ارزیابی اقتصادی نوردهی مصنوعی در گلخانه‌های سبزی و صیفی (مطالعه موردی: خیار گلخانه‌ای در استان همدان)

علی‌محمد جعفری[۱*]، موسی سلگی[۱] و قاسم زارعی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱۸)

چکیده

نور خورشید به‌عنوان یک منبع طبیعی، عامل مهمی در کشاورزی است که به‌طور نامحدود و بدون هزینه، توسط خورشید عرضه می‌شود. اما برخی پدیده‌ها مانند ابری بودن هوا و یا کوتاه شدن طول روز در طول سال، باعث ایجاد محدودیت در دسترسی به این منبع مهم می‌شوند. این موضوع برای کشت در محیط‌های کنترل شده مانند گلخانه‌ها که معمولاً محصول خارج از فصل هم تولید می‌کنند بسیار حائز اهمیت است. هدف این مقاله، ارزیابی اقتصادی نوردهی مصنوعی در افزایش تولید خیار جهت جبران ساعات کمبود نور ناشی از ابرناکی هوا است. بدین منظور، از داده‌های روزانه تولید و برداشت خیار یکی از گلخانه‌های شهرستان همدان که فاقد سیستم نوردهی مصنوعی بود و آمارهای هواشناسی منطقه برای ارزیابی خسارت ساعات ابری استفاده شد. داده‌های سری زمانی روزانه برای دوره زمانی فروردین ۱۳۸۶ تا تیرماه ۱۳۸۹ جمع‌آوری شد و با استفاده از الگوی خودتوضیح برداری با وقفه‌های توزیعی (ARDL)، میزان کاهش محصول به‌ازای هر ساعت ابرناکی هوا تخمین زده شد. نتایج نشان داد که به‌طور میانگین در هر دوره تولیدی، ابرناکی هوا به‌میزان ۳/۸ درصد بر تولید خیار گلخانه‌ای اثر منفی دارد. از سوی دیگر، بر مبنای یافته‌های تحقیق، جبران کمبود نور خورشید ناشی از ابرناکی هوا به‌وسیله نوردهی مصنوعی در این منطقه، فاقد توجیه اقتصادی بود و نسبت منفعت به‌هزینه آن برابر ۰/۱۱ به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: محیط‌های کنترل شده، ابرناکی، نوردهی مصنوعی، عملکرد خیار، ارزیابی اقتصادی

مقدمه

هزینه‌های انرژی (گرمایش و نوردهی مصنوعی) بین ۱۰ تا ۳۰ درصد هزینه‌های تولید را در صنعت گلخانه به‌خود اختصاص داده است (۱۷). ویژگی مهم تولید در این صنعت، تولید و عرضه محصول در خارج از فصل است. در این گونه سیستم‌های تولیدی، با تحت کنترل درآوردن عوامل محیطی، اثرهای تغییرات فصلی اقلیم بر تولید حذف می‌شود.

آب، خاک، دی‌اکسید کربن، گرما و نور خورشید، منابع طبیعی

۱. بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

۲. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a-jafari@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

هستند که تولید محصولات کشاورزی بدون آنها غیرممکن است. در سیستم‌های تولید رایج، این منابع، به‌غیر از آب و خاک، به‌طور رایگان برای گیاهان توسط طبیعت عرضه می‌شود. اما در سیستم‌های جدید تولید، مانند گلخانه‌ها وکشت‌های هیدروپونیک، قابلیت تأمین این منابع به‌طور مصنوعی وجود دارد. در خصوص نور نیز جایگزینی نور مصنوعی با نور خورشید امکان‌پذیر است. در فنلاند، بیشترین سهم هزینه‌های تولید خیار گلخانه‌ای مربوط به سامانه‌های تأمین نور مصنوعی و مصرف انرژی الکتریکی است (۷). در گلخانه‌های این کشور، در طول شبانه‌روز، حتی تا ۲۰ ساعت نور مصنوعی برای افزایش کمیت و کیفیت تولید استفاده می‌شود (۲۱).

اساس چرخه تولید، فتوسنتز گیاهان سبز است و بدون این فرایند، حیات روی کره زمین پایان می‌یابد. فرایند فتوسنتز نیز بدون نور، امکان‌پذیر نیست (۲۰). در تشکیل ماده خشک، دو عامل فتوسنتز و تعرق نقش اساسی دارند و از سوی دیگر عوامل محیطی نور و دما، بر هر دوی این فرایندها تأثیر دارند. شایان ذکر است که حتی اهمیت نور در این میان بیشتر از دما است (۱۲). همچنین، افزایش شدت نور اثر محدودکننده‌ای برای بوته خیار دارد. به‌طوری که اگر از حد مورد نیاز تجاوز نماید، باعث بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش تعرق می‌شود. معمولاً حداقل شدت نور معادل ۱۰۰۰۰ لوکس، برای کشت و تولید خیار کفایت می‌کند (۴).

