نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۵۸-۱۵۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 151-158

تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در زراعت پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان به منظور ارائه راهکار جهت افزایش بهره‌وری منابع

منصوره احمدی[۱] و مجید آقاعلیخانی [۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) گیاهی منحصر به فرد در زمینه تولید الیاف طبیعی است و علاوه بر تأمین مواد اولیه صنایع نساجی با تولید دانه روغنی سرشار از روغن و پروتئین، سهم قابل توجهی در تولید روغن خوراکی برای انسان و کنجاله پروتئینی برای دام داشته و به همین دلیل در اشتغال‌زائی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. به منظور تعیین سهم میزان مصرف انرژی مستقیم و غیرمستقیم اعم از سوخت‌های فسیلی، نیروی کارگری و ... در برآورد کارآیی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان که قطب زراعت پنبه ایران محسوب می‌شود، تحقیقی میدانی در سال ۱۳۸۹ انجام شد. اطلاعات لازم از طریق مصاحبه حضوری با ۲۳ کشاورز پنبه‌کار که سطح فعالیت آنها بین ۰/۵ تا ۵۰ هکتار بود و تکمیل پرسش‌نامه‌های فنی و تخصصی توسط محققین گردآوری شد. بر اساس تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده مقدار کارآیی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان ۱/۰۹۸۶ برآورد شد. نتایج نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور و سوخت موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ درصد و ۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به طور کلی، ۵۴ درصد انرژی مصرفی در تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند. برای افزایش بهره‌وری منابع آب، خاک و نهاده‌های شیمیایی و ارتقای کارآیی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان رعایت توصیه‌های فنی از قبیل ذخیره‌سازی مناسب سوخت، نگهداری و کاربرد صحیح ماشین آلات، بهبود عملیات زراعی و مدیریت کوددهی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد اکولوژیک، توسعه پایدار، کشاورزی کم نهاده، نباتات صنعتی

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از گیاهان زراعی ارزشمند و دو منظوره صنعتی است که با تولید مرغوب‌ترین الیاف طبیعی و روغن خوراکی نقش مهمی در صنایع نساجی و روغن‌کشی دارد. پنبه دانه، منبع بسیار غنی از روغن و پروتئین است و در بازار جهانی در میان پنج دانه روغنی مهم یعنی سویا (*Glycine max* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogeae* L.)، و کلزا (*Brassica napus* L.) در مقام دوم قرار دارد. همچنین پنبه از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که با توجه به کاربرد آن در صنایع نساجی و روغن‌کشی، در اشتغال‌زائی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می‌کند. کمتر محصول کشاورزی از نظر قابلیت ایجاد ارزش افزوده و تنوع فرآورده‌ها، یارای برابری با پنبه را دارد.

بر طبق آمار فائو (FAO, 2009) چین، هند، آمریکا، پاکستان و ازبکستان بزرگ‌ترین تولیدکنندگان پنبه دانه در دنیا هستند. در ایران نیز کل میزان تولید پنبه‌دانه در سال ۲۰۰۹، معادل ۲۶۵۰۰۰ تن بوده است. در بین مناطق پنبه‌خیز در ایران، کشت این گیاه در استان گلستان دارای سابقه طولانی است و این استان در گذشته به دلیل کشت گسترده پنبه به پایتخت پنبه در کشور و جهان و سرزمین طلای سفید شهره بوده است. استان گلستان در محدوده منطقه معتدل شمالی بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی در بخش شمالی کشور واقع شده است (شکل ۱).

با توجه به شرایط اقلیمی، این استان از قدیم‌الایام در تولید پنبه جایگاه ویژه‌ای داشته و به همین دلیل مهم‌ترین مراکز تحقیقات به‌زراعی و به‌نژادی پنبه و همچنین مؤسسه تحقیقات پنبه نیز در این استان واقع شده است.

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir)

شکل ۱- نقشه استان گلستان

Fig. 1- The map of Golestan province

شایان ذکر است که پنبه تولیدی در استان گلستان بـه دلیـل دارا بودن طول تار موثر بالا، میکرونری یـا ظرافـت مناسـب و مقاومـت و کشش و یکنواختی بالا جزو مرغوب‌ترین پنبه الیاف متوسط مایـل بـه بلند در جهان به‌شمار می‌رود.

مطالعات نشان داده‌اند که طی پنج دهه اخیـر مصـرف انـرژی در کشاورزی شدیداً افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه انـرژی بسـیار پرمصـرف شـده اسـت. بیشـتر انـرژی مصـرفی بـرای تولیـد محصولات کشاورزی بدلیل استفاده از نهاده‌هـایی ماننـد ماشـن‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که اسـتفاده نامناسب از این نهاده‌ها ضمن پایین آوردن کارآیی مصرف انـرژی[1] در تولید، باعث ایجاد مشکلاتی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیـز می‌شود. امروزه کشاورزان انرژی بیشتری مصرف می‌کنند تا عملکـرد محصول خود را افزایش دهند، اما بدلیل دانش ناکافی و عدم مدیریت مناسب در مصرف نهاده‌های انرژی، به موفقیتی دست پیدا نمی‌کنند.

تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید محصـولات زراعـی بـا اتکـاء بـه دیدگاه‌های بوم‌شناختی، مصرف انرژی و اقتصـاد اکولوژیـک یکـی از روش‌های مناسب برای شناخت علل افزایش یا رکود سطح زیر کشت محصولات در یک منطقه خاص می‌باشد. علاوه بر ایـن بـا تجزیـه و تحلیل مصرف انرژی و تعیین سهم هر یک از انـرژی‌هـای فسـیلی و تجدید شونده که به طور مستقیم یـا غیرمسـتقیم در تولیـد محصـول زراعی نقش دارند می‌توان روش‌های افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی و امکان استقرار یک سیسـتم تولیـد بوم سازگار را بررسی نمود.

تحقیقات زیادی در سراسر دنیا برای برآورد کارآیی مصرف انرژی و تعیین گلوگاه‌هـای مصـرف انـرژی در گیاهـان مختلـف، شـرایط و سیستم‌های کشت متفاوت انجام شده است. بنا به گزارش داغسـتان و همکاران (Dagistan et al., 2009) کارآیی مصرف انرژی در تولیـد پنبه در ترکیه ۲/۳۶ برآورد شده است. در این مطالعه مهم‌ترین نهاده-های انرژی‌بر به ترتیـب، کـود نیتـروژن (۴۰/۲۸ درصـد)، آب آبیـاری (۲۲/۳۷ درصد) و گازوئیل (۱۷/۰۴ درصد) معرفی شده‌اند. پنبه در بین گیاهانی ماننـد گنـدم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، خردل سـفید (*Sinapis alba* L.)، پنبـه و لوبیـا (*Phaseolus vulgaris* L.) بیشترین میزان مصرف انـرژی را بـه خـود اختصـاص می‌دهد (Singh, 2002). در تحقیقی دیگر، کارآیی مصرف انـرژی در تولید پنبـه در منطقـه‌ای دیگـر از ترکیـه ۰/۷۴ گـزارش شـده اسـت (Yilmaz et al., 2005). بر اساس این تحقیق سـوخت گازوئیـل بـا ۳۱/۱ درصد، کودهای شیمیایی بـا ۲۸/۹۷ درصـد و ماشـین آلات بـا ۲۶/۵۶ درصد به ترتیب بیشترین سهم را در مصـرف انـرژی در تولیـد پنبه داشتند. یالدیز و همکاران (Yaldiz, 1993) از کودها و آبیاری به عنوان مهم‌ترین گلوگاه‌های مصرف انرژی در تولید پنبـه یـاد کردنـد. بنا بـه گـزارش اردال و همکـاران (Erdal et al., 2007) مقـدار کـل انرژی مصرفی در تولید چغندرقند ۳۹۶۸۵/۵۱ مگاژول در هکتار بـوده که ۴۹/۳۳ و ۲۴/۱۶ درصد آن به ترتیب مربوط بـه کودهـا و سـوخت بوده است. در این تحقیق نسبت ستانده به نهـاده نیـز ۲/۵۷۵ بـرآورد شد. در تحقیقی دیگر، میزان کارآیی مصرف انرژی در تولید جـو ۲/۸۶ بـرآورد شـد (Ghasemi Mobtaker, 2010). زارع فـیض‌آبـادی و همکاران (Zarefeizabadi et al., 2010) با بررسی تأثیر مدیریت اکولوژیکی کنترل علف‌های هرز بر درآمد اقتصادی، عملکرد و اجـزای عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) بیان نمودند تیمارهای دارای وجین دستی همراه با هرس باعث کاهش تراکم و زیست تـوده علف‌های هرز به ترتیب برابر با ۸۰ و ۹۸ درصد شد. بیشترین عملکرد وش و بالاترین هزینه در این آزمایش برای تیمار کنترل کامل علـف-های هرز و وجـین دسـتی + هـرس + سـوزاندن علـف‌هـای هـرز و کمترین درآمد خالص و عملکرد برای شاهد حاصل شد. آنها بـا توجـه

1- EUE= Energy Use Efficiency

به نتایج، تیمار وجین دستی + هرس + سوزاندن را بهترین روش برای کنترل علف‌های هرز معرفی نمودند.

