بررسی رابطه‌ی بین انرژی ورودی و خروجی محصول سیب زمینی در شهرستان دماوند استان تهران

رضا پهلوان[۱] و شاهین رفیعی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

rezapahlavan@ut.ac.ir

چکیده

در این مقاله رابطه ی بین انرژی ورودی و خروجی در واحد سطح در محصول سیب زمینی در شهرستان دماوند استان تهران بررسی شده است. برای این کار داده ها به صورت تصادفی از ٤٤ مزرعه تولید سیب زمینی در منطقه با استفاده از پرسشنامه جمع آوری شده و توسط نرم افزار SPSS17 تحلیل شد. نتایج نشان داد که انرژی ورودی کل برابر با ۱۱۸۱٤۷/۳۳ مگاژول بر هکتار ($MJ\ ha^{-1}$) می باشد. همچنین کل انرژی خروجی و نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی به ترتیب برابر ۸۵۵۱٤/۱۵ و ۰/۷۲ می باشد. انرژی الکتریسیته (٤٦/۳۳ درصد) و کود (۲۵/۰۸) بیشترین درصد انرژی ورودی را در میان نهاده های مورد بررسی به خود اختصاص داده اند. نتایج رگرسیون نشان داد که سهم انرژی ورودی های نیروی انسانی ($MJ\ ha^{-1}$ ۱۱۰۲/۹۲)، کود ($MJ\ ha^{-1}$ ۲۹٦۳۰/۰۳)، آب ($MJ\ ha^{-1}$ ۸۱۲۵/۲۹) و سوخت ($MJ\ ha^{-1}$ ٦۰۲۷/۹۹)، در بازده محصول معنی دار بود. انرژی نیروی انسانی و کود به ترتیب با ضریب ۱/٤۹ و ۰/۳۱۲ بالاترین ضرایب را در میان ورودی های مورد بررسی دارا می باشند. همچنین با استفاده از روش گام به گام (stepwise) نیروی انسانی و کود به عنوان مهمترین انرژی های ورودی با ضرایب ۱/٤۱ و ۰/۳۸ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ورودی و خروجی، سیب زمینی، رگرسیون

مقدمه

سیب‌زمینی گیاهی است از تیره سیب‌زمینیان که دارای برگهای مرکب و بریده و گلهای سفید یا بنفش است. این گیاه در آب و هوای سرد و مرطوب رشد می کند. میوه آن کوچک، کروی، قرمز، سته و سمی است؛ ولی دارای ساقه‌های زیرزمینی خوراکی است که حاوی اندوخته نشاسته فراوان است. این گیاه دارای رقمهای مختلف است که آنها را به زودرس، دیررس و میانه‌رس تقسیم می‌کند و برحسب استفاده این گیاه به سیب زمینی خوراکی، علوفه‌ای و صنعتی (جهت استفاده الکل یا نشاسته و یا قند) تقسیم می‌شود. گیاه سیب زمینی در مناطقی که دمای هوا در محدوده ی ۱۵–۱۸ درجه ی سلسیوس و بارندگی فراوان است، کشت می گردد(خدهر و همکاران ۱۹۸۵، براه و همکاران ۱۹٦۲، مارینوس و همکاران ۱۹۷۵، منزل و همکاران ۱۹۸۵ و کالدیز و همکاران ۲۰۰۱) . در حال حاضر هر ساله در حدود ۳۲۳ میلیون تن سیب زمینی در سراسر جهان تولید می‌شود. بر طبق آمار فائو در سال ۲۰۰۷ تولید سیب زمینی ایران برابر با ٤/۵ میلیون تن بوده است(FAO, 2007).

کشاورزی یک مصرف کننده و همچنین یک تولید کننده ی انرژی می باشد. به دلیل عواملی مثل افزایش جمعیت، محدودیت در منابع زمین قابل کشت و تمایل به افزایش استاندارد زندگی مصرف انرژی در کشاورزی افزایش یافته است. بنابراین تمام جوامع بشری به افزایش بازده انرژی روی آورده اند. که این افزایش بازده می تواند باعث صرفه جویی مالی، صرفه جویی در سوخت، تولید پایدار کشاورزی و حفظ محیط زیست گردد(اوهلین ۱۹۹۸).

