نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۸۷۳-۸۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 853-873

ارزیابی عملکرد، مصرف سوخت و شاخص‌های انرژی در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان

رضا عارفی[1*]، افشین سلطانی[2] و حسین عجم نوروزی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶

عارفی، ر.، سلطانی، الف.، و عجم نوروزی، ح. ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد، مصرف سوخت و شاخص‌های انرژی در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳):۸۷۳-۸۵۳.

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی میزان سوخت و شاخص‌های انرژی در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شهرستان‌های علی‌آباد کتول و آق‌قلا در استان گلستان طی سال‌های ۹۳-۹۴ انجام شد. اطلاعات از طریق مصاحبه حضوری با ۱۰۰ پنبه‌کار جمع‌آوری شد. مقادیر مصرف سوخت و انرژی برای هر یک از عملیات زراعی مرتبط با تولید پنبه در علی‌آباد و آق‌قلا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد وش ۲/۸ تن در هکتار بدست آمد که این مقدار معادل ۱۵۴۳۷۱ مگاژول در هکتار انرژی می‌باشد. بیشترین مصرف انرژی با ۴۱ درصد از کل انرژی مصرفی مربوط به عملیات آبیاری بود و عملیات‌های تغذیه و آماده‌سازی زمین در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. مجموعه انرژی نیروی کارگری ۲۲۶۲ مگاژول در هکتار محاسبه شد که به ترتیب عملیات برداشت، آبیاری و وجین، سله‌شکنی و واکاری از بیشترین به کمترین مصرف انرژی کارگری را داشتند. ۶۱ درصد از کل انرژی (۱۰۲۱۷ مگاژول در هکتار) به طور غیرمستقیم برای ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین آلات، تولید بذر، تولید کود نیتروژن، تولید کودهای فسفر، تولید کودهای پتاسیم، تولید کودهای آلی، تولید حشره‌کش‌ها، تولید علف‌کش‌ها و تولید قارچ‌کش‌ها مصرف شده است. تولید کود نیتروژن با ۳۰ درصد بیشترین سهم را نسبت به سایر بخش‌های انرژی‌های غیرمستقیم داشت در حالی‌که ۳۹ درصد از کل انرژی‌های مصرفی مربوط به انرژی‌های مستقیم و از طریق بکارگیری نیروی انسانی و مصرف سوخت مصرف شده است. متوسط نسبت انرژی در مجموع مزارع برابر با ۵/۹۲ بود. نتایج بررسی مقادیر کل انرژی ورودی در مزارع نشان داد که کمترین و بیشترین انرژی ورودی کل به ترتیب برابر ۱۵۶۱۴ و ۴۳۳۲۱ مگاژول در هکتار محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: انرژی خروجی، انرژی مستقیم، انرژی ورودی، نیروی انسانی

مقدمه

موضوع انرژی در کشاورزی به دلیل سیر صعودی نرخ انرژی و سوخت‌های فسیلی و محدود بودن منابع انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به نیاز روز افزون به انرژی و افزایش جمعیت جهانی که منجر به افزایش مصرف غذا و مصرف سرانه و ارتقاء کیفی سطح زندگی شده، موضوع انرژی، چگونگی مصرف و افزایش کارآیی مصرف انرژی و بهینه‌سازی آن همواره حائز اهمیت می‌باشد (Almasi, 2005). انرژی یکی از مباحث مهم بوم‌شناسی کشاورزی است و در این ارتباط در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در اکوسیستم‌های مختلف کشاورزی محاسبه شده است. اکوسیستم‌های کشاورزی، به دو نهاده مختلف انرژی یعنی انرژی اکولوژیکی و زراعی وابسته هستند (Hosier, 1985; Dehghanian and Koocheki, 1996). مصرف فشرده انرژی در بوم نظام‌های زراعی سبب بروز مشکلات عدیده‌ای برای سلامت اجتماعی و محیط زیست شده است. استفاده کارآمد از انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
۲- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: arefi.reza@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i3.62349

سبب کمینه‌سازی مشکلات زیست محیطی، جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و دستیابی به کشاورزی پایدار به عنوان یک نظام تولیدی اقتصادی می‌گردد. چنین نظام‌هایی می توانند در دراز مدت ادامه حیات داده، از نظر محیطی سودمند و مناسب بوده، امنیت غذایی را با تکیه بر بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های خارجی ایجاد کرده و بر اساس راهبردهای بوم‌شناختی درون نظام، خود را تنظیم کرده و توانایی بازیابی یابد. بنابراین, ارزیابی بوم شناختی نظام‌های تولید در کشاورزی برای اطمینان از سلامت بهره‌گیری از منابع به لحاظ زیست محیطی و طراحی نظام‌های تولیدی که در آنها سطوح بالای ستاده از نظام، با تکیه برکمینه انرژی فسیلی ورودی حاصل می‌شود و به ویژه در نظام‌های تولید محصولات راهبردی در هر منطقه ضروری است. انرژی را می‌توان به دو بخش انرژی‌های ورودی و انرژی‌های خروجی تقسیم‌بندی نمود که در اکثر مطالعات حاضر انرژی‌های ورودی (مصرفی) به دو بخش انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم طبقه‌بندی می‌شوند (Kaltsas et al., 2007; Turhan et al., 2008; Tipi et al., 2009; Kizilaslan, 2009; Akcaoz et al., 2009). در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی انرژی ورودی شامل انرژی خورشیدی (اکولوژیک) و انرژی زراعی هستند (Koocheki and Hosseini, 1994; Schroll, 1994; Ozkan et al., 2004). انرژی زراعی مستقیم شامل آماده‌سازی زمین، آبیاری، برداشت، فرآوری پس از برداشت، حمل و نقل نهاده‌ها و محصول می‌شود و انرژی زراعی غیرمستقیم کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها هستند (Alam et al., 2005). احمدی و آقاعلیخانی (Ahamadi & Aghaalikhani, 2013) در بررسی مصرف انرژی در زراعت پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان، سهم انرژی مصرفی در مورد سوخت تراکتور و موتورپمپ را به ترتیب برابر ۲۴ درصد و ۳۰ درصد و به‌طور کل، ۵۴ درصد انرژی مصرفی مربوطه به سوخت گازوئیل گزارش نمودند. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳ درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند و مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان ۳۱ گیگاژول بر هکتار اعلام شد. ارزیابی بودجه انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب‌زمینی در استان کردستان توسط پناهی و کافی (Panahi & Kafi, 2012) نشان داد که مقادیر کارایی مصرف انرژی، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی و انرژی خالص در مزارع تجاری به ترتیب ۱/۳۷، ۲/۶۲ مگاژول به ازای هر کیلوگرم ۰/۳۸ کیلوگرم به ازای هر مگاژول ۳۴۹۱۳/۰۷ مگاژول در هکتار برآورد گردید. در تحقیقات سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) بیشترین انرژی را جهت آماده سازی بسترکشت با صرف ۵۳ درصد از کل انرژی مصرف شد و به ترتیب آبیاری با ۱۵ درصد و برداشت با ۱۹ درصد بیشتر مصرف کنندگان انرژی بوده‌اند و نیز عملیات کاشت ۷/۲ درصد انرژی ورودی را به خود تعلق و سایر عملیات کمتر از یک درصد انرژی را به خود تعلق داده‌اند (Soltani et al., 2013). در محیط خشک میزان آبیاری افزایش خواهد یافت و لذا میزان انرژی مصرفی نیز افزایش خواهد یافت (Tuti et al., 2012).

در بررسی مؤیدی شهرکی و همکاران Moayedi shahraki et al., 2010) بر روی زراعت زعفران بیشترین میزان مصرف انرژی در سال اول مربوط به کود دامی با مقدار ۹۱/۱۶ درصد از کل انرژی و در سال دوم تا پنجم کود اوره با مقدار ۳۷/۶۷ درصد از کل انرژی مصرفی اعلام نمود و همچنین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در طی یک دوره پنج ساله بهره‌برداری زعفران برابر ۰/۴۱ برآورد گردید.

یکی از رویکردهای مناسب در جهت کاهش انرژی‌های ورودی و از سوی دیگر افزایش انرژی‌خروجی، بررسی و ارزیابی شاخص‌های به دست آمده از مطالعات منطقه‌ای می باشد. این که چه عواملی چگونه و به چه میزان بیشترین تأثیر را در مقدار این شاخص‌ها می‌گذارند در کنار بررسی امکان جایگزینی آنها با سایر عوامل و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی، در نهایت می‌تواند منجر به بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی گردد (Witney, 1995). از طرفی آنالیز مصرف انرژی می‌تواند نشان‌دهنده چگونگی کاهش انرژی ورودی به نظام تولیدی و افزایش کارایی انرژی باشد (Fluck and Baird, 1980; Panesar & Fluck, 1993; Aggarwal, 1995; Kaltsas et al., 2007; Strapatsa et al., 2006)

رجبی و همکاران (Rajabi et al, 2012) بر ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان بیان داشتند انرژی ورودی کودهای شیمیایی (۴۵/۸ درصد) عمدتا نیتروژن (۳۸/۳ درصد) بیشترین سهم را در کل انرژی‌های ورودی دارا بود و به دنبال آن انرژی ورودی سوخت (۲۲/۵ درصد) قرار داشت.

سینگ و همکاران (Sing et al., 2002) نیز میزان کل سوخت مصرفی را برای ۳ محصول گندم (*Triticum aestivum* L.)، نخود سبز (*Pisum sativum* L.) و ارزن صدفی (*Panicum miliaceum* L.) در هند بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که برای تولید این محصولات به ترتیب ۵۹، ۲۲/۳ و ۲۸/۷ لیتر در هکتار سوخت گازوئیل

و همچنین ۲۵۱/۲، ۸۲/۷ و ۵۹/۷ کیلووات در هکتار الکتریسیته نیاز است و نیز جهت ارزیابی سوخت مصرفی برای تولید گندم در منطقه آنتالیای ترکیه تحقیقی انجام گردید و میزان کل سوخت مصرفی برابر با ۶۷/۸ لیتر در هکتار سنجیده شد که از این مقدار عملیات تهیه بستر (خاک‌ورزی) با ۴۶/۵ لیتر بیشترین سهم را دارا بود. ضمن اینکه عملیات‌های دیگر نظیر برداشت (۴۶/۵)، کنترل آفات (۱ لیتر) کوددهی (۰/۶ لیتر)، حمل و نقل (۵/۷ لیتر) و کاشت (۰/۵ لیتر) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (Kaltsas et al., 2007).