در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان، ضرورت مطالعه بیشتر درباره گلوگاه‌های مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف هدفمند انرژی بیشتر احساس می‌شود. از این‌رو، با توجه به جایگاه پنبه در جهان و با توجه به موقعیت ممتاز استان گلستان در تولید این محصول راهبردی، شناخت نهاده‌های مختلف انرژی و برآورد کارآیی مصرف انرژی در این محصول یکی از زمینه‌های تحقیقاتی ضروری است که می‌تواند زمینه‌ساز ارایه راهکارهای مدیریتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در این محصول باشد. اهداف اصلی در این تحقیق شامل تعیین کارآیی مصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان، تعیین سهم نهاده‌های مختلف در مصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان و ارائه راهکارهای فنی و به‌زراعی برای پایین آوردن مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری مصرف نهاده‌های آب، خاک و نهاده‌های شیمیایی در تولید پنبه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری اطلاعات درباره نوع، تعداد و حجم فعالیت‌های متداول در کشت و کار پنبه در استان گلستان، از طریق مصاحبه حضوری با ۲۳ کشاورز پنبه‌کار و تکمیل پرسش‌نامه‌های فنی و تخصصی توسط محققین صورت گرفت. سطح فعالیت کشاورزان منتخب در این تحقیق بین نیم تا ۵۰ هکتار و به طور متوسط ۷/۵ هکتار بود. در این مصاحبه درباره تمامی اقدامات صورت‌گرفته طی مراحل آماده‌سازی مزرعه، کاشت، داشت و برداشت پنبه اعم از نوع عملیات، ابزار مورد استفاده، تعداد دفعات، زمان و میزان سوخت مصرفی برای هر عملیات پرسش‌هایی از کشاورزان به عمل آمد و با توجه به معادل‌های انرژی (جدول ۱)، میزان نهاده انرژی مصرفی برای هر فعالیت در سطح یک هکتار پنبه‌کاری برآورد گردید. علاوه بر این به منظور برآورد کارآیی مصرف انرژی، اطلاعات مربوط به میزان عملکرد در هکتار (ستانده) هر مزرعه نیز جمع‌آوری شد. کلیه داده‌ها در صفحات گسترده برنامه Excel وارد شده و محاسبات لازم انجام گردید. بدین منظور، میانگین کل تعداد ساعت کار نیروی انسانی، کل سوخت مصرفی موتور پمپ، کل سوخت مصرفی تراکتور، تعداد ساعت کار تراکتور، مقدار بذر مصرفی برای کاشت، حجم آب آبیاری، مقدار کود نیتروژن، فسفر، پتاس و کودمایع مصرف شده، میزان علف‌کش، آفت‌کش و هورمون برگ‌ریز[1] مصرفی برای یک هکتار محاسبه گردید. سپس بر اساس معادل‌های انرژی مربوط به نهاده‌ها، جدول (۱)، این داده‌ها به انرژی تبدیل شدند. کارآیی مصرف انرژی با استفاده از معادله یک محاسبه شد (Koocheki & Hosseini,1994):

$$\text{کارآیی مصرف انرژی} = \frac{\text{معادل انرژی ستانده}}{\text{انرژی مصرفی در ساخت و کاربرد نهاده‌ها}}$$

معادله (۱)

جدول ۱- معادل‌های انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید پنبه (با اقتباس از اردال و همکاران (Erdal et al., 2007))

Table 1- Energy equivalents of inputs and output in cotton production (based on values from Erdal et al., 2007)

عنوان Energy source	واحد Unit	معادل انرژی (مگاژول در واحد) Energy equivalent (MJ. unit^{-1})
نهاده‌ها .الف A. Inputs		
نیروی انسانی Human labor	h	2.153
ماشین‌آلات Machinery	h	62.7
سوخت ماشین‌آلات Diesel fuel	L	52.055
سوخت پمپ آبیاری Diesel for irrigation pump	L	52.055
کودها Fertilizers		
نیتروژن(N) Nitrogen	kg	58.106
فسفر(P_2O_5) Phosphate (P_2O_5)	kg	13.971
پتاسیم(K_2O) Potassium (K_2O)	kg	7.947
کودمایع حاوی عناصرکم مصرف Micro elements	L	120.000
مواد شیمیایی Chemicals	kg	
علف‌کش Herbicide	L	267.667
آفت‌کش Insecticide	L	199.733
برگ‌ریز Defoliant	L	120.000
آب آبیاری Water for irrigation	m^3	0.630
ستانده .ب B. Output		
عملکرد Output	kg	11.8

1- Defoliant

نتایج و بحث

خلاصه محاسبات مربوط به مقادیر هر یک از نهاده‌های مصرفی در واحد سطح (هکتار) و میزان انرژی (مگاژول در هکتار) معادل آن‌ها که در زراعت پنبه استان گلستان بکار می‌رود در جدول دو نشان داده شده است. بر این اساس نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات، سوخت ماشین‌آلات، سوخت موتور پمپ آبیاری، کودها، سموم شیمیایی و آب آبیاری می‌باشد. کل میزان انرژی مصرفی از طریق بکارگیری نهاده‌های مختلف، برابر با ۳۱۹۰۴/۹۴ مگاژول در هکتار بود. با توجه به متوسط عملکرد وش در استان گلستان (۲۹۷۰/۶۵۲ کیلوگرم در هکتار) و طبق جدول شماره یک که هر کیلوگرم وش معادل ۱۱/۸ مگاژول انرژی در نظر گرفته می‌شود، کل انرژی تولیدی حاصل از عملکرد (ستانده) معادل ۳۵۰۵۳/۶۹۳ مگاژول در هکتار برآورد می‌شود.

