

## تجزیه و تحلیل الگوی مصرف انرژی در مزارع ذرت دو اقلیم متفاوت (شمال و جنوب) استان آذربایجان غربی

شهناز رضایی شیرمرد<sup>1\*</sup>، منصور سهرابی<sup>2</sup>، محمدعلی صالحی<sup>3</sup> و سلیمان رسولی آذر<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 91/3/10 تاریخ پذیرش: 91/7/13

1- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد

2- استادیار دانشکده ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد

3- عضو هیأت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد

\*مسئول مکاتبه Email: [sh.rezaee369@yahoo.com](mailto:sh.rezaee369@yahoo.com)

### چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی انرژی‌های ورودی و خروجی مزارع ذرت شهرستان‌ها در دو اقلیم متفاوت (شمال و جنوب) استان آذربایجان غربی انجام گرفت. بدین منظور کلیه‌ی اطلاعات مربوط به نهاده‌های مورد نیاز و عملکرد در واحد سطح در 152 مزرعه ذرت دانه‌ای در مناطق مختلف استان آذربایجان غربی در قالب پرسشنامه جمع آوری گردید. میزان کل انرژی نهاده‌های ورودی مزارع ذرت شمال استان برابر 76129/7 مگاژول در هکتار (8091/9 مگاژول در هکتار انرژی مستقیم، 12082/6 مگاژول در هکتار انرژی غیر مستقیم، 10237/6 مگاژول در هکتار انرژی قابل تجدید و 19401/9 مگاژول در هکتار انرژی غیر قابل تجدید) و میزان انرژی خروجی 143202 مگاژول در هکتار و در مزارع ذرت جنوب استان، میزان کل انرژی نهاده‌های به کار برده شده 70385/3 مگاژول در هکتار (6519/5 مگاژول در هکتار انرژی مستقیم، 13559/7 مگاژول در هکتار انرژی غیرمستقیم، 13501/1 مگاژول در هکتار انرژی قابل تجدید و 18447/5 مگاژول در هکتار انرژی غیر قابل تجدید) و میزان خروجی آن 137941 مگاژول در هکتار برآورد گردید. نتایج نشان داد که شهرستان‌های مهاباد، ارومیه و نقده با میانگین کارایی انرژی به ترتیب 3/6 و 3/36 و 3/03 بالاترین میانگین کارایی انرژی را داشتند. این تفاوت می‌تواند باعث افزایش گرمای زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای و ناپایدار شود. بنابراین باید ابزارهای سیاستی جدید برای تضمین پایداری و کارایی در مصرف انرژی را اتخاذ کرد.

واژه‌های کلیدی: بیلان انرژی (کارایی انرژی)، ذرت دانه ای، ستاده و نهاده‌ها

## Analysis of Energy Consumption Pattern in Corn Fields in two Different Climates (North & South of West Azerbaijan)

Sh Rezaei Shirmard<sup>1\*</sup>, M Sohrabi<sup>2</sup>, MA Salehi<sup>3</sup> and A Rasouli Azar<sup>3</sup>

Received: 2012/6/20 Accepted: 2012/9/29

<sup>1</sup>Graduate student Agro ecology, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

<sup>2</sup>Assist Prof, Dept of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

<sup>3</sup>Faculty Member, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

\*Corresponding Author: Email: [sh.rezaee369@yahoo.com](mailto:sh.rezaee369@yahoo.com)

### Abstract

This research was conducted to evaluation of the input and output energies of corn (*Zea mays L.*) fields in two different climates (north and south) of Western Azerbaijan Province. All information of this study about inputs and yield were collected by questionnaire in 152 corn fields of different areas of Western Azerbaijan province. Total energy expenditures were  $76129.7 \text{ mjh}^{-1}$  ( $8091.9 \text{ mjh}^{-1}$  direct energy,  $12082.6 \text{ mjh}^{-1}$  indirect energy,  $10237.6 \text{ mjh}^{-1}$  renewable energy and  $19401.9 \text{ mjh}^{-1}$  non-renewable energy) and output energy was  $143202 \text{ mjh}^{-1}$  in northern corn fields. Also, total input energies were  $70385.3 \text{ mjh}^{-1}$  ( $6519.5 \text{ mjh}^{-1}$  direct energy,  $13559.7 \text{ mjh}^{-1}$  indirect energy,  $13501.1 \text{ mjh}^{-1}$  renewable energy and  $18447.5 \text{ mjh}^{-1}$  non-renewable energy) and output energy was  $137941 \text{ mjh}^{-1}$  in southern corn fields. Results were indicated that Mahabad, Urmia and Naqade, with average energy efficiency 3.6, 3.36 and 3.03 had the highest average energy efficiency, respectively. These differences can be caused warming, greenhouse gas emissions and instability. So the new policy instruments should be adopted to ensure the sustainability and energy efficiency.

**Key words:** Corn, Energy balance (energy efficiency), Input and output

### مقدمه

محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است (هاتیرلی، 2006). یکی از راه‌های رسیدن به توسعه کشاورزی و پایداری تولید در نواحی کشاورزی استفاده از روش جریان انرژی است (کوچکی و حسینی، 1368، گوسام، 1986). برای هر سیستم کشاورزی نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی متناسب با کارایی و بیلان سیستم می باشد. کارایی انرژی (بیلان انرژی)، نسبت

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی می باشد. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از عدم استفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و

خروجی انرژی و بهره وری انرژی به ترتیب 1/25، 12380/3 مگاژول/تن و 0/09 مگاژول/کیلوگرم بوده است.

ایزدخواه و همکاران (1389)، سیر انرژی در دو نظام کشت متداول و مکانیزه را در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی در سال زراعی 85-86 مورد بررسی قرار دادند. میزان کارایی انرژی (نسبت ستاده به نهاده) در روش کشت متداول 2/44 و در روش کشت مکانیزه برابر 4/43 محاسبه گردید. لذا بررسی میزان انرژی مصرفی در واحد سطح (انرژی ورودی) گیاهان زراعی (به ویژه ذرت) به ازای واحد تولید در هکتار (انرژی خروجی)، در جهت کاهش هزینه‌ها، ذخیره انرژی، سلامت محیط زیست و افزایش بهره‌وری از موارد بسیار ضروری و مهم خواهد بود که هدف اصلی این تحقیق می باشد و می توان راهکارهایی به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در مزارع ذرت در هر دو اقلیم شمال و جنوب استان آذربایجان غربی ارائه نمود.

