Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. انرژی معادل و مصرفی نهاده‌ها و درصد سهم آنها از انرژی کل در زراعت فاریاب گرچک

| عنوان نهاده | زیرمجموعه‌ها | میزان نهادهٔ به‌کاررفته | میزان انرژی معادل هر واحد (MJ) | منبع | انرژی معادل (MJ) | درصد سهم از انرژی معادل کل |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نیروی انسانی (h) | کارگری و راننده | ۱۱۴ | ۲/۲۰ | ۲۳ | ۲۵۰/۸ | ۲/۲۳ |
| بذر (kg) | – | ۱۲ | ۲۰/۴ | ۲۳ | ۲۴۴/۸ | ۲/۱۸ |
| کود و سم (kg) | نیتروژن از منبع اوره | ۱۰۰ | ۴۷/۱۰ | ۱۲ | ۴۷۱۰ | ۴۱/۸۸ |
| | فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل | ۲۵ | ۱۵/۸۰ | ۱۲ | ۳۹۵ | ۳/۵۱ |
| | پتاس از منبع سولفات پتاسیم | ۴۵ | ۹/۲۸ | ۱۲ | ۴۱۷/۶ | ۳/۷۱ |
| | گوگرد از منبع سولفات پتاسیم | ۴۰ | ۶/۳۰ | ۲۴ | ۲۵۲ | ۲/۲۴ |
| | ترفلان | ۳ | ۸۵ | ۲۵ | ۲۵۵ | ۲/۲۷ |
| | دیازینون | ۱ | ۱۸۴/۷۰ | ۲۳ | ۱۸۴/۷ | ۱/۶۴ |
| آبیاری ($m^3$) | – | ۳۰۰۰ | ۰/۶۳۰ | ۱۹ | ۱۸۹۰ | ۱۶/۸۱ |
| سرخت (l) | کلیهٔ عملیات کشاورزی و حمل به مزرعه | ۶۲ | ۳۸/۶۰ | ۲۳ | ۲۳۹۳/۲ | ۲۱/۲۸ |
| | تراکتور | * | ۹۳/۶۱ | ۱۸ | ۱۵۷/۲۶ | ۱/۴۰ |
| | گاوآهن برگرداندار | * | ۶۲/۷۰ | ۱۳ | ۸/۱۵ | ۰/۰۷ |
| ساخت و استهلاک ابزارآلات و ماشین‌آلات (kg) | دیسک | * | ۶۲/۷۰ | ۱۳ | ۳۷/۶۲ | ۰/۳۳ |
| | سمپاش | * | ۶۲/۷۰ | ۱۳ | ۳/۱۴ | ۰/۰۳ |
| | کودپاش | * | ۶۲/۷۰ | ۱۳ | ۹/۱۷ | ۰/۰۸ |
| | خطی کار | * | ۶۲/۷۰ | ۱۳ | ۳۵/۵۳ | ۰/۳۲ |
| تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و ابزارآلات (kg) | تراکتور | + | ۰/۴۸ | ۱۶ | ۰/۸۱ | ۰/۰۱ |
| | گاوآهن برگرداندار | + | ۰/۹۷ | ۱۶ | ۰/۱۳ | ۰/۰۰۱ |
| | دیسک | + | ۰/۵۵ | ۱۶ | ۰/۳۳ | ۰/۰۰۳ |
| | سمپاش | + | ۰/۳۷ | ۱۶ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | کودپاش | + | ۰/۵۵ | ۱۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰۰۷ |
| | خطی کار | + | ۰/۵۵ | ۱۶ | ۰/۳۱ | ۰/۰۰۳ |

* انرژی ساخت و استهلاک ماشین‌آلات با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد.

+ برای محاسبهٔ انرژی تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و ادوات ضرایبی وجود دارد که این ضرایب بسته به شرایط محیطی مزرعه، سطح آموزش نیروی انسانی و نوع ساخت هر ماشین متغیرند. بر این اساس در هر منطقه و هر شرایطی باید با توجه به میزان استفاده از ماشین‌آلات انرژی تعمیر و نگهداری را محاسبه کرد (۳).

Archive of SID



www.SID.ir

پس از کود و سم، سوخت و آبیاری به‌ترتیب با مصرف ۲۱/۲۸ و ۱۶/۸۱ درصد از انرژی کل، مهم‌ترین مصرف‌کننده‌های انرژی در زراعت گرچک محسوب می‌شوند (شکل ۲). این دو نهاده جزو انرژی‌های مستقیم هستند، هرچند سوخت فسیلی تجدیدناپذیر و آب مورد استفاده در آبیاری تجدیدپذیر است. همین مصرف زیاد انرژی برای سوخت لزوم توجه به تولید انبوه گیاهان مناسب برای تولید بیودیزل را بیش از پیش نشان می‌دهد. پس از تولید بیودیزل و استفاده از آن در ماشین‌آلات به‌کاررفته در مزرعه می‌توان انرژی و هزینهٔ تمام‌شدهٔ هر لیتر بیودیزل تولیدی را به‌طور چشمگیری کاهش داد. از سوی دیگر، با توجه به نیاز آبی کم و مقاومت زیاد گرچک به خشکی [۸]، استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار که مصرف آب را تا حد زیادی کاهش می‌دهند، می‌تواند در کاهش مصرف انرژی این بخش اثر بسزایی داشته باشد.

