آنالیز شاخص انرژی در تولید محصولات گلخانه‌ای استان زنجان

مریم خانی [1*]، داود محمدزمانی [2]، ایرج رنجبر [3]، محمد قهدریجانی [4]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان m.khani99@yahoo.com

۲- استادیار گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان

۳- دانشیار گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان

۴- استادیار گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات تهران

چکیده

کشت گلخانه‌ای صنعت در حال رشد در بسیاری از کشورها می‌باشد؛ اما به دلیل تولید در خارج از فصل، گلخانه‌ها دارای مصرف بالای انرژی می‌باشند. هدف از این تحقیق آنالیز انرژی تولید محصولات گلخانه‌ای و بررسی اثر نوع محصول، نوع کشت و سطح زیر کشت در گلخانه بر انرژی مصرفی در استان زنجان است. محصولات در سه نوع توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی و نوع کشت هم در دو سطح کشت خاکی و هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام این تحقیق پرشسنامه‌هایی تنظیم شد که به طور تصادفی بین گلخانه‌داران منطقه توزیع شد. براساس نتایج به‌دست آمده از پرشسنامه‌ها و تجزیه و تحلیل نمودارها، بیشترین سهم مصرف انرژی در هر سه نوع محصول (توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی) با هر سطح زیر کشت و نوع کشت مربوط به انرژی سوخت، الکتریسیته و کود می‌باشد. در کشت توت‌فرنگی برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع، انرژی سوخت ۳۵۶۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار، الکتریسیته ۲۵۳۶۸ مگاژول انرژی بر هکتار و انرژی کود ۱۹۷۴۰ مگاژول انرژی بر هکتار می‌باشد. در کشت خیار انرژی سوخت برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع ۴۵۸۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار، الکتریسیته برای سطوح بالای ۵۰۰۰ مترمربع ۳۲۵۸۸ مگاژول انرژی بر هکتار و انرژی کود برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع ۲۳۱۶۰ مگاژول انرژی بر هکتار است و در نهایت انرژی سوخت، الکتریسیته و کود در کشت گوجه‌فرنگی برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع به ترتیب ۳۸۰۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار، ۳۱۴۵۸ مگاژول انرژی بر هکتار و ۲۳۴۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار به‌دست آمد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مساحت زمین در گلخانه‌های هیدروپونیک تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. در حالی‌که نوع محصول تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد داشته است.

کلمات کلیدی: کشت خاکی، کشت هیدروپونیک، انرژی سوخت، انرژی الکتریسیته و انرژی کود

مقدمه

بخش کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف کننده انرژی در ایران است. در میان بخش‌های مختلف کشاورزی بیشترین مصرف انرژی در واحد سطح به صنعت گلخانه که در حال توسعه می‌باشد، اختصاص دارد (احمدی و بناکار، ۱۳۹۰). کشت محصولات کشاورزی در گلخانه از تاریخچه طولانی برخوردار نیست و تقریباً از حدود نیم قرن گذشته، در ایران آغاز شده است. با این حال کشت گلخانه‌ای که در سال‌های اخیر رشد شایان توجهی داشته است، به دلیل ماهیت تولید در خارج فصل، دارای مصرف بالای انرژی می‌باشد. در طی این مدت، تحول چندانی در زمینه کنترل عوامل محیطی در ایران صورت نگرفته و تجهیزات خاص این عرصه نه تنها در داخل کشور ساخته نشده است، بلکه به علت عدم شناخت گلخانه‌داران نسبت به این تجهیزات، از کشورهای خارجی نیز وارد نشده است. به همین دلیل بازده و عملکرد در واحد سطح گلخانه‌ها در ایران بسیار پایین‌تر از کشورهای خارجی است. با توجه به مطالب گفته شده، افزایش در کارایی مصرف انرژی در کشت گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات انرژی در کشاورزی بوده و هر گونه موفقیتی در زمینه افزایش کارایی انرژی مصرف شده در تولیدات گلخانه‌ای، می‌تواند باعث استفاده بهینه از منابع با ارزش انرژی گردد.