تحقیقات متعددی در خصوص تأثیر استفاده از نوردهی مصنوعی روی رشد و تولید گیاهان در گلخانه‌ها انجام شده است. نتایج آنها نشان می‌دهد که نوردهی مصنوعی باعث افزایش تولید سبزی‌های گلخانه‌ای و همچنین گل و گیاه زینتی می‌شود (۱۲، ۱۴، ۱۹، ۲۴ و ۲۵). بروگینک (۸) نشان داد که حساسیت نرخ رشد نسبی گیاهان خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل‌دلمه‌ای نسبت به تغییرات شدت نور در گلخانه‌های کشور هلند در فصل‌های بهار و زمستان متفاوت است. به‌طوری که یک درصد کاهش نور در فصل بهار، نرخ رشد گیاه را ۰/۴ درصد و در زمستان ۰/۶ درصد کاهش می‌دهد و به‌همین نسبت تولید ماده خشک کمتر می‌شود. این نتیجه نشان می‌دهد که ارزش نسبی نور در فصل بهار کمتر از زمستان است. به‌همین دلیل، در گلخانه‌های این کشور در فصل زمستان از نور مصنوعی برای جبران کمبود نور طبیعی استفاده می‌شود. سونگ و کیائو (۲۳) با استفاده از تابع لجستیک، رابطه بین تولید ماده خشک در خیار گلخانه‌ای و عوامل محیطی شامل دما، شدت نور و طول روز را در کشور کره‌جنوبی بررسی کردند. نتیجه پژوهش آنان نشان داد که این نوع تابع، تغییرات ماده خشک را در اثر عوامل فوق به‌خوبی توجیه می‌کند. مونری و اُرتنر (۱۸) با مقایسه هزینه‌های سرمایه-گذاری و تولید سیستم نوردهی مصنوعی و نور طبیعی خورشید در آلمان، نشان دادند که نور طبیعی سودآورتر از نور مصنوعی است. نام و همکاران (۲۰) اثر استفاده از نور تکمیلی بر فتوسنتز و عملکرد گل شاخه بریده ژربرا را به‌منظور افزایش بهره‌وری تولید در فصل زمستان در کشور کره‌جنوبی بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که نسبت منفعت به هزینه نوردهی مصنوعی به‌ازای مصرف انرژی الکتریکی $kW.10\ a^{-1}$ ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ به‌ترتیب ۱/۷۱، ۱/۲۴ و ۱/۰۷ بوده و لذا این محققین مصرف انرژی الکتریسیته به‌میزان $kW.10\ a^{-1}$ ۳۰ برای تأمین نور تکمیلی گلخانه‌ها را توصیه کردند.

به‌طور کلی، در کشورهایی که در مدارات شمالی قرار دارند کمبود نور خورشید در بیشتر ماه‌های سال یک معضل بزرگ است. بررسی کویویستو و هووی پکانن (۱۵) در کشورهای ایسلند و فنلاند نشان داده که به‌دلیل کمبود نور خورشید در فصل‌های پاییز, زمستان و بهار، استفاده از نور مصنوعی در تولید خیار در محیط گلخانه مقرون به صرفه و اقتصادی است. در این میان، تغییر نحوه آرایش سیستم نوردهی مصنوعی از حالت سقفی به وسط ردیف‌های کشت، کارایی نوردهی را افزایش داده و منفعت بیشتری ایجاد می‌کند. محققانی همچون همینگ (۱۳) در کشور هلند، برای اقتصادی شدن تولید در محیط‌های گلخانه‌ای، استفاده از نور مصنوعی را در مناطقی که با کمبود نور طبیعی مواجه هستند توصیه می‌کند. در این مناطق، تلاش در جهت کاستن هزینه‌های نور مصنوعی از طریق بهبود سطح فناوری

www.SID.ir

Archive of SID

توسط تبدیل لامپ‌های مرسوم بـه سیسـتم‌هـای الای‌دی (LED) است. این نوع لامپ‌ها حرارت زیادی نیز تولید می‌کنند که باعـث کاهش کارایی آنها می‌شود. بدین منظور، سینگ و همکـاران (۲۲) به بررسی کارایی فنی و اقتصادی اسـتفاده از لامـپ‌هـای الای‌دی در گلخانه‌های آلمان پرداختند و نتیجه گرفتند که این نوع لامپ‌ها در مقایسه با لامپ‌هـای سـدیمی در بلندمـدت اقتصـادی بـوده و هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهنـد. وویسیچوفسـکا و همکـاران (۲۶) تأثیر چندین نوع سیستم نوردهی مصـنوعی را بـر محصـول کاهوی گلخانه‌ای در کشور لهستان مورد بررسی قرار دادند. زیـاد بودن هزینه‌های لامپ‌های فشـار قـوی سـدیمی باعـث شـده تـا تحقیقات به سمت اسـتفاده از فنـاوری‌هـای کـم‌هزینـه و کـاراتر گرایش پیدا کند. سیستم نور مصـنوعی LED بـه‌میـزان ۳۶ تـا ۵۵ درصد مصرف الکتریسـیته را در مقایسـه بـا سیسـتم لامـپ‌هـای سدیمی کاهش می‌دهد. لامپ‌های LED که ۹۰ درصد نـور قرمـز و ۱۰ درصد نور آبی منتشر می‌کردند بهترین نتیجه را دادند.

آنچه که از بررسی ادبیات و سوابق تحقیق استنتاج مـی‌شـود این است که کاربرد نور مصنوعی برای افزایش تولیـد و جبـران کمبود نور طبیعی توجیه‌پذیر است و تحقیقات به سوی کاسـتن هزینه‌های کاربرد نور مصنوعی از طریق بهبود سـطح فنـاوری و روش‌های به‌زراعی پیش می‌رود. اما باید توجه کرد که ایـران در منطقه‌ای گرم و خشک واقع شـده و از سـاعات آفتـابی زیـادی برخوردار است. در ایران، ابرناکی هـوا در فصـل‌هـای بارنـدگی باعث کاهش نور طبیعی و در نتیجه کاهش تولید می‌شود. حال، پرسش این است که آیا کـاربرد سیسـتم نـوردهی مصـنوعی بـا توجه به هزینه‌های زیـاد آن بـرای جبـران ایـن کـاهش تولیـد، اقتصادی است؟ برای پاسـخ بـه ایـن سـؤال، ابتـدا میـزان تـأثیر ابرناکی هوا بر کاهش تولید خیار در یک گلخانه نمونه در استان همدان مـورد بررسـی قـرار گرفـت. ایـن واحـد فاقـد سیسـتم نورمصنوعی است. سپس، با توجه به‌میزان خسارت ابرناکی هـوا و هزینه‌هـای سـرمایه‌گـذاری اولیـه و جـاری سیسـتم نـوردهی مصنوعی به بررسی این فرضیه مـی‌پـردازد. در صـورت جبـران کاهش تولیـد ناشـی از ابرنـاکی از طریـق ایـن سیسـتم‌هـا، آیـا سرمایه‌گذاری اقتصادی است؟

