

بهینه سازی مصرف سوخت در تولید گندم آبی در استان های جنوبی ایران

فائقه اصائلو^۱ منصور بهروزی لار^۲

^۱ شرکت مهرگان ماشین ایرانیان

^۲ دانشگاه جامع آزاد اسلامی شوشتر گروه مکانیزاسیون کشاورزی

faegheho@yahoo.com

چکیده

عملیات ماشینی مختلف کشاورزی، انرژی های مصرفی متفاوتی دارند. آمار پرسش نامه ای از چهار استان جنوبی ایران شامل بوشهر، خوزستان، سیستان بلوچستان و هرمزگان برای مصرف انرژی این ماشین ها با نرم افزار SPSS تحلیل و با نتایج محاسبه ها برای عملیات متناظر مقایسه گردید. در تحلیل های آماری ملاحظه شد که کمترین مصرف انرژی در این استان ها از بیشترین مقدار محاسبه شده بیش تر است و در بعضی از موارد تا سه برابر افزایش نشان می دهد. ضریب انرژی کل میدانی برای استان ها $10/24$ تا $88/38$ $GJha^{-1}$ به دست آمد. این انرژی طبق محاسبه برای بیشترین مصرف یا بدترین حالت یعنی سنگین ترین خاک و کمترین ظرفیت مزرعه ای $1/67/23$ $GJha^{-1}$ بود. در عملیات داشت، انرژی در سه بخش جداگانه، انرژی کولتیواتر زنی، انرژی سوخت آب و انرژی برق آب مورد تحلیل قرار گرفت. میانگین استانی انرژی ها برای عملیات خاک ورزی، کاشت، داشت (سوی انرژی آب)، برداشت و حمل و نقل بر اساس آمار میدانی به ترتیب برابر $1/38/57$ ، $28/34$ ، $50/27$ و $65/78$ ولی با محاسبه $1/46/78$ ، $8/11$ ، $10/6$ ، $90/38$ و $46/00$ بود. شدت انرژی تولید دانه برای استان های بوشهر، خوزستان، سیستان بلوچستان و هرمزگان به ترتیب برابر $1/46/79$ ، $34/23$ ، $8/08$ و $17/7$ و بازده انرژی آن ها به ترتیب $54/14$ ، $65/0$ ، $92/7$ و $56/10$ به دست آمدند. رابطه ویژه ای برای مصرف سوخت و برق استحصال آب از چاه های ایران به دست آورده شد.

واژه های کلیدی: ضریب انرژی، شدت انرژی، گندم آبی، بازده انرژی، استان های جنوبی ایران

۱- مقدمه

اهمیت تعیین مصرف انرژی در کشاورزی فقط برای محاسبه قیمت تولید نیست گو این که با نزدیک شدن WTO ما نمی توانیم کشاورزی پایدار داشته باشیم مگر این که قیمت تولید ما قابل رقابت در سطح بین المللی باشد. اهمیت بیش تر موضوع به ویژه در کشورهای در حال توسعه در آن است که از آن می توان به تنگناهای کاربرد تکنولوژی پی برده و راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف را ارایه نمود. به این منظور باید بیشترین انرژی مصرفی برای هریک از عملیات ماشینی به طور نظری محاسبه شده تا به عنوان معیاری برای مقایسه مصرف سوخت میدانی به کار رود. آمار کشورهای خارجی نیز می تواند چنین معیاری باشد ولی کم تر می توان از شرایطی اطلاع یافت که این آمار در آن گرفته شده است. به دو دلیل نمی توان از این آمار خارجی برای مقایسه بهره گرفت اول این که معلوم نیست که انرژی مصرفی برای ماشین ها شامل انرژی لازم برای حرکت تراکتور کشنده نیز بوده است یا خیر. دوم این که تولید گندم در بیش تر این کشورها به صورت دیم انجام می گیرد و لذا یک مصرف کننده مهم یعنی استحصال آب را فاقد است؛ ولی اگر هم شامل باشد، معلوم نیست که انرژی مصرفی آن با شرایط کشور ما همخوانی داشته باشد. به هر حال دانستن این آمار شاید به عنوان یک هدف قابل توجیه باشد و لذا به بعضی از این آمار اشاره می شود. اگر آمار میدانی نشان دهد که مصرف انرژی بیش از بیشترین انرژی ممکن محاسبه شده یا بیش از مصرف انرژی در کشورهای مشابه برای محصول های مشابه باشد، آن گاه باید علت ها را تحقیق نموده و راهکارهای مناسب را ارایه داد.

۲- مرور منابع

عملیات ماشینی مختلف کشاورزی، انرژی‌های مصرفی متفاوتی دارند که هر یک باید جداگانه تعیین شود. عملیات ماشینی در چند بخش مجزای خاک‌ورزی (اولیه و ثانویه)، کاشت، داشت، برداشت و پس از برداشت تفکیک می‌شوند. انرژی مصرفی برای عملیات داشت در سه بخش نفت گاز برای کولتیواتر زنی، نفت گاز برای چاه‌های دیزلی و برق برای چاه‌های آبی تفکیک شده‌اند. عملیات پس از برداشت شامل کارهایی می‌شود که پس از برداشت محصول باید انجام گیرند و با حمل محصول به خارج مزرعه تا فرآوری و تبدیل محصول ادامه می‌یابد ولی در این تحقیق فقط بخش حمل محصول به سیلو در نظر گرفته شده است.