از آنجائیکه هزینه احداث گلخانه‌ها نسبتاً زیاد است با توجه به سرمایه‌گذاری بالا در این زمینه باید راهکارهایی ارائه کرد تا کشت محصولات در گلخانه مقرون به صرفه باشد. در این تحقیق میزان مصرف انرژی و شاخص‌های اقتصادی و هزینه‌های مربوط به ساخت و سرمایه‌گذاری اولیه ارزیابی شده و در بهینه‌سازی فرآیند تولید محصولات گلخانه‌ای منطقه به کار گرفته خواهند شد (غجه‌بیگ، ۱۳۸۸). محصول تولیدی در گلخانه‌های استان زنجان عمدتاً خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی بوده که این محصولات علاوه بر این‌که نسبت به سرمای زمستان آسیب‌پذیر هستند، با توجه به اقلیم سرد منطقه از قدرت رقابت‌پذیری کمتری نسبت به مناطق گرمسیری برخوردار می‌باشند، لذا نیاز به بررسی مصرف انرژی و اقتصادی تولیدات گلخانه‌ای در این منطقه وجود دارد. اهمیت مصرف انرژی در این گلخانه‌ها آن‌چنان است که در اثر خاموش شدن مولدهای انرژی در گلخانه، در برخی مناطق سردسیر (به مدت یک الی دو ساعت) ممکن است گیاهان در اثر شوک ناشی از اُفت شدید دما آسیب دیده و یا این‌که به طور کلی دچار سرمازدگی شوند. در چنین شرایطی هیچ‌گونه راهی برای نجات گلخانه وجود ندارد و تولیدکننده متحمل ضرر مالی فراوان می‌شود. بهره‌گیری از نتایج این مطالعات ضمن شناسایی نقاط ضعف در جهت‌دهی و سیاست‌گذاری‌های مناسب تولیدات گلخانه‌ای در چهارچوب چشم‌انداز آینده استان کمک شایانی خواهد بود که در آن محصولات مناسب کشت و نوع کشت متناسب با منطقه (خاکی یا هیدروپونیک) پیشنهاد می‌شود.

بر اساس بررسی‌های انجام شده، تحقیقی با این عنوان انجام نشده است ولی می‌تون به تحقیقات به موضوع این تحقیق نزدیک است اشاره نمود.

حیدری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی روابط بین انرژی ورودی و خروجی در تولید خیار گلخانه‌ای پرداختند و نتایج نشان داد که انرژی مصرفی کل ۱۲۹۵/۲۲ گیگا ژول بر هکتار می‌باشد. سوخت و برق مصرفی به ترتیب با ۶۷/۵۶ درصد و ۱۸/۹۳

درصد بیشترین میزان مصرف را در بین نهاده‌ها داشتند. شاخص نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر ۰/۱۰۵ و ۰/۱۳ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشند. ۹۶/۳۷ درصد و ۳/۶۳ درصد از کل انرژی مصرفی از منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر می‌باشند.

پاشایی و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای به بررسی میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در گلخانه‌های استان کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد که در گلخانه‌های مورد مطالعه متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم گوجه-فرنگی گلخانه‌ای ۰/۸۰۸۱ مگاژول بوده است. مقادیر متوسط بهره‌وری انرژی، متوسط افزوده خالص انرژی و کارایی (نسبت) انرژی نیز به ترتیب ۱/۳۲۷ کیلوگرم بر مگاژول، ۱۲۲۵/۴۲۶ مگاژول بر هکتار و ۰/۹۸۹۹ بدست آمد.

چتین و واردر[۱] (۲۰۰۸) در بررسی گلخانه‌های تولید گوجه‌فرنگی به صورت صنعتی دریافتند که تولید گوجه‌فرنگی ۴۵/۵۳ گیگاژول بر هکتار مصرف انرژی دارد که ۳۴/۸۲ درصد آن مربوط به انرژی سوخت بوده و بعد انرژی کود و سپس انرژی ماشین بیشترین درصد را به خود اختصاص دادند. نسبت انرژی ۰/۸ و بهره‌وری انرژی ۰/۹۹ کیلوگرم بر مگاژول بود. تجزیه و تحلیل هزینه‌ها نشان داد که مهمترین آن‌ها مربوط به نیروی انسانی ماشین، اجاره زمین و آفت‌کش‌ها بود. بر اساس نسبت سود به هزینه، مزارع بزرگ در مصرف انرژی و عملکرد اقتصادی مناسب‌تر بودند. در نتیجه مدیریت مصرف انرژی در سطح مزرعه منجر به کسب بازده بیشتر شده و می‌تواند مصرف اقتصادی انرژی را بهبود دهد.

ازکان[۲] و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه موردی در ناحیه آنتالیا در کشور ترکیه پرسشنامه‌ای از ۸۸ گلخانه که گوجه‌فرنگی، خیار، بادمجان و فلفل گلخانه‌ای کشت می‌کردند، نشان دادند که تولید خیار با مصرف ۱۳۴/۷۷ گیگاژول بر هکتار بیشترین میزان مصرف انرژی را دارد. مصرف انرژی گوجه‌فرنگی، بادمجان و فلفل به ترتیب ۱۲۷/۳۲، ۹۸/۶۸ و ۸۰/۲۵ گیگاژول بر هکتار به دست آمد. ضمناً نسبت انرژی خروجی به ورودی برای گوجه‌فرنگی، فلفل، خیار و بادمجان به ترتیب ۱/۲۶، ۰/۹۹، ۰/۷۶ و ۰/۶۱ برآورد شد. نتایج نشان می‌دهد که شدت استفاده از نهاده‌ها در تولید سبزیجات گلخانه‌ای با افزایش در تولید نهایی همراه نبوده است.