پنبه مهمترین و قدیمی‌ترین گیاه لیفی جهان، از جنس *Gossypium* می‌باشد. وجود الیاف مصنوعی تا اندازه‌های در صنایع نساجی جای پنبه را گرفته‌اند ولی هنوز پنبه ارزش و مقام خود را حفظ کرده است (Smith & Cothren, 1991) در بازار جهانی، دانه پنبه در میان پنج دانه روغنی، در مقام دوم قرار دارد و علت آن غنی بودن پنبه دانه از مواد پروتئینی و روغنی می‌باشد. متجاوز از یک قرن است که روغن پنبه مصرف خوراکی دارد و به علت مصرف متعدد جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی ایران دارد و به آن طلای سفید می‌گویند (Anonymous, 1980-1994). بر طبق آمار فائو (FAO, 2009) چین، هند، آمریکا، پاکستان و ازبکستان بزرگترین تولیدکنندگان پنبه دانه در دنیا هستند.

کشت پنبه از زمان‌های بسیار قدیم در ایران معمول و رقم پنبه مورد کشت از نوع بومی بوده است. استان گلستان نیز به عنوان قطب اصلی تولید پنبه به سرزمین طلای سفید معروف بوده است. سطح زیرکشت پنبه در ایران در سال زراعی ۵۲- ۱۳۵۱ معادل ۳۸۰ هزار هکتار بوده که استان گلستان با دارا بودن ۱۸۰ هزار هکتار سطح زیر کشت، بزرگ ترین تولیدکننده این محصول در بین استان‌های مختلف کشور بوده است. این در حالی است که در سال‌های اخیر سطح زیرکشت این محصول در کل کشور بویژه در استان گلستان دارای روند کاهشی بوده بطوری‌که سطح زیرکشت آن در سال زراعی ۹۳- ۱۳۹۲ به حدود ۱۰۰ هزار هکتار در کشور و ۹ هزار هکتار در استان گلستان رسیده است (Department of Agriculture, 2013). در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان، ضرورت مطالعه و یافتن راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی احساس می‌شود. با توجه به جایگاه پنبه در جهان و موقعیت ممتاز استان گلستان در تولید این محصول برآورد انرژی‌های ورودی، کارایی انرژی و انرژی ویژه در این محصول یکی از زمینه‌های تحقیقاتی ضروری می باشد که می‌تواند زمینه‌ساز ارایه راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در این محصول باشد. اهداف اصلی این تحقیق شامل تعیین سهم نهاده‌های مختلف و ارزیابی مصرف سوخت، انرژی و شاخص‌های انرژی در تولید پنبه در دو منطقه علی آباد کتول و آق قلاگلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری این پژوهش، کشاورزان پنبه‌کاری بودند که بذر مورد نیاز خود را از مراکز خدمات تهیه می‌کردند و چون جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در طی سال زراعی انجام می‌شد کشاورزانی که از طرف مراکز خدمات احتمال همکاری بهتری را داشتند معرفی شدند (۱۳۰ کشاورز). بر این اساس، تعداد مزارع با استفاده از فرمول کوکران ،۹۶ مزرعه به دست آمد که به منظور افزایش دقت، ۱۰۰ کشاورز به صورت تصادفی انتخاب شد. بر اساس فرمول کوکران p و q، ۰/۵ مقدار z، ۱/۹۶ و d، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد، N حجم جمعیت آماری و n حجم نمونه می‌باشد.

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}(\frac{Z^2 pq}{d^2}-1)}$$

تعداد ۱۰۰ مزرعه پنبه در اطراف شهرهای علی آباد و آق قلا واقع در استان گلستان ایران در دو سال زراعی ۹۳ و ۹۴ انتخاب شدند. این مزارع طوری انتخاب شدند که طیفی از کشاورزان را دربرگیرند. کلیه عملیات و اتفاقات در طول فصل رشد در این مزارع رصد گردید و نیز اطلاعات کاملی از روش‌های تیپیک تولید و عملیات زراعی در سالیان گذشته جمع‌آوری گردید (جدول ۱)، این اطلاعات شامل استفاده از ادوات، سوخت، کود، آفت‌کش و نظایر این‌ها بودند. بدین منظور ابتدا کلیه‌ی اعمال زراعی به ۸ بخش تهیه‌ی زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل‌ونقل به کارخانه جهت تحویل محصول تفکیک شدند، سپس مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها و اطلاعات جامع‌تر در هر مرحله از کاشت تا برداشت جمع‌آوری و ثبت گردیده و اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق نرم‌افزار اکسل محاسبات انجام و انرژی مصرفی برای نهاده‌های مختلف پنبه برآورد گردید.

جدول ۱- مشخصات مدیریتی هر مزرعه برای کشت پنبه در استان گلستان

Table 1- Profile management of the farm for the cultivation of cotton in Golestan Province

سال	شماره مزرعه / کشاورز	تعداد شخم	تعداد دیسک	میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	نوع کود مصرفی	تعداد آبیاری	تعداد دفعات وجین	تعداد دفعات سم پاشی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
Year	No. farm / farmer	The number of plow	Number of disks	Amount of consumed seed energy (kg.ha-1)	Fertilizer consumption	Number of irrigations	Number of weeding	The number of spraying	Yield (kg.ha-1)
93	1	0	5	60	سوپر فسفات تریپل، اوره و حیوانی Urea، TSP، Animal manure	5	2	3	3550
93	2	1	7	60	سوپرفسفات تریپل، اوره Urea، TSP	5	3	5	2800
93	3	1	7	50	سپر فسفات تریپل، TSP	5	3	7	3300
93	4	1	4	50	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP، Urea	5	4	4	3500
93	5	0	3	40	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP، Urea	5	3	4	3700
93	6	0	8	60	سپر فسفات تریپل، TSP	4	1	6	2500
93	7	0	5	60	سوپر فسفات تریپل و کود حیوانی، TSP، Animal manure	6	2	5	3300
93	8	0	3	50	سوپر فسفات تریپل، TSP	5	1	5	2800
93	9	0	3	48	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP، Urea	6	1	5	3700
93	10	0	3	55	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP، Urea	5	2	5	3600
93	11	0	3	40	اوره Urea	9	0	6	3500
93	12	0	3	50	اوره Urea	5	1	3	2000
93	13	0	3	60	اوره و حیوانی، Urea، Animal manure	8	2	6	3550
93	14	0	3	40	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP،Urea	4	1	4	2100
93	15	0	3	40	اوره Urea	6	2	5	2200
93	16	0	3	40	اوره Urea	3	1	4	2600
93	17	0	5	65	اوره Urea	5	2	4	2500
93	18	0	3	65	اوره Urea	6	0	6	3100
93	19	0	4	40	فسفات آمونیم، اوره DAP، Urea	5	1	3	2700
93	20	0	4	60	اوره Urea	7	0	6	3250
93	21	0	3	40	سوپرفسفات تریپل، اوره Urea، TSP	5	1	4	2700
93	22	0	3	40	سوپرفسفات تریپل، اوره Urea، TSP	6	0	5	3050
93	23	0	7	47	اوره Urea	6	1	4	2300
93	24	1	6	45	سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم TSP، SOP	4	1	3	4300
93	25	1	4	55	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP،Urea	4	1	4	3150
93	26	1	4	55	اوره و حیوانی، Urea، Animal manure	4	3	5	3100
93	27	0	3	40	اوره و حیوانی، Urea، Animal manure	4	2	3	4200
93	28	1	4	55	سوپر فسفات تریپل، اوره ، سولفات پتاسیم و کود حیوانی، TSP، UREA، SOP، Animal manure	5	3	4	3800
93	29	1	3	60	فسفات آمونیم، اوره DAP، Urea	4	2	4	3500
93	30	1	4	50	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP،Urea	5	2	5	3500
93	31	1	6	50	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP،Urea	5	2	5	3400
93	32	1	4	50	سوپر فسفات تریپل، اوره و کود حیوانی، TSP،Urea، Animal manure	6	2	4	3600
93	33	1	5	60	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP، Urea	5	2	3	3200
93	34	0	3	55	اوره Urea	6	0	6	2650