بیش‌ترین مصرف انرژی در کشاورزی در جهان مربوط به شخم زدن است که فرمول‌های متفاوتی را برای محاسبه آن ارائه نموده‌اند. در منطقه گرم و نیمه خشک ایران به هر حال، انرژی مصرفی استحصال آب بیش از انرژی خاک‌ورزی است. هانت [۱] نیروی کششی بر هر متر از عرض کار ماشین را برای گاو آهن‌های برگردان‌دار و عمق کار ۱۸ سانتی متر و سرعت ۴/۸ km/h در خاک‌های سنگین ۸/۵ kN/m تا ۱۶/۶ داده است. لذا همان رقم ۱۶/۶ kN/m را برای تعیین انرژی مصرفی شخم زدن به کار برده می‌شود. انرژی مصرفی تابعی از توان لازم برای کار ماشین است. توان مالبندی یک ماشین و تراکتور کشنده آن از رابطه زیر محاسبه خواهد شد،

$$P_{dbmt} = \frac{(F + fmg)v}{3600} \times D_m \quad (۱)$$

که در آن: P_{db} = توان مالبندی، kW

F = نیروی کششی ماشین، N

f = ضریب مقاومت کششی در برابر چرخ‌های تراکتور، اعشاری

m = وزن تراکتور، kg

g = شتاب ثقل، 9.81 m/s^2

v = سرعت پیش روی ماشین‌ها، km/h

D_m = ضریب درجه مکانیزاسیون برای هر عمل ماشینی، اعشاری

ضریب درجه مکانیزاسیون از آن جهت در این رابطه وارد شده است که در آمار میدانی، انرژی مصرفی برای بعضی از عملیات مانند شخم اولیه، خاک‌ورزی ثانویه، بذرافشانی، خطی کاری و از این قبیل تفکیک نشده‌اند و از طرفی، طبق آمار وزارت کشاورزی، درجه مکانیزاسیون هیچ یک از عملیات ماشینی بجز خاک‌ورزی اولیه، ۱۰۰٪ نیست. بنابراین فقط برای شخم‌زدن، $D_m = ۱$ می‌باشد. برای بقیه، باید درجه مکانیزاسیون را دخالت داد. نیروی کششی ماشین‌های مختلف که در این محاسبه‌ها به کار رفته‌اند در جدول ۱ داده شده است که به جز درجه مکانیزاسیون، اقتباسی از آمار ارائه شده هانت [۱] می‌باشد.

آزمون تراکتور نبراسکا [1]، مصرف سوخت ساعتی تراکتور را بر حسب ۷۵٪ از توان مالبندی مورد نیاز محاسبه می‌نماید. موتورهای با توان‌های ۳۱ kW تا ۲۶۱ kW را در شش گروه طبقه‌بندی نموده و برای هر گروه رابطه‌ای ویژه داده شده است. برای دامنه توان تراکتورهای موجود در ایران یعنی ۳۷ kW تا ۷۴/۵، رابطه زیر برقرار است،

$$L/h = 4/93 + 0.1990 \times 0.75 P_{db} \quad (۲)$$

نتیجه‌ی این رابطه گرچه دقت زیادی ندارد ولی محاسبه را بسیار ساده‌تر کرده و عوامل ناشناخته در آن کم‌تر وجود دارد. در این پژوهش از این رابطه بهره گرفته می‌شود.

جدول ۱ - نیروی کششی، عرض کار و سرعت پیش روی ماشین ها که در محاسبه ها به کار رفته اند

نوع ماشین	نیروی کششی			درجه بازده		ظرفیت	
	kN/m	m	عرض کار	سرعت کار	مکانیزاسیون	مزرعه ای	مصرف سوخت
				km/h	%	ای	ha/h
						%	l/ha
گاؤ آهن برگردان دار	۱۶/۶	۰/۹	۴	۱۰۰	۰/۷۴	۰/۲۷	۳۰/۲۸
هرس بشقابی (دیسک)	۲/۴	۳/۶	۸	۸۸	۰/۷۷	۲/۲۲	۳/۹۴
ماله	۴/۴	۳	۶	۶۲	۰/۷۷	۱/۳۹	۵/۵۰
بذر افشان	۲ kW	۱۰	۸	۵۷	۰/۶۵	۵/۲۰	۱/۳۴
خطی کار	۱/۶	۲/۵	۶	۳۸/۳	۰/۶۵	۰/۹۷	۵/۹۱
کولتیواتر (فارویر)	۱/۸	۱/۵۰	۶	۱۰۰	۰/۶۸	۰/۵۸	۱۱/۵۶
سم پاش	۰/۲ kW	۴	۱۰	۴۸	۰/۵۵	۲/۲۰	۲/۵۵
کود افشانی	۱/۲	۱۰	۸	۷۷	۰/۶۰	۴/۸	۱/۸۲
کمباین غلات*	-	-	-	-	-	-	۳۸/۹۰
حمل و نقل*	-	-	-	-	-	-	۱۸/۱۵

* به متن رجوع شود

هر لیتر نفت گاز مصرفی برابر ۱/۲۳ لیتر مصرف واقعی می باشد [2]. رقم ۰/۲۳ اضافی برای استخراج نفت، پالایش و حمل و نقل در داخل کشور در نظر گرفته می شود. به نظر نگارنده این مقاله، اضافه کردن این رقم گرچه برای محاسبه مصرف سوخت در سطح کشور درست است ولی برای تولید نمی توان به کار برد چون هزینه مالی سوخت تراکتور در هر کشوری، این رقم را در خود مستتر دارد. همین منبع ارقام جدول ۲ را برای عملیات ماشینی مختلف داده است که شاید بتوان برای مقایسه با نتایج محاسبه های این پژوهش مورد استفاده قرار داد.