هاتیرلی[۳] و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی رابطه انرژی ورودی و عملکرد محصول در تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق الگوهای استفاده انرژی و ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد برای تولید گوجه‌فرنگی در آنتالیای ترکیه را ارزیابی می‌کند. نتایج نشان داد که سوخت ۳۴/۳۵ درصد، کودهای شیمیایی ۲۷/۵۹ درصد، الکتریسیته ۰۱/ ۱۶ درصد، سموم ۱۹/ ۱۰ درصد و نیروی انسانی ۸/۶۴ درصد بخش عمده انرژی مصرف شده هستند. در این تحقیق میانگین عملکرد و انرژی مصرفی به ترتیب در حدود ۱۶۰ تن و ۱۰۶/۷۱۶ گیگاژول بر هکتار بدست آمدند، همچنین نسبت خروجی به ورودی، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱/۲، ۱۲۳۸۰/۳ مگاژول بر تن و ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول برآورد شدند. این محققین مدل‌های اقتصادی برای تخمین تأثیر انرژی ورودی بر عملکرد را نیز توسعه یافتند.

---

[۱] Cetin and Vardar
[۲] Ozkan
[۳] Hatirli

مواد و روشها

این تحقیق در استان زنجان انجام شد. استان زنجان دارای ۴۸ گلخانه محصولات زراعی و باغی می‌باشد که در سال ۱۳۹۲ تنها ۳۵ واحد از این مجموعه فعال است. سطح زیر کشت کل گلخانه‌ها در استان ۱۵۶۷۴۰ مترمربع است که ۱۳۷۰۰ مترمربع آن مربوط به گلخانه‌های هیدروپونیک می‌باشد (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲).

بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق، مشخص گردید که از بین گلخانه‌های فعال که مربوط به کشت محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی می‌باشد حدود ۲۵ درصد مربوط به گلخانه‌های هیدروپونیک که تنها در این گلخانه‌ها توت‌فرنگی کشت می‌شود. از ۷۵ درصد مابقی مربوط به کشت گلخانه‌های خاکی می‌باشد که در این گلخانه‌ها خیار و گوجه‌فرنگی کشت شده است. از ۷۵ درصد کشت خاکی، ۶۰ درصد را محصول خیار و ۱۵ درصد را محصول گوجه‌فرنگی به خود اختصاص داده‌اند.

گلخانه‌های استان زنجان از نظر سازه و سامانه‌های به‌کار برده شده مشابه بودند و پوشش همگی پلاستیک بوده و سامانه تهویه با فن یا پنجره‌های سقفی و کناری و در برخی گلخانه‌ها از سامانه فن و پَد برای سرمایش استفاده می‌کنند و گرمایش هم با استفاده از گرمکن یا بخاری انجام می‌شود و تنها در سامانه‌های مدیریتی و نوع کشت دارای تفاوت‌هایی هستند. محصولات مورد تحقیق شامل توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی است که در استان زنجان بیشتر کشت می‌شوند. طبق جدول ۱ دوره کشت و تعداد کشت در سال این محصولات با هم فرق می‌کنند.

جدول ۱. دوره کشت محصولات مورد بررسی در استان زنجان

نوع محصول	دوره کشت (ماه)	تعداد کشت در سال
توت‌فرنگی	۹	۱
خیار	۶	۲
گوجه‌فرنگی	۱۰	۱

جمع‌آوری اطلاعات

برای به‌دست آوردن اطلاعات مورد نیاز، پرسشنامه توأم با مصاحبه تکمیل شد. در پرسشنامه تمام مراحل کشت در گلخانه-های هیدروپونیک و خاکی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. پرسشنامه‌ها شامل موارد: انواع کود، انواع سموم، ماشین آلات، کارگر، آب، مصرف سوخت یا الکتریسیته موتور پمپ، عملیات زراعی، اندازه‌گیری سطح زیر کشت گلخانه ها، پارامترهای ساختمانی گلخانه و اندازه‌گیری سوخت مصرفی است (Hatirli, 2004). به منظور سنجش میزان انرژی از شاخص نسبت انرژی استفاده شد.