بررسی این موضوع از آن جهت حائز اهمیت اسـت کـه در راستای نیل به امنیت غذایی، توسعه کشت در محیط‌های کنتـرل شـده ماننـد گلخانـه‌هـا در یـک دهـه اخیـر مـورد توجـه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی قرار گرفته است. سطح گلخانه‌های کشور در سال ۱۳۹۵ برابر ۱۱۲۳۱ هکتار بوده و طبق برنامه توسعه پنج‌ساله ششم مقرر است که به ایـن سـطح حدود ۱۶۷۶۰ هکتار دیگر اضافه شـود (۲). انتخـاب محصـول خیار در این مطالعه بدان جهت است که از سـطح گلخانـه‌هـای موجود کشور در سال ۱۳۹۵ حدود ۵۷/۱۹ درصد آن بـه کشـت خیار اختصاص داشته که این رقم در استان همـدان برابـر ۶۶/۱ درصد بوده است (۶). مشاهدات تجربی در گلخانـه‌هـای تولیـد خیار در شهرستان همدان، بیـانگر آن اسـت کـه در ایـام ابـری، مخصوصاً اگر توأم با افت دما نیز باشـد، میـزان برداشـت خیـار به‌میزان زیادی کاهش می‌یابد. البته تعداد ساعات ابـری در همـه نقاط کشور یکسان نیست و بستگی به شرایط اقلیمـی و عـرض جغرافیایی منطقه دارد. از این‌رو بایستی در مکان‌یابی گلخانه‌هـا به تعداد ساعات آفتابی مناطق توجه شود. در غیر ایـن صـورت، احتمال دارد که سرمایه‌گذاری در گلخانه در منـاطقی کـه دارای ساعات ابری زیـاد و کمبـود نـور طبیعـی اسـت، فاقـد توجیـه اقتصادی باشد. به‌طور کلـی، در ایـن خصـوص نیـاز اسـت کـه حساسیت محصـولات گلخانـه‌ای نسـبت بـه شـرایط ابـری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد.

سیستم نوردهی مصنوعی به این دلیل پرهزینه است که شدت نور مورد نیـاز بـرای فرآینـد فتوسـنتز بایـد زیـاد باشـد و بـدین منظور بایستی سیسـتم‌هـایی اسـتفاده شـوند کـه چنـین نـوری را تأمین کنند (۲). در این سیستم، نیاز به لامـپ‌هـای مخصـوص از نوع لامپ‌های پرفشار سـدیمی (High pressure sodium lamp)، لامـپ‌هـای متـال هالیـد (Metal halide lamp) و LED (Light emitting diode) هستند که گران‌قیمت بوده و به تعـداد زیاد در واحد سطح مورد نیاز هستند و در عـین حـال مصـرف الکتریسیته زیاد دارند. این لامپ‌ها غالباً عمر محدودی داشـته و

www.SID.ir

Archive of SID

با افزایش قیمت الکتریسیته، هزینه استفاده و بهره‌برداری از نور مصنوعی به‌شدت افزایش می‌یابد.

مواد وروش‌ها

الگوهای متعددی وجود دارند که می‌توانند رابطه بین فرایند تولید ماده خشک و عوامل محیطی را نشان دهند. اما به‌طور کلی این الگوها به دو گروه کلی مدل‌های مکانیسمی و مدل‌های رگرسیونی تقسیم می‌شوند (۹). مدل‌های مکانیسمی بر اساس عملکرد فیزیولوژیک گیاه و رابطه آن با عوامل محیطی بنا شده‌اند. به‌طور مثال، بروگینک و هوولینک (۹) برای بررسی تأثیر نور بر رشد گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل‌دلمه‌ای، نمونه‌ای از این مدل‌ها را ارائه کرده‌اند. این مدل‌ها عموماً به بیان رابطه فیزیکی ماده خشک تولیدی و شدت نور پرداخته‌اند. اما آنچه که در تحلیل اقتصادی مورد نیاز است رابطه بین مقدار محصول تولید شده و مدت زمان نور قابل دسترس است.

اصولاً مدل‌های اقتصادی که بتوانند رابطه بین تولید و عوامل محیطی مانند نور و دما و هزینه‌های عملیاتی مربوطه را نشان دهند، کمتر توسعه داده شده‌اند و از نوع مدل‌های غیرساختاری هستند. برای کنترل بهینه عوامل اقلیمی، بایستی رابطه بین فعالیت کنترلی و بازده نهایی و هزینه‌های نهایی نشان داده شود. تغییر وزن محصول در هر روز به مقدار فتوسنتز و تغییرات آن بستگی دارد. ارزش اقتصادی این تغییر وزن به مراحل مختلف رویش گیاهی بستگی دارد. در مرحله رویشی، گیاه در حال استقرار است. اما در فاز تولید است که فتوسنتز ارزش اقتصادی خود را از طریق تولید محصول قابل عرضه به بازار نشان می‌دهد. تعیین ارزش اقتصادی فتوسنتز کار بسیار دشواری است، چون بستگی زیادی به عوامل مدیریتی دارد. از طرف دیگر، فتوسنتز علاوه بر محصول اقتصادی، ماده خشک (ساقه و برگ) نیز تولید می‌کند که تفکیک و ارزش‌گذاری آن را مشکل می‌سازد (۱۱).

با توجه به این که داده های مورد استفاده در این مطالعه داده‌های سری زمانی از نوع روزانه است، لازم است که یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها وجود داشته باشد. بدین منظور وجود هم انباشتگی (cointegration) بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل ضروری است. بدین منظور، یک الگوی خود-توضیح برداری با وقفه‌های توزیعی، ARDL، به شکل زیر استفاده شده است:

$$w_t = c + \alpha_1 x_t + \alpha_2 x_t^2 + \alpha_3 x_t^3 + \beta clcX_t(-i) + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i w_t(-i) + u_t \qquad [1]$$

