تأثیر اندازه گلخانه بر موازنه (بیلان) انرژی تولید خیار گلخانه‌ای (Cucumis sativus) در استان تهران

بردیا بیات [۱]، محمدحسین انصاری [۲*]، مرجان دیانت [۳] و علی محمدی ترکاشوند [۳]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* ایمیل نویسنده مسئول: ansary330@gmail.com
(تاریخ دریافت :۱۴۰۲/۳/۱۳- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳۰)

چکیده

محاسبه موازنه انرژی خیار گلخانه‌ای طی پژوهشی در شرق استان تهران به مدت یک سال (۱۳۹۶-۹۷) انجام گرفت. نتایج نشان دادند وسعت گلخانه‌ها در موازنه انرژی بسیار تأثیرگذار است به نحوی که در گلخانه‌های بزرگ، الکتریسیته مصرفی بیشترین سهم از انرژی ورودی را با ۴۳/۲٪ را دارا است ولی در گلخانه‌های متوسط این میزان تنها ۳۴/۷٪ و کوچک ۳۲/۱٪ از انرژی ورودی است و در رتبه بعدی مصرف کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) قرار دارند که سهم این عامل در گلخانه‌های بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب ۱۵/۹٪ ، ۱۸/۹٪ و ۲۰٪ از انرژی ورودی است. انرژی ورودی و خروجی نیز با تغییر وسعت گلخانه‌ها به طور معنی‌داری تغییر می‌کنند به طوری که در گلخانه‌های بزرگ، متوسط و کوچک این مقادیر به ترتیب برابر با (۳۲۵۲۲۲ و ۱۷۳۱۳۶ مگاژول در هکتار)، (۲۳۱۸۰۲ و ۱۴۷۸۰۱ مگاژول در هکتار) و (۲۱۰۴۹۱ و ۱۳۳۰۴۰ مگاژول در هکتار) هستند که متعاقب آن موازنه انرژی گلخانه‌های بزرگ ۰/۵۳۲، متوسط ۰/۶۳۸ و کوچک ۰/۶۳۲ محاسبه شدند که در این بین گلخانه‌های بزرگ با صرف بیشترین انرژی ورودی، کمترین عملکرد ممکن را تولید کردند که دلیل بر ناکارآمدی این سطح از کشت است.

واژه‌های کلیدی: موازنه انرژی، خیار گلخانه‌ای، اندازه گلخانه‌ها، انرژی ورودی، انرژی خروجی.

مقدمه

تغییرات اخیر در نظام تولید منابع غذایی جهان و نیازمندی بشر جهت تامین نیاز غذایی بیش از ۷ میلیارد نفر روی کره زمین، سیستم‌های کشاورزی را به شیوه‌های جدید و کنترل شده دقیق‌تری جهت بهبود راندمان تولید سوق داده است. ایران نیز با توجه به کمبود منابع آبی و تغییرات جهانی اقلیم شاهد مواجه با این نیازمندی جهت اصلاح برخی شیوه‌های کشت و تغییر روند فعلی تولید محصولات کشاورزی است. لذا شاهد تغییراتی در سیاست‌های کلان کشور و توسعه کشت محصولات کشاورزی در محیط‌های قابل کنترل همچون گلخانه‌ها هستیم و ضرورت بررسی دقیق عوامل تولید و نقش آنها در عملکرد تولیدی در این سیستم‌ها از اهمیت بالایی برخوردار شده است. بر این اساس خیار گلخانه‌ای با نام علمی (*Cucumis sativus*) متعلق به خانواده کدوئیان بوده که بومی مناطق گرمسیری است و به احتمال زیاد برای نخستین بار از هند (کوهپایه‌های هیمالیا) یا برمه، جایی که از نظر تنوع گیاهی و میوه‌ها بسیار غنی است سرچشمه گرفته است. میوه خیار از نظر گیاه‌شناسی نوعی سته طویل و استوانه‌ای شکل است. این گیاه با توجه به شرایط محیطی که از آن منشاء گرفته است به محیط‌های مرطوب و شرایط گرمسیری بیشترین انطباق را دارد ولی در گلخانه‌های سراسر ایران کشت می‌شود زیرا امکان این که در گلخانه‌ها بتوان شرایط محیطی مورد نیاز آن را فراهم نمود بسیار قابل دست‌رسی است (Beheshti *et al.*, 2010). بر این اساس، موازنه انرژی با بررسی و کمی سازی ورودی‌های سیستم از جمله نیروی انسانی، سوخت دیزل، ماشین آلات، بذر، کودهای شیمیایی و دامی، نیروی الکتریسیته، آب مصرفی، آفت‌کش‌ها و قارکش‌های مصرفی نقش مهمی در شناخت دقیق ما از جریان انرژی در نظام‌های تولید کشاورزی دارد و این امکان را برای تولید کنندگان به وجود می‌آورد که با بهبود راندمان تولید در واحد سطح، به ازای مصرف هر واحد نهاده کشاورزی مورد نیاز به عملکرد بالاتری دست پیدا کنند. (Pahlavan *et al.*, 2011) طی مطالعه‌ایی از روش تحلیل پوششی داده‌ها در جهت تخمین کارایی فنی و بازگشت به مقیاس برای گلخانه‌های تولید خیار در ایران استفاده کردند. برای این کار داده‌ها از گلخانه‌های استان اصفهان به روش تصادفی جمع آوری شدند. نتایج نشان دادند که کل انرژی ورودی، کل انرژی خروجی و نسبت انرژی به ترتیب برابر ٤٣٦٨٢٤ مگاژول بر هکتار، ١٢٨٥٣٤ مگاژول بر هکتار و ۰/۲۹ بودند. تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند برای بهینه کردن کارایی هر گلخانه استفاده شود. نتایج مشخص کردند که با کارا شدن همهٔ گلخانه‌ها، به طور متوسط حدود ۳۰/۲۷ ٪ از کل انرژی‌های ورودی بدون تغییر در عملکرد، کاهش یافتند.

طبق آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۹۶-۹۵ کل سطح گلخانه‌های خیار کشور ٦٥٥٥ هکتار برآورد شد که از این میزان استان تهران با ۳۵٪ از کل سهم سطح زیر کشت گلخانه‌ها بیشترین سهم را به خود اختصاص داده اما کل خیار تولید شده از این سطح فقط با میانگین ۲۷۳ تن در هکتار است و این در حالی است که اغلب استان‌ها به ویژه یزد با برخورداری از سطح زیر کشت کمتر (۲۱ ٪)، عملکرد بالاتری را تولید کرده‌اند (میانگین ۳۰۲ تن در هکتار) (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵). این امر ضرورت بررسی دلیل عملکرد پایین‌تر در گلخانه‌های استان تهران را بیشتر مشخص می‌سازد.