مطالعات زیادی بر روی انرژی های ورودی و خروجی محصولات مختلف توسط محققان صورت گرفته است، از جمله بر روی نیشکر در مراکش(مرینی و همکاران ۲۰۰۱) گندم، ذرت، سویا، چغندر قند، انگور، زیتون، بادام، جو، سیب و آلو در ایتالیا (تریولو و همکاران ۱۹۸۷ و سارتوری و همکاران ۲۰۰۵) برنج(بوکاری و همکاران ۲۰۰۵) مرکبات، زردآلو، پنبه، چغندر قند و محصولات گلخانه ای در ترکیه (دمیرکان و همکاران ۲۰۰٦، ازکان و همکاران ۲۰۰٤، اسنگون و همکاران ۲۰۰۷، ییلماز و همکاران ۲۰۰۵، اردال و همکاران ۲۰۰۷، کاناکی و همکاران ۲۰۰۵ و داگیستان و همکاران ۲۰۰۹)، سویا و سیب زمینی در هند (مندال و همکاران ۲۰۰۲ و یاداو و همکاران ۱۹۹۱)، ذرت و سورگم در آمریکا(فرانزلوبر و همکاران ۱۹۹۵)، پنبه و آفتابگردان در یونان (تساتسارلیس ۱۹۹۱ و کالیوروسیس و همکاران ۲۰۰۲)، دانه های روغنی در آلمان (راسکه و همکاران ۲۰۰٦) و گندم، خیار، سیب زمینی جو در ایران(صفا و همکاران ۲۰۰۲، محمدی و همکاران ۲۰۱۰، محمدی و همکاران ۲۰۰۸، زنگنه و همکاران ۲۰۱۰ و قاسمی و همکاران ۲۰۱۰).

با بررسی سهم انرژی های ورودی در تولید سیب زمینی در استان اردبیل، کل انرژی ورودی برای تولید یک هکتار سیب زمینی ۸۱٦۲٤ مگاژول بر هکتار محاسبه شد، که بیشترین سهم را کود شیمیایی با سهم ٤۰ درصدی به خود اختصاص داد(محمدی و همکاران ۲۰۰۸).

رابطه ی بین انرژی ورودی و عملکرد برای ۱۰٤ محصول ترکیه در طول سالهای ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ بدست آورده شد و این نتیجه بدست آمد که در این دوره انرژی ورودی از ۱۹/٦ به ٤۵/۷ و انرژی خروجی از ۲۷/۱ به ۳۹/۱ گیگا ژول بر هکتار افزایش یافت(هاتیرلی و همکاران ۲۰۰۵).

با بررسی اطلاعات مربوط به ۹۸ تولید کننده ی گوجه فرنگی، کل انرژی ورودی برای تولید یک هکتار گوجه فرنگی ۹٦۹۵۷ مگاژول بدست آمد که ٤۲ درصد آن سهم سوخت گازوئیل بود(اسنگون و همکاران ۲۰۰۷).

در بررسی انرژی های ورودی برای تولید چغندر قند در ۱٤٦ مزرعه در ترکیه، کل انرژی مصرف شده برای تولید یک هکتار چغندر قند برابر با ۳۹٦۸۵/۵۱ مگاژول محاسبه شد که ٤۹ درصد انرژی ورودی مربوط به انرژی کود بود(اردال و همکاران ۲۰۰۷).

هدف از این مطالعه محاسبه ی سهم انرژی های ورودی مختلف در تولید و همچنین یافتن رابطه بین ورودی های انرژی و عملکرد سیب زمینی بر اساس مدلهای ریاضی در مزارع مورد بررسی در شهرستان دماوند استان تهران می باشد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز به روش تصادفی از کشاورزان با استفاده از پرسشنامه در پاییز ۱۳۸۸ جمع آوری شد. اندازه مزارع مورد بررسی از ۰.۵ تا ۸ هکتار متفاوت بود. تعداد نمونه مورد نیاز از طریق فرمول (۱) بدست آمد(محمدی و همکاران ۲۰۰۸ و زنگنه و همکاران ۲۰۱۰).

$$n=\frac{\left(\sum N_h S_h\right)}{N^2 D^2+\sum N_h S_h^2} \qquad (۱)$$

که n تعداد نمونه مورد نیاز، N تعداد بهره بردار کل، N_h تعداد بهره بردار در دسته ی hام، S_h انحراف معیار دسته ی hام، D^2 برابر است با نسبت d^2 به z^2 که d دقت $(x-X)$ و z ضریب اطمینان می باشد. که بر طبق این روش تعداد نمونه مورد نیاز برای بررسی ٤٤ بدست آمد.