سهم هر کدام از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی در تولید پنبه متفاوت بود. همان‌طور که در شکل دو نشان داده شده، سوخت تراکتور و سوخت موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ درصد و ۳۰ درصد از مصرف انرژی برای تولید پنبه در استان گلستان را به خود اختصاص دادند. بنابراین، به طور کلی ۵۴ درصد انرژی مصرفی برای تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳ درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند.

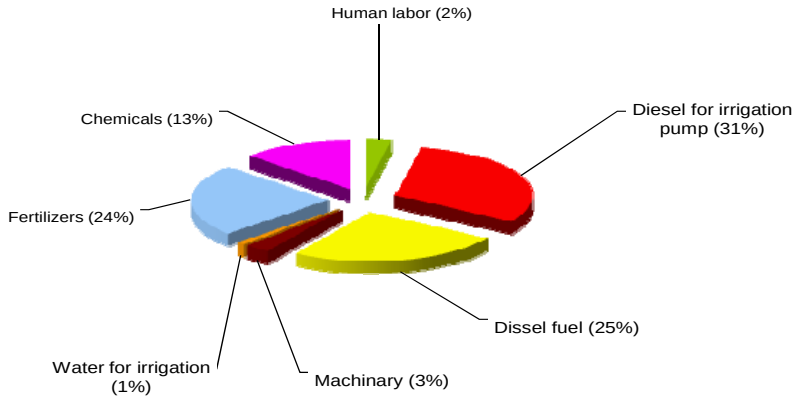
جدول ۲- میانگین مقدار نهاده‌ها و ستانده در تولید پنبه استان گلستان*

Table 2- Mean amounts of inputs and output in cotton production in Golestan province *

نهاده‌ها (واحد) Inputs (unit)	مقدار در واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	معادل انرژی کل (مگاژول در هکتار) Total energy equivalent ($MJ.ha^{-1}$)	درصد Percentage
نهاده‌ها (الف A) Inputs			
نیروی انسانی (ساعت) Human labor (h)	432.57	931.33	3
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (h)	15.83	992.72	3
سوخت ماشین‌آلات (لیتر) Diesel fuel (l)	145.6	7579.208	25
سوخت موتور پمپ آبیاری (لیتر) Diesel for irrigation pump (l)	182.867	9519.14	31
نیتروژن (N) (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	71.09	4130.75	13
فسفر (P_2O_5) (کیلوگرم) Phosphate (P_2O_5) (kg)	100	1397.1	5
پتاسیم (K_2O) (کیلوگرم) Potassium (K_2O) (kg)	162.5	1291.387	4
کود مایع حاوی عناصرکم مصرف (لیتر) Micro elements (l)	5.8	696	2
مواد شیمیایی (کیلوگرم) Chemicals (kg)	19.757	3926.258	13
آب آبیاری (مترمکعب) Water for irrigation (m^3)	700	441	1
کل انرژی نهاده‌ها (مگاژول درهکتار) Total energy input ($MJ. ha^{-1}$)		31904.9413	100
ستانده (ب B) Output			
عملکرد (کیلوگرم) Yield (kg)	2970.652	35053.6936	

* محاسبات با استناد به عملیات زراعی انجام شده در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ صورت گرفته است.

*Calculations performed considering agricultural operations during 2009-2010 growing season.



شکل ۲- سهم هر یک از نهاده‌ها در مصرف انرژی در تولید پنبه استان گلستان

Fig. 2- The share of total mean energy inputs of cotton production in Golestan province

از آن‌جا که سایر نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات، بذر و آب آبیاری در مجموع ده درصد از مصرف انرژی برای تولید پنبه را شامل شدند، می‌توان اذعان داشت که این چهار عامل نسبت به دو نهاده سوخت و کودها سهم کوچکتری در انرژی مصرفی برای تولید پنبه داشتند.