که در آن w_t میزان برداشت روزانه خیار برحسب کیلوگرم، X_t متغیر روند بوده و $t = 1,2,\ldots,T$ طول دوره برداشت را نشان می‌دهد. $clcX_t(-i)$ مجموع متحرک تعداد ساعات ابری روزانه با وقفه i است. منظور از مجموع متحرک ساعات ابری روزانه در این مطالعه این است که برای هر مشاهده به‌جای مجموع ساعت ابری روز قبل از برداشت، مجموع ساعات ابری X_t روز قبل از برداشت استفاده شد. c، α_j، β و γ_i پارامترهای رگرسیون و $w_t(-i)$ وقفه‌های متغیر وابسته است. در گلخانه‌ها میزان برداشت روزانه می‌تواند به‌میزان برداشت روز قبل یا حتی روزهای قبل بستگی داشته باشد. معمولاً ایامی که مراسم خاصی مانند اعیاد مذهبی یا ملی است و وضعیت قیمت بازار خوب است، ممکن است برداشت سنگینی صورت گیرد و میزان برداشت روزهای بعدی کمتر باشد. یعنی در گلخانه، برداشت محصول از یک الگوی دینامیک تبعیت می‌کند و وارد کردن وقفه‌های متغیرهای وابسته و مستقل به الگو به رفع خطای تصریح منجر می‌شود و خودهمبستگی سریالی را هم برطرف می‌کند (۵). افزایش وقفه‌های متغیر وابسته به تأمین خصوصیت نوفه سفید (White noise) جمله اخلال، u_t، کمک می‌کند (۱۶). برای تعیین وقفه بهینه از معیارهای آکائیک و شوارتز استفاده می‌شود. هرچند رفع خودهمبستگی سریالی معیار اصلی برای تعیین وقفه بهینه است، آزمون بروش گلدفری برای تعیین وجود خودهمبستگی سریالی استفاده شد.

جهت آزمون تعیین وجود یا عدم وجود رابطه بلندمدت، اگر مجموع ضرایب متغیرهای با وقفه مربوط به متغیر وابسته کوچکتر از یک باشد، الگوی پویا به سمت الگوی تعادلی

www.SID.ir

Archive of SID

بلندمدت گرایش خواهد داشت. فرضیه صفر دلالت بر عدم وجود رابطه تعادلی بلندمدت و فرضیه مقابل وجود رابطه تعادلی بلندمدت است. آماره آزمون از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{p} \hat{\gamma}_i - 1}{\sum_{i=1}^{p} \delta\hat{\gamma}_i} \qquad [۲]$$

نتیجه حاصل یک آماره آزمون از نوع آماره t است که کمیت آن با کمیت‌های بحرانی ارائه شده توسط بنرجی، دولادو و مستر برای انجام آزمون قابل مقایسه است. چنانچه آماره محاسباتی از مقدار بحرانی بنرجی، دولادو و مستر بیشتر باشد، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت به نفع فرضیه مقابل (وجود رابطه بلندمدت) رد می‌شود. مدل (۱)، با استفاده از نرم‌افزار Eviews 8 تخمین زده شد.

از آنجایی که ابرناکی و ساعات ابری باعث کاهش تولید و برداشت می‌شود و میزان محصول تولیدی هر روز به مجموع فرایند فتوسنتز و تولید ماده خشک چند روز ماقبل بستگی دارد، مجموع متحرک ساعات ابری ۲، ۳، ۴ و ۵ روز با وقفه زمانی مورد استفاده قرار گرفتند تا مناسب‌ترین مجموع متحرک براساس پارامترهای رگرسیون انتخاب گردد. ضریب β میزان کاهش برداشت به‌ازای یک ساعت ابرناکی است. با توجه به این پارامتر و تعداد ساعات ابری در طول دوره برداشت، میزان کاهش محصول در اثر ابرناکی هوا محاسبه می‌شود. البته باید توجه داشت که علاوه بر متغیرهای مورد استفاده در الگوی فوق، عوامل متعدد دیگری مانند دمای گلخانه، تغذیه، تهویه، سمپاشی و سایر عوامل مدیریتی نقش دارند. اما به‌دلیل فقدان اطلاعات، امکان استفاده از آنها وجود نداشت.

برای جبران کاهش تولید ناشی از ابرناکی، می‌توان از طریق سرمایه‌گذاری در سیستم روشنایی مصنوعی، تولید را افزایش داد. این امر از نظر اقتصادی بایستی توجیه‌پذیر باشد. برای این منظور منافع و هزینه این کار با استفاده از معیار نسبت منفعت به هزینه مقایسه شده‌اند. هزینه‌های ثابت و جاری و همچنین کلیه منافع به معادل یکنواخت سالانه تبدیل شده‌اند. نظر به متفاوت بودن عمر مفید اجزای مختلف سیستم نور مصنوعی، بر اساس اصل ارزش زمانی پول، هزینه‌ها و منافع سرمایه‌گذاری به ارزش معادل یکنواخت سالانه آن تبدیل شدند. برای این منظور، سرمایه‌گذاری‌های اولیه با استفاده از رابطه (۳) به معادل یکنواخت سالانه تبدیل شدند (۳):

$$A = P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] = P(A/P, i, n) \qquad [۳]$$

در رابطه فوق، A ارزش معادل یکنواخت سالانه هزینه یا سرمایه‌گذاری ثابت اولیه (P)، i نرخ تنزیل و n عمر مفید مربوطه است. در این مطالعه، نرخ تنزیل با نرخ تسهیلات بانک کشاورزی (۱۳ درصد) و نیز نرخ‌های ۱۸ و ۲۵ درصد تحلیل حساسیت صورت گرفته است. ارزش اسقاط لوازم و تجهیزات سیستم روشنایی صفر در نظر گرفته شده است. منافع پروژه، ارزش محصول خیاری است که در اثر اجرای سیستم روشنایی مصنوعی به تولید افزوده می‌شود و معادل میزان کاهش تولید محصول در ساعات ابری است.