#### مواد و روش‌ها

در این بررسی، اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه جمع آوری گردید. این پرسشنامه از دو قسمت تشکیل شده بود. قسمت اول مربوط به خصوصیات دموگرافیکی افراد مورد بررسی مانند سن، جنس، میزان سواد، سابقه کار و میزان سطح زیر کشت بود. قسمت دوم شامل کلیه عوامل نهاده و میزان عملکرد در واحد سطح بود. پرسشنامه‌ها در شش شهرستان استان آذربایجان غربی (بوکان، نقده، مهاباد، میاندوآب، سلماس، ارومیه، پیرانشهر و شاهین‌دژ) در میان زارعین ذرت دانه‌ای به صورت تصادفی توزیع شد. شهرستان‌های ارومیه و سلماس به عنوان اقلیم شمال استان و شهرستان‌های بوکان، نقده، مهاباد، میاندوآب، پیرانشهر و شاهین‌دژ به عنوان اقلیم جنوب استان در نظر گرفته شد. تعداد افراد مورد ارزیابی بر

انرژی خروجی ناشی از تولید به انرژی هزینه شده برای تولید (انرژی ورودی) نیز تعریف شده است (کوچکی 1368). در همین راستا پژوهش‌های بی شماری در نقاط مختلف جهان در اکوسیستم‌های زراعی به منظور ارزیابی کارایی و بیلان انرژی، (نسبت ستاده به نهاده) برای محصولات زراعی انجام گرفته است (کوچکی و حسینی 1373، دیک 1985). به عنوان مثال ایالت‌های مختلف آمریکا، کارایی انرژی مختلف در کشت ذرت را ارائه نموده اند. آنها کارایی انرژی در کشت ذرت دانه‌ای در ایالت‌های نبراسکا، جورجیا، اوهایو و ایلینویز را به ترتیب 1/8، 1/2، 4/2 و 4/6 گزارش نموده اند (پیمنتال و بورگس 1980).

رضا دوست (1384) به منظور آشنایی با روند مصرف انرژی در مزارع و مقدار انرژی بدست آمده از اکوسیستم‌های زراعی، مزرعه‌ای به عنوان نمونه انتخاب و راندمان انرژی را برای آن محاسبه نمود. نتایج آنها نشان داد بیشترین هزینه انرژی در مزرعه مورد نظر مربوط به انرژی الکتریسیته بود که جهت پمپاژ آب مصرف می شود (38 درصد). در نتایج رحیمی کیا و همکاران (1390) سهم برق مصرفی در کل انرژی ورودی بسیار بالاتر از سایر نهاده‌ها می باشد. آن‌ها میزان مصرف انرژی بر واحد هکتار برای محصول کلزا در منطقه جنوب استان فارس (شهرستان فیروزآباد) را مورد بررسی قرار داده و نتایج حاصل از این تحقیق آن‌ها نشان داد که انرژی الکتریسیته به طور متوسط 70/16 درصد، بیشترین سهم مصرف انرژی در تولید کلزا را به خود اختصاص می داد.

هاتیرلی و همکارانش (2006) الگوی مصرف انرژی و نیز ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد را برای گل رز در استان آنتالیا در کشور ترکیه آزمون کردند، نتایج نشان داد که انرژی شیمیایی 16/01% و نیروی انسانی 8/64% درصد کل انرژی مصرفی را تشکیل می دهند. همچنین نتایج نشان داد که ورودی،

انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص با استفاده از معادلات 1، 2، 3 و 4 محاسبه گردید (دمریکن و همکاران 2006 و وراسکه و همکاران 2006). برای تعیین اختلاف معنی داری مناطق مختلف استان از روش آزمون F و آزمون T استفاده شد. برای گروه بندی نهایی شهرستان های استان بر اساس انرژی ورودی و خروجی از تجزیه کلاستر استفاده شد. جهت تعیین محل برش دندروگرام از روش زیر استفاده گردید:

$$d_i > \bar{d} + 1.96 Sd$$

که در آن Sd انحراف معیار فاصله‌ها اقلیدسی،  $\bar{d}$  میانگین فاصله‌های اقلیدسی و  $d_i$  فاصله محل برش خواهد بود. و در نهایت برای رسم شکل ها از نرم افزار اکسل استفاده گردید.

اساس  $\alpha=0.05$  و  $P \times (P-1) = 0.25$  واریانس جامعه برابر 196 نفر بود که بر اساس فرمول کوکران محاسبه گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی وارد نرم افزار SPSS18 گردید. پس از میانگین گیری اعداد، میزان انرژی هر نهاد با استفاده از جدول معادل انرژی مربوطه بدست آمد (جدول 1). برای برآورد بیلان انرژی در دو اقلیم شمال و جنوب استان آذربایجان غربی، میزان هر یک از نهاد های بکار برده شده با توجه به میزان نهاد های مصرفی و عملیات زراعی در دو اقلیم شمال و جنوب محاسبه شد. انرژی خروجی یا ستاده انرژی نیز از حاصل ضرب عملکرد در مقدار انرژی معادل آن بدست آمد. در نهایت بیلان انرژی، بهره وری

جدول 1- معادل انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها در بخش کشاورزی.

انرژی معادل (mj)	انرژی معادل (mj)	
50/21	کود نیتروژن (کیلوگرم)	2/3 نیروی انسانی (ساعت)
12/55	کود فسفره (کیلوگرم)	11/93 الکتریسیته (کیلو وات ساعت)
6/7	کود پتاسه (کیلوگرم)	56/31 سوخت گازوئیل (لیتر)
390/83	سموم شیمیایی (کیلوگرم)	25 بذر ذرت (کیلوگرم نهاد)
0/063	کود حیوانی (تن)	1/15 آبیاری
14/70	بذر ذرت (کیلوگرم ستاده)	0/004 استهلاک ماشین آلات به ازای هر لیتر سوخت مصرفی

$$\text{فرمول (1)} = \frac{\text{انرژی ستاده (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر هکتار)}} = \text{کارایی انرژی}$$

$$\text{فرمول (2)} = \frac{\text{مقدار ستاده (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر هکتار)}} = \text{بهره وری انرژی}$$

$$\text{فرمول (3)} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم در هکتار)}} = \text{انرژی ویژه}$$

$$\text{فرمول (4)} \quad \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} - \text{کل انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول بر هکتار)} = \text{افزوده خالص انرژی}$$