نسبت انرژی (ER[1]): نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی (E_{OU}) و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید (E_{IN}) بوده، فاقد واحد می‌باشد و تاثیر واحد انرژی نهاده در دستیابی به اهداف مصرف کننده را نشان می‌دهد. اهداف مصرف کننده می

[1] Energy Ratio

تواند غذا، زیست توده[۱] و یا سوخت زیستی[۲] و محصول باشد. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در این مقاله محاسبه خواهد شد (Kitani, 1999).

پس از محاسبه شاخص انرژی، تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SPSS و مقایسه بین دو نوع کشت گلخانه‌ای از دیدگاه انرژی توسط آزمون آماری دانکن انجام داده شده است.

به منظور تعیین میزان نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های خاکی و هیدروپونیک و بررسی اثرات نوع محصول، نوع کشت و سطح زیر کشت بر انرژی مصرفی، عملکرد و بهره‌وری انرژی تعداد ۲۰ پرسشنامه تهیه شد.

محاسبات شاخص‌های انرژی

پس از جمع‌آوری اطلاعات توسط پرسشنامه‌ها، با استفاده از سطح انرژی ویژه هر کدام از نهاده‌ها، پارامتر انرژی‌های موتوری، کارگری، مکانیکی، کود، آفت‌کشها، بذر، آبیاری، انرژی ورودی، انرژی خروجی، عملکرد، ظرفیت واقعی، ظرفیت تئوریک، راندمان مزرعه‌ای، شاخص نسبت انرژی محاسبه شد و میانگین آماری پارامترها و شاخص‌های انرژی استان زنجان در مراحل گوناگون اجرای عملیات تعیین شده و نمودارها و گرافهای مربوطه توسط نرم‌افزار Excel ترسیم گردید. در پایان با ارائه الگوها و راهکارهایی سعی در کاهش مصرف انرژی در مراحلی که انرژی‌بر هستند گردید.

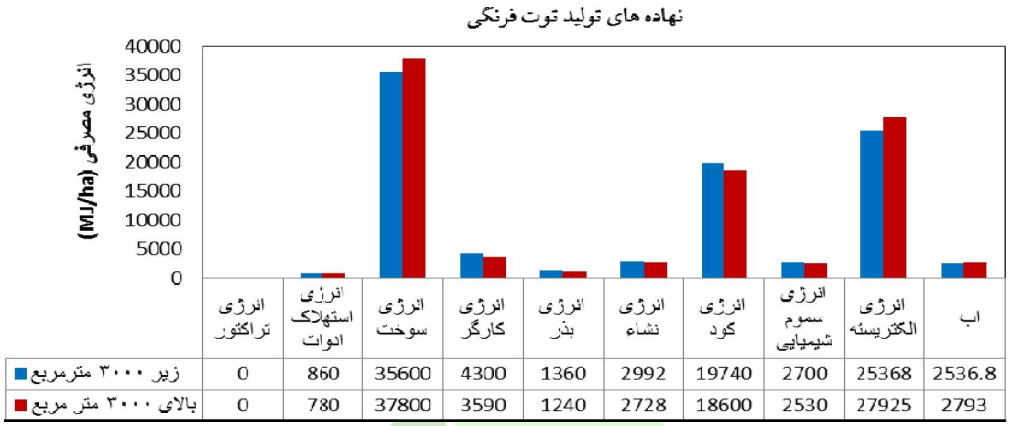
تحلیل نتایج و بحث

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، با استفاده از اطلاعات به دست آمده که در مواد و روش ها بیان گردید مقادیر انرژی نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های مورد مطالعه تعیین گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده از شکل ۱، ۲ و ۳ بیشترین سهم مصرف انرژی در هر سه نوع محصول (توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی) با هر سطح زیر کشت و نوع کشت مربوط به انرژی سوخت، الکتریسیته و کود می‌باشد. در کشت توت‌فرنگی برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع، انرژی سوخت ۳۵۶۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار، الکتریسیته ۲۵۳۶۸ مگاژول انرژی بر هکتار و انرژی کود ۱۹۷۴۰ مگاژول انرژی بر هکتار می‌باشد. در کشت خیار انرژی سوخت برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع ۴۵۸۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار، الکتریسیته برای سطوح بالای ۵۰۰۰ مترمربع ۳۲۵۸۸ مگاژول انرژی بر هکتار و انرژی کود برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع ۲۳۱۶۰ مگاژول انرژی بر هکتار است و در نهایت انرژی سوخت، الکتریسیته و کود در کشت گوجه‌فرنگی برای سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع به ترتیب ۳۸۰۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار، ۳۱۴۵۸ مگاژول انرژی بر هکتار و ۲۳۴۰۰ مگاژول انرژی بر هکتار به‌دست آمد. علت بالا بودن مصرف انرژی کود در سامانه کشت هیدروپونیک به دلیل تغذیه اصلی گیاه با کودهای شیمیایی محلول در آب می‌باشد و دلیل بالا بودن مصرف انرژی سوخت و الکتریسیته در تحقیق حاضر با توجه به شرایط جوی استان زنجان استفاده از وسایل گرمایشی و سرمایشی برقی در فصول سرد سال و نیز حذف یارانه‌های حامل‌های انرژی می‌باشد.