داده‌های تحقیق از اطلاعات ثبت شده دفتری یکی از گلخانه‌های سبزی و صیفی به مساحت ۱۵۵۰ مترمربع واقع در شهرک گلخانه‌ای فارغ‌التحصیلان شهرستان همدان واقع در روستای امزاجرد در ۱۵ کیلومتری شمال این شهر به‌دست آمد. از آغاز فعالیت این گلخانه از سال ۱۳۸۵، در مجموع ۱۰ دوره تولید داشته که یک دوره آن به کشت گوجه‌فرنگی و بقیه به کشت خیار اختصاص داشته است. از کل ۱۰ دوره، فقط اطلاعات ۶ دوره کامل و دقیق بود که مشخصات آنها در جدول (۱) آورده شده‌اند. اطلاعات هواشناسی مربوط به تعداد ساعات ابری و آفتابی از اداره کل هواشناسی استان همدان که در پنج کیلومتری شهرک فوق قرار دارد، تهیه شد. سایر اطلاعات مورد نیاز نیز از شرکت‌های فنی و مهندسی و سازمان جهاد کشاورزی استان همدان تهیه شد.

نتایج و بحث

با آغاز زمان برداشت محصول، به‌تدریج متوسط برداشت روزانه

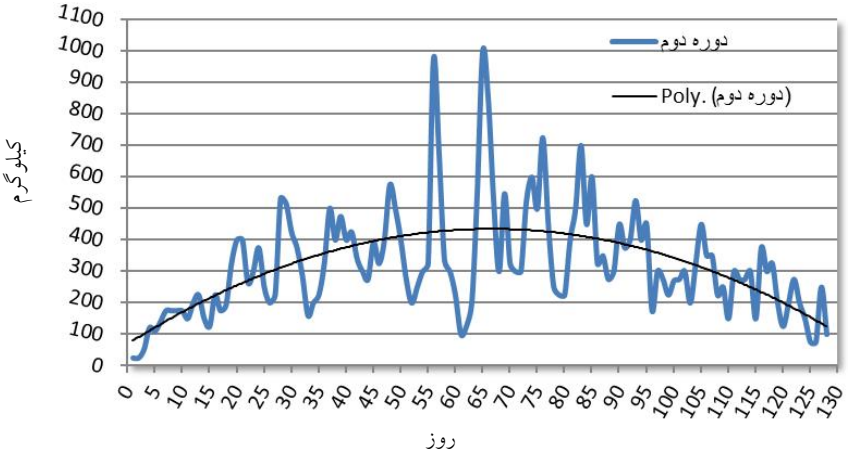
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات دوره‌های بهره‌برداری در گلخانه تولید سبزی و صیفی برای محصول خیار

دوره	تاریخ کاشت	روش کاشت	تاریخ شروع	تاریخ پایان	طول دوره برداشت (روز)	واریته بذر
۱	۱۳۸۵/۱۱/۲۱	نشا	۱۳۸۶/۱/۵	۱۳۸۶/۴/۲۰	۱۰۹	نگین
۲	۱۳۸۶/۱۱/۲۶	نشا	۱۳۸۷/۱/۱۱	۱۳۸۷/۵/۱۴	۱۲۸	نگین
۳	۱۳۸۷/۵/۲۰	مستقیم	۱۳۸۷/۶/۲۴	۱۳۸۷/۱۰/۷	۱۰۵	دانیتو و سام
۴	۱۳۸۷/۱۱/۳	نشا	۱۳۸۷/۱۲/۱۷	۱۳۸۸/۴/۱۰	۱۱۷	نگین و سینا
۵	۱۳۸۸/۴/۲۶	مستقیم	۱۳۸۸/۵/۲۸	۱۳۸۸/۹/۶	۱۰۱	نگین وگرین مجیک
۶	۱۳۸۸/۱۰/۱۳	نشا	۱۳۸۸/۱۱/۲۸	۱۳۸۸/۳/۲	۹۶	نگین

مأخذ: حساب‌های دفتری گلخانه مورد مطالعه



شکل ۱. برداشت روزانه خیار در طول یک دوره بهره‌برداری در گلخانه مورد مطالعه

افزایش یافته و با نزدیک شدن به پایان دوره، روند نزولی پیدا می‌کند. شکل (۱)، وضعیت برداشت محصول را برای دوره دوم تولید به‌مدت ۱۲۸ روز نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نمودار خط روند از یک تابع چندجمله‌ای درجه دو تبعیت می‌کند.

در جدول (۲)، کل تولید دوره‌های مختلف و نیز جمع کل ساعت‌های ابری و آفتابی در بازه زمانی برداشت ارائه شده‌اند. درصد ابرناکی از تقسیم کل ساعات ابری بر کل طول روز به‌دست آمده است. مقایسه نوع واریته بذر از جدول (۱) و عملکرد در هر مترمربع و درصد ابرناکی از جدول (۲)، ارتباط و همبستگی زیادی را نشان می‌دهد، به‌طوری که در شرایط ابرناکی کمتر و استفاده از رقم نگین، میزان عملکرد نیز بیشتر بوده است.

نظر به این که متغیرهای مورد استفاده در رگرسیون بایستی ایستا باشند و یا در صورت ایستا نبودن، باید ایستا شوند، آزمون پایایی با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته، برای دو متغیر ساعات ابری و محصول برداشت شده برای هر شش دوره انجام شد. در جدول (۳) نتایج آزمون برای ساعات ابری به ازای شش دوره، نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که آماره آزمون در هر شش دوره از مقادیر بحرانی در سطح یک درصد بزرگ‌تر است و فرضیه صفر در باره وجود ریشه واحد برای ساعات ابری رد می‌شود و لذا داده‌ها در سطح کاملاً ایستا هستند.