TSP= Triple Super Phosphate سوپر فسفات پتاسیم

DAP= Diammonium phosphate دی آمونیم فسفات

SOP= Potassium sulfate سولفات پتاسیم

NPK= Macro fertilizers کود ماکرو

ادامه جدول یک

سال	شماره مزرعه / کشاورز	تعداد شخم	تعداد دیسک	میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	نوع کود مصرفی	تعداد آبیاری	تعداد دفعات وجین	تعداد دفعات سم پاشی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
Year	No. farm / farmer	The number of plow	Number of disks	Amount of consumed seed energy (kg.ha-1)	Fertilizer consumption	Number of irrigations	Number of weeding	The number of spraying	Yield (kg.ha-1)
93	35	0	3	50	اوره Urea	7	1	5	3200
93	36	0	3	60	اوره Urea	6	1	3	2800
93	37	0	3	40	سوپرفسفات تریپل، اوره TSP،Urea	6	0	6	3250
93	38	0	4	50	سوپر فسفات تریپل ، و کود حیوانی TSP، Animal manure	7	0	4	3500
93	39	0	2	30	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Animal manure	5	0	3	2300
93	40	0	2	50	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Urea	7	0	6	3200
93	41	1	5	50	سوپرفسفات تریپل و اوره TSP، Urea	5	2	6	3650
93	42	1	4	45	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Urea	5	3	5	3800
93	43	1	6	45	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Urea	3	3	3	2700
93	44	0	4	55	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Urea	5	1	5	3550
93	45	1	5	50	سوپرفسفات تریپل و اوره TSP، Urea	5	2	3	4000
93	46	2	6	60	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Urea	4	2	3	3200
93	47	1	6	40	فسفات امونیم و اوره DAP، Urea	3	2	4	3700
93	48	0	6	65	سوپرفسفات تریپل ، و اوره TSP، Urea	5	3	5	3300
93	49	1	6	55	دی فسفات امونیم و اوره DAP، Urea	4	2	3	3400
93	50	0	7	60	سوپر فسفات تریپل و حیوانی TSP، Animal manure	4	2	5	3100
94	51	2	5	40	سوپر فسفات تریپل ، اوره، سولفات پتاسیم و کود حیوانی TSP، Urea، SOP، Animal manure	4	2	4	3800
94	52	0	4	45	سوپر فسفات تریپل ، اوره، سولفات پتاسیم و کود حیوانی TSP، Urea، SOP، Animal manure	4	2	4	3500
94	53	2	6	35	اوره و کود حیوانی Urea، Animal manure	3	3	4	2500
94	54	0	3	35	اوره Urea	8	4	4	2600
94	55	0	5	40	اوره Urea	6	2	2	3100
94	56	1	4	65	اوره و کود حیوانی Urea، Animal manure	5	1	2	1500
94	57	0	2	55	سوپر فسفات تریپل ، اوره و کود حیوانی TSP،Urea، Animal manure	4	3	4	2200
94	58	0	3	30	دی فسفات امونیوم و کود حیوانی DAP، Animal manure	3	1	4	1600
94	59	0	5	35	اوره Urea	4	4	4	1800
94	60	1	6	50	اوره و کود حیوانی Urea، Animal manure	5	3	3	2300
94	61	0	6	55	سوپر فسفات تریپل ، اوره، سولفات پتاسیم و کود حیوانی TSP، Urea، SOP، Animal manure	8	3	4	3200
94	62	0	4	40	اوره، سوپر فسفات تریپل و کود حیوانی TSP،Urea، Animal manure	5	2	3	3100
94	63	0	3	40	دی فسفات امونیوم و کود حیوانی DAP، Animal manure	5	3	3	3000
94	64	2	4	55	سولفات امونیوم SOP	4	3	4	2900
94	65	0	4	60	سولفات امونیوم SOP	4	2	2	1800
94	66	0	6	55	سوپر فسفات تریپل ، اوره و کود حیوانی TSP،Urea، Animal manure	6	2	5	2800
94	67	1	5	45	سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره TSP، SOP، UREA	5	2	3	3600

TSP= Triple Super Phosphate سوپر فسفات پتاسیم

DAP= Diammonium phosphate دی آمونیم فسفات

SOP= Potassium sulfate سولفات پتاسیم

NPK= Macro fertilizers کود ماکرو

ادامه جدول یک

سال	شماره مزرعه / کشاورز	تعداد شخم	تعداد دیسک	میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	نوع کود مصرفی	تعداد آبیاری	تعداد دفعات وجین	تعداد دفعات سم پاشی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
Year	No. farm / farmer	The number of plow	Number of disks	Amount of consumed seed energy (kg.ha-1)	Fertilizer consumption	Number of irrigations	Number of weeding	The number of spraying	Yield (kg.ha-1)
94	68	0	2	45	سوپر فسفات تریپل ، اوره، سولفات پتاسیم و کود حیوانی ، TSP، Urea، SOP، Animal manure	5	1	4	3300
94	69	0	3	50	سوپر فسفات تریپل، اوره و کود حیوانی، TSP،Urea، Animal manure	7	2	3	3300
94	70	0	4	55	اوره Urea	3	3	4	1900
94	71	0	2	50	اوره Urea	5	4	3	1700
94	72	0	5	40	اوره Urea	4	2	5	1900
94	73	0	6	50	اوره و کود حیوانی ، Urea، Animal manure	4	3	4	3500
94	74	1	5	45	اوره، کود ماکرو و حیوانی ، Urea، NPK، Animal manure	6	3	5	3800
94	75	0	4	35	سوپر فسفات تریپل ، اوره، سولفات پتاسیم و کود حیوانی ، TSP، Urea، SOP، Animal manure	7	4	4	3300
94	76	0	5	50	اوره و کود حیوانی ، Urea، Animal manure	4	4	5	3200
94	77	0	4	45	اوره و کود حیوانی ، Urea، Animal manure	6	4	5	3500
94	78	0	6	60	اوره Urea	8	1	5	1700
94	79	0	4	50	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	3	2	5	1900
94	80	2	6	55	اوره Urea	5	4	7	2800
94	81	0	4	50	اوره Urea	4	3	5	2700
94	82	0	5	50	سوپر فسفات تریپل ، اوره و حیوانی ، TSP،Urea، Animal manure	4	3	4	2900
94	83	0	4	45	سوپر فسفات تریپل، اوره، کود حیوانی TSP،Urea، Animal manure	5	4	3	3000
94	84	0	6	55	سوپر فسفات تریپل ، TSP	5	2	5	3500
94	85	0	4	55	سوپر فسفات تریپل ، اوره و سولفات پتاسیم SOP، TSP، Urea	3	3	3	2100
94	86	0	3	45	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	6	2	2	2500
94	87	0	5	40	سوپر فسفات تریپل ، اوره و کود حیوانی ، TSP،Urea، Animal manure	5	3	4	2600
94	88	0	4	40	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	4	4	5	2400
94	89	0	4	45	سوپر فسفات تریپل ، اوره و کود حیوانی ، TSP،Urea، Animal manure	7	3	3	2900
94	90	0	5	55	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	6	2	4	3000
94	91	0	6	60	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	5	2	3	1900
94	92	0	4	50	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	3	1	5	1300
94	93	0	3	50	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	2	1	3	900
94	94	0	3	55	سوپر فسفات تریپل و اوره Urea، TSP	3	1	3	1100
94	95	0	5	45	اوره و کود حیوانی ، Urea، Animal manure	4	2	2	1700
94	96	2	6	45	اوره و سولفات پتاسیم Urea، SOP	4	3	3	2200
94	97	1	4	50	اوره و کود حیوانی ، Urea، Animal manure	5	2	3	2100
94	98	0	6	55	سوپر فسفات تریپل ، TSP	2	1	4	1000
94	99	1	5	60	سوپر فسفات تریپل ، TSP	4	1	3	1200
94	100	0	4	60	اوره Urea	3	2	3	1800

TSP= Triple Super Phosphate سوپر فسفات پتاسیم

DAP= Diammonium phosphate دی آمونیم فسفات

SOP= Potassium sulfate سولفات پتاسیم

NPK= Macro fertilizers کود ماکرو

انرژی را می‌توان به دو بخش انرژی‌های ورودی و انرژی‌های خروجی تقسیم‌بندی نمود که در اکثر مطالعات حاضر انرژی‌های ورودی (مصرفی) به دو بخش انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم طبقه‌بندی می‌شوند (Kaltsas et al., 2007; Turhan et al., 2008; Tipi et al., 2009; Kizilaslan, 2009; Akcaoz et al., 2009). که انرژی مستقیم از انرژی مصرفی سوخت، نیروی برق و نیروی انسانی مصرفی تشکیل و انرژی غیرمستقیم از جمع انرژی مصرفی جهت تولید و حمل و نقل کودهای شیمیایی، انرژی مصرفی برای تولید و حمل و نقل سموم شیمیایی همچون علف کش‌ها و آفت کش‌ها، انرژی مورد نیاز به منظور ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات کشاورزی، انرژی موجود در بذر بدست می‌آید.

با توجه به مطالب عنوان شده مبنای محاسبات در این تحقیق براساس دو شکل انرژی‌های ورودی مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گردد و در نهایت انرژی خروجی محصول (وش) محاسبه گردید.

برآورد سوخت مصرفی

به منظور مصرف سوخت، مدت زمان هر عملیات از آغاز تا پایان به طور جداگانه محاسبه گردید و سپس براساس رابطه زیر محاسبه شد (Rajabi et al., 2011).

$$FT= t * FH$$

که FT: سوخت مورد نیاز برای انجام عملیات زراعی در سطح یک هکتار (لیتر در هکتار)، t: مدت زمان کارکرد تراکتور (ساعت در هکتار) و FH: سوخت مورد نیاز تراکتور در یک ساعت انجام عملیات (لیتر بر ساعت) می‌باشد. سپس با به دست آمدن میزان کل سوخت مصرفی (لیتر در هکتار) برای هر عملیات، مقدار انرژی ورودی برحسب مگاژول در هکتار با استفاده ضریب تبدیل مربوط به عملیات محاسبه شد.

برآورد انرژی

محاسبه کل انرژی ورودی سوخت در عملیات‌های زراعی (تهیه زمین، کاشت، کودهی، حفاظت کوددهی، حفاظت گیاه، آبیاری و حمل و نقل) ۱۰۰ مزرعه تولید پنبه براساس ضریب تبدیل انرژی سوخت گازوئیل و بنزین به ترتیب معادل ۳۸ و ۳۷ مگاژول بر لیتر (Hydrocarbon balance sheet in Iran, 2007) محاسبه شد (Soltani et al, 2013).

محاسبه انرژی نیروی انسانی

برای کلیه مراحل عملیات زراعی و ساعات کارگران در مزرعه برحسب ساعت در هکتار ثبت می‌شود؛ سپس با ضریب تبدیل انرژی مربوط به نیروی انسانی برابر ۱/۹۶ به کل انرژی ورودی نیروی انسانی برای عملیات‌های زراعی مختلف برحسب مگاژول در هکتار محاسبه گردید (Soltani et al., 2013).

محاسبه انرژی مصرفی کودهای شیمیایی

به منظور محاسبه انرژی در کودها، وزن کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در درصد عناصر تشکیل دهنده آن ضرب و با استفاده ضریب تبدیل مربوطه انرژی کودها محاسبه شد. همچنین سمومی که حالت جامد دارند، وزن سم مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در کسر ماده مؤثره موجود در آن ضرب شد، سپس میزان انرژی با استفاده از ضریب تبدیل انرژی محاسبه شد (Rajabi et al., 2012).

$$P=W*Aa$$

در این رابطه p: وزن ماده مؤثره موجود در آفت‌کش یا وزن ماده مغذی موجود در کود بر حسب کیلوگرم در هکتار؛ W: وزن آفت‌کش یا وزن کود برحسب کیلوگرم در هکتار و Aa: کسر ماده مؤثره موجود در آفت‌کش یا کسر ماده مغذی موجود در کود است.

