آنالیز حساسیت نهاده‌های انرژی با استفاده از مدل اکونومتریکی در زراعت سویا در شمال ایران

فضل الله اسکندری چراتی [1] ، رمضان باباتباردرزی [2] ، دانیال افتخاری [2] و یحیی زارعین گیشیری [2] .

[1] دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی دانشکده کشاورزی شهید چمران اهواز. گروه ماشینها و مکانیزاسیون کشاورزی(f-cherati@phdstu.scu.ac.ir).

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران

چکیده :

در این مطالعه تاثیر انرژیهای ورودی و حالتهای مختلف انرژی خروجی و ارزیابی حساسیت انرژی ورودی در تولید مازندران مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز حساسیت انرژی ورودی با استفاده از بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP) و روش ضریب رگرسیون با مشتقات جزئی بر عملکرد تولید سویا انجام گرفته است. داده ها از 43 زراعتگر سویا در سال 1391 جمع آوری شده اند، همچنین حجم و اندازه نمونه با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی صورت گرفته است. با توجه به محاسبات انجام شده؛ کل انرژی ورودی 21384 (Mj ha^{-1}) و کل انرژی خروجی در تولید سویا 34891.83 (Mj ha^{-1}) می‌باشد. بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید سویا مربوط به سوخت 8653.45 (Mj ha^{-1}) که انرژی تجدیدناپذیر در حدود 95٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی بترتیب: 1.63 ، 0.11 kg Mj^{-1} و 13408 Mj ha^{-1} می باشد. ارزیابی مدل اکونومتریکی (مدل اقتصاد سنجی) نشان داده است که انرژی سوخت ماشین آلات مورد استفاده مهم‌ترین انرژی ورودی تاثیرگذار بر سطح انرژی خروجی(عملکرد محصول) بوده است. نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی نشان می دهد که با استفاده از 1 Mj انرژی ورودی سموم ، بذر و ماشین‌آلات اضافه تر؛ منجر به افزایش عملکرد محصول سویا بترتیب به میزان 8.694 ، 3.57 و 0.75 کیلوگرم می‌شود. بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP) برای نیروی کار منفی (17.102) می‌باشد، که نشان دهنده استفاده بیش از حد این نهاده و یا اعمال نادرست این نهاده ها در زراعت سویا می باشد؛ که نیازمند مدیریت بهتر بر روی نهاده های که بهره‌وری منفی در زراعت سویا می‌باشد.

کلمات کلیدی: سویا، آنالیز حساسیت انرژی، مدل اکونومتریکی، بهره‌وری انرژی و مازندران.

مقدمه:

سویا (Glycine max (L.) Merrill.) از خانواده لگومینه یکساله که برای تولید روغن برای مصارف انسانی استفاده می‌شود، بعبارت دیگر بعنوان منبع پروتئین برای انسانها و بقایای آن مورد استفاده حیوانات می باشد و رنج محتوای پروتینی آن مابین 41٪ تا 50٪ (براساس وزن خشک) می‌باشد (Liener, 1994; Balat and Balat H, 2010). سویا یکی از مهمترین محصولات دانه ای روغن دار کشت شده در ایران می باشد، ایران سالانه در حدود 209000 تن محصول از 115000 هکتار از مزارع سویا خود برداشت می‌کند (FAO, 2012). با این حال، استان مازندران یکی از مراکز اصلی تولید سویا در ایران مباشد؛ و حدود 20٪ از تولید سویا در ایران مختص به استان مازندران می باشد (آمارنامه جهاد کشاورزی استان مازندران،1390).

استفاده بهینه از انرژی، یکی از الزامات اصلی کشاورزی پایدار است. با توجه به زمین زراعی محدود و افزایش جمعیت از یک طرف و استانداردهای بالاتر زندگی از طرف دیگر منجر به استفاده بیشتر انرژی در بخش کشاورزی شده است. تقاضای مداوم در افزایش تولید مواد غذایی، منجر به استفاده شدید کودهای شیمیایی، سموم، ماشین آلات کشاورزی، و دیگر نهاده در تولید محصولات کشاورزی شده است. با این حال، استفاده شدید از انرژی باعث می‌شود که بهداشت عمومی و محیط زیست با خطر بزرگی مواجه شود. استفاده بهینه از انرژی در بخش کشاورزی، مشکلات زیست محیطی را به حداقل می‌رساند و از تخریب منابع طبیعی جلوگیری، و منجر به ترویج کشاورزی پایدار به عنوان یک سیستم تولید مقرون به صرفه می‌شود (Erdal et al., 2007).

کشاورزی مدرن تبدیل به کشاورزی انرژی‌بر شده است، بنابراین نیاز به توازن در استفاده از انرژی مورد نیاز در تولیدات کشاورزی بعنوان یک الزام معرفی می‌شود؛ توابع تولیدی برای تعیین تخصیص کارآمدی منابع با توجه به نیاز سیستم می‌تواند روش مناسبی برای راندمان بالاتر انرژی در کشاورزی شود(Singh et al., 2000).