لذا هدف این پژوهش مشخص نمودن این نکته مهم که بیشترین سهم از انرژی ورودی در سیستم‌های کشت گلخانه‌ای مربوط به کدام عامل یا عوامل است و چگونه می‌توان مانند سایر استان‌های کشور با مدیریت عوامل ورودی و دست‌یابی به یک واحد انرژی خروجی (خیار گلخانه‌ای) در ازاء مصرف کمتر نهاده‌های ورودی به موازنه انرژی مطلوب دست یافت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از پاییز تا بهار سال ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان پاکدشت، ورامین و پیشوا از توابع استان تهران به انجام رسید که سطح زیر کشت گلخانه‌های خیار این سه منطقه به بیش از ۲۰۰۰ هکتار می‌رسد و این در حالی است که کل سطح زیر کشت گلخانه‌های خیار کشور ۶۵۵۵ هکتار است. به طور کلی بیشتر گلخانه‌های شرق استان تهران به کشت خیار گلخانه‌ای اختصاص یافته‌اند ولی در این بین نیز ۱۰۰۰ هکتار گلخانه به کشت گل‌های زینتی و شاخه بریده اختصاص دارند که در برخی از مقاطع سال نیز این گلخانه‌ها هم به کشت خیار گلخانه‌ای می‌پردازند (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). جامعهٔ آماری این پژوهش شامل گلخانه‌داران خیار کار در شرق استان تهران بر اساس سه تقسیم بندی سطح زیر کشت می‌باشد که با توجه به تقسیم‌بندی گلخانه-داران بر اساس سطح کوچک ، متوسط و بزرگ به کمک روش نمونه برداری نیمن، نمونه آماری که نشان دهنده کل جامعه باشد توسط فرمول معادله (۱) محاسبه شد (Sign *et al.*, 1997)؛ که بر این اساس ۱۵ گلخانه در سطح بزرگ، ۱۷ گلخانه در سطح کوچک و ۲۰ گلخانه در سطح متوسط انتخاب شدند.

معیار تقسیم بندی گلخانه‌ها بر اساس فراوانی آماری آنها بود به نحوی که گلخانه‌هایی که کمتر از ۸۰۰۰ متر مربع را داشتند را در سطح کوچک، بین ۹۰۰۰ متر مربع تا ۱۹ هزار متر مربع سطح متوسط و بیش از ۲۰ هزار متر مربع سطح بزرگ طبقه بندی شدند.

$$n \equiv \frac{(\sum N_h S_h)}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2}$$

در این معادله n معرف تعداد گلخانه‌های مورد نیاز برای ارزیابی می‌باشد، N معادل کل گلخانه داران موجود است، N_h معرف تعداد گلخانه‌های طبقه h ام است، S_h^2 معادل واریانس گلخانه‌های طبقه h ام و مقدار D^2 در این معادله از طریق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$D^2 = \frac{d^2}{z^2}$$

در این معادله d معرف دقت نمونه برداری است ($\bar{x}$-X) و z معرف ضریب اطمینان ۱/۹۶ است که نشان دهنده ۹۵ ٪ اطمینان می‌باشد.موارد مربوط به انرژی ورودی شامل: نیروی انسانی (سم‌پاشی، وجین علف هرز، پایین کشی، چیدن خیار و بسته بندی)، ساعات کار ماشین آلات (شخم، کولتیواتور دوار و سم پاش)، سوخت دیزل (میزان مصرف برای آماده سازی اولیه کشت)، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ریز مغذی)، کود دامی، آفت‌کش‌های شیمیایی (حشره‌کش و قارچ‌کش)، مقدار آب آبیاری مصرفی، میزان نیروی الکتریسیته مصرفی (ساعات کار الکتروموتور، قدرت الکتروموتور و ساعات کار هیترهای برقی)، میزان بذر مصرفی است.

بررسی موازنه انرژی خیار گلخانه‌ای

کشت خیار گلخانه‌ای در شرق استان تهران طی سه بازه زمانی مختلف انجام می‌شود. اولین تاریخ کشت که شاهد بیشترین مشارکت در تعداد گلخانه داران منطقه را نیز دارد مربوط به کشت بهاره است و تاریخ آغاز آن از آذر ماه تا خرداد ماه است که حدود ۸ ماه کل دوره این کشت است و فقط در زمستان انرژی بیشتری برای گرم کردن گلخانه طی ماه‌های دی، بهمن و اسفند مصرف می‌شود.لازم به ذکر است انرژی مصرف شده برای گاز طبیعی که صرف گرم کردن گلخانه می‌شود در این پژوهش لحاظ نشده است زیرا در طول کشت بیش از یکصد هزار متر مکعب گاز طبیعی مصرف می‌شود که تمام سهم از موازنه انرژی را به خود اختصاص می‌دهد و امکان بررسی سایر عوامل تشکیل دهنده موازنه انرژی را منتفی می‌سازد. به منظور محاسبهٔ موازنه انرژی از ضرایب مختلفی برای یکسان سازی واحدهای عوامل تشکیل دهندهٔ آن استفاده می‌شود تا امکان مقایسه بین عوامل مختلف به وجود آید زیرا هر یک از عوامل تشکیل دهنده موازنه انرژی چه در بخش انرژی ورودی و چه در بخش انرژی خروجی از واحدهای غیر هم نام مثل ساعت، لیتر، کیلوگرم، کیلو وات‌ساعت، متر مکعب و ...تشکیل شده‌اند، بر این اساس با توجه به ضرایب موجود در جدول (۱) تمام عوامل تشکیل دهندهٔ موازنه انرژی بر اساس واحد مگاژول در هکتار تبدیل می‌شوند.