جدول ۲- مصرف نفت گاز برای بعضی از عملیات ماشینی

نوع عملیات	مصرف سوخت (l/ha)	نوع عملیات	مصرف سوخت (l/ha)
شخم	۱۸/۱	کود افشانی	۳/۱
دیسک	۱۲/۱	درو علوفه	۶/۱
کولتیواتر	۶/۱	برداشت ذرت دامی (L/t)	۱/۲
خطی کاری	۵/۱	حمل و نقل (L/t-km)	۰/۰۷۹

از تقسیم مصرف ساعتی سوخت بر ظرفیت مزرعه ای ماشین، C، مصرف هکتاری سوخت به دست می آید،

$$C = \frac{vwe}{10} \quad (3)$$

که در آن: C = ظرفیت مزرعه ای ماشین، ha/h

w = عرض کار ماشین، m

e = ضریب بازدهی مزرعه ای، اعشاری

ضریب بازده مزرعه‌ای، e برای ماشین‌های کشاورزی مختلف متفاوت و برای ایران نامعلوم است؛ ولی دامنه‌ای از آن برای ماشین‌ها در هانت [۱] و [3] داده شده است که ما با توجه به ناکارایی تراکتورها و راننده‌ها، کم‌ترین مقدار را منظور داشته تا بیش‌ترین ضریب انرژی نظری به دست آید.

۳- مواد و روش‌ها

برای جمع آوری آمار مربوط به مصرف انرژی برای تولید گندم آبی در هریک از استان‌های مورد نظر یعنی بوشهر، خوزستان، سیستان و بلوچستان و هرمزگان تعداد ۲۰ پرسشنامه توزیع گردید. بعضی از آمارهای گردآوری شده غیر قابل استفاده بودند که حذف شدند و لذا تجزیه و تحلیل آماری بر مبنای طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪، و تحلیل داده‌های هر استان با استفاده از آماره‌های توصیفی مانند میانگین، کمینه، بیشینه و انحراف معیار انجام گرفت. برای رسم نمودار از نرم افزار Excel بهره گرفته شد.

۳-۱ محاسبه انرژی خاک‌ورزی: در استان‌های مورد نظر به سبب سفتی خاک، خشک بودن خاک در زمان شخم زدن و پایین بودن توان تراکتورها، به طور عموم از گاو آهن برگردان‌دار سه خیش سوار به عرض کار ۰/۹ متر بهره گرفته و به خاطر سنگینی خاک، شخم با سرعت‌های حدود ۴ km/h انجام می‌گیرد. برای شخم ثانویه به طور عمده از هرس بشقابی (دیسک) و به طور معمول نوع سوار ۲۸ پره بهره گرفته می‌شود. سوای معدودی از کشاورزان که از نوعی ماله (لولر) استفاده می‌نمایند، این وسیله تنها ماشین خاک‌ورزی ثانوی به شمار می‌رود. آمار کشاورزی سال ۱۳۸۴۵ [۲] حکایت از آن دارد که ۱۰٪ از عملیات شخم با گاو آهن، ۸۰٪ عملیات شخم ثانویه با هرس بشقابی انجام گرفته و در ۶۶٪ از مزارع ماله زده شده است. برای محاسبه انرژی مصرفی خاک‌ورزی کافی است که انرژی هریک از ماشین‌ها را محاسبه نموده، در نسبت درجه مکانیزاسیون آن‌ها ضرب و آن گاه جمع نمود تا معیاری محاسبه‌ای برای مقایسه مصرف انرژی خاک ورزی میدانی به دست آورد.

محاسبه برای بدترین حالت یعنی بیش‌ترین نیروی کششی لازم، کم‌ترین بازده مزرعه‌ای و پایین‌ترین سرعت پیش‌روی انجام می‌گیرد. اگر آمار میدانی از این مقدار هم زیاده‌تر باشد آن گاه می‌توان اطمینان داشت که مشکلی در مصرف انرژی واقعی وجود دارد. با قرار دادن ارقام جدول ۱ در رابطه (۱)، و کاربرد رابطه (۲) مصرف ساعتی سوخت تراکتور برای عملیات مختلف ماشینی به دست می‌آید که پس از این نوشته شده و در جدول ۵ نیز وارد شده است. جرم تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ بدون سنگین کننده kg ۲۵۰۰ است که با kg ۵۱۰ سنگین کننده‌های چدنی جلو تراکتور و روی چرخ‌ها [4] به ۳۰۱۰ کیلوگرم می‌رسد. ضریب مقاومت غلتشی در زمین شخم نخورده برابر ۰/۱۰ (برای شخم زدن) و در زمین شخم خورده (برای دیسک زدن و ماله کشی) ۰/۱۵ در نظر گرفته می‌شود [۳]

$l/ha = 30/28, l/h = 8/17, P_{db} = 21/72 kW$	• شخم زدن
$l/ha = 3/94, l/h = 8/74, P_{db} = 25/56 kW$	• هرس بشقابی (دیسک زدن)
$l/ha = 5/06, l/h = 7/04, P_{db} = 14/10 kW$	• ماله (لولر) کشی
$l/ha = 39/28, l/h = 23/95, P_{db} = 61/38 kW$	جمع برای خاک ورزی

۳-۲ محاسبه انرژی مصرفی کاشت: بذرکاری در ایران بیش‌تر با بذر افشان انجام می‌گیرد. فقط در سال‌های اخیر کشاورزان به کاربرد خطی کار روی آورده‌اند. بذر افشان‌ها انرژی چندانی را لازم ندارند ولی دیسک‌زدن پس از بذر افشانی به منظور پوشاندن بذرها انرژی‌بر است. کولتیواترزدن برای در آوردن شیار آبیاری برای هر دو روش بذرکاری انجام می‌گیرد. توان مالبندی بذر افشانی در جدول ۱ برابر ۲ kW است. این ماشین فقط از محور توان دهی نیرو می‌گیرد و لذا این توان، توان لازم ماشین روی محور توان‌دهی می‌باشد. برای به دست آوردن معادل توان مالبندی کافی است که این رقم را در ۰/۸۹ [3] ضرب