بسیاری از محققان، تجزیه و تحلیل انرژی و ارتباط بین نهاده ها با عملکرد بمنظور تعیین بهره وری انرژی در تولیدات کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. سینگ و همکاران (2000) توابع ریاضی را برای ایجاد رابطه بین عملکرد محصول پنبه و ورودی انرژی برای تولید این محصول را مورد بررسی قرار دادند، نتیجه پژوهش آنها نشان داد که متوسط عملکرد پنبه را می توان به میزان6 ± 8٪ با ورودی انرژی اضافی، به میزان 3±1٪، به طور عمده از طریق شخم، آبیاری و سمپاشی افزایش داد. سینگ و همکاران (2004)، بررسی روشهای موثر استفاده از انرژی برای محصول گندم در هند را مورد مطالعه قراردادند، آنها با استفاده از تابع کاب داگلاس برای برقراری ارتباط بین ورودی های انرژی و عملکرد با ضریب رگرسیون و بهره وری فیزیکی نهاده ها، برای هر یک از نهاده ورودی انرژی را مورد بررسی قرار دادند.

محمدی و همکاران (2010) تابع تولید میوه کیوی را برآورد کردند. آنها توابع مختلف را به منظور تجزیه و تحلیل رابطه بین انرژی ورودی و خروجی مورد بررسی قرار دادند بطوریکه در انتها تابع کاب داگلاس به عنوان تابع مناسب انتخاب شد، نتایج نشان داد

که انرژی های ورودی از قبیل انرژی نیروی انسانی، آبیاری، کود شیمیایی و مجموع کودهای شیمیایی و ماشین آلات تاثیر قابل توجهی بر عملکرد محصول کیوی دارد، او تاثیر انرژی نیروی کارگری را بالاترین میزان، نسبت به دیگر نهاده‌های ورودی در تولید کیوی بدست آورد. محمدی و امید (2010)، روابط بین بازده انرژی ورودی با تولید خیار گلخانه‌ای در ایران را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج رگرسیون نشان داد که سهم انرژی ورودی بر عملکرد (به جز برای انرژی کود و بذر) معنی دار بود.

مبتکر و همکاران (2010) مصرف انرژی و حساسیت نهاده های ورودی برای تولید محصول جو را در ایران.مورد بررسی قرار دادند، ارزیابی الگوی اقتصادسنجی نشان داد که انرژی ماشین آلات بعنوان مهم ترین نهاده ورودی بر سطح انرژی خروجی تاثیر گذار بود؛ همچنین، تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی نشان می دهد که بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) انرژی آفت‌کش‌ها منفی بوده است. رفیعی و همکاران (2010) ، تعیین تعادل انرژی بین انرژی ورودی و عملکرد برای تولید سیب در ایران را مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج نشان داد که انرژی ورودی سوخت بیشترین سهم از کل انرژی ورودی را دارا بوده و انرژیهای ورودی از قبیل: نیروی کارگری، کود دامی، آبیاری، برق و کود شیمیایی، بترتیب بر عملکرد محصول تاثیر مثبت و قابل توجهی داشتند.

اگر چه مطالعات بسیاری بر روی مصرف انرژی در محصولات کشاورزی مختلف انجام گرفته است . (Tsatsarelis, 1993; Mandal et al., 2002; Yilmaz et al., 2005; Jianbo, 2006; Strapatsa et al., 2006; Cetin and Vardar, 2008; Mohammadi et al., 2008)

اما چون مطالعات کمی بر روی مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل حساسیت برای تولید سویا در ایران صورت گرفته است ، ما را بر آن داشته تا تحقیقی با هدف مطالعه تعیین میزان بهینه استفاده از انرژی و رابطه بین انرژی ورودی و عملکرد تولید سویا در ایران.در شمال کشور انجام دهیم، همچنین در این تحقیق تجزیه و تحلیل حساسیت بر روی انرژی نهاده های ورودی برای تولید محصول سویا مورد بررسی قرار گرفت و همچنین از بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP) برای تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی ورودی و تاثیر آن بر عملکرد سویا مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روشها:

داده‌های این تحقیق از 43 کشاورز تولیدکننده سویا در استان مازندران در سال 1391 به دست آمد. داده‌ها با استفاده از روش نمونه-گیری تصادفی و روش مصاحبه حضوری بصورت پرسشنامه‌ای به دست آمده است. استان مازندران بین 35 درجه و 47 دقیقه تا 36 درجه و 35 دقیقه عرض شمالی و 50 درجه و 34 دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است . این استان در قسمت شمال مرکزی کشور واقع با مساحت 23756 کیلومتر مربع وسعت، 1.46 درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است.

اندازه نمونه با استفاده از رابطه (1) به دست آمد (Yamane, 1967) :

معادله (1)

$$n = (\sum N_h S_h)/(N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2)$$

از آنجایکه :

n اندازه نمونه مورد نیاز
N تعداد بهره‌بردار در جامعه مورد بررسی
N_h تعداد افراد جامعه در طبقه h
S_h انحراف معیار استاندارد در طبقه h
S_h^2 واریانس طبقه h
d دقت اندازه‌گیری $(x-\bar{X})$
Z قابلیت اطمینان (95٪)
$D^2 = d^2/z^2$

پرسشنامه شامل سوالاتی از قبیل: کل انرژی ورودی از منابع مختلف و وزن عملکرد.محصول سویا و غیره بودند. ورودی های مورد استفاده در تولید سویا به منظور محاسبه برای فرمولهای مختلف انرژی در این مطالعه مشخص شدند. نهاده های ورودی در تولید محصول سویا، عبارت بودند از: نیروی کارگری، ماشین آلات، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم و بذر. لازم به ذکر است که (منبع انرژی ورودی، انرژی خورشیدی برای فتوسنتز) را به خود اختصاص داده ،مورد محاسبه قرار نگرفته است. جهت محاسبه انرژی ورودی و خروجی و سایر شاخص‌های انرژی از هم‌ارز انرژی نهاده‌ها استفاده گردید. هم‌ارز انرژی نهاده‌ها در جدول (1) نشان داده شده است.