جدول ۱- جدول ضرایب موازنه انرژی

ردیف	انرژی ورودی و خروجی	واحد	انرژی معادل (Mj/ha)	منبع
	انرژیهای ورودی			
۱	نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(Gholami & Sharafi, 2009)
۲	ماشین آلات	h	۱۳/۰۶	(Gholami & Sharafi, 2009)
۳	سوخت دیزل	l	۵۶/۳۱	(Hosseini-Fashami *et al*., 2019)
۴	کودهای شیمیایی	Kg		
	نیتروژن (N)	Kg	۶۶/۱۴	(Pishgar Komleh *et al*., 2011)
	فسفر (P_2O_5)	Kg	۱۲/۴۴	(Pishgar Komleh *et al*., 2011)
	پتاسیم (K_2O)	Kg	۱۱/۱۵	(Pishgar Komleh *et al*., 2011)
۵	کودهای ریز مغذی	Kg	۱۲۰	(Canakci & Akinci, 2006)
۶	کود دامی	Kg	۰/۳	(Canakci & Akinci, 2006)
۷	آفت‌کش و قارچ‌کش‌ها	Kg		
	آفت‌کش	Kg	۱۹۹	(Yousefi & Mohammadi, 2011)
	قارچ‌کش	Kg	۹۲	(Yousefi & Mohammadi, 2011)
۸	نیروی الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۳	(Ghasemi Mobtaker *et al*., 2012)
۹	آب مصرفی	m^3	۱/۰۲	(Ghasemi Mobtaker *et al*., 2012)
۱۰	بذر	Kg	۱	(Firoozi *et al*., 2014)
	انرژی خروجی			
۱۱	عملکرد خیار	Kg	۰/۸	(Firoozi *et al*., 2014)

پس از یکسان سازی واحدهای تشکیل دهنده موازنه انرژی خیار گلخانه‌ای به مگاژول در هکتار، در ادامه به کمک یکسری از معادلات می‌توان روابط بین هر یک از این عوامل را به دقت بررسی نمود:

۱- معادلهٔ کارآیی مصرف انرژی

کارآیی انرژی مصرفی در واقع میزان انرژی مصرف شده برای تولید یک واحد عملکرد را نشان می‌دهد به عبارت دیگر موازنه انرژی گلخانه‌ها معادل کارآیی مصرف انرژی آنهاست و بر این اساس امکان مقایسهٔ تولید محصولات مختلف از لحاظ مصرف انرژی به وجود می‌آید.

$$EUE = \frac{\text{Output Energy (Mj/ha)}}{\text{Input Energy (Mj/ha)}}$$

در این فرمول EUE[1] معادل کارآیی مصرف انرژی،Output energy معادل انرژی خروجی بر حسب مگاژول در هکتار،Input energy معادل انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هکتار است. به دلیل این که واحد صورت و مخرج کسر یکسان است، در نتیجه کارآیی مصرف انرژی به عنوان شاخصی بدون واحد شناخته می‌شود که هر چه مقدار آن بزرگتر باشد بدین معنی است که با صرف انرژی کمتر (نهاده‌های کشاورزی مختلف)، انرژی خروجی بیشتر (عملکرد) حاصل شده است (Abdi *et al.*, 2012).

۲- معادلهٔ انرژی مخصوص

انرژی مخصوص از تقسیم عملکرد حاصله بر حسب کیلوگرم در هکتار بر کل انرژی ورودی محاسبه شده بر حسب مگاژول در هکتار، محاسبه می‌شود.

$$SE = \frac{\text{In put Energy (Mj/ha)}}{\text{Yield (Kg/ha)}}$$

که در این فرمول SE[2]معادل انرژی مخصوص بر حسب مگاژول بر کیلوگرم،Input energy معادل انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هکتار، Yield معادل عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار است.

انرژی مخصوص شاخصی برای ارزیابی بهره وری سیستم می‌باشد به نحوی که هر چه این شاخص مقدار کمتری را نشان دهد این امر بیان گر کارا تر بودن آن سیستم است. مقدار این شاخص برای گیاهان غده‌ای و علوفه‌ای به دلیل این که عملکرد اقتصادی شان بخش بیشتری از کل عملکرد تولیدی را شامل می‌شود، در کمترین مقدار خود یا به عبارت دیگر در بهترین وضعیت از لحاظ موازنه انرژی قرار دارد (Alluvione *et al.*, 2011).

۳- معادلهٔ بهره‌وری انرژی

این شاخص بیانگر میزان عملکرد اقتصادی تولید شده به ازاء مگاژول انرژی مصرف شده در هکتار است.

$$EP = \frac{\text{Yield (Kg/ha)}}{\text{In put Energy (Mj/ha)}}$$

که در این فرمول EP[3]معادل بهره‌وری بوده و بر حسب کیلوگرم در مگاژول است. بهره‌وری انرژی

1 -Energy Use Efficiency
2- Specific Energy
3- Energy productivity

مانند کارآیی مصرف انرژی از روند مشابهی پیروی می‌کند به نحوی که با افزایش میزان مصرف انرژی ورودی شاهد کاهش بهره‌وری انرژی می‌باشیم و این در حالی است که عملکرد به اندازهٔ افزایش مصرف نهاده‌های کشاورزی، افزایش نمی‌یابد (Azarpour, 2012)

٤- معادلهٔ انرژی خالص

انرژی خالص تولیدی در واقع از کسر انرژی کل خروجی (عملکرد تولید شده) بر انرژی کل ورودی (تمام نهاده‌های به کار رفته در تولید محصول) حاصل می‌شود.

$$\mathrm{NE} = \text{Out put Energy} - \text{In put Energy}$$

که در این معادله NE[4]معادل انرژی خالص بوده و بر حسب مگاژول در هکتار است. اگر در شرایطی انرژی خالص محاسبه شده عددی منفی به دست آمد، این امر بیان‌گر حصول عملکرد کمتر در مقابل مصرف نهاده‌های مختلف در سیستم می‌باشد، به عبارت دیگر با مصرف یک واحد از انواع نهاده‌ها شاهد دست‌یابی به عملکرد کمتری می‌باشیم که دلیل بر ناکارآمدی سیستم به دلایل مختلف است. چنین شرایطی ممکن است در هر نوع سیستم تولید کشاورزی از جمله گلخانه‌ها نیز روی دهد (Beheshti *et al*., 2010).

به عنوان مثال در سیستم‌های کشت سنتی شاهد مصرف به مراتب کمتر نهاده‌های کشاورزی می‌باشیم ولی با این حال به دلیل عملکرد تولیدی بسیار پایین، احتمال منفی شدن انرژی خالص تولیدی به علت تنش و سایر موارد مرتبط افزایش می‌یابد. بهترین استراتژی برای دست‌یابی به انرژی خالص مناسب، مدیریت منابع به نحوی است که برای تولید یک واحد از عملکرد، انرژی ورودی کمتری مصرف کنیم.

٥- معادلهٔ شاخص انرژی‌های شیمیایی

شاخص انرژی‌های شیمیایی از تقسیم تمام انرژی-های شیمیایی موجود که به شکل انرژی ورودی وارد سیستم کشت شده‌اند بر تمام انرژی‌های ورودی محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{AER} = \frac{\text{Input (Chemical Input) (Mj/ha)}}{\text{Total In put Energy (Mj/ha)}}$$

که در این فرمول AER[5]معادل شاخص انرژی‌های شیمیایی است که بدون واحد است و به صورت درصد گزارش می‌شود. صورت کسر شامل سوخت دیزل، علف‌کش، آفت‌کش، کودهای شیمیایی و ماشین آلات بر حسب مگاژول در هکتار است. این شاخص معیار مناسبی برای بررسی‌های زیست محیطی میزان ردپای نهاده‌های شیمیایی مختلف در بوم نظام‌های تولید است. مخرج کسر نیز معادل تمام انرژی ورودی به سیستم است (Ghazvineh & Yousefi, 2013).