## نتایج و بحث

ماشین آلات به ترتیب صفر (عدم مصرف کود حیوانی) و 0/57 مگاژول را بود در حالیکه در مزارع اقلیم جنوب بیشترین مقدار انرژی مصرفی مربوط به برق، آبیاری و کود نیتروژنه به ترتیب 38431/6، 12867 و 9147/2 و کمترین انرژی مصرفی نهاده کود حیوانی و استهلاک ماشین آلات به ترتیب 1/53 و 0/46 مگاژول را بود. در دو اقلیم، میزان انرژی حاصل از بذر مصرفی، کود پتاسه، استهلاک ماشین آلات، سوخت مصرفی و کود حیوانی باهم اختلاف معنی دار داشته و در مصرف سایر نهاده‌ها فاقد اختلاف معنی دار بودند. که در این موارد (به غیر از انرژی حاصل از مصرف کود حیوانی) میانگین‌های مزارع ذرت اقلیم شمال بالاتر از مزارع اقلیم جنوب بود (جدول 2)

- بررسی انرژی های ورودی و خروجی در مزارع ذرت در اقلیم شمال استان آذربایجان غربی:

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مجموع انرژی مصرفی در طول دوره تولید ذرت دانه‌ای در مزارع اقلیم شمال و جنوب به ترتیب 76129/7 و 70385/3 مگاژول در هکتار بود. مجموع انرژی مصرفی در مزارع اقلیم شمال به اندازه 5744/4 مگاژول در هکتار بیشتر از مزارع اقلیم جنوب بوده ولی این اختلاف معنی دار نبود. در مزارع اقلیم شمال بیشترین مقدار انرژی مصرفی مربوط به برق، آبیاری و کود نیتروژنه به ترتیب 46490/1، 9465/1 و 7962/9 و کمترین انرژی مصرفی نهاده کود حیوانی و استهلاک

جدول 2- نتایج آزمون T مقایسه انرژی‌های ورودی و خروجی در دو ناحیه شمال و جنوب استان.

T	انحراف معیار		میانگین		انرژی
	شمال	جنوب	شمال	جنوب	
1/9*	2/5	32/4	10/1	25/5	انسانی
3/5**	234/2	146/7	762/5	606/25	بذر مصرفی
0/156 ns	266/03	415/6	1065/01	1081/9	علف کش
0/81 ns	4727/9	5466/9	7962/9	9147/2	کود نیتروژنه
1/04 ns	1530/8	941/8	1857/1	1556/2	کود فسفره
2/301*	673/6	359/4	434/4	167/7	کود پتاسه
1/54 ns	3/2	8/7	9465/1	12867	آب آبیاری
3/75**	0/17	0/09	0/57	0/46	استهلاک ماشین آلات
3/75**	2455/2	1317/1	8081/8	6493/9	سوخت (گازوئیل)
0/81 ns	29649/1	37771/4	46490/1	38436/6	برق
3/7**	0/0	1/6	0/0	1/53	کود حیوانی
0/549ns	34210	41845/2	76129/7	70385/3	مجموع ورودی
0/516 ns	23102	36839	143202	137941	خروجی

دارای اختلاف معنی دار بوده و در سایر شاخص‌ها در دو اقلیم اختلاف معنی دار مشاهده نگردید. انرژی مستقیم در مزارع ذرت اقلیم شمال بالاتر از اقلیم مزارع جنوب بود که نشان دهنده مصرف زیاد انرژی انسانی

برآورد کلیه شاخص‌های انرژی در مزارع ذرت دو اقلیم در جدول 3 آمده است. در مقایسه میانگین شاخص‌های انرژی در مزارع ذرت دو اقلیم استان، تنها شاخص انرژی مستقیم و شدت انرژی در دو اقلیم

کارایی انرژی دو اقلیم شمال و جنوب در این تحقیق به ترتیب برابر 2/5 و 2/6 محاسبه گردید. به عبارت دیگر ازای هریک مگاژول بر هکتار انرژی نهاده، به ترتیب 2/5 و 2/6 مگاژول بر هکتار انرژی ستاده بدست آمده است (جدول 3).

و فسیلی در اقلیم شمال است. در حالیکه شدت انرژی مصرفی در منطقه جنوب بالاتر از اقلیم شمال بود که مبین مصرف بالای انرژی انسانی در مزارع ذرت اقلیم جنوب استان آذربایجان غربی است.

جدول 3- نتایج آزمون T مقایسه شاخصهای انرژی در دو ناحیه شمال و جنوب استان

T	انحراف معیار		میانگین ناحیه		شاخص انرژی
	شمال	جنوب	شمال	جنوب	
3/72**	2455/4	1310/3	8091/9	6519/5	مستقیم
0/296	5354/7	5985/8	12082/6	12559/7	غیر مستقیم
1/48	3296/1	8662/7	10237/6	13501/1	تجدید پذیر
0/577	5709/1	6117/6	19401/9	18447/5	تجدید ناپذیر
0/353	0/1	0/1	0/17	0/18	بهره‌وری
0/363	1/6	1/6	2/5	2/6	کارایی مصرف انرژی
2/14*	0/0002	0/003	0/001	0/0027	شدت انرژی
1/309	4038/4	9207/4	14959/2	11880/9	بهره‌وری انرژی انسانی
0/036	43018/7	50741/1	67072/7	67555/7	افزوده خالص انرژی
0/131	3/75	4/7	8	7/8	انرژی ویژه
0/965	3	3/76	5/46	4/49	شدت انرژی مصرفی
0/549	2/3	3/7	14/3	13/8	شدت انرژی تولیدی

همانطوریکه در جدول 4 مشاهده می شود مقدار F (بجز انرژی های کود نیتروژنه و فسفره) معنی دار می باشد. لذا مقایسه میانگین بین شهرستانها از نظر انرژی های نهاده و ستاده به روش دانکن انجام گرفت.

نتایج آزمون F انرژی های ورودی و خروجی در مزارع ذرت شهرستانهای مختلف دو اقلیم (شمال و جنوب) استان آذربایجان غربی:

نتایج حاصل از آزمون F انرژی های ورودی و خروجی مزارع ذرت شهرستانهای مختلف دو اقلیم (شمال و جنوب) استان در جدول 4 گزارش شده است.