جدول 1- هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها

	نهاده	واحد	معادل انرژی (MJ/unit)	رفرنس
ورودی				
	سوخت	L	*56.31*	(cherati et al., 2011; Erdal et al., 2007)
	نیروی انسانی	H	*2.31*	(Yaldiz et al., 1993)
	ماشین‌های کشاورزی	Kg	*64.8*	Singh (2002); Hatirli et al. (2006)
کود شیمیایی	ازته	kg	*60.6*	(Esengun et al., 2007)
	فسفاته	kg	*11.93*	(Esengun et al., 2007)
سموم	آفت کش	kg	*101.2*	(Yaldiz et al., 1993)
	بذر	kg	*21.7*	(Singh and Mital., 1992)
خروجی				
	محصول	kg	21.7	(Singh and Mital., 1992)

به منظور به دست آوردن یک رابطه بین نهاده

توابع مختلف مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت تابع تولید کاب داگلاس انتخاب شده است، چون منتج به تخمین بهتری با توجه به شرایط بهینه تولید سویا در منطقه رسید . تابع تولید کاب داگلاس، غالبا در مطالعات انرژی و اقتصادی برای نشان دادن رابطه بین عوامل نهاده های ورودی و سطح تولید(عملکرد) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Singh et al., 2000; Singh et al., 2004; Mohammadi and Omid, 2010; Mobtaker et al., 2010).

این تابع جز تابع لگاریتمی است. توابع لگاریتمی که در آن تغییرات متغیرها را با مدل نشان می‌دهد برای مقایسه بین سیستم های مختلف تولید استفاده می‌شود. ضریب متغیر در این تابع نیز نشان دهنده کشش(تولید) انرژی می‌باشد (محمدی و امید، 2010). همچنین،

بدلیل تجزیه و تحلیل آسانتر، به نظر می رسد به عنوان یـ -

باشد (Singh et al., 2000).

تابع تولید کاب داگلاس بصورت زیر بیان می‌شود :

$$Y = f(x)\exp(u)$$ معادله (2)

معادله (2) را می‌توان برای موارد با فراوانی بیشتر بصورت زیر نوشت:

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^{n} a_j \ln(X_{ij}) + e_i \qquad i=1,2,\ldots..,n$$ معادله (3)

که در Y_i میزان عملکرد محصول کشاورز i_{th} و X_{ij} نهاده‌های ورودی، که معادل انرژی در تولید محصول، a عدد ثابت ، α_j ضریب نهاده های ورودی که از روی مدل تخمین زده شده و e_i میزان خطای مدل می‌باشد. با فرض زمانیکه انرژی ورودی صفر است، تولید محصول هم صفر خواهد بود ، معادله (3) تغییر فرم داده و به حالت زیر تبدیل خواهد شد (Singh et al., 2003; Hatirli et al., 2006; Mohammadi and Omid, 2010):

$$\ln Y_i = \sum_{j=1}^{n} a_j \ln(X_{ij}) + e_i$$ معادله (4)

در مورد این تحقیق ،چون n=7؛ بنابراین معادله (4) .را می‌توان به فرم زیر نوشت:

$$\ln Y = a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + e_i$$ معادله (5)

که متغیر X_i شامل نهاده های : X_1 ،نیروی کارگری؛ X_2 ،سوخت؛ X_3 ، کود شیمیایی ؛ X_4 ، سموم ؛ X_5 ، ماشین‌آلات و X_6 ، بذر می‌باشد.

تقاضای انرژی در بخش کشاورزی را می‌توان به انرژی مستقیم (DE)، انرژی غیر مستقیم (IDE)، انرژی های تجدیدپذیر (RE)و انرژی تجدید ناپذیر (NRE) تقسیم کرد. انرژی مستقیم به طور مستقیم در مزارع و در زمین استفاده می‌شود. از سوی دیگر، انرژی غیرمستقیم، شامل انرژی مورد استفاده در تولید، بسته بندی و حمل و نقل کود های شیمیایی، آفت کش ها و ماشین‌آلات کشاورزی می‌باشد (Ozkan et al., 2004). انرژی مستقیم شامل: نیروی کارگری، سوخت دیزل در حالی که انرژی غیر مستقیم شامل کودهای شیمیایی، سموم ، ماشین آلات و بذر مورد استفاده در تولید سویا می باشد. انرژی های تجدید پذیر شامل: نیروی کارگری، بذر و انرژی تجدید ناپذیر شامل ماشین آلات، سوخت ، کودهای شیمیایی و سموم می‌باشد. اثر انرژی های مستقیم و غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای این منظور، تابع کاب داگلاس بصورت معادله (6) و (7) در زیر تعریف شده‌اند:

$$\ln L_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i$$ معادله (6)

$$\ln L_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i$$ معادله (7)

که در آن L_i خروجی انرژی iام است؛ انرژی های مستقیم، غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر برای تولید سویا استفاده می شود، β_i و γ_i ضریب متغیرهای بیرونی هستند.