محاسبه انرژی سموم شیمیایی

به منظور ارزیابی مصرف انرژی در این بخش، درصد ماده مؤثر هر سم از طریق برچسب قوطی سم در دسترس قرار گرفت و چگالی مربوط به سموم مایع از طریق منابع مختلف جمع‌آوری شد. سپس وزن مخصوص (کیلوگرم در لیتر) در درصد ماده مؤثره، ضرب شد؛ سپس میزان مصرف انرژی برای علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره کش‌ها بر حسب مگاژول بر هکتار با استفاده از ضریب تبدیل مربوطه حساب شد (Rajabi et al., 2012).

$$PW=Pv*Aa*d$$

در این رابطه، PW: وزن ماده مؤثره موجود در آفت‌کش بر حسب کیلوگرم در هکتار؛ Pv: حجم آفت‌کش برحسب لیتر در هکتار؛ Aa: کسر ماده مؤثره موجود در آفت‌کش؛ d: وزن مخصوص ماده مؤثره بر حسب کیلوگرم در لیتر.

انرژی مصرفی برای ساخت ادوات و ماشین الات

برای محاسبه کل انرژی در این بخش معادل انرژی برای ادوات

و ماشین الات که عدد ثابت ۱۴۲/۷ مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد در وزن ادوات و ماشین آلات (کیلوگرم) و مدت زمان استفاده از آن (ساعت در هکتار) ضرب و بر عمر مفید ادوات و ماشین آلات مورد استفاده تقسیم شد و انرژی ساخت، تعمیر و نگهداری و حمل و نقل ماشین آلات برحسب مگاژول در هکتار محاسبه می‌گردد. عدد ثابت و معادل ۱۴۲/۷ مگاژول بر کیلوگرم شامل ۸۶/۳۸ مگاژول بر کیلوگرم برای ساخت، ۴۷/۵ مگاژول بر کیلوگرم برای تعمیر و نگهداری و ۸/۸ مگاژول بر کیلوگرم برای حمل و نقل ادوات و ماشین آلات مورد استفاده در مزارع می‌باشد (Kaltsas et al., 2007).

$$Em=(E*W/Lt)*t$$

در این رابطه، Em: انرژی کاربرد ادوات و ماشین آلات جهت انجام عملیات زراعی (مگاژول در هکتار)؛ E: معادل انرژی برای ساخت، تعمیر و نگهداری و حمل و نقل ادوات و ماشین آلات (مگاژول بر کیلوگرم)؛ W: وزن ادوات و ماشین آلات (کیلوگرم) ؛ Lt: عمر مفید ادوات و ماشین آلات (ساعت)؛ t: مدت زمان کاربرد ادوات و ماشین آلات (ساعت).

محاسبه انرژی بذر

برای محاسبه انرژی موجود در بذر پنبه، مقدار بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ مزرعه مورد بررسی ثبت شد و سپس با استفاده از ضریب تبدیل مربوط به بذر پنبه کل انرژی موجود در بذر برحسب مگاژول در هکتار محاسبه شد. پس از برداشت محصول عملکرد مزرعه ثبت شد و با استفاده از ضریب تبدیل انرژی (۵۴/۵ مگاژول بر کیلوگرم وش– الیاف + دانه) برحسب مگاژول در هکتار میزان انرژی خروجی محاسبه گردید (Ozkan et al., 2004).

با برآورد انرژی‌های ورودی و خروجی پارامترهای شاخص ارزیابی انرژی از قبیل نسبت یا کارایی انرژی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی و عملکرد انرژی خالص برای هر مزرعه با استفاده از روابط زیر Sing et al., 2002; Rajabi et al., 2011) محاسبه شد.

نسبت یا کارایی انرژی

$$ER=EO/EI$$

که در آن ER: نسبت یا کارایی انرژی عددی است بدون واحد، EO: مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد (Rajabi et al., 2011).

انرژی ویژه

$$SE=EI/GY$$

که در آن SE: انرژی ویژه (مگاژول در کیلوگرم)، EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد (Rajabi et al., 2011).

بهره‌وری انرژی

$$EP=GY/EI$$

که در آن EP: بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، GY: عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد (Rajabi et al., 2011).

عملکرد انرژی خالص

$$NEY=EO-EI$$

که در آن NEY: عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO: مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد (Rajabi et al., 2011).

بخشی از نمودارها و کلیه محاسبات آماری توسط اکسل انجام و جهت رسم نمودار باکس پلات و نمودارهای فراوانی تجمعی از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

در بین مراحل مختلف مورد بررسی جهت تولید یک هکتار پنبه، بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به مرحله آبیاری با ۴۱ درصد کل انرژی صرف شده در طول دوره کشت بود (جدول ۳). افزایش تعداد آبیاری تأثیر به سزایی در افزایش مصرف سوخت و انرژی داشته به طوری‌که بیشترین و کمترین انرژی مصرفی مربوط به بیشترین و کمترین تعداد آبیاری می‌باشد. بعد از آبیاری به ترتیب مراحل تغذیه، آماده‌سازی زمین، کنترل شیمیایی علف‌های هرز و آفات و کاشت از رتبه‌های بعدی از نظر مصرف انرژی بودند. احمدی و آقاعلیخانی (Ahamadi & Aghaalikhani, 2013) نیز در بررسی مصرف انرژی در زراعت پنبه به نتایج مشابهی رسیده و بیشترین سهم انرژی مصرفی را مربوط به عملیات آبیاری گزارش کردند.

جدول۲- معادل های انرژی های ورودی و خروجی های مورد استفاده در تولید پنبه

Table 2- Inputs and outputs of energy used in the production of cotton

نوع نهاده یا ستاده Type of input and output	واحد (هکتار) Unit (in ha)	معادل انرژی Energy equivalent	منبع Reference
ورودی ها (الف A) Inputs			
نیروی انسانی Human labor	h	1.96	Ozkan et al., 2004
بذر پنبه Cotton seeds	kg	33	Ozkan et al., 2004
ماشین ها Machinery	kg	142.7	Kaltsas et al., 2007
کودهای شیمیایی Chemical fertilizer	kg	60.6	
نیتروژن (a) Nitrogen	kg	60.6	Akcaoz et al., 2009
فسفر (b) Phosphate	kg	6.7	Akcaoz et al., 2009
پتاسیم (c) Potassium	kg	11.1	Akcaoz et al., 2009
کود آلی Animal manure	kg	0.3	Ozkan et al., 2004
گازوئیل Gasoline	L	38	Balance sheet hydrocarbon Iran., 2008
الکتریسیته Electriciy	kwh	3.6	Pimental & Pimental., 2008
علف کش ها Herbicides	Kgai	278	Tzilivakis et al., 2005
حشره کش ها Pesticides	Kgai	237	Tzilivakis et al., 2005
قارچ کش ها Fungicides	Kgai	99	Strapatsa et al., 2006
خروجی (ب B) Output			
وش Lint	kg	54.5	Ozkan et al., 2004

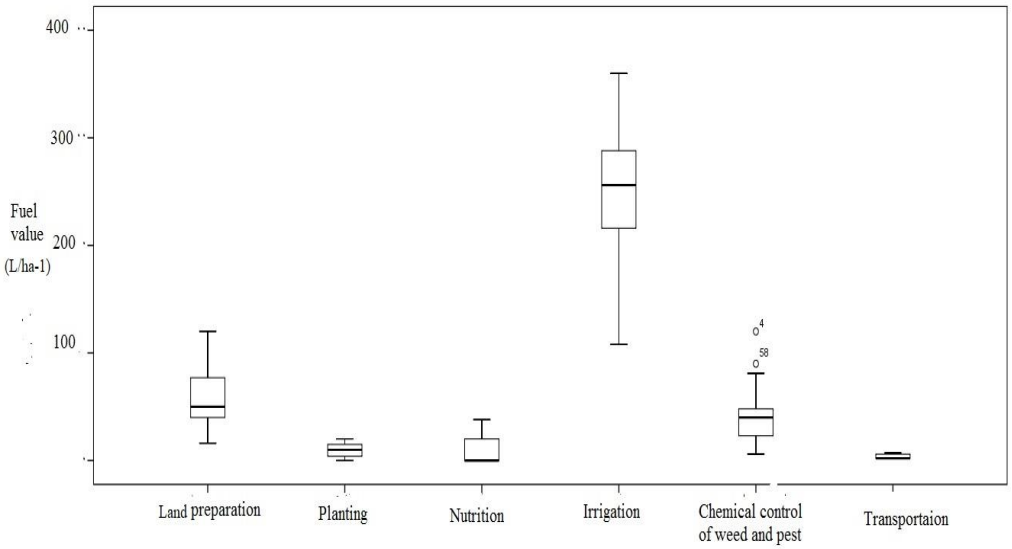
جدول ۳- انرژی های ورودی و خروجی تولید پنبه در استان گلستان (مگا ژول در هکتار)

Table 3- Inputs and outputs energies of cotton production in Golestan Province (MJ/ha-1)

ورودی ها و خروجی ها *Inputs and outputs*	میانگین *Mean*	درصد *Percentage*
ورودی ها ***Inputs***		
آماده سازی زمین Land preparation	2546.74663	10
کاشت Planting	2091.722498	8
تغذیه Nutrition	6457.119142	25
آبیاری Irrigation	10857.18505	41
وجین، واکاری و سله شکنی Weeding,Cultivation and crust-breaking	574.1428	2
کنترل شیمیایی علف های هرز و آفات Chemical control of weeds and pests	2581.025253	10
برداشت Harvesting	879.7852	3
حمل و نقل Transporting	338.878413	1
کل Total	26326.60499	
خروجی ***Output***		
وش *Cotton*	33423.5	

ارزیابی مصرف سوخت برای انجام عملیات مختلف زراعی نشان داد که عملیات آبیاری با ۶۸ درصد کل سوخت مصرفی در تولید پنبه بیشترین مصرفی را به خود اختصاص داده و عملیات آماده‌سازی و کنترل شیمیایی علف‌های هرز و آفات در رتبه‌های بعدی از نظر مصرف سوخت می‌باشند (شکل ۱). بخش‌های حمل و نقل، کاشت و تغذیه پایین‌ترین مصرف سوخت (شکل ۱) و عملیات‌های برداشت، وجین، واکاری و سله‌شکنی در تولید پنبه در استان گلستان به دلیل اینکه در تمامی مزارع توسط نیروی کارگری انجام گردیده بود بدون مصرف سوخت بودند. استخراج آب از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق با پمپ‌های دیزلی، عملیات آبیاری در چندین مرحله جهت تأمین آب مورد نیاز پنبه در طول دوره کشت، اصلی‌ترین دلایل بیشتر بودن مصرف سوخت در عملیات آبیاری نسبت به سایر عملیات‌ها می‌باشد.