جدول 4- نتایج حاصل از آزمون F انرژی های ورودی و خروجی مناطق مختلف استان آذربایجان غربی.

کود پتاسه	کود فسفره	کود نیتروژنه	علف کش	بذر مصرفی	نیروی انسانی	
2/75*	1/39ns	0/8ns	33/05**	3/32*	79/34**	F
0/014	0/224	0/59	0/0018	0/029	0/0034	P-value
عملکرد	برق	سوخت	مکانیزاسیون	آبیاری	کود حیوانی	
2/16*	14/6**	5/3**	5/19**	3/89**	16/44**	F
0/048	0/00024	0/00031	0/00071	0/001	0/0002	P-value

نیرو انسانی بیشتری را مورد استفاده قرار داده و در کلاس A قرار گرفته و با سایر شهرستانها اختلاف معنی‌دار نشان داد. میان‌دوآب با مصرف انرژی 19370/3 مگاژول در هکتار از طریق آبیاری نسبت به سایر مناطق، انرژی آب بیشتری را مورد استفاده قرار داده و به تنهایی در کلاس A قرار گرفت. ارومیه و مهاباد به ترتیب 8627/7 و 5175/69 مگاژول در هکتار دارای حداقل نیروی مصرفی انسانی بوده و در کلاس C قرار گرفتند. سایر شهرستانها در حد واسط این دو کلاس قرار گرفتند.

در مقایسه میانگین انرژی ورودی حاصل از استهلاك ماشین آلات در مناطق مختلف، چهار گروه بدست آمد (نمودار 33). ارومیه با مصرف انرژی 0/64 مگاژول در هکتار از طریق مکانیزاسیون نسبت به سایر مناطق، انرژی بیشتری را مورد استفاده قرار داده و به تنهایی در کلاس A قرار گرفت. سلماس، نقده شاهین‌دژ و مهاباد به ترتیب 0/54، 0/52، 0/50 و 0/45 مگاژول در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفتند. حداقل نیروی استهلاك ماشین آلات مربوط به پیرانشهر با 0/40 مگاژول در هکتار بوده و در کلاس D قرار گرفت. سایر شهرستانها در حد واسط دو کلاس B و C قرار گرفتند. ارومیه با مصرف انرژی 9030/49 مگاژول در هکتار از طریق مصرف سوخت نسبت به سایر مناطق، انرژی بیشتری را مورد استفاده قرار داده و به تنهایی در کلاس A قرار گرفت. سلماس، نقده شاهین‌دژ و مهاباد به ترتیب 7650/63، 7266/7، 7046/92 و 6368/32 مگاژول در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفتند. بوکان با مصرف انرژی 99151/5 مگاژول در هکتار از طریق مصرف برق نسبت به سایر مناطق، انرژی بیشتری را مورد استفاده قرار داده و به تنهایی در کلاس A قرار گرفت. سلماس و شاهین‌دژ به ترتیب 56581/3 و 45895/6 مگاژول در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفتند. نقده، بوکان و ارومیه به ترتیب با انرژی

نتایج حاصل مقایسه میانگین انرژی های ورودی و خروجی مزارع ذرت شهرستانهای دو اقلیم در جداول 5 و 6 آمده است. در مقایسه میانگین انرژی ورودی حاصل از بذر مصرفی در مناطق مختلف، پیرانشهر با مصرف انرژی 800 مگاژول در هکتار از طریق بذر مصرفی نسبت به سایر مناطق بذر بیشتری را مورد استفاده قرار داده و شهرستان میان‌دوآب با مصرف انرژی بذر 538/23 مگاژول در هکتار حداقل مصرف انرژی بذر را داشت. پیرانشهر با مصرف انرژی 1814/5 مگاژول در هکتار از طریق علف کش مصرفی نسبت به سایر مناطق علف کش بیشتری را مورد استفاده قرار داده و به تنهایی در کلاس A قرار گرفت. ارومیه، پیرانشهر و سلماس به ترتیب 1172/49، 1113/8 و 1016/15 مگاژول در هکتار در رتبه دوم قرار گرفتند. سلماس با مصرف انرژی 2007/15 مگاژول در هکتار از طریق کود فسفره مصرفی نسبت به سایر مناطق کود فسفره بیشتری را مورد استفاده قرار داده و در کلاس A قرار گرفت. شهرستان مهاباد با مصرف انرژی کود فسفره 847/12 مگاژول در هکتار حداقل مصرف انرژی کود فسفره را داشت. ارومیه، سلماس و پیرانشهر به ترتیب با مصرف انرژی 469، 418/75 و 402 مگاژول در هکتار از طریق کود پتاسه مصرفی نسبت به سایر مناطق کود پتاسه بیشتری را مورد استفاده قرار داده و در کلاس A قرار گرفتند. در حالیکه شهرستان مهاباد، میان‌دوآب و بوکان مصرف کود پتاسه نداشتند. مهاباد، نقده و شاهین‌دژ به ترتیب با مصرف انرژی 2/62، 2/6 و 2/4 مگاژول در هکتار از طریق کود حیوانی مصرفی نسبت به سایر مناطق کود حیوانی بیشتری را مورد استفاده قرار داده و در کلاس A قرار گرفتند. در حالیکه شهرستان سلماس، پیرانشهر، ارومیه و بوکان مصرف کود حیوانی نداشتند. بوکان با مصرف انرژی 91/6 مگاژول در هکتار از طریق نیرو انسانی نسبت به سایر مناطق

ستاده 155398/7، 152250 و 144550 مگاژول در هکتار نسبت به سایر مناطق، انرژی ستاده بیشتری داشته و در کلاس A قرار گرفتند. مهاباد با ستاده انرژی 110576/6 مگاژول، حداقل انرژی ستاده را داشته و در کلاس B قرار گرفت. سایر مناطق در حد واسط این دو کلاس قرار گرفتند.

جدول 5- مقایسه میانگین انرژی ورودی در مناطق مختلف استان به روش دانکن.