ورودی های انرژی شامل نیروی کار انسانی، ماشین ، سوخت دیزل، برق، کود، سم، آب آبیاری و بذر و همچنین عملکرد سیب زمینی به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. معادلهای انرژی در جدول (۱) نشان داده شده است که به عنوان مثال یک لیتر سوخت معادل با ٥٦/٣١ مگاژول انرژی می باشد.

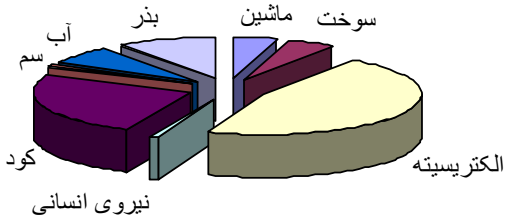
جدول ۱ : معادل انرژی ورودی ها و خروجی

ورودی ها و خروجی ها	واحد	معادل انرژی (MJ unit $^{-1}$)	مرجع
ورودی			
۱. نیروی انسانی	h		
الف : مرد		1.96	[٦, ١١,٢١,٣٤]
ب : زن		1.57	[٦]
۲. ماشین	h	62.7	[١١,٢١ ,٣٤]
۳. سوخت	L	56.31	[٦,٢١ , ٣٤]
٤. الکتریسیته	kW	11.93	[١١,٢٣, ٣٤]
٥. کود	kg		
الف : کود حیوانی		0.3	[١١,٢١ , ٣٤]
ب : ازت		66.14	[١١,٢١ , ٣٤]
ج : فسفات		12.44	[١١,٢١ , ٣٤]
د : پتاس		11.15	[١١, ٢١, ٣٤]
٦. سم	kg	120	[١٤, ٢١]
۷. آب آبیاری	m^2	1.02	[١٤, ٣٤, ٢١]
۸. بذر	kg	3.6	[٢١, ٣٤]
خروجی			
۱. سیب زمینی	kg	3.6	[٢١, ٣٤]

به این ترتیب مقدار انرژی هر یک از نهاده ها و خروجی از طریق ضرب معادل انرژی آن در مقدار مصرف آن در هکتار (جدول ۲) و سهم انرژی ورودی های مختلف در تولید سیب زمینی بدست آمد(نمودار ۱).

جدول ۲ : مقادیر ورودی و خروجی و انرژی آنها در تولید محصول سیب زمینی

ورودی و خروجی	مقدار در هکتار	مقدار انرژی کل در هکتار (MJ)	درصد انرژی
ورودی			
۱. نیروی انسانی (h)			0.93
الف : مرد	519.22	1017.67	0.86
ب : زن	54.30	85.25	0.07
۲. ماشین (h)	81.21	5091.87	4.31
۳. سوخت (L)	107.05	6027.99	5.10
٤. الکتریسیته (kW)	4588.21	54737.35	46.33
٥. کود (kg)			25.08
الف : کود حیوانی	18045.45	5413.64	4.58
ب : ازت	315.42	20861.88	17.66
ج : فسفات	229.33	2852.87	2.41
د : پتاس	44.99	501.64	0.42
٦. سم (kg)	9.70	1164.00	0.99
۷. آب آبیاری (m^3)	7965.97	8125.29	6.88
۸. بذر (kg)	3407.75	12267.90	10.38
کل انرژی ورودی		118147.33	100
خروجی			
۱. سیب زمینی (kg)	23753.93	85514.15	
کل انرژی خروجی		85514.15	



شکل۱: سهم انرژی های ورودی در تولید سیب زمینی

انرژی ورودی در سیستم های کشاورزی می تواند به انرژی های مستقیم و غیر مستقیم یا انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تقسیم گردد. منابع انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت، آب و الکتریسیته و منابع انرژی غیر مستقیم شامل کود، سم، و ماشین می باشد. همچنین بر طبق دسته بندی دیگر نیروی انسانی، آب، بذر و کود حیوانی

جزء انرژی های تجدید پذیر و الکتریسیته، سوخت، سم، کود شیمیایی و ماشین جزء انرژی های تجدید ناپذیر دسته بندی می گردند(محمدی و همکاران ۲۰۰۸).