بخش نیروی کارگری درصد زیادی از مصرف انرژی را شامل نمی‌شود، ولی ازآنجا که کل فرایند برداشت این محصول در کشور به‌صورت دستی است، سبب افزایش هزینه‌های تولیدی می‌شود. به‌علاوه، این گیاه به‌دلیل داشتن ریسین و سایر آلکالوئیدها، حساسیت‌زا و سمی است و ممکن است در حین کار مشکلاتی را برای کارگران ایجاد کند. به‌همین دلیل، شروع کارهای اصلاحی برای تولید ارقام پاکوتاه از توده‌های محلی یا انطباق اکولوژیک ارقام پاکوتاه موجود در دنیا برای کشت در داخل کشور توصیه می‌شود.

کارایی مصرف انرژی این سیستم کشت با منظور کردن بیوماس تولیدی ۱۴۴/۶۶ و تنها برای دانهٔ تولیدشده ۳/۸۱ به‌دست آمد. همان‌طور که پیشتر نیز ذکر شد نسبت انرژی یا کارایی مصرف انرژی شاخصی است که از آن برای مقایسهٔ سیستم‌های مختلف می‌توان استفاده کرد. با مقایسهٔ این شاخص برای گرچک و سایر گیاهان روغنی قابل استفاده برای تولید بیودیزل پتانسیل این گیاه برای تولید بیودیزل بیش از پیش آشکار می‌شود. در آزمایش‌های جداگانه کارایی مصرف انرژی برای سویا فقط برای دانهٔ تولیدی ۱/۶۰ و با احتساب بیوماس تولیدی ۵/۴۱ و برای کلزا ۱/۰۳ به‌دست آمد [۴،۲۰]. ازآنجا که حجم بیوماس تولیدی این گیاه زیاد بوده و بیوماس تولیدی نیز برای تولید بیواتانول قابل استفاده است، پتانسیل زیادی برای توسعهٔ انرژی دارد. در این تحقیق نیز بهرهٔ خالص انرژی که حاصل تفاضل انرژی ستانده و نهاده است در دو سیستم محاسبه با و بدون بیوماس تولیدی به‌ترتیب ۱۶۱۵۵۹۴/۳۶ و ۳۱۵۹۴/۳۶ مگاژول بود که گویای مزیت گرچک بر دیگر گیاهان روغنی به‌منظور تولید انرژی‌های زیستی است.

بهره‌وری انرژی نیز در زراعت گرچک در صورت استفاده از بیوماس تولیدی ۸/۱۹ و درصورتی که تنها از دانهٔ آن استفاده شود، ۰/۱۹ کیلوگرم بر مگاژول است. ازآنجا که این تحقیق برای اولین بار در کشور انجام گرفته است، اطلاعاتی برای مقایسهٔ این سیستم با سیستم‌های داخلی دیگر وجود ندارد، اما در تحقیقی مشابه در برزیل بهره‌وری انرژی فقط با درنظر گرفتن عملکرد دانه در دو سیستم مختلف سنتی و مکانیزهٔ کاشت به‌ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۱۴ کیلوگرم بر مگاژول مشاهده شد [۲۳]. در تحقیق صورت‌گرفته در برزیل، تنها انرژی مربوط به دانه‌ها محاسبه شد. همچنین عملکرد واریته‌های بومی استفاده‌شده در مقایسه با عملکرد توده‌های بومی ایران بسیار اندک (۸۵۰ و ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. این نتیجه نشان‌دهندهٔ لزوم توجه به اصلاح توده‌های موجود به‌منظور تسهیل کشت مکانیزه است.

## ۴. نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به مزایای منحصربه‌فرد گرچک و کارایی زیاد مصرف انرژی در تولید آن، توسعهٔ کشت این



Archive of SID
www.SID.ir

گیاه به‌عنوان مادهٔ اولیهٔ تولید بیودیزل گام مؤثری در استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر است. از طرف دیگر ثبت ارقام محلی، اجرای تحقیقات اصلاحی برای تولید ارقام پاکوتاه به‌منظور تسهیل طراحی ماشین‌آلات مورد نیاز و ارقام دارای کارایی فتوسنتزی بیشتر، جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی با آلی، استفاده از شیوه‌های مؤثرتر در توزیع کود و سم که کاهش استفاده از این نهاده‌ها را در پی دارد، از راهکارهای مهم در گسترش کشت این گیاه همراه با رعایت اصول اکولوژیک است [۳۰، ۱۴، ۱۱، ۶، ۱].

## منابع


۱. احمدی م و آقاعلیخانی م (۱۳۹۱) تجزیه‌وتحلیل مصرف انرژی در زراعت پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان به‌منظور ارائهٔ راهکار جهت افزایش بهره‌وری منابع. بوم‌شناسی کشاورزی. (۴): ۱۵۸-۱۵۱.