جدول ۳ نشان می‌دهد که از کل انرژی که برای تولید پنبه مصرف شده است، ۶۰ درصد آن (۱۸۴۷۰/۶۸۴ مگاژول در هکتار) به طور مستقیم برای نیروی انسانی، سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین‌آلات و آب آبیاری مصرف شده است، در حالی که ۴۰ درصد دیگر آن هم به طور غیرمستقیم و از طریق بکارگیری کودها و مواد شیمیایی مصرف گردیده است. به عبارت دیگر، ۱۲۴۴۱/۵۲۸ مگاژول در هکتار از انرژی مصرفی مربوط به کاربرد کودها و سموم شیمیایی بوده است. همچنین این جدول بیانگر آن است که ۹۶ درصد از انرژی مصرفی در تولید پنبه از منابع غیر قابل تجدید (سوخت‌های فسیلی) تامین می‌گردد. در واقع انرژی که به صورت سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین آلات، کودها و مواد شیمیایی مصرف می‌شود، همگی از منابع غیرقابل تجدید تامین می‌شوند. نتایج تحقیقات قاسمی مبتکر و همکاران (Ghasemi Mobtaker et al., 2010) نشان داد که کل انرژی مصرفی برای بکارگیری نهاده‌ها در تولید جو، حدود ۲۵۰۲۷ مگاژول در هکتار و سهم انرژی غیرقابل تجدید و تجدیدشونده به ترتیب برابر با ۶۶ و ۳۴ درصد بود. اردال و همکاران (Erdal et al., 2007) نیز نشان دادند که ۸۲ درصد انرژی بکار گرفته شده در تولید چغندرقند از نوع غیرقابل تجدید بوده و تنها ۱۲ درصد آن تجدیدپذیر است.

جدول۳- تقسیم‌بندی نوع انرژی مصرفی در تولید پنبه استان گلستان (۱۳۸۹)

Table 3- Classification of forms for consumed energy of cotton production in Golestan province (2010)

درصد از کل انرژی Percentage from total energy	انرژی مصرفی (مگاژول در هکتار) Consumed energy ($MJ.ha^{-1}$)	عنوان Item
60	18470.684	انرژی مستقیم[۱] Direct energy[1]
40	12441.528	انرژی غیرمستقیم[۲] Indirect energy[2]
4	1372.334	انرژی تجدید شونده[۳] Renewable energy[3]
96	29532.606	انرژی غیر قابل تجدید[۴] Non-renewable energy[4]

۱. انرژی مستقیم شامل: نیروی انسانی، سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین‌آلات و آب آبیاری

1. Direct energy includes human labor, diesel oil, electricity and water for irrigation.

۲. انرژی غیرمستقیم شامل: کودها و مواد شیمیایی

2. Indirect energy includes fertilizers, chemical and machinery.

۳. انرژی تجدیدپذیر شامل: نیروی انسانی و آب آبیاری

3. Renewable energy includes human labor and water for irrigation

۴. انرژی غیرقابل تجدید شامل: سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین آلات، کودها و مواد شیمیایی

4. Non-renewable energy includes diesel oil, chemical, fertilizers, machinery and electricity.

کارآیی مصرف انرژی

با تقسیم کل انرژی حاصل از عملکرد (۳۵۰۵۳/۶۹۳ مگاژول در هکتار) بر کل انرژی مصرف شده در بکارگیری نهاده‌ها (۳۱۹۰۴/۹۴ مگاژول در هکتار) میزان کارآیی مصرف انرژی ۱/۰۹۸ به‌دست آمد. این عدد بیانگر آن است که در استان گلستان تقریباً به همان اندازه که انرژی در قالب محصول از مزرعه ستانده می شود، برای حصول این عملکرد، نزدیک به همان اندازه باید انرژی هزینه شود. با توجه به این بهره‌وری انرژی چند نکته قابل تأمل می‌باشد. اول اینکه پنبه گیاهی با فصل رشد بسیار طولانی (حدود نه ماه) است و طولانی بودن فصل رشد، دوره مراقبت طولانی‌تری را نیز می‌طلبد. با طولانی شدن فصل رشد تعداد دفعات سمپاشی، تعداد دور آبیاری و دوره کنترل علف‌های هرز بیشتر می‌شود که مسلماً همه آن‌ها نیاز به مصرف انرژی دارند. از طرف دیگر دوری مزارع از منابع آب باعث می‌شود که از ۲۰-۱۲ ساعت قبل از اینکه آب به مزرعه مورد نظر برسد موتور پمپ روشن شود و کار کند. عدم کارآیی مناسب موتور پمپ آبیاری از یک سو و پایین بودن کارآیی انتقال به دلیل نفوذ عمقی و تبخیر آب از سوی دیگر باعث مصرف بیش از حد مطلوب سوخت برای آبیاری می‌شود. شکل دو نیز به خوبی نشان می‌دهد که سوخت موتور پمپ آبیاری بیشترین سهم را از کل انرژی مصرفی برای تولید پنبه دارد.