شاخص های انرژی شامل بهره وری انرژی (kg/Mj) و نسبت انرژی به ترتیب معادل نسبت عملکرد محصول به انرژی ورودی و نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی می باشند(محمدی و همکاران ۲۰۰۸).

برای بدست آوردن رابطه ی بین انرژی های ورودی و عملکرد نیاز به یک تابع هدف وجود دارد. برای این منظور پس از بررسی توابع مختلف تابع کاب داگلاس انتخاب شد که به صورت معادله ی (۲) می باشد.

$$Y = f(x)\exp(u) \qquad (۲)$$

این معادله به وسیله ی نویسندگان مختلفی برای بررسی رابطه ی بین انرژی ورودی و عملکرد مورد استفاده قرار گرفته است[28,32]. اگر این معادله به صورت خطی در بیاید، به صورت معادله ی (۳) خواهد بود.

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(X_{ij}) + e_i \qquad i = 1,2,...,n \qquad (۳)$$

که Y_i عملکرد مزرعه، X_{ij} بردار نهاده های استفاده شده، a متغیر ثابت، α_j ضریب ورودی های مدل و e_i خطا می باشند.

با بسط معادله (۳)، این معادله به صورت (٤) تبدیل می گردد.

$$\ln Yi = a1 \ln X1 + a2 \ln X2 + a3 \ln X3 + a4 \ln X4 + a5 \ln X5 + a6 \ln X6 + a7 \ln X7 + a8 \ln X8 + a9 \ln X9 + ei \qquad (٤)$$

که X_i (i=1,2,…,8) به ترتیب مربوط به نیروی انسانی (X_1)، ماشین (X_2)، سوخت (X_3)، الکتریسیته (X_4)، کود (X_5)، سم (X_6)، آب آبیاری (X_7) و بذر (X_8) می باشد.

همچنین در حالت دوم با روش گام به گام (stepwise) مهمترین انرژی های ورودی برای مدل کردن انتخاب شده و تابع آنها بدست آمد.

نتایج و بحث

بررسی انرژی های ورودی-خروجی مورد استفاده در تولید سیب زمینی :

نتایج نشان داد که مقدار انرژی ورودی و انرژی خروجی در تولید سیب زمینی به ترتیب برابر با ۱۱۸۱٤۷/۳۳ و ۸۵۵۱٤/۱۵ مگاژول بر هکتار می باشد(جدول۲).

بر طبق تحقیقات محققین مقدار کل انرژی ورودی در هکتار برای تولید سیب زمینی برابر ۸۱٦۲٤ مگاژول (محمدی و همکاران ۲۰۰۸) گوجه فرنگی ۹٦۹۵۷ (اسنگون و همکاران ۲۰۰۷) و چغندر قند ۳۹٦۸۵ مگاژول(اردال و همکاران ۲۰۰۷) می باشد. زیاد بودن انرژی ورودی در این تحقیق به دلیل استفاده از چاه های با عمق زیاد و همچنین استفاده از ادواتی است که بسیار بیشتر از عمر مفیدشان استفاده می شوند. یک هکتار زمین به طور متوسط نیاز به ۵۷۳/۵ ساعت کار نیروی انسانی (زن و مرد) دارد که ۰/۹۳ درصد از انرژی مورد نیاز را به خود اختصاص می دهد. این کارگران عمدتاً برای عملیات کاشت و برداشت مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین ماشین، سوخت، الکتریسیته، کود، سم، آب آبیاری و بذر به ترتیب ۵۰۹۱، ٦۰۲۷، ۵٤۷۳۷، ۲۹٦۳۰، ۱۱٦٤، ۸۱۲۵ و ۱۲۲٦۷ مگاژول بر هکتار انرژی مصرفی را به خود اختصاص می دهند. انرژی الکتریسیته (٤٦/۳۳ درصد) و کود (۲۵/۰۸)

بیشترین درصد انرژی ورودی را در میان نهاده های مورد بررسی به خود اختصاص داده اند. بالا بودن انرژی الکتریسیته به دلیل استفاده از آب چاه های عمیق می باشد.