مکان	بذر مصرفی mj/ha	علف کش mj/ha	کود نیتروژنه mj/ha	کود فسفره mj/ha	کود پتاسه mj/ha	کود حیوانی mj/ha
بوکان	638/3b	1814/5a	8704/26a	1834/9ab	0/0b	0/0c
مهاباد	605b	937/9cd	11213/5a	847/12b	0/0b	2/62a
میاندوآب	538/23b	885/1d	8845/8a	1920/6a	0/0b	1/15b
نقده	671/1ab	915/3d	10658/6a	1749/7ab	371/2ab	2/6a
ارومیه	680ab	1172/49b	8912/2a	1526/9ab	469a	0/0c
پیرانشهر	620b	1113/8bc	8786/75a	1192/25ab	402a	0/0c
سلماس	800a	1016/15cd	7531/5a	2007/15a	418/75a	0/0c
شاهین دژ	552/08b	863/08d	6276/25a	1307/29ab	223/3ab	2/4a

وجود حروف مشترک برای مناطق مختلف در یک نهاده نشان دهنده عدم اختلاف معنی داری است.

جدول 6- مقایسه میانگین انرژی ورودی در مناطق مختلف استان به روش دانکن.

مکان	نیروی انسانی mj/ha	آبیاری mj/ha	مکانیزاسیون mj/ha	سوخت mj/ha	برق mj/ha	عملکرد (خروجی) mj/ha
بوکان	91/6a	10621/6bc	0/42cd	5952/2cd	99151/5a	152250a
مهاباد	15/18b	5175/69c	0/45bcd	6368/3cd	9439/5d	110576/6b
میاندوآب	12/9b	19370/3a	0/44cd	6248/5cd	23945/8cd	133770ab
نقده	8/11b	15810/4b	0/51bc	7266/7bc	22950/8cd	155398/7a
ارومیه	11/96b	8627/7c	0/64a	9030/4a	24289/5cd	144550a
پیرانشهر	11/6b	10983/4bc	0/4d	5663/6d	27539/2 cd	133771ab
سلماس	9/2b	9845/6bc	0/54b	7650/63b	56581/3b	142590ab
شاهین دژ	13/8b	9597/9bc	0/5bc	7046/9bc	45895/7c	125834/7ab

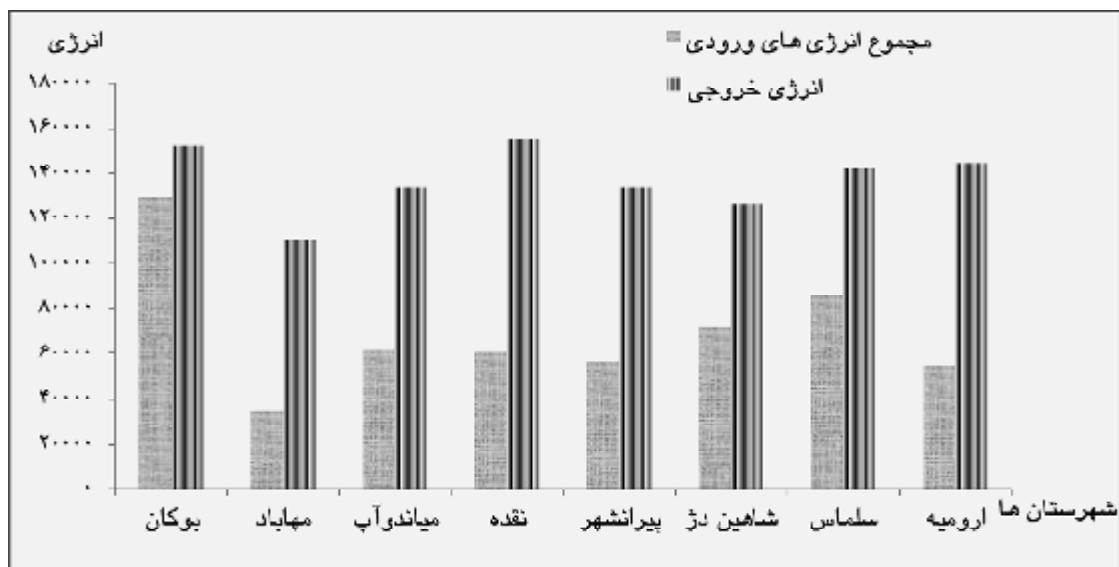
بخش کشاورزی برای محصولات مختلف نشان می‌دهد که مصرف انرژی در این بخش در کشورهای مختلف دارای روندی افزایشی بوده است. با این حال این نهاده-ی تولیدی بطور بهینه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. مقایسه شدت انرژی کشورهای نشان می‌دهد که کشورهای پیشرفته، دارای شدت انرژی کمتری نسبت

این موضوع بیانگر این نکته است که میزان انرژی ورودی و خروجی در مناطق مورد بررسی کاملاً باهم متفاوت می باشد، در حالیکه در مناطق مختلف استان میزان انرژی مصرفی از طریق کود نیتروژنه و فسفره یکسان بود. پس می‌توان بیان کرد که مرور مطالعات انجام شده در زمینه‌ی مصرف انرژی در



تأثیر چندانی در بهبود شدت انرژی نخواهد داشت (نمودار 1).

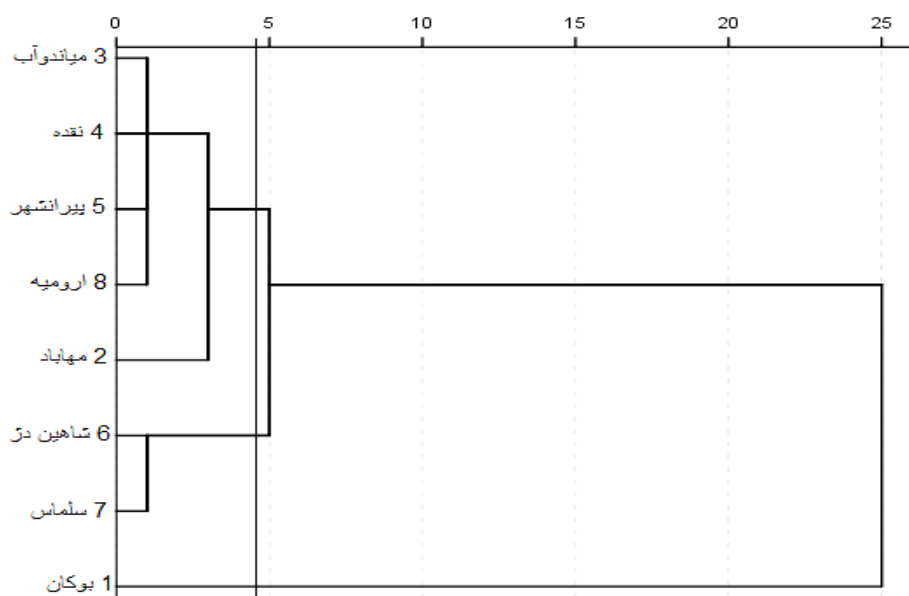
به کشورهای در حال توسعه می‌باشند (شافعی 1378). در این رابطه باید متذکر شد که کاهش مصرف انرژی هرچند ضروری است اما باید توجه داشت که به تنهایی



شکل 1- مجموع انرژی‌های ورودی و خروجی در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان غربی.