معادله (5) تا (7) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شده‌اند و از تکنیک بهره‌وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) بر اساس ضرایب پاسخ از ورودی، برای تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی ورودی بر عملکرد سویا استفاده گردیده است، که عامل بهره‌وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) نشان دهنده این است که یک واحد تغییر در ورودی چه تاثیری بر سطح خروجی(یعنی عملکرد و غیره..) دارد، البته با فرض ثابت نگه داشتن تمام عوامل دیگر توسط میانگین هندسی بدست می‌آید. بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) با استفاده از وردی های مختلف α_j بدست می‌آید

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times a_j$$ معادله (8)

که MPP_{xj} بهره‌وری نهایی فیزیکی، نهاده ورودی j ام می‌باشد. α_j ضریب رگرسیون نهاده ورودی j ام ، $GM(Y)$ میانگین هندسی محصول و $GM(X_j)$ میانگین هندسی ، نهاده انرژی ورودی j ام بر واحد هکتار می‌باشد.

مقدار مثبت بهره‌وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) هر عامل نشان می دهد که با افزایش آن نهاده ورودی، مقدار تولید افزایش می یابد و مقدار منفی بهره‌وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) هر عامل ورودی نشان می دهد که هر واحد اضافی از نهاده ها موردنظر تاثیر منفی و کاهشی بر تولید دارد.

از این رو، بهتر است که منابع متغیر حفظ شود (Singh et al., 2004). در تولید، بازده به مقیاس اشاره به تغییر در خروجی پس از آنکه یک تغییر متناسب با آن در ورودی ایجاد گردد اشاره دارد (که در آن همه ورودی توسط یک عامل ثابت افزایش می‌یابند یا تاثیر می-پذیرند). در تابع تولید کاب داگلاس، مجموع کشش توسط حالت های مختلف ضرایب رگرسیون بدست می‌آید. اگر مجموع ضرایب بزرگتر از یک ($\sum_{i=1}^{n} a_i \rangle 1$)،پس می توان نتیجه گرفت که بازده به مقیاس افزایشی می‌باشد؛ اگر مجموع ضرایب کمتر از یک ($\sum_{i=1}^{n} a_i \langle 1$) ، پس می‌توان نتیجه گرفت که بازده به مقیاس کاهشی می‌باشد؛ اگر مجموع ضرایب برابر یک ($\sum_{i=1}^{n} a_i = 1$) ، نشان می‌دهد که بازده به مقیاس ثابت است (Singh et al., 2004).

اطلاعات پایه در مورد انرژی ورودی و محصول سویا در نرم افزار اکسل و نرم افزار SPSS 17.0 وارد شد و همچنین مدلسازی با استفاده از روش رگرسیون خطی انجام گرفته است.

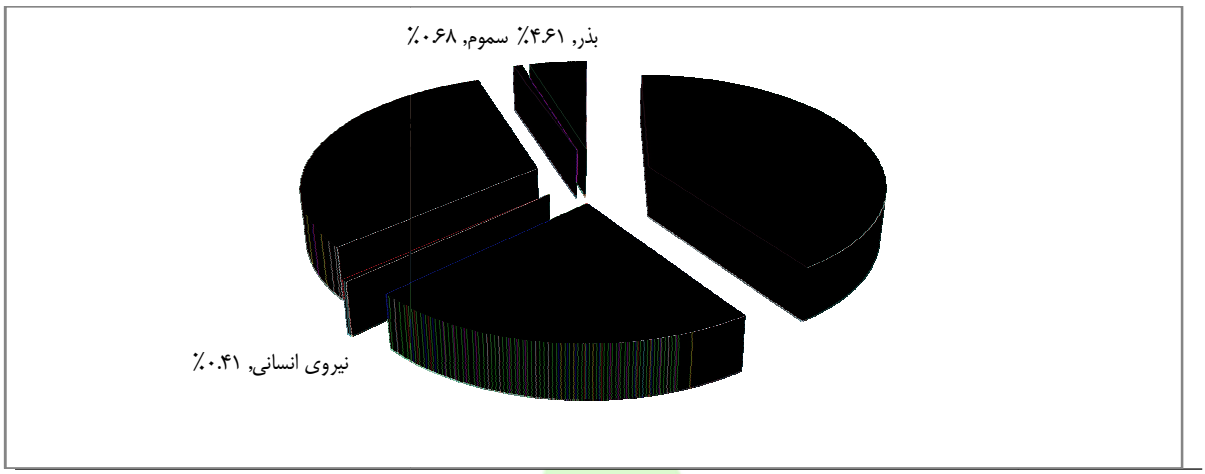
نتایج و بحث

جدول (2) مقدار نهاده های مورد استفاده در تولید سویا و معادل انرژی آن را نشان می‌دهد. شکل (1) درصد توزیع انرژی در ارتباط با نهاده‌های ورودی را نشان می دهد. نتایج به دست آمده نشان داد که حدود 37.84 ساعت کار نیروی انسانی و 74.39 ساعت کار توان ماشینی در هر هکتار برای تولید سویا در منطقه مورد تحقیقات لازم می‌باشد. کل انرژی ورودی برای مراحل مختلف تولید سویا 21384 ($Mj\ ha^{-1}$) محاسبه شد. بالاترین مصرف انرژی مربوط به انرژی سوخت ورودی برای مصرف ماشین‌آلات 8653.45 ($Mj\ ha^{-1}$) که حدود 40.47% از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است (شکل 1)، و پس از آن، کودهای شیمیایی 6692.59 ($Mj\ ha^{-1}$) که حدود 31.30 % از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است؛ با توجه به اینکه سوخت درصد بالای از انرژی را در اختیار دارد پس با استفاده از روش های پیشرفته مدیریت ماشین در منطقه مورد مطالعه از هدر رفت انرژی جلوگیری کنیم.