نمود تا عدد $1/78 \text{ kW}$ به دست آید. با صفر قرار دادن F در رابطه (۱) توان مالبندی برای حرکت تراکتور به تنهایی مساوی $9/84 \text{ kW}$ حاصل می شود. پس مجموع توان مالبندی ماشین و تراکتور $11/62 \text{ kW}$ می باشد که چون در درجه مکانیزاسیون $0/57$ آن ضرب شود به عدد $6/62 \text{ kW}$ می رسیم. سوخت مصرفی از رابطه (۲) برابر $5/92 \text{ l/h}$ و با تقسیم آن بر ظرفیت مزرعه ای $5/2 \text{ ha/h}$ عدد $1/34 \text{ l/ha}$ به دست می آید.

۳-۳ محاسبه انرژی مصرفی داشت: کود افشانی به صورت کود سرک و سم پاشی سوای آبیاری تنها دو عمل مرسوم داشت در کشت گندم آبی در ایران است. انرژی مصرفی دو عمل اول بیش تر مربوط به حرکت تراکتور است که به روش های ذکر شده در بالا محاسبه شده و در جدول ۱ نشان داده شده اند. انرژی مصرفی آب که مقدار آن بسیار زیاد است به طور جداگانه در زیر محاسبه می شود.

۴-۳ محاسبه انرژی استحصال آب

بنابر آمار آب ایران [۴]، 51% از آب کشاورزی از چاه های عمیق و نیمه عمیق تأمین می شود. چاه های عمیق طبق تعریف وزارت نیرو آن هایی هستند که به عمق 75 متر و بده $23/5 \text{ L/s}$ می باشند. چاه های نیمه عمیق طبق همین تعریف دارای عمق 20 متر و بده 11 L/s هستند. بعضی از چاه ها برقی شده اند ولی عده بسیاری هنوز با موتورهای دیزلی کار می کنند. سالانه 42 میلیارد متر مکعب آب از این چاه ها استخراج می شود که اگر فرض شود مقدار آن به نسبت چاه های دیزلی و آبی باشد، جدول ۳ را می توان تشکیل داد.

بازده پمپ ها به طور معمول 80% ، بازده انتقال توان 60% ، بازده موتورهای دیزلی 85% و بازده موتورهای برقی 90% برآورد شده اند [۴]. با جای گزینی این ارقام در رابطه عمومی هیدرولیک دو رابطه زیر به ترتیب برای موتورهای دیزلی و برقی به دست می آیند،

$$P_D = \frac{9/81 \times Qh}{1000 \times 0/80 \times 0/60 \times 0/85} = \frac{Qh}{41/6} \text{ kW} \quad (4) \text{ برای موتورهای دیزلی}$$

$$P_E = \frac{9/81 \times Qh}{1000 \times 0/80 \times 0/90} = \frac{Qh}{73/4} \text{ kW} \quad (5) \text{ برای موتورهای برقی}$$

جدول ۳- جمع بندی آمار چاه های آب در بخش کشاورزی در سال ۱۳۸۲

منبع تامین آب	حجم آب 10^9 m^3	تعداد چاه ها و نسبت حجمی استحصال آب				عمق M	بده l/s
		برقی	نسبت حجمی $\%$	دیزلی	نسبت حجمی $\%$	جمع چاه ها	
نیمه عمیق	۱۳	۷۴۵۴۳	۷	۲۵۵۷۲۶	۲۴	۳۳۰۲۶۹	۲۰
عمیق	۲۹	۲۸۳۶۸	۱۵	۹۹۴۳۲	۵۴	۱۲۷۸۰۰	۷۵
جمع	۴۲	۱۰۲۹۱۱		۳۵۵۱۵۸		۴۵۸۰۶۹	

بنا بر آمار و اطلاعات ذکر شده، بهروزی لار [۵] رابطه ویژه ای به شرح زیر برای استحصال یک متر مکعب آب از چاه و صرف نظر از نوع چاه و عمق آن به دست آورد،

$$(6) \quad 6/7 \text{ MJ/m}^3 \text{ یا } 0/176 \text{ l/m}^3 \text{ معادل } 0/169 \text{ l/m}^3 + 0/071 \text{ kWh/m}^3$$

۳-۵ محاسبه انرژی مصرفی برداشت: قریب به اتفاق کمباین‌های ایران از نوع جان‌دیر ۹۵۵ با موتوری به قدرت ۷۷/۶ kW (۱۰۴ hp) می‌باشد. محاسبه انرژی برای برداشت را نیز می‌توان با استفاده از رابطه (۱) و به همان روشی انجام داد که برای تراکتور؛ ولی از آن جا که کمباین‌ها طبق آمار شرکت جان‌دیر در ۷۰٪ از موارد از فقط ۶۰٪ توان موتوری بهره می‌گیرند [4] راه ساده تر زیر را انتخاب می‌کنیم. ۶۰٪ از توان ۷۷/۶ کیلوواتی برابر ۴۶/۶ kW است. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی [۲] ظرفیت مزرعه ای کمباین‌های ایران برای درو گندم آبی به طور میانگین ۰/۴۶ ha/h می‌باشد. انرژی مصرفی این کمباین بنابراین مساوی ۱۰۱ kWh/ha (۴۶/۶ ÷ ۰/۴۶) می‌باشد که چون بر بازده سوخت kWh/L ۲/۶۰ (برای نسبت باردهی ۶۰٪) تقسیم شود رقم ۳۸/۹ L/ha به دست می‌آید. مصرف ساعتی نفت گاز کمباین ۱۷/۹ L/h (۳۸/۹ × ۰/۴۶) می‌باشد.