محققان دیگر نیز مقادیر متفاوتی را برای کارآیی مصرف انرژی در مناطق و گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند. داغستان و همکاران (Dagistan et al., 2009) اعلام کردند که کارآیی مصرف انرژی در تولید پنبه در ترکیه ۲/۳۶ است. در حالی که یلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2005) کارآیی مصرف انرژی در تولید پنبه در منطقه ای دیگر از این کشور را ۰/۷۴ گزارش کردند. شیخ داوودی و هوشیار (Sheikh Davoodi & Houshyar, 2009) کارآیی مصرف انرژی در تولید کلزا و آفتابگردان در ایران را به ترتیب ۲/۹ و ۲/۱۷ برآورد کردند. یوناکیتان و همکاران (Unakitan et al., 2010) نیز متوسط کارآیی مصرف انرژی در مزارع کلزا با اندازه های مختلف را ۴/۶۸ اعلام کردند. زارع فیض‌آبادی و همکاران (Zarefeizabadi et al., 2010) نیز گزارش نمودند که وجین دستی همراه با هرس باعث کاهش تراکم و زیست توده علف‌های هرز در پنبه شد که این امر بهبود کارایی انرژی را به دنبال داشت.

راهکارهایی برای بهبود کارآیی مصرف انرژی در پنبه

برای افزایش کارآیی مصرف انرژی دو راهکار کلی قابل تصور است: افزایش ستانده‌ها شامل عملکرد الیاف و پنبه‌دانه و کاهش منطقی نهاده‌ها، به طوری که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد. به این ترتیب با رعایت برخی نکات فنی و توصیه‌های به‌زراعی در عملیات کاشت، داشت و برداشت محصول به شرح زیر می‌توان بهینه‌سازی مصرف انرژی در زراعت پنبه را مدنظر قرار داد.

رعایت دقیق دستورالعمل‌های فنی در عملیات زراعی موجب افزایش عملکرد و در نتیجه بهبود کارایی مصرف انرژی در پنبه خواهد شد. این دستور العمل‌ها شامل آماده سازی زمین، انتخاب ارقام تجاری مناسب برای مناطق پنبه‌کاری کشور، مصرف سموم علفکش قبل از کاشت و ضد عفونی بذر، رعایت توصیه کودی برای نوع، زمان، مقدار و روش مصرف کودهای شیمیایی و آلی، کاشت در زمان مطلوب، مصرف مقدار مناسب بذر و تراکم مطلوب بوته، وجین و کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات پنبه در طول فصل زراعی، مدیریت آبیاری، سرزنی[1] پنبه و مصرف مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی، رعایت زمان و روش دقیق برداشت دستی و مکانیزه می‌باشد.

راهکار پیشنهادی دیگری که برای بالابردن کارآیی مصرف انرژی می‌تواند مفید باشد، نشاءکاری پنبه است. موفقیت در نشاءکاری پنبه، امکان صرفه‌جویی در مصرف بذر، حذف عملیات تنک، استفاده از نشاء در واکاری و استفاده بهینه از منابع محدود آب در زمان تداخل آبیاری‌های بهاره در مزارع مجاور را فراهم خواهد نمود. ابوزید و همکارن (Abou-zeid et al., 1997) به این نتیجه رسیدند که نشاءکاری در مقایسه با کشت مستقیم بذر عملکرد پنبه را افزایش داده است. از طرف دیگر با توجه به طولانی بودن طول دوره رشد پنبه، نشاءکاری آن در تناوب یکساله با غلات پاییزه، باعث افزایش بهره‌وری از زمین خواهد شد. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که نشاءکاری بویژه در مواردی که بدلیل بکارگیری تناوب یکساله پنبه و غلات پاییزه، کشت پنبه به تأخیر می‌افتد، می‌تواند مفید باشد. چوی و همکاران (Choi et al., 1992) گزارش کردند که نشاءکاری پنبه پس از برداشت جو در تاریخ ۱۰ ژوئن (۲۰ خرداد-کشت دیر هنگام) عملکرد پنبه را در مقایسه با کشت مستقیم بذر در همان تاریخ افزایش داد، اما در کشت اول می (۱۱ اردیبهشت-کشت به موقع) عملکرد حاصل از نشاءکاری و کشت مستقیم مشابه بود. طهماسبی سروستانی و همکاران (Tahmasebi Sarvestani et al., 2000) نیز نشان دادند که در اراضی شور نشاءکاری پنبه در کشت دیر هنگام برای زودرسی محصول مناسب‌تر از کشت مستقیم بود.