---

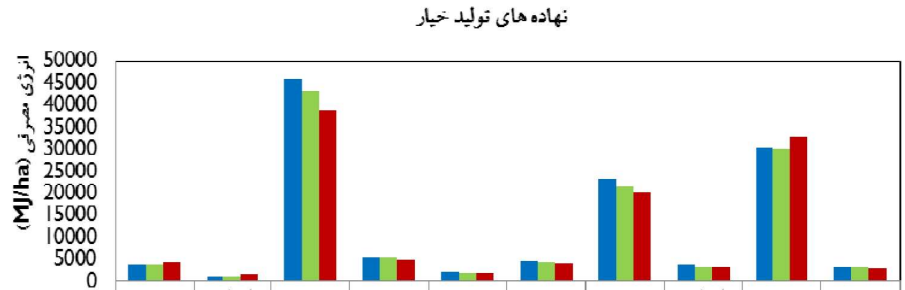
[۱] Biomass
[۲] Biofuel

شکل ۱. سهم انرژی مصرفی برای نهاده‌های تولید توت‌فرنگی در گلخانه‌های هیدروپونیک

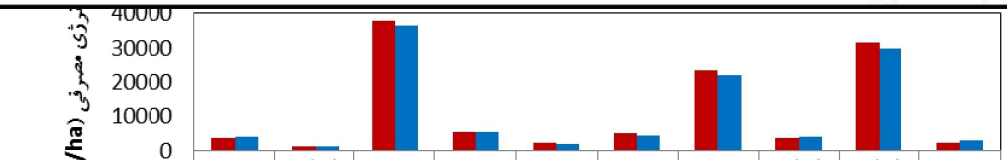


	انرژی تراکتور	انرژی استهلاک ادوات	انرژی سوخت	انرژی کارگر	انرژی بذر	انرژی نشاء	انرژی کود	انرژی سموم شیمیایی	انرژی الکتریسته	اب
زیر ۳۰۰۰ مترمربع	0	860	35600	4300	1360	2992	19740	2700	25368	2536.8
بالای ۳۰۰۰ متر مربع	0	780	37800	3590	1240	2728	18600	2530	27925	2793

شکل ۲. سهم انرژی مصرفی برای نهاده‌های تولید خیار در گلخانه‌های خاکی



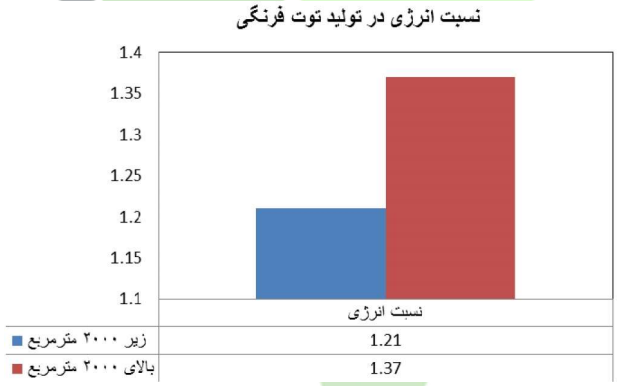
	انرژی تراکتور	انرژی استهلاک ادوات	انرژی سوخت	انرژی کارگر	انرژی بذر	انرژی نشاء	انرژی کود	انرژی سموم شیمیایی	انرژی الکتریسته	اب
زیر ۳۰۰۰ مترمربع	3800	1280	45800	5650	2100	4620	23160	3780	30157	3020
بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمربع	3960	1190	43260	5340	1930	4246	21500	3300	29870	3260
بالای ۵۰۰۰ متر مربع	4400	1640	38900	4810	1860	4092	20180	3470	32588	2980