۳-۶ محاسبه انرژی مصرفی حمل و نقل: انرژی حمل و نقل در دو بخش باید محاسبه شود. یکی برای درون مزرعه که تریلر در تعقیب کمباین حرکت و بارگیری نموده و آن گاه به جاده می‌رود و بخش دوم حرکت روی جاده برای تحویل محصول به سیلو. تفاوت این دو محاسبه در ضریب مقاومت غلتشی آن، ضریب درگیری چرخ با زمین و سرعت پیش روی است. خاک مزرعه به هنگام برداشت محصول سفت است و ضریب مقاومت غلتشی را می‌توان ۰/۱۰ فرض نمود. این ضریب برای جاده آسفالت ۰/۰۵ در نظر گرفته می‌شود [۱]. ضریب درگیری چرخ برای خاک سفت ۰/۷۲ و روی سیمان ۰/۸۷ است [3]. تریلرهایی که برای بارکشی به کار می‌روند به طور معمول ۴ تنی یا به اصطلاح دو محوره است. سرعت حرکت در مزرعه حدود ۲/۵ km/h (هم سرعت با کمباین) است ولی روی جاده به ۳۰ km/h می‌رسد. با قراردادن این ارقام در رابطه (۱) برای حرکت تریلر به جرم کل ۴۸۰۰ kg و تراکتور ۳۰۱۰ kg، توان مالبندی ۵/۳۲ kW برای مزرعه و ۳۱/۹۲ kW روی جاده به دست می‌آید. مصرف ساعتی سوخت هریک، با قرار دادن ارقام در رابطه (۲) به ترتیب برابر ۵/۷۲ l/h و ۹/۶۹ l/h حاصل می‌شود؛ ولی تریلر خالی در برگشت از سیلو به مزرعه نیز سوخت مصرف می‌نماید که برابر ۷/۲۵ است. عملکرد محصول گندم آبی به طور متوسط ۴ t/ha است. بنابراین مصرف نفت گاز روی جاده در رفت و برگشت به سیلو یعنی ۱۶/۹۴ لیتر را می‌توان معادل مصرف بر هکتار گرفت. اگر فرض کنیم که فاصله میانگین مزارع از سیلو ۱۰ km است، با سرعت جاده ای ۳۰ km/h، فقط یک سوم سوخت ساعتی را باید معادل سوخت هکتاری گرفت که برابر ۵/۶۵ لیتر می‌شود. مصرف هکتاری سوخت برای حرکت در مزرعه از تقسیم سوخت ساعتی یعنی ۵/۷۲ l/h بر ظرفیت مزرعه‌ای کمباین به دست می‌آید. ظرفیت مزرعه‌ای کمباین‌ها در ایران طبق آمار وزارت کشاورزی همان طور که گفته شد [۲] ۰/۴۶ ha/h و لذا مصرف سوخت ۱۲/۴۳ l/ha و در مجموع ۱۸/۱۵ l/ha محاسبه شد.

۴- نتایج و بحث

نمودار ستونی مصرف انرژی برای عملیات خاک ورزی، کاشت، داشت، نفت گاز برای آبیاری، برق برای آبیاری، برداشت و حمل و نقل همراه با مقدارهای محاسبه شده در شکل ۱ و میانگین ضریب های انرژی محاسبه شده و میدانی برای عملیات مختلف در استان‌ها در جدول ۴ و نمودار ستونی آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج زیر را می‌توان از این جدول و نمودار استخراج نمود:

۱- بیش ترین ضریب انرژی به استان سیستان بلوچستان تعلق داشت. این بدان معنی است که در این استان عملیات خاک‌ورزی بهتر صورت گرفته است و باید عملکرد بیش‌تری نیز داشته باشد، که چنین است. عملکرد این استان به مقدار ۴/۳۸ t/ha بیش از سه استان دیگر بود. انرژی خاک‌ورزی مصرفی این استان به هر حال در مقایسه با مقدار محاسبه شده، ۲/۶۱ برابر بیش تر بود. مصرف انرژی خاک‌ورزی سه استان دیگر نیز با میانگین ۶۵/۵۳ l/ha بیش از ۱/۶ برابر بود. دلیل این مقایسه می‌تواند یکی یا چند موضوع زیر باشد،

(أ) کمی عرض کار گاو آهن به سبب کمی قدرت تراکتور

(ب) کندی تیغه گاو آهن

(ت) تنظیم نبودن پمپ افشانک تراکتور

(ث) عدم استفاده از گاز دستی

(ج) استفاده نادرست از سامانه هیدرولیک تراکتور (عدم کاربرد کنترل با کشش)