میزان بهره وری انرژی و نسبت انرژی به ترتیب برابر با kg/Mj ۰/۲ و ۰/۷۲ بدست آمد. در مطالعه بر روی محصول سیب زمینی در همدان، بهره وری و نسبت انرژی به ترتیب ۰/۳۵ و ۱/۲۵ محاسبه شد(محمدی و همکاران ۲۰۰۸). دلیل پایین بودن بهره وری انرژی و نسبت انرژی در منطقه ی دماوند شرایط نامساعدتر هوایی برای سیب زمینی و در نتیجه کاهش عملکرد می باشد.

انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر به ترتیب برابر با ٦٩٩٩٣، ٤٨١٥٣، ٢٦٩٠٩ و ٩١٢٣٧ مگاژول بدست آمد(جدول۳). که میزان مصرف انرژی تجدید ناپذیر بسیار زیاد بوده و حدود ۳/٤ برابر مصرف انرژی تجدید پذیر می باشد. که این مطلب نشان دهنده ی استفاده ی زیاد انرژی های تجدید ناپذیر در بخش کشاورزی می باشد.

جدول ۳ : شاخص های انرژی در تولید سیب زمینی

شاخص انرژی	واحد	مقدار
بهره وری انرژی	kg/Mj	0.20
نسبت انرژی	-	0.72
انرژی مستقیم[a]	Mj ha^{-1}	69993.55
انرژی غیر مستقیم[b]	Mj ha^{-1}	48153.80
انرژی تجدید پذیر[c]	Mj ha^{-1}	26909.75
انرژی تجدید ناپذیر[d]	Mj ha^{-1}	91237.60
کل انرژی ورودی	Mj ha^{-1}	118147.33

a – شامل الکتریسیته، نیروی انسانی، آب و سوخت

b– شامل انرژی سم، کود، بذر و ماشین

c– شامل نیروی انسانی، آب، بذر و کود حیوانی

d– شامل الکتریسیته، سوخت، سم، کود شیمیایی و ماشین

بررسی ارتباط بین انرژی های ورودی و عملکرد در محصول سیب زمینی :

ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس برای محصول سیب زمینی تخمین زده شد. در حالت اول فرض شد که عملکرد محصول (متغیر مستقل) تابعی از انرژی نیروی انسانی، ماشین، سوخت، الکتریسیته، کود، سم، آب آبیاری و بذر می باشد. اثر ورودی های انرژی روی عملکرد محصول به وسیله ی معادله ی (٤) بررسی شد (جدول ٤). ضریب تعیین (R^2) برای این مدل برابر با ۰/۸۳۹ بدست آمد. سهم انرژی نیروی انسانی و کود در سطح ۱٪ و سهم انرژی سوخت و آب در سطح ۵٪ معنی دار شد. که انرژی نیروی انسانی به دلیل داشتن بزرگترین ضریب استاندارد شده بیشترین تاثیر را در عملکرد سیب زمینی دارد و به عبارتی اگر انرژی نیروی انسانی را به میزان ۱٪ افزایش دهیم در این صورت عملکرد محصول سیب زمینی به میزان ۱/٤۹٪ افزایش می یابد(جدول ٤). اهمیت نیروی انسانی در منطقه دماوند به این دلیل می باشد که در این منطقه به دلیل مساحت کم زمین

ها از ماشین های کاشت و برداشت استفاده نمی شود و قسمت عمده ی عملیات ها به وسیله ی نیروی کارگری انجام می شود. تحقیقات محققین در این زمینه نشان می دهد که در کشت جو به ترتیب انرژی ماشین و نیروی انسانی بیشترین تاثیر را در عملکرد داشته اند(قاسمی و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ٤ : نتایج تخمین ضرایب انرژی های ورودی

متغیر های مستقل	ضرایب رگرسیون	ضرایب استاندارد شده	t
ثابت	-4.509		-2.222*
نیروی انسانی	1.495	0.766	7.588**
الکتریسیته	0.282	0.213	1.637ns
کود	0.312	0.284	3.130**
آب	-0.388	-0.304	-2.440*
ماشین	0.096	0.046	0.492ns
سوخت	0.152	0.21	2.095*
سم	-0.054	-0.072	-0.767ns
بذر	-0.043	-0.145	-1.433ns
R^2	0.839		