٦- معادلهٔ شدت یا فزونی آب

شدت آب مصرفی از تقسیم مقدار آب مصرفی گلخانه‌ها در تمام مدت زمان طول کشت بر عملکرد حاصله محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{WI} = \frac{\text{Water } (\mathrm{m^3/ha})}{\text{Yield (Kg/ha)}}$$

4- Net Energy

5- Agro-chemical Energy Ratio

که در این فرمول WI[6]معادل شدت آب و واحد آن بر حسب متر مکعب در کیلوگرم است. با افزایش مقدار شدت آب شاهد کاهش عملکرد یا افزایش میزان آب مصرفی برای دست‌یابی به مقدار مشخصی از عملکرد می‌باشیم (Mousavi-Avval *et al.*, 2010).

۷- معادلهٔ بهره‌وری انرژی آب

بهره‌وری انرژی آب از تقسیم عملکرد خیار بر مقدار آب مصرفی در الکتریسیته مصرفی حاصل می‌شود.

$$\mathrm{WEP} = \frac{\mathrm{Yield\ (g/ha)}}{\mathrm{Water(m^3)} \times \mathrm{Input\ Energy(Kwh)}}$$

که در این معادله WEP[7]معادل بهره‌وری انرژی آب بر حسب گرم بر متر مکعب در کیلو وات ساعت است. با افزایش مقدار بهره‌وری انرژی آب محاسبه شده شاهد افزایش عملکرد یا کاهش مقدار مصرف آب و الکتریسیته مصرفی می‌باشیم (Mousavi-Avval *et al.*, 2010).

۸- معادلهٔ کارایی مصرف انرژی آب

کارایی مصرف انرژی آب از تقسیم کل انرژی خروجی بر انرژی آب مصرفی حاصل می‌شود.

$$\mathrm{WEUE} = \frac{\mathrm{Out\ put\ Energy\ (Mj/ha)}}{\mathrm{Water\ Energy\ (Mj/ha)}}$$

در این معادله WEUE[8]معادل کارآیی مصرف انرژی آب است. با افزایش میزان انرژی آب محاسبه شده شاهد افزایش عملکرد (انرژی خروجی) یا مصرف انرژی آب کمتر به ازاء دست‌یابی به یک واحد از انرژی خروجی می‌باشیم (Mousavi-Avval *et al.*, 2010).

۹- معادلهٔ بهره‌وری آب

بهره‌وری آب از تقسیم عملکرد خیار بر مقدار آب مصرفی در هکتار به دست می‌آید.

$$\mathrm{WP} = \frac{\mathrm{Yield\ (Kg/ha)}}{\mathrm{Water\ Applied\ (m^3/ha)}}$$

که در این معادله WP[9]معادل بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم در متر مکعب است. با افزایش میزان بهره‌وری آب محاسبه شده شاهد افزایش عملکرد یا کاهش آب مصرفی برای دست‌یابی به یک واحد از عملکرد می‌باشیم (Mousavi-Avval *et al.*, 2010).

نتایج و بحث

بررسی موازنه انرژی گلخانه‌ها از نظر سطح

در این بخش به بررسی موازنه انرژی گلخانه‌هایی که بیش از ۲ هکتار وسعت دارند (بزرگ)، گلخانه‌هایی که بین ۰/۹ تا ۱/۹ هکتار وسعت دارند (متوسط) و گلخانه‌هایی که بین ۰/۵ تا ۰/۸ هکتار وسعت دارند (کوچک) پرداخته می‌شود، به طوری که نتایج حاصل از تمام جداول گلخانه‌ها به ترتیب از ۱۵ ، ۲۰ و ۱۷ پرسشنامه متوالی طی ۲ سال حاصل شد.

با وجود تقسیم بندی گلخانه‌ها از نظر وسعت به سه سطح مختلف، مجددا نیروی الکتریسیته بیشترین سهم از انرژی ورودی را به خود اختصاص داد ولی نکته قابل تامل مربوط به میزان مشارکت این عامل در گلخانه‌های بزرگ است به طوری که ٤۳/۲ ٪ از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است ولی

6- Water Intensity
7- Water-Energy Productivity
8- Water Energy Use Efficiency
9- Water Productivity

این مقدار در گلخانه‌های کوچک تنها ۳۲/۱٪ است که یکی از دلایل این امر مربوط به فاصله‌های زیاد استخر آبیاری با خود گلخانه و ضرورت پمپاژ آب در مسیرهای طولانی‌تر آبیاری در کنار تعداد دفعات بیشتر محلول‌پاشی و کود آبیاری در واحدهای بزرگ به دلیل مصرف نهاده‌های شیمیایی بیشتر و نهایتا وجود سیستم‌های گرمایشی قوی‌تر با مصرف بالاتر برق (مشعل‌های ۵ به ۱ در گلخانه‌های بزرگ اغلب استفاده می‌شود ولی در گلخانه‌های کوچکتر مشعل‌ها ۳ به ۱ است) در گلخانه‌های بزرگ است (جدول۲). رتبه دوم از بیشترین میزان اختصاص انرژی ورودی مربوط به کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) است به طوری که گلخانه‌های کوچک ۲۰/۵٪ ، متوسط ۱۹/۳٪ و بزرگ ۱۶/۳٪ از موازنه انرژی را به خود اختصاص داده‌اند که این امر توجیه پذیر نیست ولی با دقت بیشتر در جدول موازنه انرژی، نتایج دقیقا برعکس درصدهای فوق است به نحوی که گلخانه‌های کوچک ۵۳۶ کیلوگرم در هکتار صرف کود نیتروژن کرده‌اند ولی گلخانه‌های متوسط ۵۵۴ و بزرگ ۶۵۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف کرده‌اند. به عبارت دیگر با افزایش سطح گلخانه‌ها شاهد مصرف بیشتر نهاده‌های شیمیایی و متعاقب آن دست‌یابی به عملکردهای بالاتری هستیم (جدول۲). رتبه سوم مربوط به نیروی انسانی است که هم مقدار عددی و هم مقدار درصدی این عامل در هکتار با افزایش وسعت گلخانه، روند صعودی در پیش می‌گیرد به نحوی که در گلخانه‌های کوچک ۱۴/۵٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد ولی در گلخانه‌های بزرگ ۱۵/۵٪ را دارا است که یکی از دلایل آن مربوط به افزایش تعداد کارتن‌های خیار و عملکرد بالاتر گلخانه‌های بزرگ است زیرا بسته‌بندی و چیدن خیار، پایین‌کشی و برگ‌زنی بوته‌ها به صورت غیر مکانیزه انجام می‌شود. همچنین ساعات کار محلول‌پاشی گلخانه‌های بزرگ بیشتر است و این امر ضرورت برخورداری از نیروی کارگری بیشتر با ساعات کار بیشتر در مقایسه با گلخانه‌های کوچک را مشخص‌تر می‌کند (جدول۲).