(ح) بوکسوات بیش از حد چرخ‌ها

- ۲- انرژی مصرفی کاشت استان بوشهر تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر استان‌ها نشان می‌دهد و نیز $3/79$ برابر مقدار محاسبه می‌باشد. میانگین انرژی مصرفی کاشت سه استان دیگر نیز $1/46$ برابر بود.
- ۳- انرژی مصرفی داشت که فقط برای دو استان سیستان و بلوچستان و هرمزگان در دست بود تفاوت معنی‌داری با یک دیگر داشته و هر یک به مقدار بسیار چشم‌گیری بیش از مقدار محاسبه شده بود.
- ۴- نفت گاز مصرفی برای استحصال آب در استان‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند. این می‌توانست به دلیل متغیر بودن بازده آبیاری در بین استان‌ها باشد که بستگی به چند عامل دارد: بارندگی مناسب در بعضی از استان‌ها، عمق کم یا بده زیاد بعضی از چاه‌ها، بازده آبیاری بیش از 35% فرض شده، دفع علف‌های هرز کنار جوی‌ها، تبخیر کم‌تر و از این قبیل؛ ولی مصرف سوخت به جز در استان بوشهر، در سایر استان‌ها بیش از مقدار محاسبه شده بود.
- ۵- مصرف انرژی برداشت در سه استان خوزستان، سیستان و بلوچستان و هرمزگان تفاوت معنی‌داری نداشتند در حالی که عملکرد فقط استان سیستان و بلوچستان زیادتر از دو استان دیگر بود. بنابراین مصرف برداشت را نمی‌توان به عملکرد وابسته دانست. دیر برداشت در این دو استان به دلیل دیر رسیدن کمباین، افت کمباینی بیش از حد به سبب تنظیم نبودن کمباین و از این قبیل را ممکن است علت این موضوع دانست. بیش‌ترین مصرف انرژی برداشت در استان بوشهر بوده است در حالی که عملکرد آن تفاوت معنی‌داری با عملکرد استان سیستان و بلوچستان نداشته است. مصرف برداشت این استان به هرحال، کمی بیش از نصف مصرف در استان بوشهر می‌باشد. مصرف انرژی برداشت استان بوشهر حدود $1/79$ برابر مقدار محاسبه شده بود.
- ۶- ضریب انرژی حمل و نقل در استان‌های خوزستان و سیستان و بلوچستان کم‌تر از مقدار محاسبه شده ولی از آن استان هرمزگان بیش‌تر بوده است. ضریب انرژی حمل و نقل را نیز نمی‌توان به عملکرد وابسته دانست چون سیستان و بلوچستان با بیش‌ترین عملکرد، کم‌ترین ضریب انرژی را نشان می‌دهد. لذا تنها فاصله مزرعه تا سیلو را می‌توان عامل مؤثر در این موضوع دانست.

۵- نتیجه گیری

بازده انرژی استان بوشهر به مقدار $2/2$ بیش از سایر استان‌ها بوده است. بازده انرژی در سایر استان‌ها به ترتیب $1/23$ برای سیستان و بلوچستان، $0/88$ برای خوزستان و $0/79$ برای هرمزگان محاسبه شد. عملکردها برای این استان‌ها به ترتیب $3/749$ ، $4/380$ ، $2/100$ و $2/507$ تن بر هکتار بوده است.

میانگین ضریب انرژی تولید گندم آبی استان‌ها، $49/547$ GJ/ha و $11/833$ GJ/t به دست آمد. در مقایسه با آمار منابع خارجی، برای منطقه‌ای خشک و کم آب در هندوستان [5] $15/290$ GJ/ha و $7/219$ GJ/t، برای مراکش [6] $13/963$ GJ/ha و $5/580$ GJ/t و برای منطقه‌ای دیگر در هندوستان [7] $19/598$ GJ/ha و $4/799$ GJ/t به دست آمده است. اسلاتز [8] ضریب انرژی برای تولید غلات به روش کشاورزی معمول را از سه مرجع خود، $18/3$ GJ/ha، $17/2$ و $16/5$ و $4/21$ GJ/t و $2/70$ بیان نموده است. ضریب انرژی برای عملیات ماشینی به تنهایی را $13/66$ GJ/ha برآورد نموده‌اند که معادل $35/95$ L/ha است [6]. انرژی کل تولید محصول با محاسبه، مساوی $23/67$ GJ/ha به دست آمد. نتیجه آن که میانگین مصرف انرژی استان‌ها $1/33$ برابر بیش از بیش‌ترین مقدار انرژی است که با محاسبه به دست آمده و در مقایسه با آمارهای سایر کشورها از $1/61$ تا $2/25$ برابر بیش‌تر می‌باشد. مؤثرترین عوامل در این زیاد بود انرژی در ایران به این ترتیب

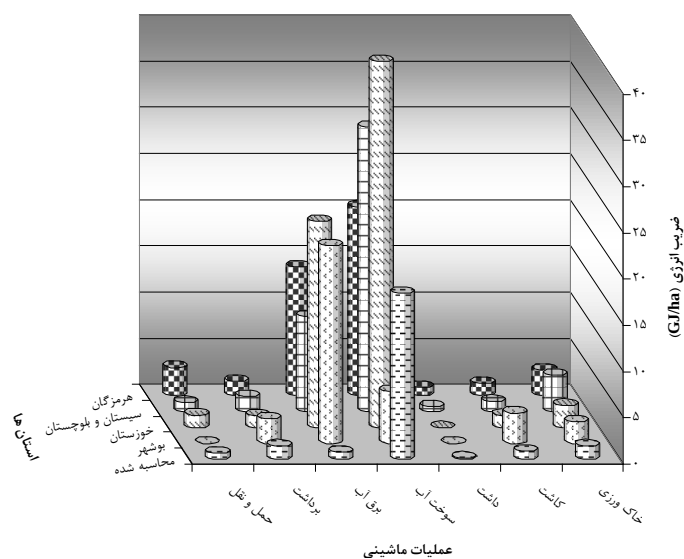
است: ۱- مصرف برق برای استحصال آب، ۲- مصرف سوخت برای استحصال آب، ۳- مصرف انرژی برای حمل و نقل، ۴- مصرف انرژی برای خاک‌ورزی