جدول 2- مقدار نهاده ورودی ، خروجی و انرژی ورودی و خروجی در تولید سویا

نهاده (واحد)		مقدار در واحد سطح(هکتار)	معادل مجموع انرژی ($Mj\ ha^{-1}$)
ورودی			
سوخت (L)		153.68	8653.45
نیروی انسانی (h)		37.84	87.41
ماشین‌های کشاورزی (kg)		74.39	4820.19
کود شیمیایی	ازته (kg)	100.43	6085.78
	فسفاته (kg)	50.86	606.80
سموم	آفت کش (kg)	1.43	144.88
بذر (kg)		67.04	985.48
کل انرژی ورودی			21384.00
خروجی			
عملکرد سویا		2366.79	34791.83
کل انرژی خروجی			34791.83

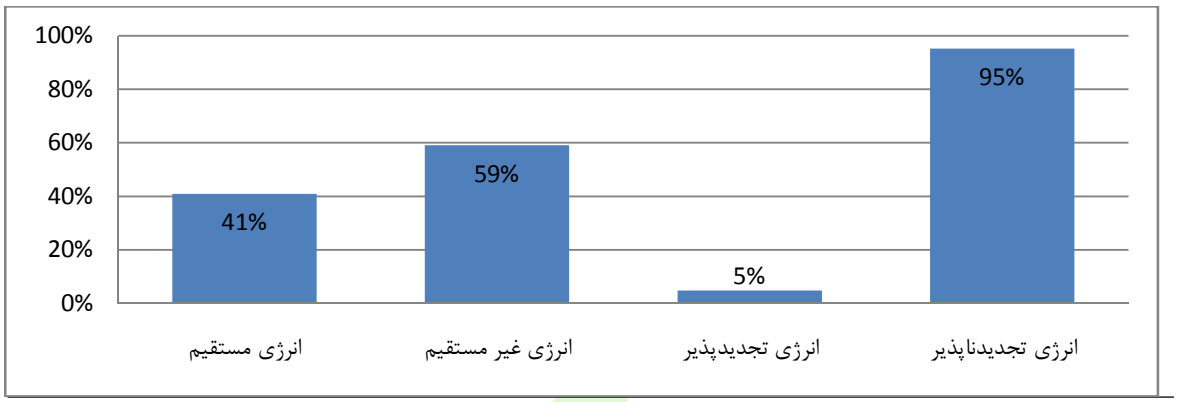
سهم انرژی کود نیتروژن بیشترین مقدار در بین کل انرژی کود شیمیایی که حدود 0.41 % از کل ورودی را به خود اختصاص داده است. با توجه به اینکه سویا از خانواده لگومینه و گیاه تثبیت نیتروژن می‌باشد، کود نیتروژن را می توان با کودهای طبیعی دیگر مانند کود سبز، پتاسیم وغیره جایگزین کرد و این می تواند منجر به مصرف کمتر انرژی می‌شود.



شکل (1) سهم و مقدار انرژی ورودی برای تولید سویا

حداقل مصرف انرژی مربوط به کود فسفات 606.8 ($Mj\ ha^{-1}$) از کل انرژی مصرفی شیمیایی را به خود اختصاص داده است. مصرف انرژی بذر پس از آن انرژی نیروی کارگری می‌باشد. تحقیقات زیادی در کشاورزی صورت گرفته که نشان دهنده این واقعیت است که انرژی نیروی کارگری سهم کمی از کل انرژی ورودی تولید را به خود اختصاص داده است (Sartori et al., 2005; Strapatsa et al., 2006; Kizilaslan, 2009). متوسط عملکرد سویا 2.36 $ton\ ha^{-1}$ بدست آمد، بر همین اساس، کل انرژی خروجی با توجه جدول (2) در هر هکتار بمیزان 34791.83 ($MJ\ ha^{-1}$) محاسبه شد. سهم انرژی ورودی به صورت انرژی مستقیم، غیر مستقیم و فرم های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در شکل(2) نشان داده شده است ، همچنین کل انرژی ورودی بصورت انرژی غیر مستقیم (59٪) و انرژی مستقیم (41٪) و یا انرژی های تجدید پذیر (5٪) و انرژی غیر قابل تجدید (5٪) بدست آمده است، که نشان دهنده این مطلب می‌باشد که، اساسا تولید محصول سویا به انرژی تجدیدناپذیر(بترتیب به کود و سوخت) در منطقه مورد مطالعه وابسته است؛ بنابراین، واضح است که مصرف انرژی تجدید ناپذیر بالاتر از انرژی تجدیدپذیر در تولید سویا است، که در امتداد با تحقیقات انجام شده برای محصولات مختلف دیگر بوده است(Yilmaz et al., 2005; Erdal et al., 2007; Kizilaslan, 2009; Mobtaker et al., 2010).

از آنجا که انرژی ورودی تاثیرگذار ، انرژی تجدید ناپذیر شامل: کودهای شیمیایی می‌باشد، استفاده بهینه از مدیریت کود شیمیایی همچنین استفاده از منابع تجدید پذیر مانند کود دامی می‌تواند نرخ انرژی تجدید پذیر را افزایش داد.