رتبه چهارم مربوط به سوخت دیزل مصرفی است که هم از نظر مقدار و هم درصد در گلخانه‌های کوچک، بیشتر از گلخانه‌های بزرگ است به طوری که این مقدار از ۱۳/۱٪ (۴۸۸/۹۳ لیتر در هکتار) در سطح کوچک تا ۷/۸٪ (۴۴۹/۴۹ لیتر در هکتار) در سطح بزرگ در نوسان است. دلیل این امر مربوط به کارایی کمتر ادوات کشاورزی به خصوص تراکتورها در گلخانه‌های کوچک است زیرا در اغلب این گلخانه‌ها تلاش شده از تمام فضای موجود در زمین استفاده شود، بنابراین اغلب جای دور زدن و حرکت ماشین آلات بسیار محدودتر است و مصرف سوخت آنها را بیشتر افزایش می‌دهد. در گلخانه‌های کوچک به دلیل مصرف کمتر نهاده‌های شیمیایی اغلب تلاش می‌شود با شخم ورزی بیشتر، عمیق‌تر و بالا آوردن خاک عمیق به سطح، مواد غذایی بیشتری را در کشت جدید به ریشه‌های خیار برسانند (جدول۲).

در رتبه پنجم مصرف قارچ‌کش‌ها قرار دارند که علی‌رغم برخورداری درصد بالاتر سهم از انرژی ورودی در گلخانه‌های کوچک (۹٪/۳۴)، شاهد مصرف مقادیر بیشتر این نهاده در گلخانه‌های بزرگ هستیم به نحوی که هر هکتار از گلخانه‌های بزرگ ۱۰۲ کیلوگرم در هکتار مصرف قارچ‌کش دارند ولی این میزان در گلخانه‌های کوچک فقط ۸۳ کیلوگرم در هکتار است. دلیل این امر ابتدا مربوط به درصد بسیار بالای سهم الکتریسیته در گلخانه‌های بزرگ است که

سهم درصد مشارکت تمام عوامل تشکیل دهنده موازنه انرژی را در این وسعت گلخانه‌ها شدیدا تحت تأثیر قرار داده است و از طرف دیگر در گلخانه‌های بزرگ به دلیل مصرف بیشتر آب آبیاری شاهد بالا بودن رطوبت و متعاقب آن افزایش بیماری‌های قارچی و ضرورت مصرف بیشتر انواع قارچ‌کش‌ها هستیم (جدول۲).

در رتبه ششم مصرف کود دامی بیشترین سهم از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است که مقدار درصدی و اندازه عددی این عامل در گلخانه-های بزرگ (٤٪/۸) بیشتر از گلخانه‌های کوچک است (۳٪/٤) که دلیل این امر مربوط به مصرف بالاتر نهاده‌های شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژن بالا در این گلخانه هاست چرا که مصرف این نهاده‌ها باعث تخریب ساختمان خاک، شور شدن واحدهای تولیدی و سفت شدن و سله بستن بیشتر می‌شود که این عوارض ضرورت مصرف بیشتر کود دامی در این سطح را توجیه می‌نماید و در رتبه هفتم آب آبیاری با ۲/۳، ۳/۲ و ۳/۵٪ در وسعت‌های مختلف قرار دارد (جدول۲).

در رتبه هشتم مصرف آفت‌کش‌ها قرار دارد که دقیقا مانند قارچ‌کش‌ها مقدار درصدی و حجم استفاده از آن در گلخانه‌های کوچک و بزرگ متفاوت است ولی در گلخانه‌های بزرگ به دلیل مصرف بیشتر نهاده‌های شیمیایی مصنوعی به خصوص کود نیتروژن بالا شاهد حمله بیشتر آفات هستیم که نتیجه آن مصرف ٤۱ لیتر در هکتار آفت‌کش است و این در حالی است که در گلخانه‌های کوچک این رقم فقط ۳۳ لیتر در هکتار می‌باشد (جدول۲).

جدول ۲- موازنه انرژی گلخانه‌ها بر اساس سطح‌های مختلف وسعت آنها

ردیف	انرژی ورودی و خروجی	گلخانه بزرگ >۲ هکتار		گلخانه متوسط ۱/۹ - ۰/۹ هکتار		گلخانه کوچک ۰/۸ - ۰/۵ هکتار	
		مقدار	انرژی معادل (Mj/ha)	درصد ٪	مقدار	انرژی معادل (Mj/ha)	درصد ٪	مقدار	انرژی معادل (Mj/ha)	درصد ٪
	انرژی ورودی									
۱	نیروی انسانی	۲۵۷۴۰	۵۰۴۵۲/۰۳	۱۵/۵	۱۷۷۷۰	۳۴۸۳۰/۳۴	۱۵	۱۵۵۸۳	۳۰۵۴۳/۴۸	۱۴/۵
۲	ماشین آلات	۳۲۶/۰۱	۴۲۵۷/۷۴	۱/۳	۳۲۸/۷	۴۲۹۲/۷۶	۱/۹	۳۳۳/۲۲	۴۳۵۱/۹	۲/۱
۳	سوخت دیزل	۴۴۹/۴۹	۲۵۳۱۰/۹	۷/۸	۴۶۴/۴	۲۶۱۵۵/۶۱	۱۱/۳	۴۸۸/۹۳	۲۷۵۳۱/۵۲	۱۳/۱
۴	کودهای شیمیایی									
	نیتروژن (N)	۶۵۶	۴۳۳۵۵/۳۷	۱۳/۳	۵۵۴	۳۶۶۳۵	۱۵/۸	۵۳۶	۳۵۴۵۳/۱۳	۱۶/۸
	فسفر (P_2O_5)	۱۸۱	۲۲۴۷/۶۱	۰/۷	۱۷۱	۲۱۲۸	۰/۹	۱۶۳	۲۰۳۱/۲۷	۱/۰
	پتاسیم (K_2O)	۵۵۵	۶۱۹۰/۷۴	۱/۹	۴۴۹	۵۰۱۱	۲/۲	۴۱۵	۴۶۳۰/۶	۲/۲
۵	کود ریز مغذی	۹	۱۱۱۲/۵۳	۰/۳	۹	۱۰۳۲	۰/۴	۸	۹۷۰/۹۹	۰/۵
۶	کود دامی	۵۱۷۶۰	۱۵۵۲۷/۹۸	۴/۸	۲۹۵۱۹	۸۸۵۶	۳/۸	۲۳۹۵۹	۷۱۸۷/۶	۳/۴
۷	آفت و قارچ‌کش									
	آفت‌کش	۴۱	۴۱۷۶/۵۹	۱/۳	۳۸	۳۸۰۵	۱/۶	۳۳	۳۳۲۷/۳۱	۱/۵۸
	قارچ‌کش	۱۰۲	۲۴۳۲۲/۶۶	۷/۵	۸۹	۲۱۲۷۳	۹/۲	۸۳	۱۹۶۶۰/۰۹	۹/۳۴
۸	نیروی الکتریسیته	۱۱۷۹۰	۱۴۰۶۵۸/۵۳	۴۳/۲	۶۷۳۷	۸۰۳۷۰	۳۴/۷	۵۶۵۵	۶۷۴۶۳/۲۲	۳۲/۱
۹	آب مصرفی	۷۴۶۰	۷۶۰۸/۸۵	۲/۳	۷۲۶۹	۷۴۱۴	۳/۲	۷۱۹۶	۷۳۳۹/۴۸	۳/۵
۱۰	بذر	۱/۰۹	۱/۰۹	/۰۰۰۵	۱/۰۸	۱/۰۸	/۰۰۰۵	۱/۰۶	۱/۰۶	/۰۰۰۵
	انرژی خروجی									
۱۱	عملکرد خیار	۲۱۶۴۲۰	۱۷۳۱۳۶/۷۴	۱۰۰	۱۸۴۷۵۲	۱۴۷۸۰۱/۶۴	۱۰۰	۱۶۶۳۰۰	۱۳۳۰۴۰/۳۸	۱۰۰