کلاستر بر اساس انرژی‌های ورودی (نهاده‌ها)، سه گروه بدست آمد (نمودار 2).

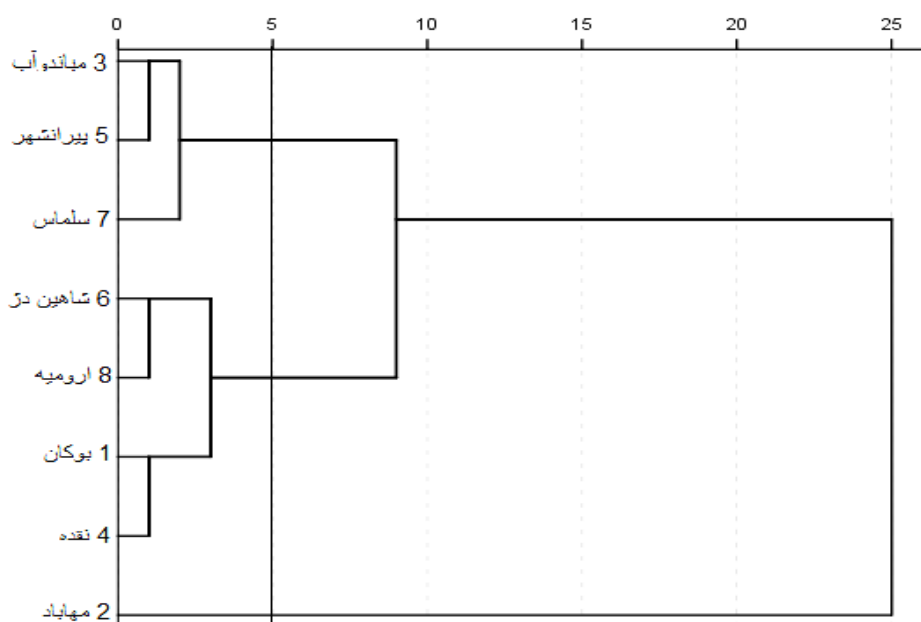
برای گروه بندی نهایی شهرستان های استان آذربایجان غربی بر اساس انرژی های ورودی و خروجی از تجزیه کلاستر استفاده شد. در تجزیه



شکل 2- تجزیه کلاستر بر اساس انرژی‌های ورودی نهاده‌ها.

چشم‌گیری دارند. در گروه یک، نکته قابل توجه در شهرستان مهاباد در این گروه این است که به علت متمایز بودن این شهرستان در مصرف انرژی کود حیوانی و شباهت در سایر نهاده‌ها با اعضای گروه این شهرستان از نظر شباهت در مرحله بعدی گروه قرار دارد و یک زیر گروه جدا در گروه یک ایجاد کرده است. در تجزیه کلاستر بر اساس انرژی خروجی (ستاده) نیز سه گروه بدست آمد (نمودار 3).

گروه اول: میاندوآب، نقده، پیرانشهر، ارومیه و مهاباد.  
گروه دوم: شاهین دژ و سلماس  
گروه سوم: بوکان  
نتایج بیانگر این است که شهرستان‌هایی که در یک گروه قرار دارند از نظر میزان مصرف نهاده‌ها باهم اختلاف چندانی نداشته و لذا در یک گروه قرار گرفتند و شهرستان‌های یک گروه از نظر انرژی‌های نهاده‌های با سایر شهرستان‌های خارج از این گروه اختلاف



شکل 3- تجزیه کلاستر بر اساس انرژی خروجی (عملکرد).

باشند. این امر در مورد دو شهرستان زیر گروه دیگر این گروه یعنی بوکان و نقده نیز صادق است. علت وجود این دو زیر گروه در این گروه این است که این دو زیر گروه دارای اختلاف جزئی در انرژی خروجی می‌باشند ولی از آن جا که این دو زیرگروه از نظر آماری در یک گروه قرار دارند لذا باهم دیگر در گروه دوم قرار گرفته‌اند.

انرژی مورد نیاز در کشاورزی تا حدود زیادی با میزان تغییرات در فرآیندهای اکوسیستم طبیعی ارتباط دارد. زمانیکه یک اکوسیستم پیچیده طبیعی به

گروه اول: میاندوآب، سلماس و پیرانشهر  
گروه دوم: شاهین دژ، نقده، بوکان و ارومیه  
گروه سوم: مهاباد  
در تجزیه کلاستر برای انرژی‌های خروجی شهرستان‌های هر گروه از نظر انرژی خروجی با شهرستان‌های گروه دیگر اختلاف معنی‌داری دارند نکته قابل توجه در گروه دوم است که خود گروه دوم به دو زیر گروه کوچکتر تقسیم شده است. علت این امر در این نکته نهفته است که شاهین دژ و ارومیه با همدیگر از نظر انرژی خروجی بسیار به هم شبیه می