در جدول ۴ میانگین انرژی نیروی کارگری در هر یک عملیات‌های زراعی ارائه شده است. نتایج بررسی نشان داد که عملیات برداشت به طور میانگین ۸۷۹ مگاژول و با ۳۹ درصد سهم بیشترین و عملیات آماده‌سازی، کاشت، تغذیه، حمل و نقل و کنترل شیمیایی علف هرز و آفات پایین‌ترین سطح مصرف انرژی نیروی انسانی را داشتند برداشت سنتی پنبه با دست، با تعداد زیادی کارگر و معمولا در سه مرحله و نیز کنترل علف‌های هرز، سله‌شکنی و وجین با استفاده از نیروی کارگری جز عوامل اصلی افزایش انرژی نیروی کارگری مصرفی در برداشت پنبه در استان گلستان می‌باشد (جدول ۴).



شکل ۱- نمودار باکس پلات مصرف سوخت برای عملیات‌ها زراعی تولید پنبه در استان گلستان

Fig. 1- Box plot diagram of fuel consumption for agricultural operations of cotton production in Golestan province

جدول ٤- میانگین انرژی نیروی کارگری در هریک از مراحل در تولید پنبه (مگا ژول در هکتار)

Table 4- Average of labor force energy in each stage (MJ/ha-1)

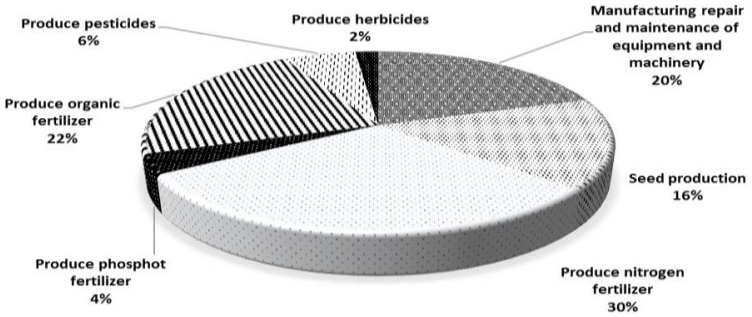
مراحل تولید **Producing stages**	میانگین **Mean**	درصد **Percentage**
آماده سازی زمین Land preparation	9.896824	1
کاشت Planting	4.846296	0
تغذیه Nutrition	18.5024	1
آبیاری Irrigation	717.8304	32
وجین، واکاری و سله شکنی Weeding, gap filling and crusting	574.1428	25
کنترل شیمیایی علف های هرز و آفات Chemical control of weeds and pests	28.276528	1
برداشت Harvesting	879.7852	39
حمل و نقل Transporting	29.694	1
کل Total	2262.974448	

جدول ۵- میانگین انرژی مستقیم و غیر مستقیم در تولید پنبه (مگا ژول در هکتار)

Table 5- Direct and indirect energy mean in cotton prodution (MJ/ha-1)

نوع انرژی Type of energy	میانگین Mean	درصد Percentage
انرژی مستقیم Direct energy	16142.61125	39
انرژی غیر مستقیم Indirect energy	10183.99374	61
کل Total	26326.60499	

جدول ۵ نشان می‌دهد که از کل انرژی که برای تولید پنبه مصرف شده است. ۶۱ درصد آن (۱۰۲۱۷ مگا ژول در هکتار) به طور غیرمستقیم برای ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین آلات، تولید بذر، تولید کود نیتروژن، تولید کودهای فسفر، تولید کودهای پتاسیم، تولید کودهای آلی، تولید حشره‌کش‌ها، تولید علف‌کش‌ها و تولید قارچ‌کش‌ها مصرف شده است. تولید کود نیتروژن با ۳۰ درصد بیشترین سهم را نسبت به سایر بخش‌های انرژی‌های غیرمستقیم داشت (شکل ۲). در حالی که ۳۹ درصد از کل انرژی‌های مصرفی مربوط به انرژی‌های مستقیم و از طریق بکارگیری نیروی انسانی و مصرف سوخت مصرف شده است.



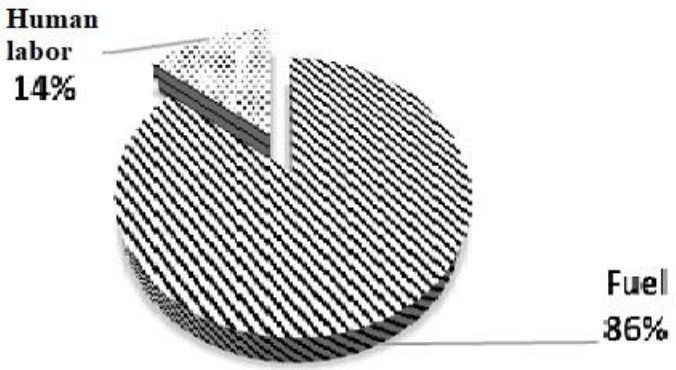
شکل ۲- سهم هر یک از بخش‌های انرژی‌های غیرمستقیم در تولید پنبه

Fig. 2- Contribution of each indirect energy sector in cotton production

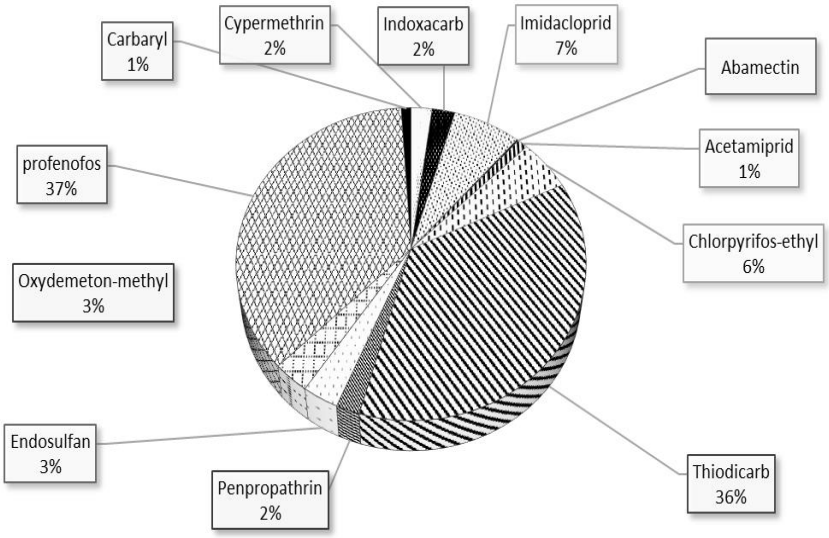
شکل ۳ نشان می‌دهد که ۸۶ درصد از انرژی‌های مستقیم مصرفی در تولید پنبه در استان گلستان از منابع غیرقابل تجدید تأمین می‌شود در واقع انرژی که به صورت سوخت موتور پمپ‌ها و ماشین آلات مصرف می‌شود همگی از منابع غیرقابل تجدید تأمین می‌شوند. نهاده‌های پر مصرف انرژی در تولید پنبه به ترتیب سه نهاده کودهای شیمیایی، آب آبیاری و سوخت دیزل برای استان آنتالیا و سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و ماشین آلات برای استان هاتای گزارش شدند (Dagistan et al., 2009; Yilmaz et al., 2005) در تحقیق رجبی و همکاران (Rajabi et al, 2012) بر ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان، بیشترین انرژی مصرفی را مربوط به کودهای شیمیایی و سپس سوخت را بیان کردند. طاهری راد و همکاران (Taheri rad et al., 2015) در بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحلیل انرژی و هزینه‌های تولید پنبه، میزان نهاده‌های سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی را جز پر مصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید پنبه عنوان کردند. متفاوت بودن مدیریت‌های زراعی و شرایط اقلیمی هر نظام تولید برای هر گیاهی میزان مصرف هر نهاده را می‌تواند مشخص کند در کشت پنبه در استان گلستان به دلیل استفاده بیشتر از ادوات دیزلی و کودهای شیمیایی در مدیریت زراعی مزرعه این نهاده‌ها را نسبت به سایر نهاده‌ها، پر مصرف نموده است.

سموم شیمیایی آفت‌کش که برای تولید پنبه در مزارع نمونه مورد استفاده قرار گرفت شامل: کنفیدور، ابامکتین، استامی پراید، دورسپان، لارویین، دانیتول، آندوسولفان، متاسیتوکس، کواکرون، سوین،

سایپرمترین و اوانت بودند که میانگین انرژی‌های غیرمستقیم برای سموم حشره‌کش نشان داد که کواکرون و لاروین به ترتیب ۳۷ و ۳۶ درصد از کل انرژی مصرفی تولید سموم شیمیایی آفت‌کش‌ها را مصرف نموده‌اند (شکل ۴). استفاده از سموم کواکرون و لاروین به دلیل کنترل آفت کرم قوزه پنبه می‌باشد. افزایش مدیریت مزرعه و زمان مناسب سم‌پاشی تأثیر به سزایی در کاهش مصرف سموم و کاهش مصرف انرژی می‌تواند داشته باشد در بین علف‌کش‌های مورد استفاده بیشترین مقدار و انرژی مصرفی مربوط به علف‌کش ترفلان بود (شکل ۸).