Model 1: $\ln Yi = a + a1 \ln X1 + a2 \ln X2 + a3 \ln X3 + a4 \ln X4 + a5 \ln X5 + a6 \ln X6 + a7 \ln X7 + a8 \ln X8 + ei$

ns:غیر معنی دار *: در سطح ۵ درصد معنی دار **: در سطح یک درصد معنی دار

در حالت دوم از روش گام به گام (stepwise) استفاده شد. در این مدل متغیرهای پیشگویی کننده تک تک به معادله اضافه می شود و به دنبال آن اگر نقش معنی داری در رگرسیون نداشته باشد از آن حذف می شود و در نتیجه در این روش مهمترین انرژی های ورودی به وسیله ی نرم افزار انتخاب شده و ضرایب آنها مشخص گردید (جدول ۵). در این مدل ضریب تعیین برابر با ۰/۷۵۵ بدست آمد. در این روش دو انرژی ورودی نیروی انسانی و کود به وسیله ی نرم افزار به عنوان مهمترین انرژی های ورودی انتخاب شدند که ضرایب آنها به ترتیب برابر با ۱/٤۱۸ و ۰/۳۸۹ می باشد (جدول ۵). اهمیت زیاد انرژی نیروی انسانی به دلیل استفاده ی زیاد از نیروی کارگری در زمان کاشت و برداشت محصول در منطقه می باشد.

جدول ۵ : نتایج تخمین ضرایب موثرترین انرژی های ورودی به روش stepwise

متغیر های مستقل	ضرایب رگرسیون	ضرایب استاندارد شده	t
ثابت	-3.805		-2.626*
نیروی انسانی	1.418	0.727	7.881**

کود	0.389	0.353	3.830**
R^2	0.755		

Model 2: ln Yi = a + a1 ln X1 + a2 ln X2 + ei

ns: غیر معنی دار *: در سطح ۵ درصد معنی دار **: در سطح یک درصد معنی دار

نتیجه گیری :

نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار انرژی ورودی و انرژی خروجی در تولید سیب زمینی به ترتیب برابر با MJ ha^{-1} ۱۱۸۱۴۷/۳۳، ۸۵۵۱۴/۱۵ MJ ha^{-1} و ۰/۷۲ می باشد. انرژی الکتریسیته (۴۶/۳۳ درصد) و کود (۲۵/۰۸) بیشترین درصد انرژی ورودی را در میان نهاده های مورد بررسی به خود اختصاص داده اند. همچنین بهره وری انرژی و نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی به ترتیب برابر ۰/۲ kg/Mj و ۰/۷۲ بدست آمد. نتایج رگرسیون نشان داد که سهم انرژی ورودی های نیروی انسانی، کود، آب و سوخت، در عملکرد معنی دار بود. انرژی نیروی انسانی و کود به ترتیب با ضریب ۱/۴۹ و ۰/۳۱۲ بالاترین ضرایب را در میان ورودی های مورد بررسی دارا می باشند. همچنین با استفاده از روش گام به گام (stepwise) نیروی انسانی و کود به عنوان مهمترین انرژی های ورودی با ضرایب ۱/۴۱ و ۰/۳۸ بدست آمد.

منابع و مآخذ

1. Ben Khedher M, Ewing EE. 1985. Growth analysis of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. Am Potato J. 62:537-54.
2. Bockari-Gevao SM, Wan Ishak WI, Azmi Y, Chan CW.2005. Analysis of energy consumption in lowland rice-based cropping system of Malaysia. Sci Technol. 27(4):819-26.
3. Borah MN, Milthrope FL. 1962. Growth of the potato as influenced by temperature. Indian J Plant Physiol. 5:53-72.
4. Caldiz DO, Gaspari FJ, Haverkort AJ, Struik PC.2001. Agroecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina. Agric For Meteorol. 109(4):311-20.
5. Canakci M, Topakci M, Akinci I, Ozmerzi A.2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Convers Manage. 46:655-66.
6. Chaudhary V.P, Gangwar B, Pandey D.K, Gangwar K.S. 2009. Energy auditing of diversified rice–wheat cropping systems in Indo-gangetic. Energy. 34: 1091–1096.
7. Dagistan E, Akcaoz H, Demirtas B, Yilmaz Y.2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. Afr J Agric Res. 4 (7):599-604.
8. Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D, Ekinci C.2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Convers Manage. 47:1761-9.
9. 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: 35–41.
10. Esengun K, Erdal G, Gunduz O, Erdal H.2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy. 32: 1873–1881.
11. Esengun K, Gunduz O, Erdal G.2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management. 48: 592–598.