راهکارهای مصرف بهینه انرژی شامل روش‌های مدیریتی کوتاه مدت و دراز مدت می‌باشد. علاوه بر آن، تلفیق استفاده از تجهیزات کارآمدتر و بکارگیری فناوری روز با عملیات زراعی با کارایی انرژی بالاتر برای تولید گیاهان زراعی و استفاده از منابع انرژی جایگزین و یا تجدید شونده به منظور کاهش وابستگی به انرژی سوخت‌های فسیلی نیز پیشنهاد می‌شود. از میان راهکارهای مدیریتی دراز مدت می‌توان،

1- Topping

بکارگیری دستاوردهایی نظیر تجهیزاتی با کارایی انرژی بالاتر، تغییر عملیات زراعی در جهت ثبات و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، اتخاذ عملیات کشاورزی دقیق (مانند خلبان خودکار، کنترل خودکار بوم سمپاش و کنترل ردیفکار)، کالیبراسیون دقیق و مناسب در مورد مصرف کودها و آفت‌کش‌ها را برشمرد و از این طریق با کاهش مصرف نهاده‌ها بدون اثر منفی بر ستانده‌ها بهبود کارآیی مصرف انرژی را مدنظر قرار داد.

از گروه برنامه‌های مدیریتی کوتاه مدت نیز به نظر می‌رسد، با کاهش مصرف سوخت، تغییر عملیات شخم، کاهش مصرف کود و مدیریت مناسب کوددهی می‌توانند در کاهش مصرف انرژی نقش داشته باشند.

همان‌طور که می‌دانیم بسیاری از عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت (کودپاشی، کاربرد سموم دفع آفات و امراض گیاهی) به طور مکانیزه و با استفاده از ادوات کششی انجام می‌شود. از این‌رو مصرف سوخت یکی از نهاده‌های اصلی است که موجب افزایش انرژی‌های ورودی به سیستم می‌شود. به این ترتیب، رعایت نکاتی به شرح زیر که منجر به کاهش مصرف سوخت در اجرای عملیات فوق‌الذکر گردد، در افزایش کارآیی انرژی مؤثر است.

الف- ذخیره‌سازی مناسب سوخت:

تانکرهای ذخیره سوخت می‌توانند مقادیر قابل توجهی سوخت بواسطه تبخیر و نشت از دست بدهند. برای کاهش مقدار این سوخت مصرفی بواسطه عملیات ذخیره‌سازی می توان مدیریت‌های زیر را اعمال کرد:

۱- نگهداری مخازن سوخت در سایه و دور از آفتاب،
۲- استفاده از تانک‌های آلومینیومی با رنگ‌های روشن (بویژه سفید) برای انعکاس گرمای خورشید،
۳- استفاده از درپوش‌های خلأ[1] به جای استفاده از درپوش‌های عادی،
۴- سرکشی مرتب و اطمینان از بسته بودن درب مخازن برای جلوگیری از نشت احتمالی.

ب- نگهداری و کاربرد صحیح ماشین آلات:

۱- استفاده از سوخت دیزل مناسب، استفاده از سوخت دیزل مناسب هر وسیله باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت بویژه در دراز-مدت خواهد شد.

۲- نصب یک گرم‌کننده الکتریکی و زمان دار روی ماشین آلات در مناطق سردسیر یا فصول سرد، نصب چنین وسیله‌ای باعث گرم کردن موتور وسیله مورد نظر در زمان کمتر و صرف انرژی کمتر خواهد شد.

۳- اطمینان از کارکرد مناسب ترموستات، کار کرد مناسب ترموستات باعث صرفه جویی در مصرف سوخت می‌شود.

۴- کاهش روشن بودن بی‌مورد موتور، تخمین زده شده که این موضوع ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل سوخت مصرفی را دربر دارد.

۵- کاهش رفت و آمد غیرضروری و سرعت مناسب تراکتور و یا وسیله نقلیه هنگام کار،

۶- تعمیر و نگهداری بموقع، تعمیر به موقع باعث کاهش مصرف سوخت و استهلاک می‌شود.

۷- اطمینان از سالم بودن و محکم بودن درب مخزن سوخت،

۸- استفاده از تراکتور، متناسب با قدرت موتور آن،

۹- کاهش بار اضافی از روی تراکتور و اجتناب از گذاردن بارهای سنگین و غیرضروری روی وسیله نقلیه،

۱۰- تنظیم باد تایر،

۱۱- تنظیم میزان لغزش تایر، میزان لغزش تایر بایستی بین ۵ تا ۱۰ درصد باشد، در این صورت مصرف سوخت مناسب بوده و موجب کاهش استهلاک و کاهش فشردگی خاک می‌گردد.

۱۲- دنده‌دهی و سرعت کم، مطالعات نشان داد که میزان بار کششی روی تراکتور بایستی فقط به میزان ۵۰ درصد ظرفیت کششی تراکتور باشد.