رتبه نهم ساعات کار ماشین آلات قرار دارد که در گلخانه‌های بزرگ (۳۲۶/۰۱ ساعت) کمتر از سایر گلخانه‌هاست و در نهایت بذر مصرفی کمترین سهم از انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد که در گلخانه‌های بزرگ شاهد مصرف ۱/۰۹ کیلوگرم بذر در هکتار هستیم که این اختلاف نسبت به گلخانه‌های

کوچک (۱/۰٦ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلفات بیشتر انتقال نشاء و جا به جایی در گلخانه‌های بزرگ است زیرا در این واحدها حجم بسیار بالایی از نشاءها طی مدت زمان کوتاهی توسط نیروی انسانی زیاد به زمین اصلی منتقل می‌شوند و همین امر موجب تلفات بالاتر آنها می‌شود (جدول۲).

در پایان انرژی خروجی یا عملکرد نهایی مورد بررسی واقع می‌شود. همان طور که از میزان انرژی خروجی انتظار می‌رفت در گلخانه‌های بزرگ ۲۱٦ تن در هکتار میوه خیار برداشت شد ولی در گلخانه‌های متوسط ۱۸٤ تن و کوچک تنها ۱٦٦ تن خیار در هکتار برداشت می‌شود که این امر ضرورت بررسی‌های دقیق خلاء عملکرد برداشتی را ثابت می‌کند که در ادامه همین پژوهش عارضه‌یابی این مورد نیز پرداخته شد (جدول۲). با افزایش سطح گلخانه‌ها شاهد افزایش انرژی ورودی به سیستم می‌باشیم به نحوی که در گلخانه‌های بزرگ ۳۲۵ هزار مگاژول در هکتاری ورودی است ولی این عدد در گلخانه‌های متوسط فقط ۲۳۱ هزار مگاژول در هکتار و در گلخانه‌های کوچک تنها ۲۱۰ هزار مگاژول در هکتار است. یکی از دلایل این امر وجود دید سنتی در تولید و مصرف کمتر انواع نهاده‌های ممکن ورودی در گلخانه‌های کوچک است که نتیجه این امر موازنه انرژی بالاتر در این سیستم هاست به نحوی که موازنه انرژی این سطح ۰/٦۳۲ است ولی گلخانه‌های متوسط ۰/٦۳۸ و در نهایت کمترین کارایی مصرف انرژی مربوط به گلخانه‌های بزرگ با ۰/۵۳۲ است زیرا بر خلاف انتظار علی رغم مصرف بیشتر انرژی ورودی، انرژی خروجی تولید شده در مقایسه با انرژی ورودی مصرف شده بسیار کمتر است و خروجی گلخانه‌های بزرگ فقط ۱۷۳ هزار مگاژول در هکتار خیار برداشتی است ولی در گلخانه‌های کوچک ۱۳۳ هزار مگاژول برداشت شد (جدول۳).

انرژی مخصوص نیز که شاخصی برای ارزیابی بهره‌وری سیستم می‌باشد در گلخانه‌های کوچک ۱/۲۷ مگاژول بر کیلوگرم است ولی در گلخانه‌های بزرگ ۱/۵۰ مگاژول بر کیلوگرم است که این امر نشان دهنده کارایی کمتر گلخانه‌های بزرگ است زیرا هر چه عدد انرژی مخصوص کمتر باشد نشان دهنده کارایی بیشتر سیستم مورد بررسی است (جدول ۳).

انرژی تولید نیز از روند مشابهی پیروی می‌کند به نحوی که با افزایش میزان مصرف انرژی ورودی شاهد کاهش بهره‌وری انرژی تولید می‌باشیم و گلخانه‌های بزرگ با ۰/٦۷ کیلوگرم بر مگاژول کمترین بهره‌وری و گلخانه‌های کوچک با ۰/۷۹ کیلوگرم بر مگاژول، بهره‌وری بالاتری در انرژی تولید دارند. انرژی خالص نیز چون در همه سطح‌ها عدد منفی به دست آمده، بیان گر حصول عملکرد کمتر در مقابل مصرف نهاده‌های مختلف است که گلخانه‌های بزرگ با ۱۵۲- هزار مگاژول در هکتار ناکارآمدی بیشتری دارند و گلخانه‌های کوچک با مقدار ۷۷- هزار مگاژول در هکتار کارایی بیشتری نسبت به تمام سطوح دارند (جدول ۳).