12. Food and Agriculture Organization (FAO),2007. <www.fao.org>.
13. Franzluebbers AJ, Francis CA.1995. Energy outputeinput ratio of maize and sorghum management systems in Eastern Nebraska. Agric Ecosyst Environ. 53(3):271-8.
14. Ghasemi Mobtaker H, Keyhani A, Mohammadi A, Rafiee SH, Akram A, 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 367–372.
15. Hatirli S.A. Ozkan B. Fert C. 2005. An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews 9 ; 608–623.
16. Kallivroussis L, Natsis A, Papadakis G.2002. The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosyst Eng. 81(3):347-54.
17. 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.
18. Marinus J, Bodlaender KBA.1975. Response of some potato varieties to temperature. Potato Res. 18:189-204.
19. Menzel CM.1985. The control of storage organ formation in potato and other species, a review part 1. Field Crop Abstr. 38(9):527-37.
20. 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.
21. Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahin S, Rafiee S, Keyhani A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study. Energy Conversion and Management. 49: 3566–3570.
22. Mrini M, Senhaji F, Pimentel D.2001. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. Environ, Dev Sustainability. 3:109-26.
23. Ozkan B, Akcaoz H, Fert C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29 ; 39–51.
24. Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F.2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Convers Manage. 45: 1821-30.
25. Ozkan B, Kurklu A, Akcaoz H.2004. An inputeoutput energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy. 26:189-95.
26. Rathke GW, Diepenbrock W.2006. Energy balance of winter oilseed rape (Brassica napus L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Eur J Agron. 24:35-44.
27. Safa M, Tabatabaeefar A.2002. Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. November 28-30. In: Proceedings of International Agricultural Conference, Wuxi, China.
28. 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.
29. Triolo L, Unmole H, Mariani A, Tomarchio L.1987. Energy analyses of agriculture: the Italian case study and general situation in developing countries. October 26e29. In: Third international symposium on mechanization and energy in agriculture, Izmir, Turkey. 172-84.
30. Tsatsarelis CA.1991. Energy requirements for cotton production in central Greece. J Agric Eng Res. 50:239-46.
31. Uhlin H.1998. Why energy productivity is increasing: an IeO analysis of Swedish agriculture. Agric Syst. 56(4):443-65.
32. Yadav RN, Singh RKP, Prasad S.1991. An economic analysis of energy requirements in the production of potato crop in bihar sharif block of nalanda districh (Bihar). Econ Affair Kalkatta. 36:112-9.
33. Yilmaz I, Akcaoz H, Ozkan B.2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renew Energy. 30:145-55.

34. Zangeneh M, Omid M, Akram A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy 1-7.

Abstract

This paper studies the relationship between output and input energy per unit area in potato production in Damavand city of Tehran. For this purpose, the data collected by random method from 44 potato production field in the region by using a questionnaire and the data analyzed by software SPSS17. The results indicated that total input energy, total output energy and energy ratio are 118147.33 MJ ha^{-1}, 85514.15 MJ ha^{-1} and 0.72 respectively. The electrical Energy (46.33 percent) and fertilizer Energy (25.08) have the highest amount in the inputs. Regression analyze showed that the share of the input energy of human (1102.92 MJ ha^{-1}), fertilizer (29630.03 MJ ha^{-1}), water (8125.29 MJ ha^{-1}) and fuel (6027.99 MJ ha^{-1}), were significant in the crop yield. Human energy and fertilizer energy by 1.49 and 0.312 coefficients have the highest amounts in coefficients among the inputs, respectively. Also, with step by step method (stepwise) human energy and fertilizer energy were the most important input energies by 1.41 and 0.38 coefficients, respectively.

Keywords: energy, potato, Regression