۱۳- تنظیم مناسب و دقیق تراکتور،

۱۴- تناسب ابزار آلات با نوع کاری که قادر به انجام آن هستند، بطور مثال عدم استفاده از صفحات کوچک یا خیلی بزرگ در دیسک‌ها برای انجام شخم در مزرعه و یا از ماشین آلات با حداکثر ظرفیت برای بذر پاشی، سم پاشی و یا جمع آوری محصول برای کاهش تعداد رفت و آمد در مزرعه استفاده شود.

ج- بهبود عملیات زراعی:

یکی از مهم‌ترین عملیات زراعی که به طور گسترده در مزارع انجام می‌شود و سهم زیادی از مصرف انرژی مستقیم را به خود اختصاص می‌دهد عملیات شخم است. خاک‌ورزی حفاظتی سیستم شخم قابل اجرا برای کاهش مصرف سوخت است و روش‌های متنوعی از قبیل سیستم بدون شخم، کاشت پشته‌ای[2] و کاشت در مالچ را شامل می‌شود.

د- مدیریت کوددهی:

به منظور کاهش میزان مصرف انرژی بصورت نهاده کودی بطور

1 - Pressure-relief

2- Ridge-till

مستقیم در مزرعه چندین راهکار عمده بـه شـرح زیـر پیشـنهاد شـده است:

۱ – مدیریت عناصر غذایی در راستای قرارگیـری کـود بیشـتر در اختیار گیاه هدف، شامل جایگذاری نواری کودها در امتداد ردیف‌هـای کشت، کاربرد محلول‌پاشی کودها روی شاخ و برگ گیاهـان زراعـی و یا در محیط فعالیـت ریشـه گیـاه، کـوددهی در زمـان نیـاز و مراحـل فنولوژیک ویژه در گیاه،

۲- اصلاح و انتخاب گیاهانی با نیاز کودی کمتر،

۳- مدیریت مصرف کود با نمونه‌گیری از خـاک قبـل از کشـت و نمونه‌گیری از گیاه بعد از کشت به منظور کاهش تلفات کودی،

۴- استفاده از بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون و تجزیه اوره در خاک،

۵- جایگزینی کودهای شیمیایی با منابع ارگانیک.

انتظار می‌رود با بکارگیری راهکارهای فوق‌الذکر مصـرف سـوخت در مزارع کشت پنبه کاهش یابد و ضمن ممانعـت از هـدرروی منـابع انرژی و حفظ این منابع برای آینـدگان، زمینـه حصـول درآمـد بیشـتر برای کشاورزان نیز فراهم گردد و از این رهگذر انگیزه‌ای برای رونـق هر چه بیشتر کشت و کار این گیاه راهبردی و مهم در کشـور فـراهم گردد.

سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه آقای مهندس اسفندیاری‌پور، کارشناس پنبه سـازمان جهـاد کشـاورزی اسـتان گلسـتان بـرای مقایسـه و تطبیـق اطلاعات جمع‌آوری شده از پنبه‌کـاران همچنـین از همکـاری آقایـان مهندس یزدانپرست، مهنـدس حسـینی، مهنـدس دلیجـه و مهنـدس قائمی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Koocheki, A., and Hosseini, M. 1999. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Ferdowsi University Publication, Iran. 317 pp. (In Persian)

2- Abou-zeid, M.K., Bishr, M.A., and El-tabbakh, S.S. 1997. Future of Egyption cotton producing in the new desert land of Egypt I. Effect of planting dates and cultivars on cotton yield and quality. Alexandria Journal of Agricultural Research 42: 49-62.

3- Choi, B.H., Kac, B.M., and Chung, K.Y. 1992. Optimum transplanting date, fertilizer application rate and planting density for upland cotton. Korean Journal of Crop Science 37: 217-223.

4- Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B., and Yilmaz, Y. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. African Journal of Agricultural Research 4(7): 599-604.

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

6- Ghasemi Mobtaker, H., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan on Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 367-372.

7- Sheikh Davoodi. M.J., and Houshyar, E. 2009. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 6(4): 381-384.

8- Singh J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Germany: Int. Inst. of Management, University of Flensburg, Master of Science Thesis, Germany.

9- Tahmasebi Sarvestani, Z., Kordi, M., Nemati, N., and Baniani, A. 2000. Evaluation of Cotton transplanting in saline soils. Iranian Journal of Crop Sciences 2(4): 57-66. (In Persian with English Summary)

10- Unakitan. G., Hurma, H., and Yilmaz, F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy 35: 3623-3627.

11- Yaldiz. O., Ozturk, H.H., Zeren, Y., and Bascetincelik, A. 1993. Energy use in field crops of Turkey. 5th International Congress of Agricultural Machinery and Energy, 12-14 October 1993, Kusadası Turkey.

12- Yilmaz, I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30: 145-155.

13- Zarefeizabadi, A., Sareban, G., and Khazaei, H. 2010. Effect of ecological management of weed control on economical income, yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Agroecology 2(1): 37-44. (In Persian with English Summary)