بیش از بیش افزایش داده است. مشابه این نتایج در مطالعات سایر محققین نیز به چشم می‌خورد. رضادوست (1385) به منظور آشنایی با روند مصرف انرژی در مزارع و مقدار انرژی به دست آمده از اکوسیستم های زراعی، مزرعه ای به عنوان نمونه انتخاب و راندمان انرژی برای آن محاسبه نمود. نتایج آنها نشان داد بیشترین هزینه انرژی در مزرعه مورد نظر مربوط به انرژی الکتریسیته بود که جهت پمپاژ آب مصرف می شود (38 درصد). در نتایج رحیمی کیا و همکاران (1390) سهم برق مصرفی در کل انرژی ورودی بسیار بالاتر از سایر نهاده‌ها می‌باشد. آنها میزان مصرف انرژی بر واحد هکتار برای محصول کلزا در منطقه جنوب استان فارس (شهرستان فیروزآباد) مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق آنها نشان داد که انرژی الکتریسیته به طور متوسط 70/16 درصد، بیشترین سهم مصرف انرژی در تولید کلزا را به خود اختصاص داد. این روند با توجه به برقی شدن چاه‌ها در مناطق مختلف نیز مشاهده می‌شود. این نکته باعث کاهش مصرف سوخت در پمپاژ آب از چاه‌ها خواهد شد. ولی نکته قابل توجه در این مورد اینست که بیشترین مقدار انرژی برق تولیدی در کشور از طریق استفاده از سوخت‌های فسیلی مانند گاز طبیعی، گازوئیل و نفت سیاه می‌باشد (کوچکی و زند، 1375). سهم انرژی‌های پاک نظیر انرژی هسته‌ای، باد، آب و زمین گرمایی در تولید انرژی برق بسیار پایین بوده که به نوبه خود باعث آلاینده‌گی محیط زیست خواهد شد. استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار مخصوصاً روش ثقلی در این زمینه باعث کاهش شدید انرژی برق مصرفی و آب آبیاری خواهد شد. نتایج Marini و همکاران (2002) در خصوص برآورد انرژی‌های ورودی و خروجی چغندر قند نیز از دیگر موارد مشابه در این زمینه می‌باشد. آنها میزان برق مصرف در انرژی‌های ورودی را 73 درصد بدست

وسيله یک سیستم تک کشتی از یک محصول زراعی با شکل زندگی بسیار متفاوت جایگزین می شود، مصرف انرژی به سرعت افزایش می یابد. به عبارت دیگر با کاهش تنوع زیستی در بوم نظامهای زراعی و حذف فیدبک های منفی تنظیم کننده ، بوم نظامهای زراعی به شدت ناپایدار گشته و ناگزیر جهت حفظ سیستم تولید مجبور به سوبسید انرژی در بوم نظامهای زراعی می باشیم. انرژی که در قالب نهاده های خارجی به بوم نظامهای زراعی تزریق می شود می تواند منجر به حذف آفات، بیماریها و علفهای هرز گردد و در هر صورت هزینه نگهداری گیاه را کاهش داده و موجب افزایش ضریب تبدیل انرژی خورشیدی به بیوماس گیاهی می گردد. اما وابستگی سیستمهای تولیدی به مصرف رو به افزایش انرژی تبعات زیست محیطی را به همراه داشته و پایداری این سیستمها را کاهش می دهد. نظامهای تولید کشاورزی که فشردگی کمتری دارند، در مقایسه با نظامهای فشرده صنعتی تاثیر کمتری بر محیط زیست داشته و نیاز کمتری به انرژی ورودی خارج از سیستم دارند، چون این سیستمها بیشتر به منابع درونی خود متکی هستند. ایجاد تغییراتی در سیستمهای رایج و الگو برداری از بوم نظامهای طبیعی می تواند وابستگی بوم نظامهای کشاورزی را به تزریق انرژی کاهش دهد.

همانطوریکه در بررسی انرژیهای ورودی در مناطق مختلف مشاهده شد متوسط انرژی برق مصرفی در یک هکتار مزرعه ذرت معادل 38724/18 مگاژول در هکتار، 50/52 درصد کل انرژی‌های ورودی را شامل می‌شد. این مقدار انرژی صرفاً در جهت پمپاژ آب آبیاری استفاده می‌شد. نکته قابل تعمق در این مورد این است که میزان عملکرد ذرت شدیداً به دفعات آبیاری و میزان آب مصرف وابسته می‌باشد، از طرف دیگر روش آبیاری فارویی نشستی و استفاده از انحرار سنتی و بدون پوشش در انتقال آب آبیاری، میزان برق مصرفی را

ناگفته نماند که در ساخت کود اوره به عنوان پر مصرف ترین کود نیتروژنه به میزان 45 تا 90 درصد از گاز طبیعی استفاده می شود که به نوبه خود باعث افزایش آلاینده‌های محیطی خواهد شد (کوچکی و زند، 1375). این نتیجه به خصوص در افزایش مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر نسبت به انرژی‌های تجدید پذیر نیز بدست آمد.

میانگین کارایی انرژی در استان 2/65 بدست آمد که حداکثر آن 3/6 (در مهاباد) و حداقل آن 1/44 (در بوکان) محاسبه گردید. این نتیجه نشان دهنده کارایی بالای زارعین ذرت در استان می‌باشد. Pimentel و همکاران (1980) در ایالت‌های مختلف آمریکا نشان دادند که مناطق مختلف، کارایی انرژی مختلفی در کشت ذرت ارائه نموده اند. آن‌ها کارایی انرژی در کشت ذرت دانه ای در ایالت‌های نبراسکا، جورجیا، اوهایو و ایلینویز را به ترتیب 1/8، 2/1، 4/2 و 4/6 گزارش نموده اند. نتایج حاصل از تحقیق نشان دهنده این مطلب است که کارایی انرژی در مزارع استان در مقایسه با ایالت‌های مختلف آمریکا در حد مطلوبی قرار دارد. نتایج مشابه دیگری نیز در مورد مطالعه رحیمی کیا و همکاران (1390) در خصوص کارایی انرژی محصول کلزا در منطقه جنوب استان فارس (شهرستان فیروزآباد) بدست آمد. آنها کارایی انرژی در تولید کلزا را 0/6، برآورد نمودند که در مقایسه با نتایج این تحقیق، کارایی انرژی زارعین ذرت استان آذربایجان غربی در حد مطلوب و بالایی قرار دارد.

میانگین بهره‌وری انرژی انسانی در مناطق مختلف استان 11792/55 بدست آمد که نشان دهنده حجم بالای انرژی‌های غیرمستقیم همراه با مصرف انرژی فسیلی می‌باشد. با توجه به درصد سهم انرژی انسانی (0/02 درصد) در کل انرژی ورودی، بهره‌وری انرژی انسانی در مناطق مختلف استان در حد مطلوبی قرار داشته و به خوبی از انرژی نهاده‌های غیر مستقیم در این امر استفاده شده است. این مورد در زمینهای با

آوردند که در مقایسه با نتایج پروژه حاضر بسیار بالاتر می‌باشد.