شکل (2) سهم کل انرژی ورودی ، به صورت انرژی مستقیم، غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید سویا

نتایج رگرسیون از طریق محاسبه معادله (5) در جدول(3) نشان داده شده است. برای داده های مورد استفاده در این مطالعه، همبستگی با استفاده از روش دوربین واتسون(Durbin–Watson) مورد آزمایش قرار گرفت (Hatirli et al., 2005; Mohammadi and Omid, 2010)

مقدار عدد دوربین واتسون(Durbin–Watson) برای معادله (5) ، 1.727 بدست آمده، که نشان می دهد ، هیچ همبستگی در سطح معنی دار 5٪ در مدل تخمین زده شده وجود ندارد. مقدار R^2 به میزان 0.980 برای این معادله محاسبه شد، نشان می‌دهد که در حدود 0.980 متغیر انرژی ورودی با این مدل توضیح داده(تفسیر) خواهند شد.

جدول (3): نتایج برآورد اکونومتریکی انرژیهای ورودی برای تولید سویا

متغیر ورودی:عملکرد محصول	**ضریب همبستگی**	**نسبت t (*t-ratio*)**	**بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP)**
متغیرهای بیرونی			
مدل : 1			
$\ln Y = a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + e_i$			
سوخت	2.450	2.365*	0.650
ماشین	1.576	2.712**	0.751
نیروی کارگری	-0.644	-3.086**	-17.102
کودهای شیمیایی	0.589	2.626**	0.203
سموم	0.545	2.180*	8.694
بذر	1.536	5.948**	3.575
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1.727		
R^2	0.980		
بازگشت به مقیاس $(\sum_{i=1}^{n} a_i)$	6.052		

*، ** نشان دهنده معنی داری در سطح 1٪ و 5٪ می‌باشد.

نتایج حاصل از ارزیابی ، تابع کاب داگلاس بر هر یک از نهاده ها در تولید سویا نشان می دهد که تاثیر هر یک از نهاده‌های ورودی بر روی عملکرد متفاوت است. نتایج نشان داد که تاثیر انرژی ورودی بر عملکرد (به جز برای کار انسانی) مثبت است. همانطور که از جدول (3) مشاهده می شود؛ سوخت بیشترین تاثیر (2.45) در میان نهاده های ورودی های و تاثیر معنی دار قابل توجهی بر عملکرد در سطح 5٪ دارد. این نشان می دهد که 1٪ افزایش در انرژی ورودی ماشین آلات منجر به 2.45 درصد افزایش عملکرد در شرایط تولید سویا مورد پژوهش می‌شود. دومین نهاده ورودی مهم و تاثیر گذار بر روی عملکرد ماشین‌آلات با کشش 1.57 و پس از آن بذر و کود شیمیایی، بترتیب با کشش 1.53 و 0.58 بدست آمده است.

هاتیرالی و همکاران (2006) یک مدل اقتصادسنجی برای تولید گوجه فرنگی گلخانه ای در استان آنتالیا ترکیه را برآورد کردند ؛ آنها گزارش دادند که نیروی انسانی، کودهای شیمیایی، سموم ، ماشین آلات و انرژی آب ،بترتیب مهمترین نهاده های ورودی در تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای بودند ، که تاثیر قابل توجهی بر عملکرد این محصول داشتند.

با توجه به جدول (3) ، نیروی کار انسانی تاثیر منفی بر روی عملکرد سویا دارد. مقدار بازده به مقیاس برای مدل (1) با جمع کردن ضرایب رگرسیون به مقدار 1.72 بدست آمده است. مقدار بالاتر از یک، بازگشت به مقیاس به معنی تاثیر مثبت و افزایشی نهاده ها بر روی عملکرد می‌باشد.

حساسیت انرژی ورودی بر روی سطح خروجی(عملکرد) با استفاده از روش بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) و روش ضریب رگرسیون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج به دست آمده در جدول (3) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) برای انرژی سم (8.69) و پس از آن انرژی بذر (3.575) قرار دارد، نشان می‌دهد که با استفاده 1 MJ انرژی اضافی از نهاده های ورودی از قبیل ماشین‌آلات و سموم، بترتیب 8.69 کیلوگرم و 3.575 کیلوگرم بر میزان عملکرد نهایی افزوده خواهد شد. به عنوان یک نتیجه، پارامترها با ضریب حساسیت بزرگ تاثیر بیشتری بر روی متغیر موجود دارند. تشخیص اینکه کدام عوامل باید شناسایی و اندازه گیری با دقت مورد بررسی قرار گیرد ،با اهمیت می‌باشد.(Drechsler, 1998). بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) انرژی نیروی انسانی بمیزان 17.102- مقدار منفی آن دلالت بر این موضوع دارد که هر واحد اضافی در نهاده های ورودی موجب کاهش در خروجی(عملکرد) می‌شود. .

سینگ و همکاران (2004)، حساسیت انرژی های ورودی بر بهره وری گندم را برای پنج منطقه زراعی در هند ،برآورد کردند. آنها گزارش دادند که MPP نهاده کود شیمیایی در مناطق 1 تا 5 بترتیب برابر با ، 0.385، 2.816، 0.211-، 0.610و 0.624 می‌باشند. رفیعی و همکاران (2010) حساسیت انرژی ورودی برای تولید سیب در ایران را برآورد کردند، نتایج نشان داد که بالاترین بهره‌وری مربوط آبیاری و پس از آن بترتیب متعلق به انرژی های ورودی مانند: نیروی انسانی و مواد شیمیایی می‌باشد.