سینگ و همکاران [5] میانگین وزنی مصرف انرژی منابع مختلف را در سطح‌های پراکنده‌ای به مساحت کل ۳۴/۲ هکتار و برای سال‌های خشک سالی ۱۹۸۸-۱۹۹۹ برای روستایی در منطقه گرم و خشک و کم باران (کم‌تر از ۱۰۰ mm تا ۴۰۰ mm در سال) ولی با تعریق و تعرق ۱۵۰۰ mm تا ۲۰۰۰ در هندوستان برای تولید یک هکتار گندم برابر ۱۵/۲۹۰ GJ/ha به دست آورده‌اند. میانگین عملکرد گندم در سال مورد نظر، ۲۱۱۸/۳ kg/ha بوده است. شدت انرژی برابر ۷/۲ MJ/t و بازده انرژی کشت گندم ۳/۲ ذکر شده است. گندم در این ناحیه فقط در مزرعه‌هایی کاشته می‌شود که آب در اختیار باشد و لذا خشک‌سالی اثر چندانی بر آن ندارد.

منابع مورد استفاده

- ۱- هانت د. ۱۹۹۵. مدیریت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی. ترجمه: بهروزی لار منصور و لیلا عقابایی. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۸۹
- ۲- بی‌نام. آمار نامه کشاورزی ایران. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۵
- ۳- بهروزی لار منصور، مبلی حسین و علی جعفری. مدیریت ماشین‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ۱۳۸۷.
- ۴- بی‌نام. منابع آب وزارت نیرو. ۱۳۸۲
- ۵- بهروزی لار منصور. بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی- شرکت مهندسان مشاور زرکشت پایدار. ۱۳۸۷.
- ۶- بهروزی لار منصور. مدیریت مصرف انرژی در کشاورزی- جلد چهارم از مجموعه پنج جلدی مکانیزاسیون، انرژی و کشاورزی ماه‌واره‌ای. انتشارات دانشگاه جامع آزاد اسلامی شوشتر. ۲۹۴ صفحه. ۱۳۸۹.

1. Nagy CN., Energy Coefficients for Agriculture Inputs in Western Canada. Canadian Agricultural Energy End-Use Data Analysis Center. (CAEEDAC). 1999
2. Anonymous. Fuel use by contractors. Pastoral House 25. The Terrace. Wellington. New Zealand. 2005
3. Anonymous. ASAE D497.4 FEB03. American Society of Agricultural Engineers. 2003.
4. Deere Co. John Deere 1165 Combine's Technical Manual. John Deere Co. Arak Iran. 2001.
5. Singh H, Mishra D and Nahar N.M. Energy Use Pattern in Production Agriculture of a typical Village in Arid Zone, India- Part I. 2002
6. Balli EH and van E. Energy Balance of Wheat Production in Morocco. International Research on Food Security, Natural Resource. 2005
7. Sidhu HS, Singh S, Singh T and Ahuja SS. Optimization of Energy Usage in Different Crop Production System. Indian Journal AG. 2004
8. Slotze ET. Calculations of Energy Consumption of Different Products. In: FAO Corporate Documents Repository. Environment and Natural Resources. 2000



شکل ۱ - نمودار مقایسه ضریب انرژی برای عملیات مختلف ماشینی در استان های

I/ha (M)					نوع عملیات
هرمزگان	سیستان و بلوچستان	خوزستان	بوشهر	محاسبه	
۱۴	۱۵	۲۰	۱۹	-	تعداد نمونه
۷۱/۳۶ ^b	۱۰۲/۷۲ ^a	۶۳/۷۰ ^b	۶۱/۵۳ ^b	۳۹/۲۸ (۱/۴۹)	خاک ورزی
۳۶	۶۰	۴۵	۱۰		کم ترین
۱۲۶	۲۱۶	۷۸	۹۰		بیش ترین
۲۴/۳۳	۳۰/۴۴	۱۱/۶۷	۲۱/۶۴		انحراف معیار (SD)
۳۵/۵۷ ^b	۲۹/۵۳ ^b	۳۴/۹۰ ^b	۸۶/۳۱ ^a	۲۲/۷۵ (۰/۸۶)	کاشت
۱۵	۱۰	۱۵	۴۰		کم ترین
۸۰	۶۰	۶۰	۱۲۶		بیش ترین
۱۷/۸۳	۱۴/۵۵	۱۲/۹۶	۲۳/۹۱		انحراف معیار (SD)
۲۲/۹۳ ^a	۱۵/۰۰ ^b	-	-	۴/۳۷ (۰/۱۷)	داشت
۱۲	۱۰	-	-		کم ترین
۳۰	۲۵	-	-		بیش ترین
۳/۶۷	۳/۲۷	-	-		انحراف معیار (SD)
۲۵۵۰	۳۴۳۵	۳۰۷۲	۲۱۸۲	میانگین ۲۸۰۹/۷	نیاز آبی خالص از آمار
۴۳۰/۹ (۱۶/۴)	۵۸۰/۵ (۲۲/۱)	۵۱۹/۷ (۱۳/۷)	۳۶۸/۸ (۱۴/۰)	میانگین ۴۷۴/۸	m ³ /ha
۵۳۷/۷۹ ^c	۸۱۰/۰۰ ^b	۱۰۶۹ ^a	۱۵۶/۶۲ ^d		سوخت محاسبه شده
۲۸۰	۳۸۰	۶۳۰	۵		سوخت آب میدانی
۸۴۰	۱۰۶۴	۲۰۰۰	۲۵۶		کم ترین
۱۱۶/۳۵	۱۴۷/۶۶	۴۴۷/۰۳	۷۹/۳۸		بیش ترین
					انحراف معیار (SD)
۴۱/۵۴ ^b	۴۳/۶۰ ^b	۳۲/۸۵ ^b	۶۹/۵۸ ^a	۳۸/۹۰ (۱/۴۸)	برداشت
۳۰	۱۸	۱۵	۸		کم ترین
۴۸	۹۰	۶۶	۱۱۷		بیش ترین
۱۴/۹۹	۲۶/۹۵	۱۴/۵۱	۳۰/۲۶		انحراف معیار (SD)