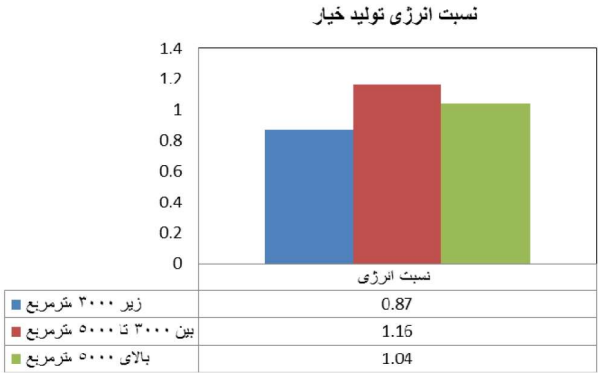
	انرژی تراکتور	انرژی استهلاک ادوات	انرژی سوخت	انرژی کارگر	انرژی بذر	انرژی نشاء	انرژی کود	انرژی سموم شیمیایی	انرژی الکتریسیته	اب
زیر ۳۰۰۰ مترمربع	3800	1280	38000	5630	2268	4989.6	23400	3810	31458	2145
بالای ۳۰۰۰ مترمربع	3960	1190	36500	5450	2010	4422	22000	3900	29800	2980

شکل ۳. سهم انرژی مصرفی برای نهاده‌های تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه‌های خاکی

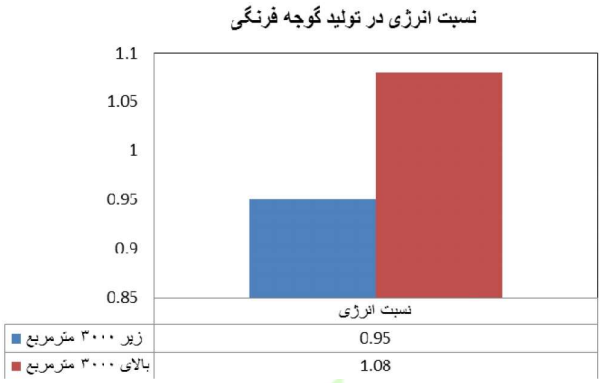
بر اساس شکل‌های ۴، ۵ و ۶ دیده شد که نسبت انرژی در سه محطول کشت (توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی) در برخی سطوح کشت، بیشتر از یک بوده است به جز تولید خیار و گوجه‌فرنگی در سطوح زیر ۳۰۰۰ مترمربع که کمتر از یک می‌باشند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تولید خیار و گوجه‌فرنگی در گلخانه‌های خاکی سطوح کشت زیر ۳۰۰۰ مترمربع در استان زنجان مقرون به صرفه نمی‌باشند.



شکل ۴. شاخص انرژی در تولید توت‌فرنگی در گلخانه‌های هیدروپونیک



شکل ۵. شاخص انرژی در تولید خیار در گلخانه‌های خاکی



شکل ۶. شاخص انرژی در تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه‌های خاکی

هدف از تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از گلخانه‌های استان زنجان بررسی اثر سه فاکتورِ سطح زیر کشت، نوع کشت (هیدروپونیک و خاکی) و نوع محصول کشت شده (توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی) بر کارایی انرژی می‌باشد که در این صورت داده‌های به‌دست آمده از پرسشنامه، به‌وسیله آزمون دانکن در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور ذکر شده توسط نرم‌افزار SPSS18 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

چنان‌که از جدول ۲ مشخص است، مساحت زمین در گلخانه‌های هیدروپونیک بر کارایی انرژی مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشته است. در حالی‌که نوع محصول تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد از خود نشان داده است.

جدول ۲. تجزیه واریانس کارایی انرژی در دو سطح مساحت و دو سطح نوع محصول (خیار و توت‌فرنگی)

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
اندازه زمین	۱	۲/۳۸	۲/۳۸	۹۵/۲^{ns}
نوع محصول	۱	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۱۷/۲۴*
اندازه زمین* نوع محصول	۱	۰/۱۴۲	۰/۱۴۲	۵/۶۱ ^{ns}
تکرار	۸۶	۲/۰۲	۰/۰۲۳	۰/۹۱۶
خطا	۱۱۱	۵/۵۷	۰/۰۲۵	
مجموع کل	۲۰۰			

ns:غیر معنی دار، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

مطابق جدول ۳ مشاهده شد که هم اندازه زمین در سه سطح (زیر ۳۰۰۰ مترمربع، بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمربع و بالای ۵۰۰۰ مترمربع) و هم نوع محصول در دو سطح (خیار و گوجه‌فرنگی) در سطح پنج درصد معنی‌دار شده‌اند.