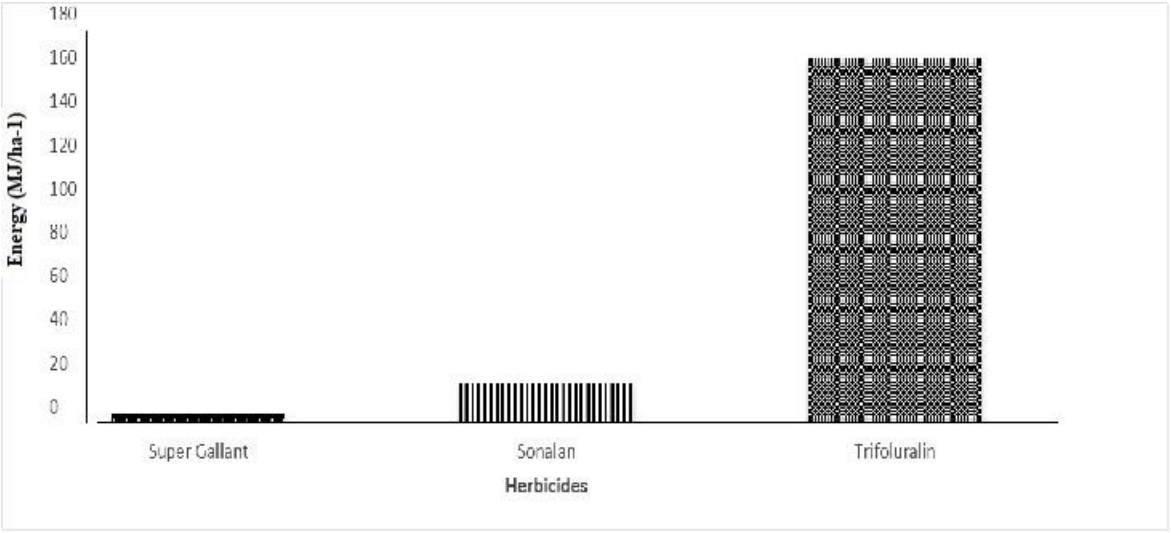
شکل ۳- سهم هر یک از بخش‌های انرژی‌های مستقیم در تولید پنبه
Fig. 3- Contribution of each direct energy sector in cotton production



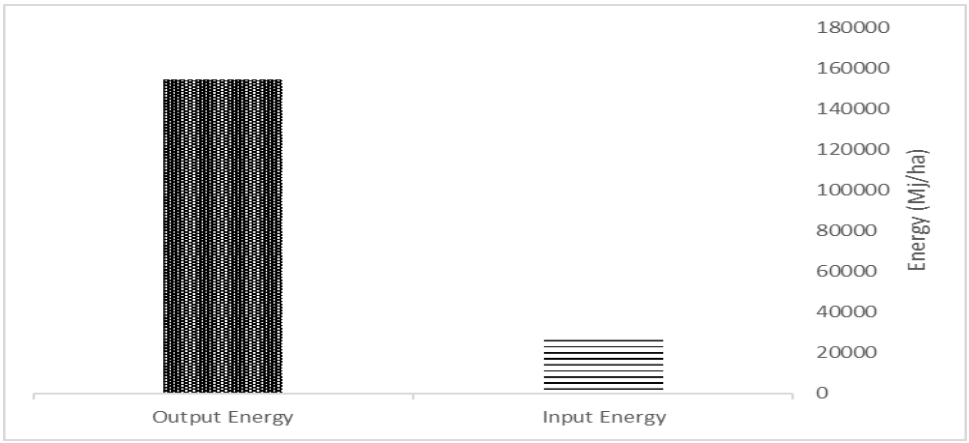
شکل ٤- سهم آفت کش‌ها پنبه در مصرف انرژی‌های غیرمستقیم در تولید پنبه
Fig. 4- Contribution of cotton pesticides in indirect energy consumption in cotton production

نتایج بررسی مقادیر کل انرژی ورودی در مزارع نشان داد که کمترین و بیشترین انرژی ورودی کل به ترتیب برابر ۱۵۶۱۴ و ۴۳۳۲۱ مگاژول در هکتار محاسبه شد. مصرف انرژی ورودی در پرمصرف‌ترین مزرعه در مقایسه با کمترین مزرعه، ۲/۷ برابر بیشتر بود. به طور میانگین مقدار انرژی ورودی در مزارع پنبه ۲۶۳۵۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد. میانگین عملکرد وش برای تمامی

مزارع ۲/۸ تن در هکتار بدست آمد که این مقدار معادل ۱۵۴۳۷۱ مگاژول در هکتار انرژی می‌باشد (شکل ۶). طاهری راد و همکاران (Taheri Rad et al., 2014) نتایج حاصل از مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان را ۲۸۸۹۸ مگاژول بر هکتار گزارش کرد رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2012) حداکثر انرژی ورودی و انرژی خروجی برای کشت گندم در استان گلستان را به ترتیب برابر ۲۱۱۷۹ و ۱۲۰۵۳۱ مگاژول در هکتار اعلام نمود.



شکل ۵- نمودار میزان انرژی مصرفی علف کش‌ها در تولید پنبه
Fig. 5- Diagram of herbicides consumed energy in cotton production

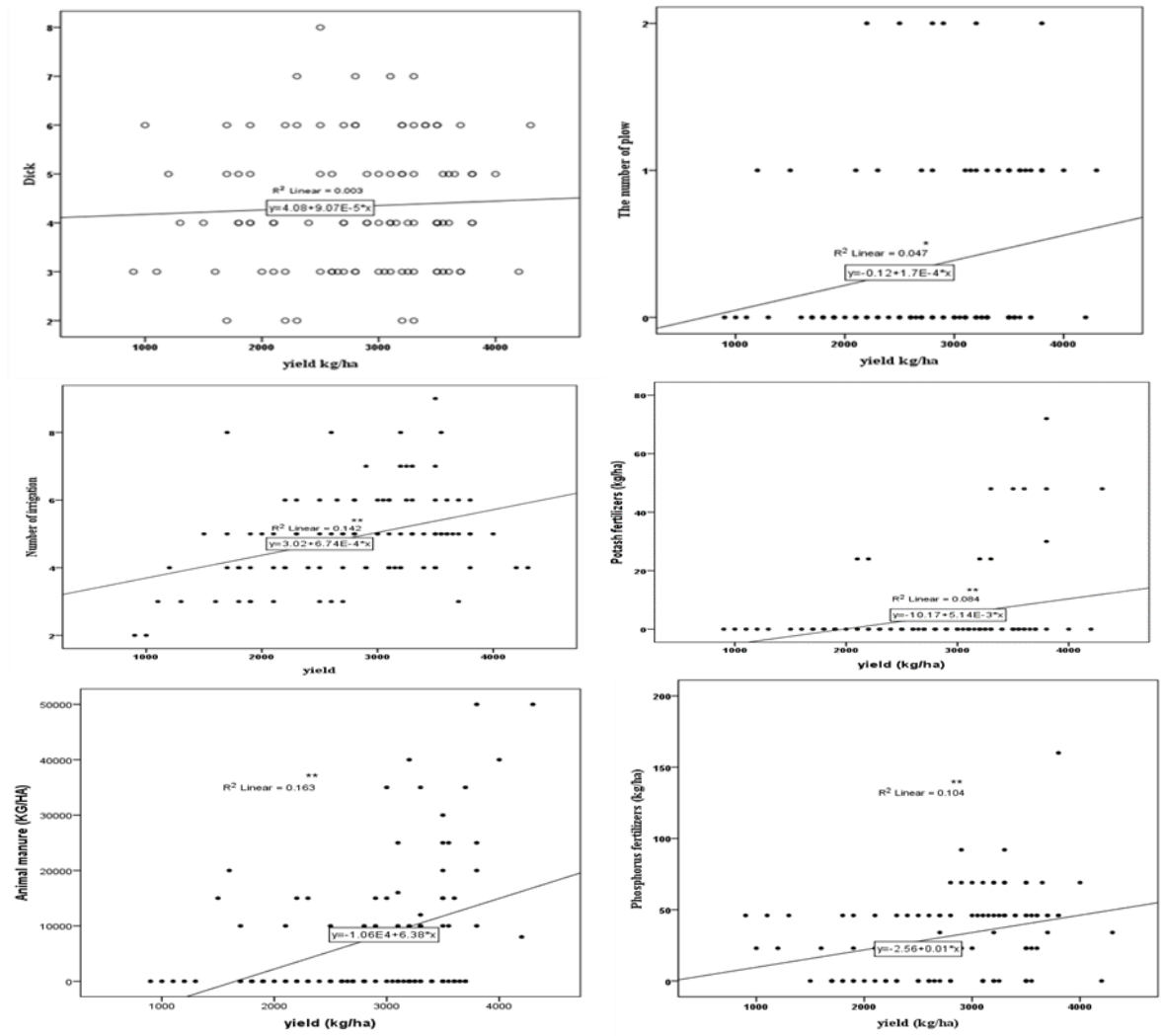


شکل ٦- نمودار میزان میزان انرژی ورودی و خروجی در تولید پنبه
Fig. 6- Diagram of input and output energies amount on cotton production

ارزیابی عملکرد

نتایج ضرایب همبستگی و نمودارهای رگریسیون بین عملیات‌های مختلف زراعی و عملکرد نشان می‌دهد که عملکرد با دفعات تکرار شخم، دفعات تکرار دیسک، دفعات تکرار آبیاری، مقدار مصرف کود فسفر، پتاسیم و کود حیوانی مصرفی رابطه مستقیم و معنی‌داری دارد (شکل ۷) بیشترین عملکرد بدست آمده از نمونه‌های مورد بررسی برابر ۴۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بدست آمده برابر ۹۰۰ کیلوگرم می‌باشد (جدول ۱). در بررسی عملکرد نمونه های مورد مطالعه، مدیریت‌های زراعی مختلفی با نتایج متفاوتی مشاهده می‌شود، ولی یکی از دلایل اصلی افزایش عملکرد، مدیریت

زراعی مزرعه در تعدد و زمان انجام هر یک از عملیات‌ها و میزان مصرف نهادها می‌باشد، مدیریت‌های زراعی مختلف برای تمام نمونه‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است میانگین عملکرد برای نمونه‌های مورد بررسی برابر ۲۸۵۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. سالیانه بیش از ۱۰۵ هزار هکتار از زمین‌های زراعی ایران با میانگین عملکرد ۲۴۳۰ کیلوگرم وش در هکتار به کشت پنبه اختصاص می‌یابد (Anonymous., 2010).