همچنین، آزمون ریشه واحد برای متغیر میزان برداشت

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. وضعیت تولید در گلخانه مورد مطالعه و اقلیم منطقه

دوره	جمع کل برداشت (کیلوگرم)	عملکرد در متر مربع (کیلوگرم)	کل ساعات ابری	کل ساعات آفتابی	ابرناکی (٪)
۱	۲۲۳۶۵	۱۴/۹۱	۵۱۹/۳۵	۹۸۵	۳۴/۵۲
۲	۴۱۱۵۸	۲۷/۴۴	۵۱۹/۶	۱۲۶۲/۲	۲۹/۱۶
۳	۱۲۹۹۲	۸/۶۶	۴۱۱/۶۹	۷۲۰/۲۳	۳۶/۳۷
۴	۲۴۰۳۳	۱۶	۵۲۸/۲۸	۹۹۱/۶	۳۷/۰۸
۵	۱۶۰۶۸	۱۰/۷۱	۳۱۵/۸	۸۵۸	۲۶/۹
۶	۱۶۷۴۸	۱۱/۱۷	۵۳۹/۳۷	۶۷۷/۳	۴۴/۳۳

مأخذ: حساب‌های دفتری گلخانه مورد مطالعه و اداره کل هواشناسی همدان

جدول۳. نتایج آزمون ریشه واحد (دیکی فولر تعمیم یافته) برای سطح متغیر ساعات ابری

دوره	آماره آزمون	مقدار بحرانی ۱٪	مقدار بحرانی ۵٪
اول*	-۶/۴۲	-۳/۴۹	-۲/۸۸
دوم	-۷/۶	-۳/۴۸	-۲/۸۸
سوم	-۵/۳۱	-۳/۴۹	-۲/۸۸
چهارم	-۷/۷۴	-۳/۴۸	-۲/۸۸
پنجم	-۵/۷۹	-۳/۴۹	-۲/۸۹
ششم	-۷/۰۱۴	-۳/۵۰	-۲/۸۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق؛ * معنی‌دار در سطح یک درصد

روزانه در سطح داده‌ها صورت گرفت. نتایج این آزمون در جدول (۴) نشان داده شده است. برای دوره‌های اول، دوم، چهارم و پنجم، آماره دیکی فولر از مقادیر بحرانی در سطح یک درصد بزرگ‌تر است. لیکن، برای دوره سوم در سطح پنج درصد و برای دوره ششم در سطح ۱۰ درصد بزرگتر از مقادیر بحرانی هستند. به‌همین دلیل، فرض صفر در خصوص وجود ریشه واحد در متغیر برداشت محصول پذیرفته نمی‌شود و این متغیر هم مانند ساعات ابری ایستا است. بنابراین، اجرای رگرسیون این داده‌ها روی یکدیگر مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند.

نتایج حاصل از تخمین الگوی تحقیق (رابطه ۱) در جدول (۵) نشان داده شده است. در مجموع، شش مدل، یعنی برای هر دوره یک الگو، به‌روش حداقل مربعات معمولی برازش شد. تعداد مشاهدات در هر مدل برابر با طول دوره برداشت (ستون ششم جدول ۱) در قالب داده‌های سری زمانی روزانه است. در مدل‌های تخمینی، استفاده از متغیر روند برای دوره‌های اول و سوم، در قالب چندجمله‌ای درجه سه و برای بقیه دوره‌ها از درجه دو، بهترین برازش را ارائه کرد و تقریباً همه آنها براساس آزمون آماره t در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار شدند. اثر ساعات ابری با یک وقفه زمانی بر برداشت روزانه محصول مطابق انتظار منفی است و با مبانی نظری سازگاری دارد و در کلیه مدل‌ها در سطوح ۵ و ۱۰ درصد معنی‌دار است. متغیر مجموع ساعات ابری چهار و پنج روزه با یک وقفه زمانی در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴. نتایج آزمون ریشه واحد (دیکی فولر تعمیم یافته) برای سطح متغیر مقدار برداشت روزانه خیار

دوره	آماره آزمون	مقدار بحرانی ۱٪	مقدار بحرانی ۵٪	مقدار بحرانی ۱۰٪
اول***	-۳/۷۴	-۳/۴۹	-۲/۸۸	-
دوم***	-۵/۲۴	-۳/۴۸	-۲/۸۸	-
سوم**	-۳/۰۶	-۳/۴۹	-۲/۸۹	-
چهارم***	-۶/۴۴	-۳/۴۸	-۲/۸۸	-
پنجم***	-۴/۱۸۹	-۴/۰۵	-۳/۴۵	-
ششم*	-۲/۷۳	-۳/۵۰	-۲/۸۹	-۲/۵۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق؛ ***، ** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱، ۵ و ۱۰ درصد

جدول ۵. مشخصات مدل‌های برآورد شده برای دوره‌های تولید ششگانه

متغیر	دوره اول		دوره دوم		دوره سوم	
	ضریب	S.E	ضریب	S.E	ضریب	S.E
C	۱۲/۳۳ns	۵۰/۱۸۵	۱۵۱/۵۲***	۵۰/۱۱	۲۸/۰۳ns	۴۹/۸۸
x	۱۱/۷۸***	۳/۴۳	۱۷/۸۴***	۲/۴۷	۲۱/۱۹***	۴/۵۴
x^2	-۰/۱۷۵***	۰/۰۶۴	-۰/۱۳***	۰/۰۱۷	-۰/۴۴۷***	۰/۰۹
x^3	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۳	-	-	۰/۰۰۲۴***	۰/۰۰۰۵
clcX(-۱)	-۱/۶۴*	۰/۹۵	-۲/۴**	۱/۳۴	-۱/۹۷**	۰/۸۱
w(-۱)	۰/۱۰۳ns	۰/۰۹۸	۰/۳۰۸***	۰/۰۹	-۰/۳۳***	۰/۰۹۵
w(-۲)	۰/۱۴۵ns	۰/۰۹۷	-۰/۱۷*	۰/۰۹۴	۰/۱۴ns	۰/۰۹۵
w(-۳)	-	-	-۰/۳۱***	۰/۰۸۵	۰/۱۹**	۰/۰۹۵
w(-۴)	-	-	-	-	-	-
w(-۵)	-	-	-۰/۲۳۷***	۰/۰۸۵	-۰/۱۶۲*	۰/۰۹۳
w(-۶)	-	-	-۰/۲۶***	۰/۰۹۱	-۰/۳۳۵***	۰/۰۹۱
w(-۷)	-	-	-	-	-	-
R^2	۰/۴۵۷	-	۰/۶۱	-	۰/۴۶	-
Adj.R^2	۰/۴۲۴	-	۰/۵۸	-	۰/۴۱	-
F stat.	۱۴/۰۰۸	-	۲۲/۲۲	-	۸/۷۱***	-
D.W	۱/۹۹۴	-	۲/۰۲۹	-	۱/۹۸۲	-
معیار شوارتز	۱۱/۷۰	-	۱۲/۴۷	-	۱۱/۸۳	-
معیار آکائیک	۱۱/۸۷	-	۱۲/۲۶	-	۱۱/۵۶	-
B-G Test:	۲/۰۰۷ns		۱/۱۰۷ns	-	۱/۱۵ns	-
White Test	۳۲/۳۱ns	-	۵۵/۶۱ns	-	۴۵/۹۴ns	-
Ramsey R. Test	۰/۰۷۲ns	-	۲/۷۷ns	-	۱/۹۳ns	-

مأخذ: یافته‌های تحقیق؛ ***، **، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱، ۵ و ۱۰ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۵.