بهره‌وری آب نیز در گلخانه‌های بزرگ بالاتر از سایر سطح هاست به نحوی که به ازاء هر یک متر مکعب آب مصرفی شاهد دست‌یابی به ۲۹ کیلوگرم خیار هستیم ولی در گلخانه‌های کوچک به ازای هر متر مکعب تنها ۲۳ کیلوگرم خیار تولید می‌شود. همان طور که انتظار می رود شدت آب مصرفی در گلخانه‌های کوچک نیز کمتر است به نحوی که به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی تنها ۰/۰٤۳ کیلوگرم خیار تولید می‌شود. با افزایش مقدار بهره‌وری انرژی آب

محاسبه شده نیز شاهد افزایش عملکرد یا کاهش مقدار مصرف آب و الکتریسیتهٔ مصرفی به ازاء دست‌یابی به یک واحد عملکرد می‌باشیم به نحوی که گلخانه‌های کوچک با ثبت بالاترین مقدار یعنی ٤/١١ گرم بر مترمکعب در کیلو وات ساعت بهترین کارایی را در مقایسه با گلخانه‌های بزرگ با ۲/۵۵ گرم بر مترمکعب در کیلو وات ساعت دارند زیرا سهم الکتریسیته در گلخانه‌های بزرگ بسیار بالاست. کارایی انرژی مصرفی آب نیز در گلخانه‌های بزرگ با مصرف انرژی آب بیشتر (۲۳) به ازاء دست‌یابی به یک واحد از انرژی خروجی رو به رو هستیم ولی این عدد در گلخانه‌های کوچک ۱۸ است که نشان دهنده کارایی پایین‌تر این سیستم هاست. شاخص انرژی‌های شیمیایی نیز در گلخانه‌های کوچک ۷۸/۵۸ ٪ که نشان دهنده وابستگی بیشتر این سیستم-ها به نهاده‌های شیمیایی مصنوعی است زیرا در گلخانه‌های بزرگ، حجم کود دامی مصرفی بسیار بالاتر است (جدول ۳).

به طور کلی گلخانه‌های کوچک علی رغم کارایی بالاتر در مقایسه با سایر سطح‌های گلخانه‌ها به دلیل تولید تناژ کمتر خیار در هکتار (۱۳۳ تن در هکتار) در مقایسه با گلخانه‌های بزرگ (۱۷۳ تن در هکتار) به سیستم‌های کشاورزی پایدار نزدیک‌تر بوده ولی در زمینه تامین کمیت مقدار مواد غذایی تولید شده باید بررسی‌های امنیت غذایی بیشتری روی آنها انجام گیرد.

جدول۳- شاخص‌های انرژی کل گلخانه‌ها با در نظر گرفتن سطح آنها

ردیف	شاخص‌های انرژی	واحد	گلخانه بزرگ <۲ هکتار مقدار	گلخانه متوسط ۱/۹ – ۰/۹ هکتار مقدار	گلخانه کوچک ۰/۸ – ۰/۵ هکتار مقدار
۱	انرژی ورودی	Mj/ha	۳۲۵۲۲۲/۶۴	۲۳۱۸۰۲/۹۳	۲۱۰۴۹۱/۶۳
۲	انرژی خروجی	Mj/ha	۱۷۳۱۳۶/۷۴	۱۴۷۸۰۱/۶۴	۱۳۳۰۴۰/۳۸
۳	بهره‌وری آب	kg/m^3	۲۹	۲۵/۴۱	۲۳/۱۱
۴	شدت آب مصرفی	m^3/kg	۰/۰۳۵	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳
۵	بهره‌وری انرژی آب	$g/m^3.kWh$	۲/۵۵	۳/۷۸	۴/۱۱
۶	کارآیی انرژی مصرفی آب	-	۲۳	۲۰	۱۸
۷	شاخص انرژی شیمیایی	%	۷۷/۴۹	۷۷/۹۶	۷۸/۵۸
۸	کارآیی انرژی مصرفی	-	۰/۵۳۲	۰/۶۳۸	۰/۶۳۲
۹	انرژی مخصوص	Mj/kg	۱/۵۰	۱/۲۵	۱/۲۷
۱۰	انرژی تولید	kg/Mj	۰/۶۷	۰/۸۰	۰/۷۹
۱۱	انرژی خالص	Mj/ha	– ۱۵۲۰۸۵/۹	– ۸۴۰۰۱/۳	– ۷۷۴۵۱/۲۵

گلخانه‌های بزرگ از نظر تقسیم بندی زیر گروه‌های تشکیل دهنده موازنه انرژی، بیشترین وابستگی را به انرژی‌های مستقیم دارند (٦٨٪/٩) که این امر نشان دهنده سهم بیشتر نیروی انسانی، سوخت دیزل، آب آبیاری و نیروی الکتریسیته در این دسته از انرژی ورودی است ولی در گلخانه‌های کوچک بیشترین وابستگی به انرژی مستقیم با (٣٦٪/٩) وجود دارد، که نشان دهنده سهم بیشتر کودهای شیمیایی، کود

دامی، علف‌کش، آفت‌کش، بذر و ماشین آلات از موازنه انرژی است (جدول٤). در زمینه انرژی تجدیدپذیر که نشان دهنده پایداری سیستم مورد بررسی نیز هست، گلخانه‌های بزرگ با ۲۲/٦٪ کمترین وابستگی به انرژی‌های تجدید پذیر را داشتند و گلخانه‌های کوچک با ۷۸/٦٪ بیشترین وابستگی به انرژی‌های تجدید ناپذیر را داشتند (جدول٤).

جدول ٤- زیر گروه‌های تشکیل دهنده انرژی ورودی گلخانه‌های خیار با در نظر گرفتن وسعت گلخانه‌ها

ردیف	انواع انرژی	واحد	گلخانه بزرگ >۲ هکتار		گلخانه متوسط ۱/۹ - ۰/۹ هکتار		گلخانه کوچک ۰/۸ - ۰/۵ هکتار	
			مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد
۱	انرژی مستقیم	Mj/ha	۲۲۴۰۳۰	۶۸/۹	۱۴۸۷۷۰	۶۴/۲	۱۳۲۸۷۷	۶۳/۱
۲	انرژی غیر مستقیم	Mj/ha	۱۰۱۱۹۲	۳۱/۱	۸۳۰۳۲	۳۵/۸	۷۷۶۱۳	۳۶/۹
۳	انرژی تجدید پذیر	Mj/ha	۷۳۵۸۹	۲۲/۶	۵۱۱۰۱	۲۲/۰	۴۵۰۷۱	۲۱/۴
۴	انرژی تجدید ناپذیر	Mj/ha	۲۵۱۶۳۲	۷۷/۴	۱۸۰۷۰۱	۷۸/۰	۱۶۵۴۲۰	۷۸/۶