میزان انرژی مصرفی کود های شیمیایی مخصوصاً کود ازته در مقایسه با سایر نهاده‌ها بسیار بالاست. این مقدار 8866/13 مگاژول در هکتار بوده که 15/07 درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. مقادیر انرژی حاصل از مصرف کودهای فسفره، پتاسه و کود حیوانی نسبت به کود ازته بسیار ناچیز می‌باشد. با توجه به پرمصرف بودن کود ازته در مزارع ذرت، این امر بدیهی به نظر می‌رسد، اما نکته قابل توجه این خصوص کاربرد کم و یا عدم استفاده از کود حیوانی در اکثر مناطق استان می‌باشد که دلیل عمده مصرف بالای کود ازته را باعث شده است. این نکته در مطالعات مویدی شهرکی و همکاران (1389) به وضوح دیده می‌شود. آنها روند مصرف انرژی در مزارع و مقدار انرژی به دست آمده از زراعت زعفران در طی یک دوره پنج ساله عمر زعفران مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده حاکی از این امر بود که بیشترین میزان انرژی مصرفی در سال دوم تا سال پنجم، کود اوره با مقدار 37/67 درصد از کل انرژی مصرفی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. از موارد مشابه دیگر در این مورد میتوان به نتایج Merini و همکاران (2002) و Pimental (1993) اشاره نمود که سهم کود ازته مصرفی در انرژی ورودی 20-30 درصد را شامل می‌شد. با توجه به خطرات زیست محیطی افزایش مصرف کودهای شیمیایی و هزینه بالای استفاده از آنها، لزوم فرهنگسازی کاربرد صحیح از کودهای شیمیایی و جایگزین کردن آن با کودهای حیوانی را ایجاب می‌کند. براساس بررسی انجام شده نسبت انرژی حاصل از کود شیمیایی مصرفی به کل انرژی ورودی در مزارع ذرت استان نسبت به سایر کشورها در حد پایبندتری قرار دارد. ولی با اتخاذ سیاستهای صحیح مدیریتی می‌توان مصرف آن را تا حد قابل توجهی کاهش داد. البته

وری، کارایی مصرف انرژی، بهره وری انرژی انسانی و انرژی ویژه اختلافی مشاهده نشد.

- انرژی برق مصرفی (50/52 درصد) در مناطق مختلف استان آذربایجان غربی بیشترین سهم انرژی های ورودی دارا است و انرژی آب مصرفی (17/61 درصد) از کل سهم انرژی ورودی در رتبه بعدی قرار داشت.

در نهایت می توان برای کاهش مصرف انرژی نهاده ها و افزایش کارایی و بیلان انرژی راهکارهایی همچون استفاده از ارقام با عملکرد بالا و اصلاح شده، کشت گیاهان مقاوم به آفات و بیماریها جهت کاهش مصرف سموم آفت کش، برقی کردن چاه ها در جهت کاهش مصرف انرژی سوخت های فسیلی و تاکید بر استفاده از انرژی های نو در روستاها و مراکز تولید مثل انرژی خورشیدی و بیوگاز را پیشنهاد کرد.

قطعات بزرگتر، بیشتر مشهود است. مشابه این نتایج توسط بیلماز و همکاران (2004) در تحلیل مصرف انرژی و هزینه های نهاده ها در مزارع تولید پنبه در ترکیه بدست آمد.

### نتیجه گیری نهایی

- نتایج نشان داد که مزارع ذرت در دو اقلیم (شمال و جنوب) استان آذربایجان غربی از نظر کل انرژی ورودی و خروجی فاقد اختلاف معنی دار بوده و باهمدیگر از نظر آماری یکسان بودند.
- در دو ناحیه شمال و جنوب استان از نظر انرژی مستقیم مصرفی، شدت انرژی و شدت انرژی علف کش با همدیگر اختلاف داشته ولی از نظر شاخص های انرژی غیر مستقیم، تجدیدپذیر، تجدید ناپذیر، بهره

### منابع مورد استفاده

- ایزدخواه شیشوان، م، تاجبخش، م. و حسنزاده قورت تپه، ع، 1386، ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی در دو نظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیبزمینی استان آذربایجان شرقی.
- بی نام، 1388. آمارنامه کشاورزی ایران. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی.
- رحیمی کیا، مرتضی. عمادی، باقر و آق خانی، محمد حسین. 1390. مطالعه و ارزیابی شاخص های انرژی برای تولید کلزا در منطقه جنوب استان فارس (مطالعه موردی: شهرستان فیروزآباد). اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی. دانشگاه زنجان، 19 الی 21 شهریور 13.
- رضادوست، ساسان. 1384. کارایی انرژی در اکوسیستم های زراعی. سومین همایش ملی انرژی ایران. صفحه 467-457.
- شافعی، غ ر، 1378، سخنرانی کلیدی، دومین همایش ملی انرژی تهران. کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو. اول تا چهارم اردیبهشت 1387.
- کوچکی، ع. و حسینی، م، 1368، سیر انرژی در اکوسیستم های کشاورزی، مشهد: انتشارات جاوید.
- کوچکی، ع، 1373a، کشاورزی و انرژی، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص، 150.

کوچکی، ع. و حسینی، م.، 1373b، کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی، چاپ اول، ص 311-317.

Demirican, N., K. Ekinci, H. M. Keener, D. Akbolat and C. Ekinci. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey- a case study from isparta province. *Energy Convers Manage.* 47:176-9.

Dick, W.A. & Doven, D. M. V. 1985. Continuous tillage and rotation. Combination effects on corn, soybean and out yield. *Agron. J.*, 77:459-465.

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

Esengun, K., G. Erdal, O. Gunduz and H. Erdal. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in tokat province of Turkey. *Renew Energy.* 32: 1873-81.

Hatirli, S., B. Ozkan, C. Fert (2006), Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production, *Renewable Energy*, 31:427-438.

Goswami, D.Y. 1986. Alternative energy in agriculture. Vols. I and II. CRC Press. 407pp.

Pimental, D and M. Burgess, 1980. Energy input in corn production. In *Handbook of energy utilization in agriculture*, eds. D. Pimental, 67-84. CRC Press, Inc.

Rathke, G.W. and W.Diepenbrock. 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.

Sing, G. S., K.S. Rao and K.G. Saxena. 1997. Energy and economic efficiency of the mountain farming system. *J. sustain. Agric.* 9: 25-49.

Triolo, L., H. Unmole, A. Mariani and L. Tomarchio. 1987. Energy analyses of agriculture: the Italian case study and general situation in developing countries In: *Third International symposium on mechanization and energy in Agriculture*, Izmir, Turkey, October. 26-29.p. 172-84.