جدول ۳. تجزیه واریانس کارایی انرژی در سه سطح مساحت (زیر ۳۰۰۰ مترمربع، بین ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ مترمربع و بالای ۵۰۰۰ مترمربع) و دو سطح نوع محصول (خیار و گوجه‌فرنگی)

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
اندازه زمین	۲	۱/۴۱	۰/۷۵	۶۸/۱۸*
نوع محصول	۱	۰/۳۸۴	۰/۳۸۴	۳۴/۹*
اندازه زمین* نوع محصول	۲	۰/۴۷۸	۰/۲۳۹	۲۱/۷۲ ns
تکرار	۶۴	۵/۱۲	۰/۱۱۶	۰/۹۱۶
خطا	۱۳۱	۷/۱۲	۰/۰۱۱	
مجموع کل	۲۰۰			

ns:غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

چنان‌که در جدول ۴ مشاهده شد دو نوع محصول هر کدام در زیر مجموعه‌های مختلف تقسیم‌بندی شدند. به نحوی که بین محصولات مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت.

جدول ۴. مقایسه میانگین کارایی انرژی در سطوح مختلف نوع محصول (خیار و گوجه‌فرنگی) در گلخانه‌های خاکی با استفاده از آزمون دانکن (پنج درصد)

نوع محصول	فراوانی	زیر مجموعه	
		۱	۲
گوجه فرنگی	۲	۰/۹۷	
خیار	۱۲		۱/۱۸

بر اساس نتایج موجود در جدول ۵، سه سطح مختلف کشت هر کدام در زیر مجموعه‌های مختلف تقسیم‌بندی شدند به نحوی که بین سطوح مختلف کشت نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

این نتایج نشان‌دهنده این است که با افزایش سطح زیر کشت، میزان کارایی انرژی نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۵. مقایسه میانگین کارایی انرژی در سطوح مختلف کشت با استفاده از آزمون دانکن (پنج درصد)

اندازه زمین	فراوانی	زیر مجموعه		
		۱	۲	۳
زیر ۳۰۰۰مترمربع	۸	۰/۸۷		
بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰مترمربع	۷		۱/۰۴	
بالای ۵۰۰۰ مترمربع	۴			۱/۱۶

مطابق جدول ۶ مشاهده شد که هم اثر اندازه زمین در دو سطح (زیر ۳۰۰۰ مترمربع و بالای ۳۰۰۰ مترمربع) و هم اثر نوع محصول در دو سطح (خیار و گوجه‌فرنگی) بر کارایی انرژی در سطح پنج درصد معنی‌دار شده‌اند.

جدول ۶. تجزیه واریانس کارایی انرژی در دو سطح مساحت و دو نوع محصول

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
اندازه زمین	۲	۲/۶۸	۱/۳۴	۱۱/۹۶*
نوع گلخانه	۱	۰/۶۷۱	۰/۶۷۱	۵/۹۹*
اندازه زمین* نوع گلخانه	۲	۰/۱۴۲	۰/۰۷۱	۰/۶۳ ns
تکرار	۹۵	۳/۴۷	۰/۰۰۲۳	
خطا	۱۰۰	۶/۱۸	۰/۱۱۲	
مجموع کل	۲۰۰			

ns :غیر معنی دار، *: در سطح پنج درصد معنی دار، **: در سطح یک درصد معنی دار

براساس جدول ۷ دو نوع کشت هر کدام به دو زیر مجموعه تقسیم شدند. بر اساس مقایسه میانگین، کارایی انرژی بین کشت هیدروپونیک و خاکی متفاوت است. این اختلاف معنی‌دار است. چنان‌که قبلا نیز اشاره شد، با توجه به کمتر بودن میزان نهاده‌های ورودی در هیدروپونیک و همچنین کم بودن عملیات تولیدی، نسبت انرژی در کشت هیدروپونیک افزایش می‌یابد.

جدول ۷. مقایسه میانگین کارایی انرژی در سطوح مختلف گلخانه‌ها (هیدروپونیک و خاکی) با استفاده از آزمون دانکن (پنج درصد)

نوع گلخانه	فراوانی	زیر مجموعه	
		۱	۲
هیدروپونیک	۵	۱/۳۱	
خاکی	۱۴		۱/۱

نتیجه گیری

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که در تمامی گلخانه‌های استان زنجان بیشترین مصرف نهاده انرژی به انرژی سوخت، الکتریسیته و کود اختصاص دارد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل نمودارها، گلخانه‌های هیدروپونیک نسبت به گلخانه‌های خاکی و محصول توت‌فرنگی نسبت به خیار و محصول خیار نسبت به گوجه‌فرنگی برای کشت در استان زنجان دارای توجیه اقتصادی می‌باشد.

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مساحت زمین در گلخانه‌های هیدروپونیک تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. در حالی‌که نوع محصول تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد از خود نشان داده است.