شکل ۷- رابطه عملیات‌های مختلف کشت پنبه با عملکرد پنبه

Fig. 7- The various operations related to cotton yield of cotton

رابطه بین تعداد شخم با عملکرد پنبه (بالا سمت راست)- رابطه بین تعداد دیسک با عملکرد پنبه (بالا سمت چپ)

The relationship between the number of disks of cotton yield (top left) -The relationship between the number of plowing cotton yield (top right)

رابطه بین مقدار مصرف پتاسیم در هکتار با عملکرد پنبه (وسط سمت راست)- رابطه بین تعداد آبیاری با عملکرد پنبه (وسط سمت چپ)

The relationship between the number of watering the cotton yield (center left) - The relationship between the amount of potassium in the yield of cotton (middle right)

رابطه بین مقدار مصرف فسفر مصرفی در هکتار با عملکرد پنبه (پایین سمت راست)- رابطه بین مقدار مصرف کود حیوانی در هکتار با عملکرد پنبه (پایین سمت چپ)

The relationship between the amount of manure per hectare cotton yield (lower left) -The relationship between the amount of phosphorus per hectare cotton yield (lower right)

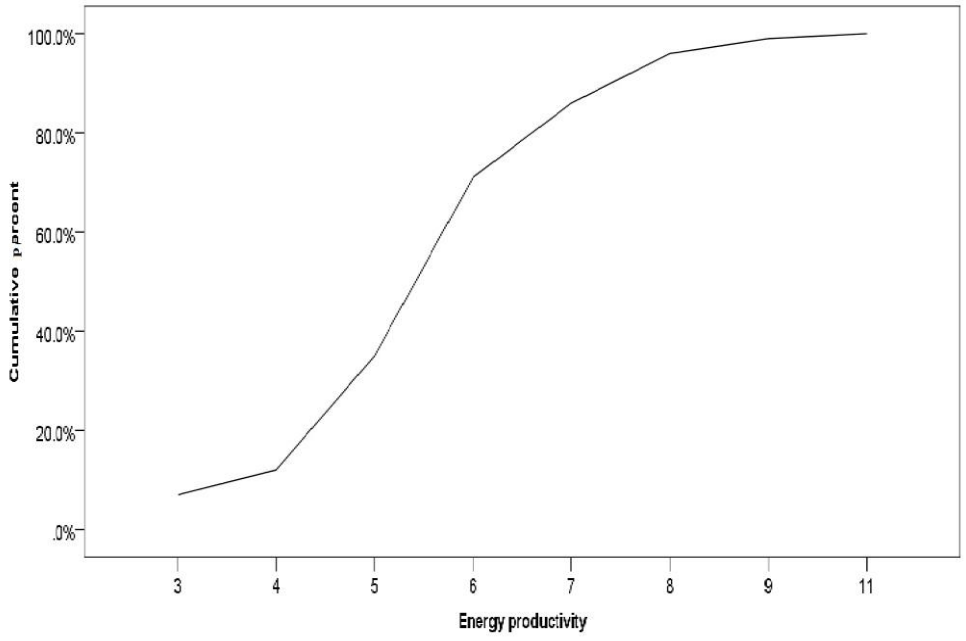
جدول ٦- شاخص های ارزیابی انرژی در تولید پنبه در استان گلستان

Table 6- Energy assessment indicators in cotton production on Golestan Province

شاخص های ارزیابی انرژی Energy assessment indicators	حداکثر Maximum
نسبت یا کارایی انرژی (ER) Energy rate (ER)	2.46
انرژی وِیژه (SE) مگا ژول در کیلوگرم Special energy (SE) MJ/Kg-1	21.09
بهره وری انرژی (EP) کیلوگرم بر مگا ژول Energy productivity (EP) Kg/MJ-1	0.21
عملکرد انرژِی خالص (NEY) مگا ژول در هکتار Net energy yield (NEY) MJ/he-1	25,941.84

شاخص‌های ارزیابی انرژی

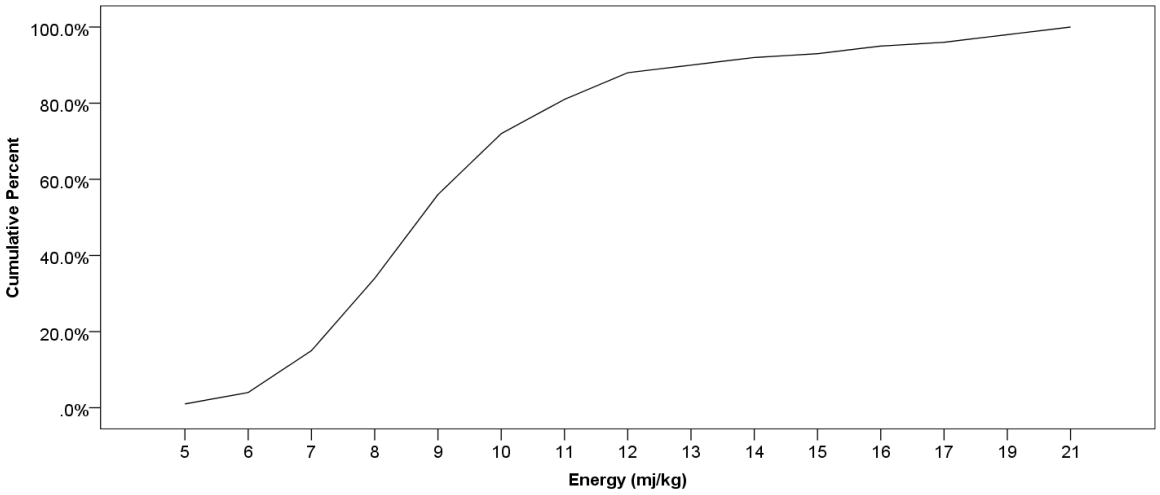
نسبت انرژی بیان‌کننده راندمان یا کارایی انرژی یک سیستم است. متوسط نسبت انرژی در مجموع مزارع برابر با ۵/۹۲ بود و حدود ۲۰ درصد از مزارع دارای کارایی انرژی حدود ۷ به بالا را داشتند (شکل ۷). نمونه‌ای که از نظر میزان مصرف انرژی ورودی و خروجی مناسب‌ترین مزرعه در بین مزارع باشد بیشترین نسبت یا کارایی انرژی را خواهد داشت و مزارعی که مصرف نهاده‌ها در مصرف انرژی به طور کارا عمل نکند و جایگاه مناسبی به لحاظ انرژی ورودی و انرژی خروجی نداشته باشد کمترین میزان نسبت کارایی انرژی را خواهد داشت. تحقیقات مشابهی در خصوص ارزیابی کارایی انرژی پنبه توسط سایر محققین انجام و کارایی انرژی تولید پنبه در استان های آنتالیا و هاتای ترکیه، ۰/۷۴ و ۲/۳۶ (Dagistan et al., 2009; Yilmaz et al., 2005) در استان البرز ۱/۸۵ مگاژول در هکتار (Pishgar-komleh et al., 2012) گزارش گردیده است.



شکل ۷- فراوانی تجمعی کارایی انرژی در مزارع تولید پنبه

Fig. 7- Cumulative frequency of energy productivity on cotton production farms

در رابطه با انرژی ویژه نیز بیشترین میزان ۲۱ مگاژول در هکتار و کمترین ۴/۷۹ مگاژول در هکتار مشخص شد (شکل ۷). لازم به ذکر است که انرژی ویژه عملکرد سیستم تولیدی را در خصوص مصرف انرژی نشان می‌دهد. کمترین میزان انرژی ویژه مناسب‌ترین مزرعه برای تولید پنبه می‌باشد و نیز حدود ۲۰ درصد مزارع میزان انرژی ویژه کمتر از ۷ مگاژول در کیلوگرم داشتند (شکل ۷). داغستان و همکاران (Dagistan et al., 2009) انرژی ویژه را در مطالعه آنالیز مصرف انرژی در تولید پنبه در ترکیه ۴/۹۹ مگاژول بر کیلوگرم برآورد کردند در این تحقیق میانگین انرژی ویژه برابر ۹/۸۸ مگاژول بر کیلوگرم برآورد شده است.



شکل ۸- فراوانی تجمعی انرژی ویژه (مگا ژول در کیلوگرم) در مزارع تولید پنبه
Fig. 8- Cumulative frequency of special energy on cotton production farms

در رابطه با بهره‌وری انرژی بین ۰/۲۱ تا ۰/۰۵ کیلوگرم بر مگاژول متغیر و میانگین آن برابر با ۰/۱۱ کیلوگرم بر مگاژول بود (جدول ۶) و میانگین عملکرد انرژی خالص ۱۲۷ گیگاژول در هکتار برآورد گردیده است.

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی مصرف انرژی در مزارع نشان داد که بیشترین مصرف انرژی مربوط به انرژی های غیرمستقیم (۶۱ درصد از کل انرژی) شامل ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین آلات، تولید بذر، تولید کود نیتروژن، تولید کودهای فسفر، تولید کودهای پتاسیم، تولید کودهای آلی، تولید حشره‌کش‌ها، تولید علف‌کش‌ها و تولید قارچ کش‌ها مصرف شده است. که در این بین سهم تولید کودهای نیتروژن با ۳۰ درصد بیشترین مصرف و نیز ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین آلات و تولید کودهای آلی در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کاهش مصرف کودهای نیتروژن را از طریق راه‌های زیر کاهش داد.

استفاده از کودهای نیتروژن براساس آزمون خاک

انطباق داد زمان کوددهی با نیاز گیاه

بهبود در روش‌های کوددهی مانند جایگزاری در خاک به جای پخش دستی و سانتریفیوژ

استفاده از ترکیبات بازدارنده نیترویفیکاسیون یا کود های پوشش دار

استفاده از کودهای سبز

مدیریت زارع از طرق کاهش تعداد عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه، کاهش تعداد دور آبیاری و آبیاری براساس نیاز گیاه، کاهش تعداد سم پاشی‌ها و سم پاشی در زمان مناسب باعث کاهش انرژی ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین آلات خواهد شد.