با توجه به جدول (4) انرژی به دست آمده از نهاده های ورودی به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم تقسیم شدند، که روند ارزیابی انرژی غیرمستقیم ، مثبت می‌باشد، دال بر اثرات مثبت این مولفه بر روی سطح خروجی(عملکرد محصول) دارد. تاثیر انرژی های غیر مستقیم (1.104) بیشتر از انرژی مستقیم (0.565-)) می‌باشد و هر دو مولفه در سطح 1 ٪ تاثیر معنی داری بر روی عملکرد محصول دارند. ضریب رگرسیون برای انرژی‌های تجدیدپذیر (1.213-) در سطح معنی داری 1٪ درصد و انرژی تجدیدناپذیر (1.051) در سطح معنی دار ی1٪ درصد می‌باشد؛ به این نتیجه می‌توان رسید که تاثیر انرژی تجدیدناپذیر از انرژی های تجدیدپذیر در تولید برنج بیشتر است. نتایج مشابهی در تحقیقات انجام شده برای محصولات مختلف بدست آمده است (Mohammadi and Omid, 2010).

جدول (4): نتایج برآورد اکونومتریکی انرژیهای مستقیم ، غیر مستقیم ، تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر

متغیر ورودی:انرژی خروجی	**ضریب همبستگی**	**نسبت t (*t-ratio*)**	**بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP)**
متغیرهای بیرونی			
مدل : 2			
	$\ln L_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i$		
انرژی مستقیم	-0.565	-1.328*	-2.180
انرژی غیرمستقیم	1.104	345.275**	2.953
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1.560		
R^2	0.96		
بازگشت به مقیاس $(\sum_{i=1}^{n} a_i)$	0.539		
مدل : 2			
	$\ln L_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i$		
انرژی تجدیدپذیر	-1.213	-3.182**	-38.120
انرژی تجدیدناپذیر	1.051	334.099**	1.748
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1.583		
R^2	0.96		
بازگشت به مقیاس $(\sum_{i=1}^{n} a_i)$	-0.162		

*، ** نشان دهنده معنی داری در سطح 1٪ و 5٪ می‌باشد.

همچنین با توجه به جدول (4) مقدار عدد دوربین واتسون(Durbin–Watson) برای معادله (6) و (7) بترتیب برابر 1.560و 1.583 محاسبه شده‌اند. نتایج بدست آمده نشان می دهد که هیچ همبستگی در سطح معنی داری 5 ٪ در مدل تخمین زده شده وجود ندارد. مقدار R^2 برای هر دو شکل انرژی برابر با 0.96 می‌باشد.

همانطور که از جدول (4) مشاهده می‌شود؛ بهره‌وری نهایی برای انرژی های مستقیم ، غیر مستقیم ، تجدیدپذیر و انرژی های تجدیدناپذیر بترتیب برابر با 2.18-، 2.95، 38.12 - و 1.75 می‌باشد؛ نشان می‌دهد که استفاده 1 MJ انرژی اضافی مانند: انرژی غیر مستقیم و تجدید ناپذیر منجر به افزایش عملکرد بترتیب برابر با 2.953 و 1.748 می‌شود. محمدی و امید (2010) و هاتیرالی و همکاران (2005) نیز بترتیب نتایج مشابه برای تولید خیار گلخانه ای در ایران و استفاده از انرژی در بخش کشاورزی ترکیه بدست آوردند.

پس، مدیریت انرژی مسئله مهم در استفاده کارآمد و پایداری سیستم تولید از نظر اقتصادی می‌تواند باشد. بهینه سازی یک راه مهم و اساسی برای افزایش میزان بهره وری می

باشد. برنامه ریزی خطی از جمله راههایی است که می‌تواند به منظور بهینه سازی انرژی ورودی مورد استفاده قرار گیرد. که می‌توان در مراحل بعدی این پژوهش در آینده مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری:

با توجه بررسی انجام شده در مورد تاثیر انرژی های ورودی ، حالت های مختلف انرژی خروجی، ارزیابی حساسیت انرژی ورودی در تولید سویا با استفاده از بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP) و روش ضریب رگرسیون با مشتقات جزئی بر عملکرد سویا بطوری که داده ها از 43 زراعتگر سویا در سال 1391 در استان مازندران نشان داده که کل انرژی ورودی 21384 ($Mj\ ha^{-1}$) و کل انرژی خروجی در تولید سویا ۳۴۸۹۱.۸۳ ($Mj\ ha^{-1}$) می‌باشد. بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید سویا مربوط به سوخت 8653.45 ($Mj\ ha^{-1}$) که انرژی تجدیدناپذیر در حدود 95٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی بترتیب: 1.63 ، 0.11 $kg\ Mj^{-1}$ و 13408 $Mj\ ha^{-1}$ می باشد. ماشین آلات بیشترین تاثیر نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی نشان می دهد که با استفاده از 1 Mj انرژی ورودی سموم، بذر و ماشین‌آلات اضافه تر؛ منجر به افزایش عملکرد محصول سویا بترتیب به میزان 8.694 ، 3.57 و 0.75 کیلوگرم می‌شود. بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP) برای نیروی کار منفی (17.102) می‌باشد، که نشان دهنده استفاده بیش از حد این نهاده و یا اعمال نادرست این نهاده ها در زراعت سویا می باشد؛ که نیازمند مدیریت بهتر بر روی نهاده های که بهره‌وری منفی در زراعت سویا می‌باشد.