پیشنهادها:

۱- با توجه به نتایج به‌دست آمده و اینکه مصرف سوخت سهم عمده‌ای را در انرژی مصرفی داشته است پیشنهاد می‌شود تا سامانه سرمایش و گرمایش تا حد امکان برقی شده و نیز در صورت امکان فناوری‌های جدید از جمله استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین سوخت‌های فسیلی گردند.

۲- مدیریت صحیح نهاده‌ها به‌ویژه سموم و کود شیمیایی از طریق ماشین‌های دقیق‌تر همچون مه‌پاش‌ها در گلخانه ضروری به‌نظر می‌رسد.

۳- امکان به‌کارگیری نیروی انسانی متخصص به‌جای استفاده از کارگران ساده در گلخانه می‌تواند راندمان انرژی و اقتصادی واحدهای تولیدی را افزایش دهد.

۴- به‌دلیل بالابودن کارایی انرژی و اقتصادی در گلخانه‌های هیدروپونیک باید تسهیلاتی به منظور سوق دادن گلخانه‌های خاکی به این سمت از طریق نهادهای دولتی به تولیدکنندگان گلخانه‌ای تعلق گیرد. در گلخانه‌های خاکی نیز تا حد امکان سطوح زیر کشت محصولات از ۳۰۰۰ متر مربع کمتر نباشند.

منابع

۱. احمدی، ن؛ و ا. بناکار. ۱۳۹۰. مصرف انرژی در گلخانه‌ها و راهکارهای افزایش کارایی انرژی مصرفی. اولین کنفرانس بین-المللی رویکردهای نوین در نگهداشتن انرژی. تهران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۲. پاشایی، ف. م.ه. رحمتی و پ. پاشایی. ۱۳۸۷. بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در گلخانه‌های استان کرمانشاه. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد. ایران.

۳. حیدری، م. ح. پیشگر کومله، ش. رفیعی و ع. کیهانی. ۱۳۸۹. برآورد شاخص‌های پایداری مصرف انرژی در توسعه کشت خیار گلخانه‌ای. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. اصفهان. ایران.

۴. غجه‌بیگ، ف. ۱۳۸۸. توسعه یک سامانه تصمیم‌یار مدیریت مصرف انرژی در گلخانه‌های سبزی و صیفی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه تهران.

5. Cetin, B. and A. Vardar. 2008. An economic analysis of energy requirments and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy. 33: 428-433.

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

7. Hatirli, S. 2004. Energy Inputs and Yield in Greenhouse Tomato Production. University Of Suleyman Demirel. Faculty of Agriculture. Antalya. Turkey

8. Kitani, O. 1999. Energy and Biomass Engineering. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. V. ASAE.

9. Ozkan, B. A. Kurkluand a . Akcaoz. 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy. 26: 89-95.

Analysis of energy index of greenhouses production at zanjan province

Maryam Khani[1*] Davood MohammadZamani[2] Iraj Ranjbar[3] Mohammad Ghaderijani[4]

1- Agricultural Mechanization Engineer, Islamic Azad University of Takestan, E-mail: m.khani99@yahoo.com.
2- Assistant Professor, Agricultural Machinery Department, Islamic Azad University of Takestan.
3- Associate Professor, Agricultural Machinery Department, Islamic Azad University of Takestan.
4- Assistant Professor, Agricultural Machinery Department, Olum va Tahghighat University of Tehran.

Abstract

Greenhouse farming is a growing industry in many countries. But because of the outside of season, there are greenhouses with high energy consumption. The purpose of this study was to analysis the economic and energy crop of greenhouses production and investigated the effect of production, cultivation type and under cultivation in greenhouse cultivation level of energy consumption in Zanjan province. Product type three kinds of strawberries, cucumber and tomato and the type of soil and hydroponic culture is grown at two level. For this study was adjusted administered questionnaire that was distributed randomy among greenhouse owners. How to fill in questionnaires was from person to person. Based on the results of self administered questionnaire and charts analysis is the highest energy consumption in all products (strawberries, cucumbers and tomatoes), with the under cultivation and production type for fuel, electricity and fertilizer energy. The results showed that fuel energy for the production of strawberries 35600 MJ/Ha cucumber 45800 MJ/Ha and tomatoes 38000 MJ/Ha, electricity energy for the production of strawberries 25368 MJ/Ha, cucumbers 32588 MJ/Ha and tomatoes 31458 MJ/Ha and fertilizer energy for production of strawberries 19740 MJ/Ha, cucumbers 23160 MJ/Ha and 23400 MJ/Ha is production of tomatoes. Also the results showed that land has shown no significant difference in hydroponic greenhouses, while the production type is a significant difference in the level of five percent.

Key words: Greenhouse, Soil cultivation, Hydroponic Cultivation, Fuel Energy, Electricity Energy, Fertilizer Energy.