نتیجه‌گیری

با توجه به حذف گاز طبیعی از انرژی ورودی، محاسبات به دلیل سهم بسیار بالای این نهاده ورودی که تماما صرف گرمایش گلخانه‌ها از تاریخ آبان ماه تا اسفند ماه به مدت ۵ ماه می‌شود، پیشنهاد می‌گردد تاریخ کشت خیار گلخانه‌ای در استان تهران از فروردین ماه تا آبان ماه به مدت ۸ ماه تغییر یابد زیرا کشت کنونی و رایج در منطقه از آبان ماه تا خرداد ماه به مدت ۸ ماه است ولی دست‌یابی به این مهم ضرورت برخورداری از سیستم تهویه و سرمایشی مناسب طی ماه‌های گرم سال از خرداد ماه تا مرداد ماه به مدت ۳ ماه را به وجود می‌آورد. علی رغم افزایش هزینه‌های برق گلخانه که صرف فن و پد طی این ۳ ماه می‌شود، باز هم این روش بسیار موثر است زیرا در زمستان سیستم‌های گرمایشی گلخانه‌ها اغلب از هیترهای برقی با فن‌های قوی تغذیه می‌گردد. (Pahlavan *et al*., 2012) طی مطالعه ایی از روش تحلیل پوششی داده‌ها در جهت تخمین کارایی فنی و بازگشت به مقیاس برای گلخانه‌های تولید خیار در ایران استفاده کردند. برای این کار داده‌ها از گلخانه-های استان اصفهان در دوره کشت بهاره، به روش تصادفی جمع آوری شدند. نتایج نشان دادند که کل انرژی ورودی، کل انرژی خروجی و نسبت انرژی به ترتیب برابر ٤۳٦۸۲٤ مگاژول بر هکتار، ۱۲۸۵۳٤ مگاژول بر هکتار و ۰/۲۹ بودند. تحلیل پوششی داده-ها می‌تواند برای بهینه کردن کارایی هر گلخانه استفاده شود. بر اساس مدل بازگشت به ثابت و متغیر ورودی محور، مقادیر متوسط کارایی فنی خالص، کارایی فنی و کارایی به ترتیب برابر با ۰/۹۵، ۰/۸۳ و ۰/۸۸ به دست آمدند. همچنین نتایج مشخص کردند که با کارا شدن همهٔ گلخانه‌ها، به طور متوسط حدود ۳۰/۲۷ ٪ از کل انرژی‌های ورودی بدون تغییر در عملکرد، کاهش خواهند یافت.

REFRENCES

Abdi, R., Taki, M., Akbarpour, M. 2012. An Analysis of Energy input-output and Emissions of Greenhouse Gases from Agricultural Productions. *Internatıonal Journal of Natural and Engineering Sciences* 6 (3), 73-79.

Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., Grignani, C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy journal* 36, 4468-4481.

Anonymous. Agricultural Statistics, Vol. 1. 2012-2013 Cropping Seasons. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Persian), 2018;156p. (In Iran)

Azarpour, E. 2012. Evaluation Energy Balance and Energy Indices of Alfalfa Production Under Rain Fed Farming in North of Iran. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* VOL 7, NO.5.

Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990–2006). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 849-855.

Canakci, M., Akinci, I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy journal* 31, 1243-1256.

Firoozi, S., Sheikhdavoodi, M., Farani, S. 2014. Optimizing energy consumption efficiency for greenhouse cucumber production using the data envelopment analysis technique in Lorestan Province of Iran. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(3), 636-649.

Ghasemi Mobtaker, H., Akram, A., Keyhani, A. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy for Sustainable Development* 16, 84-89.

Gholami, A., Sharafi, S. 2009. Calculation of energy requirement and energy efficiency for production of major agricultural crops. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 4 (2).

Hosseini-Fashami, F., Motevali, A., Nabavi-Pelesaraei, A., Hashemi, S.2019. Energy indices estimation of greenhouse cucumber production using artificial neural networks. 4th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran.

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A. 2010. A Comparative Study on Water and Energy Indicators for Irrigated and Rain-Fed Canola Production Systems in Iran. *Journal of Sustainable Energy & Environment* (1), 197-201.

Pahlavan, R., Omid, M., Akram, A. 2012. Application of Data Envelopment Analysis for Performance Assessment and Energy Efficiency Improvement Opportunities in Greenhouses Cucumber Production. *Journal of Agricultural Science and Technology* 14, 1465-1475.

Pahlavan, R., Omid, M., Akram, A. 2011. Energy use efficiency in greenhouse tomato production in Iran. *Energy journal* 36, 6714e6719.

Pishgar Komleh, S.H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M.R., Jafari, A. 2012. Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran. *Energy journal* 43, 469-476.

Pishgar Komleh, S.H., Keyhani, A., Rafiee, S., Sefeedpary, P. 2011. Energy use and

economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy journal* 36, 3335-3341.

Yousefi, M., Mohammadi, A. 2011. Economical analysis and energy use efficiency in alfalfa production systems in Iran. *Scientific Research and Essays* 6(11), 2332-2336.

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 3/No. 1/Spring 2023/P: 48 -63

https://www.sarj.iauk.ac.ir

The Effect of Greenhouse Size on Energy Balance in Greenhouse Cucumber Production of Tehran (Cucumis sativus)

Bardia Bayat[1], Mohammad Hossein Ansari[2*], Marjan Diyanat[3] and Ali Mohammadi Torkashvand[3]

[1]Department of Agronomy and Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2]Department of Agronomy, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

[3]Department of Agronomy and Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

* Corresponding Author's Email: ansary330@gmail.com

(Received: June. 3, 2023 – Accepted: June. 20, 2023)

ABSTRACT

The energy balance of greenhouse cucumbers was calculated during a research in the east of Tehran province for one year (2016-2017).The results showed that the size of greenhouses is very influential in the energy balance, so that in large-scale greenhouses, electricity consumption has the largest share of input energy with 43.2%, but in medium-scale greenhouses, this amount is only 34.7% and Small scale is 1.32% of the input energy and it is next in the consumption of chemical fertilizers (nitrogen, phosphorus and potassium) which share of this factor in large, medium and small scale greenhouses is 15.9%, 18.9%, and 20% of the input energy respectively.Input and output energy also change significantly with the size of greenhouses, so that in large, medium and small scale greenhouses, these values are equal to (325,222 and 173,136 MJ/ha), (231,802 and 147,801 MJ/ha), and (210,491 and 133,040 MJ/ha) respectively.After this the energy balance of large-scale greenhouses was calculated as 0.532, medium-scale 0.638 and small-scale 0.632., produced the lowest possible yield, which is the reason for the inefficiency of this level of cultivation.After that, the energy balance of large-scale greenhouses was calculated as 0.532, medium-scale 0.638, and small-scale 0.632.Meanwhile, large-scale greenhouses produced the lowest possible yield by spending the most input energy, which is the reason for inefficiency.This is the level of cultivation.

Keywords: Greenhouse cucumber, Energy balance, Size of Greenhouses, Input energy, Output energy.