متغیر	دوره چهارم		دوره پنجم		دوره ششم	
	ضریب	S.E	ضریب	S.E	ضریب	S.E
C	۱۱۳/۸۱***	۳۶/۷۷	۲۳۲/۲۴***	۴۲/۰۷	۴۴/۳۶*	۲۴/۸۱
x	۵/۳۳***	۱/۳	۲/۸۳**	۱/۱	۳/۸۷***	۱/۲۰
x^2	−۰/۰۳۴***	۰/۰۰۹	−۰/۰۴۷***	۰/۰۱۲	−۰/۰۳۵***	۰/۰۱
x^3	–	–	–	–	–	–
clcX(−۱)	−۱/۶*	۰/۸۷	−۱/۲۱*	۰/۶۵۶	−۱/۵۲**	۰/۶۹۶
w(−۱)	−۰/۲۹***	۰/۰۹۳	۰/۱۰۹ns	۰/۱۰۱	۰/۲۳۴**	۰/۱۰۱
w(−۲)	–	–	۰/۱۹*	۰/۱۰۷	۰/۲۶۷***	۰/۱۰۰
w(−۳)	−۰/۱۶ns	۰/۱	–	–	–	–
w(−۴)	−۰/۱۳ns	۰/۱۰۲	−۰/۱۸۷*	۰/۱۰۵	–	–
w(−۵)	–	–	–	–	–	–
w(−۶)	−۰/۱۳۶ns	۰/۰۹۷	−۰/۱۳۶ns	۰/۱۰۷	–	–
w(−۷)	–	–	−۰/۱۵۵ns	۰/۰۹۸	–	–
R^2	۰/۳۴	–	۰/۷۳	–	۰/۶۵	–
Adj.R^2	۰/۳۰	–	۰/۷۰	–	۰/۶۳	–
F stat.	۷/۸۶***	–	۲۹/۱۳***	–	۳۳/۰۳***	–
D.W	۲/۰۴۹	–	۱/۸۸۸	–	۱/۹۳۳	–
معیار شوارتز	۱۱/۸۱	–	۱۰/۸۳	–	۱۰/۷۵	–
معیار آکائیک	۱۱/۶۲	–	۱۰/۵۹	–	۱۰/۵۹	–
B-G Test:	۰/۷۵ns	–	۴/۷۳ns	–	۱/۹۳ns	–
White Test	۴۲/۳۹ns	–	۵۳/۵۷ns	–	۲۳/۳۵ns	–
Ramsey R. Test	۰/۵۴ns	–	۱/۵۶ns	–	۱/۷۲ns	–

مأخذ: یافته‌های تحقیق؛ ***، **، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱، ۵ و ۱۰ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

الگوها معنی‌دار شده‌اند، ابرناکی هر روز بر برداشت همان روز معنی‌دار نبوده، اما بر برداشت روز بعدی اثر دارد. وقفه‌های بهینه بر اساس آماره‌های شوارتز و آکائیک برای مدل‌های دوره‌های اول تا ششم به‌ترتیب ۲، ۵، ۵، ۴، ۵ و ۲ وقفه به‌دست آمد. طبق آزمون بروش گلدفری، در مدل‌های شش‌گانه، فرضیه صفر در خصوص عدم وجود خودهمبستگی رد نشد و لذا الگوهای براورد شده فاقد خودهمبستگی هستند. در داده‌های سری زمانی، هر چند مشکل واریانس ناهمسانی کمتر جلوه می‌کند، اما برای اطمینان بیشتر آزمون وایت استفاده شد و نتایج نشان‌دهنده عدم وجود واریانس ناهمسانی است.

در خصوص بررسی خطای تصریح و پایداری رگرسیون، از آزمون رمزی استفاده شد که نتایج آن در جدول (۵) بیانگر مناسب بودن الگوها است. ضریب تعیین (R^2) تعدیل شده از ۰/۳۴ برای الگوی چهارم و بیشترین آن (۰/۷۳) برای الگوی پنجم، متفاوت است.

در مورد عدم وجود یا وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها که نشانه همگرایی و هم‌انباشتگی متغیرهای الگوهاست، آماره بنرجی، دولادو مسترز محاسبه و با حدهای بحرانی مقایسه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. نتایج آزمون بنرجی، دولادو مستر و رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای الگوهای برازش شده

شرح	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	الگوی چهارم	الگوی پنجم	الگوی ششم
آماره t	-۳/۸۵۶	-۳/۶۶۷	-۳/۱۹۲	-۴/۳۷۷	-۲/۲۷۶	-۲/۴۸۲
حد بحرانی بنرجی، دولادو مستر (سطح ۵٪)	۱/۶۵۸	۱/۶۵۶	۱/۶۵۹	۱/۶۵۷	۱/۶۶	۱/۶۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷. میزان کاهش تولید در اثر ابرناکی در گلخانه مورد مطالعه

دوره	متغیر	ضریب	میزان کاهش تولید (کیلوگرم)	خسارت (درصد)	قیمت خالص (ریال)	ارزش خسارت (۱۰۰۰ریال)
۱	CLC5(-۱)	-۱/۶۴	۸۵۴	۳/۸۲	۳۴۰۰	۲۹۰۴
۲	CLC4(-۱)	-۲/۴	۱۲۵۲	۳/۰۴	۳۴۰۰	۴۲۵۷
۳	CLC5(-۱)	-۱/۹۷	۸۱۴	۶/۲۷	۳۴۰۰	۲۷۶۸
۴	CLC5(-۱)	-۱/۶	۹۳۷	۳/۹	۳۴۰۰	۳۱۸۶
۵	CLC4(-۱)	-۱/۲۱	۳۸۵	۲/۴	۳۴۰۰	۱۳۰۹
۶	CLC4(-۱)	-۱/۵۲	۸۲۵	۴/۹۱	۳۴۰۰	۲۸۰۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شد که نتایج در جدول (۶) نمایش داده شده‌اند. در هر شش مدل، قدر مطلق آماره محاسباتی از مقدار بحرانی بنرجی، دولادو مستر بزرگتر است. بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها به نفع فرضیه آلترناتیو (وجود رابطه بلندمدت) رد می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که یک رابطه بلندمدت تعادلی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل وجود دارد و متغیرها همگرا هستند.