بیشترین مصرف انرژی در بین انرژی‌های مستقیم (نیروی کارگری و سوخت) متعلق به انرژی سوخت می‌باشد که ۸۶ درصد از

انرژی‌های مستقیم را سهم خود نموده است کـه سـهم عظمـی از آن مربوط به سوخت مصرفی در طول دوره آبیاری پنبه می‌باشـد. عوامـل زیادی مانند بافت خاک، مسطح بودن مزرعه، نیاز گیـاه، نـوع پمـپ و تجهیزات مورد استفاده، تعمیر و نگهداری به موقع تجهیـزات آبیـاری، شرایط آب و هوایی، میـزان آب موجـود و نحـوه دسترسـی و از همـه مهمتر مدیریت کوتاه مدت و دراز مدت زارع می‌تواند میـزان مصـرف سوخت و انرژی مصرفی جهت آبیاری را کاهش دهد یکی از مهمترین عملیات زراعی که به طور گسترده در مزارع انجـام مـی‌شـود و سـهم زیادی از مصرف سوخت را به خود اختصاص می‌دهد عملیـات شـخم است. خاک‌ورزی حفاظتی سیسـتم شـخم قابـل اجـرا بـرای کـاهش مصرف سوخت است.

منابع

Aggarwal, G.C. 1995. Fertilizer and irrigation management for energy conservation in crop production. Energy 20(8): 771-776.

Ahmadi, M., and Aghaalikhani, D. 2013. Analysis of Energy Consumption of Cotton in Golestan province in order to provide a solution for increasing resource efficiency. Journal of Agroecology. 4(2): 151-158. (In Persian with English abstract).

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal food Agriculture Environment **7**: 475-480.

Alam, M.S., Alam, M.R., and Islam, K.K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American. Journal of Environmental Sciences 1(3): 213-220.

Almasi, M. 2005. Energy management in agriculture. Masters textbook of agricultural mechanization. Azad University of Science and Research of Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 2010. Statistic Agriculture. Crop Production. Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture. Ministry of Jihad Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 1980-1994. Final research report on cotton improvement projects. Cotton Research Institute (In Persian with English abstract).

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. Energy Conversion and Management 46(4): 655-666.

Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stonehouse, D.P., Hume, D.J., and Swanton, C.J. 2005. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management-systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 52(2): 119-128.

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

Dehghanian, S., and Kocheki, A. 1996. Ecological economy and organic agriculture economy. Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran 164 (In Persian).

Fluck, R.C., and Baird, C.D. 1980. Agricultural energetics. AVI Publishing Co.

Hosier, R. 1985. How hold energy consumption in rural Kenya. Ambio 14(4-5): 225- 227.

Institute for International Energy Studies. 2007. Hydrocarbon balance sheet in Iran, Ministry of Petroleum.

Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture, Ecosystems and Environment 122(2): 243-251.

Kizilaslan, N. 2009. Energy use and input-output energy analysis for apple production in Turkey. The Journal of Agricultural and Environmental **7**(2): 419-423.

Koocheki, A., and Hosseini, M. 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. University of Mashhad Publication 299. (In Persian).

Moayedi Shahraki, A.A., Jami Ahmadi, M., and Behdani, M.A. 2010. Performance evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) In: South Khorasan. Journal of Agroecology 2: 55-62. (In Persian with English abstract).

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

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Karadeniz, F. 2005. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management 45(11): 1821-1830.

Panahi, F, H., and Kafi, M. 2012. Budget evaluation and energy efficiency in potato fields in Kurdistan, Case Study: Plain Dehgolan. Journal of Agroecology. 4(2): 159-169. (In Persian).

Panesar, B.S., and Fluck, R.C. 1993. Energy productivity of a production system-analysis and measurement. Agricultural Systems 43(4): 415-437.

Pimental, D., and Pimental, M, H. 2008. Food, energy and society. Taylor and Francis Group publisher 380.

Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012. Exploring energy consumption and CO_2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy 4: 033115-033114.

Rajabi, M.H., Soltani, A., Vahidinia, B., Zeinali, E., and Soltani, E. 2011. Fuel consumption assessment on wheat production farms in Gorgan. Environmental Sciences 9(2). (In Persian with English abstract).

Rajabi, M.H., Soltani, A., Zeinali, E., and Soltani, E. 2012. Energy consumption assessment on wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production 19(3). (In Persian with English abstract).

Schroll, H. 1994. Energy –flow and ecological sustainability in Danish agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 51(3):301-310.

Sing, H., Mishra, D., and Nahar, N, M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India_ part I. Energy Conversion and Management 43(16): 2275-2286.

Smith, C.W., and Cothren, J.T. 1991. Cotton; origin, history, technology and production. John Wiley & Sons 9.

Soltani, A., Rajabi, M. H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy 50: 54-61. (In Persian with English abstract).

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, Ecosystems and Environment 116(3): 176-180.

Taheri-Rad, A.R., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Nourozieh, S. 2014. Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province. Journal of Agricultural Machinery 5(2): 428-445.

Tipi, T., Cetin, B., and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. The Journal of Agricultural and Environmental **7**: 352-356.

Turhan, S., Canan Ozbag, B., and Rehber, E. 2008. A comparison of energy use in organic and conventional tomato production. The Journal of Food, Agriculture and Environment 6(3-4): 318-321.

Tuti, D.M., Prakash, V., Pandey, B.M., Bhattacharyya, R., Mahanta, D., Bisht, J.K., Kumar, M., Mina, B.L., Kumar, N., Bhatt, J.C., and Srivastva, A.K. 2012. Energy budgeting of colocasia-based cropping systems in the Indian sub-Himalayas. Energy 45(1): 986-993.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems 85(2): 101-119.

Witney, B. 1995. Choosing and using farm machines. Land Technology Ltd, UK.

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.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 853-873

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۸۷۳-۸۵۳

Estimation of Fuel and Energy Consumption and Indicators of Cotton Production in Golestan Province (Iran)

R. Arefi[1*], A. Soltani[2], and H. Ajam Norouzi[3]
Submitted: 26-03-2017
Accepted: 06-06-2017

Arefi, R., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 2018. Estimation of fuel and energy consumption and indicators of cotton production in Golestan Province (Iran). Journal of Agroecology. 10(3):853-873.

Introduction

Energy is of particular important in agricultural inputs due to the increasing rate of consumption, fossil fuels adverse impacts on the environment and limited sources. Due to the growing demand of energy, increasing world population, increasing food consumption per capita and improvement of life quality, the energy, the way it consumes and increasing its efficiency and optimization are very important. Moayedi et al (1388) indicated that the highest energy consumption of the first year of saffron cultivation was related to manure application with a 16.91% of the total energy consumption and in the second to fifth to urea fertilizer with a 67/37% of the total energy consumption. Similarly, energy production to consumption ratio over a period of five years of saffron cultivation was estimated to be 41/0. Ahamadi & Aghaalikhani, (2013) reviewed the energy consumption of cotton in the Golestan province. They considered the share of energy use in cotton in Golestan province, the share of energy consumption in tractor fuel inputs and fuel pump to be 24%, 30% respectively, and 54% of the energy was related to diesel fuel. Fertilizers had 24% and chemicals had 13% of energy consumption, and the total energy input for the production of cotton in Alborz Province was announced to be 31 GJ per hectare. Considering the energy crisis in the world, exploring the demand and consumption rate of energy and finding solutions to reduce the consumption is of researcher's priority globally. Considering the privileged position of cotton production in the world and Golestan province of Iran, estimation of energy input and, efficiency are among the main research areas leading to fruitful solutions of optimizing energy consumption of the product.

Materials and Methods

A hundred of cotton fields around the Aliabad and AqQala cities in Golestan province were selected during two sowing years of 2014 and 2015. These farms were selected in such a way a number of farmers can be included. Important dates of different operations and events were observed during the growing seasons in selected fields. The data of typical production methods and cultivation practices were collected in last year including the use of equipment and fuel, application of fertilizers and pesticides and so on. Accordingly, all agricultural practices were divided into eight categories, including land preparation, planting, fertilizer application , plant protection, weed control, irrigation, harvesting and transportation to factory or crop delivery, primarily. Then, the different amounts of input use and more comprehensive information were collected and recorded at every single stage from planting to harvesting.

Results and Discussion

The results showed that the highest energy consumption was related to irrigation with 41% of the total energy and fertilizer application and land preparation were in the next positions. Labor force energy was calculated to be 2262 $MJ.ha^{-1}$ related to harvesting, irrigation, cultivation, and crust-breaking. 61% of the total energy (10217 $MJ.Ha^{-1}$) was used indirectly for the manufacturing, repair and maintenance of equipment and machinery, and production of seed, nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer, potassium fertilizer, organic fertilizer, t insecticides, herbicides and industrial fungicides. Nitrogen fertilizer production consumed 30 percent of indirect energy sources, the highest share, while 39 percent of the total energy consumption was related to direct energy through

1 and 3- Ph.D. Student and Associate Professor of Agriculture Department of Islamic Azad University of Gorgan
2- Professor of Agriculture Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(*- Corresponding Author Email: arefi.reza@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.62349

the use of human resources and fuel consumption. Average power ratio of total farms was equal to 92.5. The results of levels of total energy input to fields showed that the minimum and maximum energy inputs were 15614 and 43321 MJ per hectare, respectively.

Conclusion

The results of this study showed that most of the direct energy (labor and fuel) consumption for cotton production is related to fuel with 86 % of the total energy mostly used in irrigation practices. Several factors such as soil texture, farm leveling, plant's feeding and protection, equipment and types of pumps, irrigation equipment maintenance in a timely manner, weather conditions, the amount of water available and most importantly short-term and long-term management are among areas which can reduce fuel and energy consumption of irrigation practices in the cotton production farms of Golestan province.

Keywords: Cotton, Fuel, Input Energy, Output energy