منابع:

1- آمارنامه جهاد کشاورزی استان مازندران. 1390. گزارش وضعیت تولید برنج استان مازندران در سال زراعی 1389-1390.سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران.

2- Balat M, Balat H. 2010. Progress in biodiesel processing. Appl Energy;87: 1815–35.

3- Cetin B, Vardar A. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renew Energy;33:428–33.

4- Cherati, F.E., H. Bahrami and A .Asakereh. 2011. Energy survey of mechanized and traditional rice production system in Mazandaran Province of Iran. Afr. J. Agric. Res; 6(11), pp. 2565-2570.

5- Drechsler M. 1998. Sensitivity analysis of complex models. Biol Conserv; 86(3): 401–12.

6- Erdal G, Esengun K, Erdal H, Gunduz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy;32(1):35–41.

7- Esengun K, Gunduz O, Erdal G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Convers Manage;48:592–8.

8- Food and Agricultural Organization (FAO) 2012. <http://www.fao.org>.

9- Liener IE. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. Critical Rev Food Sci Nutrition;34:31–67.

10- Hatirli SA, Ozkan B, Fert C. 2005. An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. Renewable Sustainable Energy Rev.;9(6):608–23.

11- Hatirli SA, Ozkan B, Fert C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renew Energy;31(4):427–38.

12- Jianbo L. 2006. Energy balance and economic benefits of two agro forestry systems in northern and southern China. Agric Ecosyst Environ;116:255–62.

13- Kizilaslan H. 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Appl Energy;86(7–8):1354–8.

14- Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM, Bandyopadhyay KK. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy;23(5):337–45.

15- Mobtaker HG, Keyhani A, Mohammadi A, Rafiee S, AkramA. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agric Ecosyst Environ;137(3–4):367–72.

16- Mohammadi A, Omid M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Appl Energy;87(1):191–6.

17- Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahan S, Rafiee S, Keyhani A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Convers Manage;49(12):3566–70.

18- Mohammadi A, Rafiee Sh, Mohtasebi SS, Rafiee H. 2010. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renew Energy;35(5): 1071–5.

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

20- Rafiee Sh, Mousavi Avval SH, Mohammadi A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy;35:3301–6.

21- Sartori L, Basso B, Bertocco M, Oliviero G. 2005. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. Biosyst Eng;91(2):245–56.

22- Singh G, Singh S, Pannu CJS, Singh J. 2000. Optimization of energy input for raising cotton crop in Punjab. Energy Convers Manage;41(17):1851–61.

23- Singh S, and Mital j.p. 1992. Energy in production agriculture: Mittal Pub.New Delhi.
24- Singh H, Mishra D, Nahar NM, Ranjan M. 2003. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India: part II. Energy Convers Manage;44(7): 1053–67.
25- Singh G, Singh S, Singh J. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Convers Manage;45(3):453–65.
26- Strapatsa AV, Nanos GD, Tsatsarelis CA. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agric Ecosyst Environ;116(3–4):176–80.
27- Tsatsarelis CA. 1993. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. Agric Ecosyst Environ;43:109–18.
28- Yamane, T., Elementary Sampling Theory. 1967. Engle Wood Cliffs, NJ, Prentice-Hall Inc., USA.
29- Yaldiz,O., H.H. Ozturk, Y ,Zeren., and A Bascetincelik. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. In: Vth international congress on mechanization and energy in agriculture. Izmir-Turkey; pp. 527-536 [in Turkish].
30- Yilmaz I, Akcaoz H, Ozkan B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renew Energy.30(2):145–55.

Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for Soybean production in North Iran

Fazlollah Eskandari Cherati[1], Ramzan babatabar Darzi [2],Danial Aftekhari[2] and Yahya Zarein Geshiri[2]

1- PHD.Student .Department of Agricultural Machinery Engineering, Shahid Chamran University of ahvaz, Iran(f-cherati@phdstu.scu.ac.ir).
2- MSc Students , Department of Agricultural Mechanization Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

Abstract:

The objectives of this study were to determine the energy consumption and evaluation of inputs sensitivity for Soybean production in Mazandaran province, Iran. The sensitivity of energy inputs was estimated using the marginal physical productivity (MPP) method and partial regression coefficients on Soybean yield. Data were collected from 43 Soybean farms in July 2012. The sample volume was determined by random sampling method. The results revealed that total energy input for Soybean production was 21384 MJ ha^{-1}; the non-renewable energy shared about 95 % while the renewable energy did 5 %. Energy use efficiency, energy productivity, and net energy were 1.63, 0.11 kg MJ^{-1}, and~13408 MJ ha^{-1}, respectively. Econometric model evaluation showed that fuel energy was the most significant input which affects the output level. Sensitivity analysis indicates that with an additional use of 1MJ of each of the Toxin ,seed and machinery energy would lead to an increase in yield by 8.694, 3.575and 0.751 kg, respectively. Also, the MPP of human labor energy was calculated to be -17.102 implying that the use of human labor energy is in excess for Soybean production, causing an environmental risk problem in the region.

Key words: Soybean, Energy analysis, Econometric model, energy productivity and Mazandaran.