۲. رضوانی‌مقدم پ، برومند رضازاده ز، محمدآبادی ع ا و شریف ع (۱۳۸۷) اثر تاریخ کاشت و تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانهٔ گیاه کرچک. پژوهش‌های زراعی ایران. (۶): ۳۱۳-۳۰۳.

۳. عجب‌شیرچی ی (۱۳۸۵) مدیریت مصرف انرژی در کشاورزی. درس‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز. ۷۴ ص.

۴. محمدیان صبور پ، رنجبر ا و عجب شیرچی ی (۱۳۸۷) مطالعه و ارزیابی شاخص‌های انرژی و ارائهٔ راهکارهایی به‌منظور بهبود کاربرد نهاده‌های مکانیزاسیون کشت کلزا در شهرستان مشهد. پنجمین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. ایران – مشهد. ۶ و ۷ شهریور.

۵. وجدانی هریس ف و محاجردوست و (۱۳۸۷) محاسبهٔ زمان مناسب کاری و تعداد ادوات لازم برای انجام به‌موقع عملیات و مقایسهٔ انرژی مصرف‌شده تحت دو سیستم متفاوت کشت در استان قزوین. پنجمین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. ایران – مشهد. ۶ و ۷ شهریور.

6. AghaAlikhani M, Kazemi-Poshtmasari H and Habibzadeh F (2013) Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. Energy Conversion and Management. 69: 157-162.

7. Alam MS, Alam MR and Islam KK (2005) Energy flow in agriculture. Environmental Science. 1(3): 213- 220.

8. Anonymous (2011) Castor bean (*Ricinus communis* L.) an international botanical answer to biodiesel production and renewable energy. Available on http://www.dovebiotech.com/pdf/CASTOR%20BEAN%20 RICINUS%20 COMMUNIS)%20-%20BIODIESEL.pdf.

9. Balwin BS and Cossar RD (2009) Castor yield in response to planting date at four locations in the south-central United States. Industrial Crop and Products. 29: 316-319.

10. Banaeian N, Omid M and Ahmadi H (2011) Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management. 52: 1020-1025.

11. Birthal PS, Pal S and Pandey LM (1998) Energy demand for crops production in rain fed areas. Agricultural Economics. 53(3): 256-264.

12. Canakci M, Topackci M, Akinci I and Ozmerzi A (2005) Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Antalya, Turkey. Energy Conversion and Management. 46: 655-666.




Archive of SID
www.SID.ir

13. De D, Singh S and Chandra H (2001) Technological impact energy consumption in rain fed soybean cultivation in Madhya Pradesh. Applied Energy. 70: 193-213.

14. Dehshiri A and Aghaalikhani M (2012) Input-output and economic analysis of soybean production in the main cultivation areas in Iran. Agricultural Research. 7(35): 4894-4899.

15. Djevic M and Dimitrijevic A (2009) Energy consumption for different greenhouse constructions. Energy. 34: 1325-1331.

16. Fluck RC (1992) Energy in farm production. Elsevier Science. 368p.

17. Ghobadian B and Rahimi H (2004) Biofules-Past, Present and Future Perspective. The 3th International Iran and Russia Conference. Shahrekord, Iran, September 8-10.

18. Hetz EJ (1992) Energy utilization in Chilean agriculture. Agricultural Mechanization Asia Africa Latin America. 23(2): 52-60.

19. Kizilaslan H (2009) Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Applied Energy. 86: 1354-1358.

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

21. Mohammady Aria M, Lakzian A, Haghnia GH, Berenji AL, Besharati H, and Fotovat A (2010) Effect of Thiobacillus, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresource Technology. 101: 551-554.

22. Nishanth D and Biswas DR (2008) Kinetics of phosphorus and potassium release from rock phosphate and waste mica enriched compost and their effect on yield and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum*). Bioresource Technology. 99: 3342-3353.

23. Nunes da Silva A, Romanelli TA and Reichardt K (2010) Energy flow in castor bean (*Ricinus communis* L.) production systems. Scientia Agricola. 67: 737-742.

24. Pimentel D (2006) Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture. Available on http://organic-center.org/reportfiles/EnergyReport.pdf.

25. Pishgar-Komleh SA, Keyhani A, Mostofi-Sarkari MR and Jafari A (2012) Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran. Energy. 43: 469-476.

26. Santana GCS, Martins PF, De Lima da Silva N, Batistella CB, MacielFilho R, and Wolf Maciel MR (2010) Simulation and cost estimate for biodiesel production using castor oil. Chemical Engineering Research and Design. 88: 626-632.

27. Singh JM (2002) On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Thesis for Master of Science in Sustainable Energy Systems and Management, University of Flensburg, Germany.

28. Tsatsarelis CA (1991) Energy requirement for cotton production in central Greece. Journal of Agricultural Engineering Research. 50: 239-246.

29. Weiss EA (2000) Oil Seed Crop. Longman, New York. 660 p.

Witney B (1995) Choosing and Using Farm Machines. Longman Higher Education, UK. 432 p.

Archive of SID



www.SID.ir