(ادامه) جدول ۴ میانگین ضریب های مصرف انرژی محاسبه شده و میدانی در استان ها ، I/ha (MJ)

حمل و نقل	۴۶/۰۰ (۰/۶۹)	-	۳۵/۰۶ ^b	۲۶/۹۳ ^b	۸۰/۰۰ ^a
کم ترین	-	-	۱۲	۱۰	۶۰
بیش ترین	-	-	۵۰	۸۰	۱۲۰
انحراف معیار (SD)	-	-	۱۱/۴۹	۱۶/۷۹	۱۳/۵۹
نفت گاز کل عملیات ماشین	۱۵۱/۳	۲۱۷/۳۲ ^a	۱۶۶/۵۱ ^a	۲۱۷/۸۰ ^a	۲۵۱/۴۰ ^a
کم ترین	۸۵	۱۰۸	۱۴۱	۱۵۲	
بیش ترین	۳۲۰	۲۰۸	۳۹۱	۳۲۷	
انحراف معیار (SD)	۶۱/۸۴	۳۲/۳۴	۶۰/۵۷	۴۵/۱۵	
نفت گاز کل ماشین با آبیاری ^۲	۷۵۵/۷۰	۴۵۹/۷۳ ^c	۵۳۶/۱۳ ^a	۶۴۲/۰۷ ^b	۷۸۶/۸۵ ^b
کم ترین	۹۰	۱۰۸ ^۴	۵۶۵	۵۳۹	
بیش ترین	۴۹۴	۲۱۵۰	۱۲۳۳	۱۰۷۸	
انحراف معیار (SD)	۱۲۶/۹۹	۵۸۹/۵۹	۱۵۲/۳۹	۱۱۸/۴۰	
انرژی کل $GJha^{-1}$ ^۳	۲۹/۵۰	۳۵/۶۴ ^b	۶۹/۳۶ ^a	۴۹/۳۵ ^b	۴۳/۹۴ ^b
کم ترین	۴	۵/۲۴	۳۱/۸۰	۱۶/۴۵	
بیش ترین	۵۲	۱۸۳/۱۵	۵۷/۱۵	۵۴/۹۰	
انحراف معیار (SD)	۱۵/۷۹	۳۶/۴۸	۶/۰۰	۹/۰۲	
عملکرد، t/ha	-	۵/۷۴۹ ^a	۲/۱۰۰ ^b	۴/۳۸۰ ^a	۲/۵۰۷ ^b
کم ترین	۲/۲۰۰	۱/۲۰۰	۳/۲۰۰	۱/۰۰۰	
بیش ترین	۶/۰۰۰	۲/۸۰۰	۶/۰۰۰	۴/۰۰۰	
انحراف معیار (SD)	۱/۱۷۶	۴۳۰/۴۲	۰/۸۴۴	۱۰/۷۷	
نفت گاز ماشین Lt^{-1}	-	۵۷/۹۷ ^{bc}	۷۹/۲۹ ^b	۴۹/۷۳ ^c	۱۰۰/۳۸ ^a
کم ترین	۱۷	۴۸	۲۳/۵۰	۵۹	
بیش ترین	۱۱۰	۱۳۸	۸۳/۷۵	۲۶۲	
انحراف معیار (SD)	۲۳/۹۷	۲۴/۳۲	۱۷/۷۰	۶۴/۹۳	
نفت گاز کل Lt^{-1} ^۲	-	۹۱/۳۴ ^b	۴۸۷/۳۹ ^a	۱۳۹/۰۰ ^b	۱۴۳/۸۰ ^a
کم ترین	۱۸	۴۸	۱۱۵	۵۶	
بیش ترین	۲۰۱	۹۷۷	۳۳۷	۴۴۴	
انحراف معیار (SD)	۵۱/۹۰	۳۱۵/۵۷	۵۳/۴۶	۹۲/۸۵	
انرژی کل GJt^{-1} ^۳	-	۹/۵۱۴ ^c	۳۲/۹۸۲ ^a	۱۱/۲۶۹ ^{bc}	۱۷/۵۲۵ ^a
کم ترین	۰/۸۲۱	۳	۶/۴۷۲	۱۱/۲۴۸	
بیش ترین	۲۰/۷۷۲	۳۷	۱۵/۶۱۸	۲۲/۴۸۶	
انحراف معیار (SD)	۶/۱۴۲	۹/۰۰۳	۲/۸۹۳	۱۰/۳۶۸	
بازده انرژی ^۵	۲/۳۰	۰/۸۸	۱/۳۳	۰/۷۹	

* ارقام با علامت های مشابه اختلاف معنی داری با هم ندارند.

^۱ برای تبدیل به kWh/ha در ۱۰۰۰ صرب و بر ۳/۶ تقسیم شود.^۲ برای مزارع با موتور پمپ^۳ شامل مصرف برق برای آبیاری
^۴ کم ترین انرژی مصرفی به وسیله ماشین در مزرعه ای که از چاه برقی بهره می گیرد، با کم ترین انرژی نفت گاز کل برابر می شود.
^۵ انرژی محتوای گندم تولیدی مساوی ۱۳/۸۶ MJkg⁻¹ [4] فرض شده است.