هدف اصلی از براورد مدل‌ها، تعیین خسارت ساعات ابری است که نتایج آن در جدول (۷) نشان داده شده است. متغیر ساعات ابری با مجموع متحرک ۴ و ۵ روز متوالی در الگوها در مقایسه با مجموع متحرک ۲ و ۳ روز، نتایج بهتری را ارائه کرد. بدین معنی که مجموع ساعات ابری ۴ تا ۵ روز قبل از برداشت هر روز از نظر برازش و معنی‌داری متغیر ساعت ابری نتیجه بهتری به‌دست آمد. این موضوع با شواهد تجربی نیز کاملاً سازگار است. زیرا یک یا دو روز ابری تأثیر چندانی در مقدار تولید روز بعدی ندارد. درحالی که مجموع چند روز ابری باعث کاهش چشمگیر در برداشت می‌شود. برای دوره‌های اول، سوم و چهارم، مجموع متحرک پنج روز و برای بقیه دوره‌ها چهار روز با یک وقفه زمانی، بهترین نتیجه را به‌دست داد.

در تفسیر این ضرایب، به عنوان نمونه برای دوره اول، می‌توان گفت که در صورت هر ساعت افزایش ساعت ابری در پنج روز قبل از برداشت روزانه در این دوره، ۱/۶۴ کیلوگرم از مقدار برداشت آن روز کاسته می‌شود. از حاصل‌ضرب این عدد در تعداد ساعت‌های ابری هر دوره، کل کاهش تولید آن دوره محاسبه شد. بیشترین درصد خسارت مربوط به دوره سوم تولید است. هرچند درصد ابرناکی آن کمتر از دوره ششم است، اما ارقام بذری مورد استفاده نامناسب بوده‌اند. پس از این دوره، دوره ششم تولید است که به‌دلیل داشتن بیشترین درصد ابرناکی، بیشترین خسارت را به‌خود اختصاص داده است. به‌نظر می‌رسد که انتخاب رقم بذر، نقش مهمی در مقابله با این مشکل

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت و جاری در سیستم نور مصنوعی برای گلخانه ۱۵۰۰ متر مربعی (ارقام به ۱۰۰۰ ریال)

شرح	هزینه واحد	جمع	کل
هزینه‌های ثابت:			
لامپ‌های سدیمی و هلیمی با متعلقات	۴۵۰	۷۶۵۰۰	
کابل		۳۰۰۰	
تابلو برق و ضمایم		۳۵۰۰	
متفرقه ۵٪		۴۱۵۰	
جمع سرمایه‌گذاری اولیه			۸۷۱۵۰
هزینه‌های جاری سالانه:			
برق مصرفی سالانه	۱۴۲ ریال	۱۷۳۹۶	
تعمیرات و نگهداری		۴۳۵۷	
جمع هزینه‌های جاری سالانه			۲۱۷۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ایفا می‌کند.

با توجه به‌میزان کاهش تولید در هر دوره به‌ازای هر ساعت افزایش ساعت ابری و متوسط قیمت محصول فروش رفته در دوره‌های مورد مطالعه، میزان خسارت براورد شد که در جدول (۶) نشان داده شده است. این قیمت پس از کسر هزینه‌های برداشت و بازاررسانی شامل لوازم بسته‌بندی، حمل و نقل و حق‌العمل‌کاری عمده‌فروشی، به‌عنوان قیمت خالص دریافتی گلخانه‌دار درنظر گرفته شده است. حال، با توجه به کل کاهش تولید در دوره‌های مورد بررسی، میانگین وزنی خسارت ناشی از ابرناکی ۳/۸۲ درصد براورد شد. نظر به اینکه وزارت جهاد کشاورزی میزان عملکرد سالانه خیار در گلخانه را به مقدار ۳۲ کیلوگرم در هر مترمربع مورد قبول می‌داند (۱)، بر این اساس، میزان خسارت ابرناکی در هر مترمربع در طول یک سال برابر ۱/۲۲ کیلوگرم است که با توجه به قیمت و وسعت گلخانه مورد نظر، معادل ۶۲۳۴۳۰۰ ریال در سال خواهد بود.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت و جاری در جدول (۸) نشان داده شده‌اند. تجهیزات سیستم روشنایی معمولاً لامپ‌های پرفشار سدیمی، لامپ‌های متال هالید همراه با انعکاس‌دهنده‌های (Reflectors) مربوطه هستند که به‌طور شبکه‌ای در فواصل سه متری و یک در میان نصب می‌شوند تا ضمن هم‌پوشانی لازم، ترکیب نور آنها طول موج‌های نزدیک به طیف نور خورشید را ایجاد کنند. تأسیسات جانبی سیستم شامل فتوسنسورها، تابلوی برق تنظیمات و کابل هستند. مهم‌ترین هزینه جاری همان هزینه برق مصرفی است که با این فرض که فقط در ساعات ابری از نور مصنوعی استفاده شود، مقدار آن ۱۷۳۹۶۰۰۰ ریال در سال است. از جدول (۸) نتیجه‌گیری می‌شود که سیستم نور مصنوعی حتی درصورتی که فرض شود به میزان خسارت ساعات ابری، تولید را جبران کند، نمی‌تواند هزینه‌های جاری خود که همان هزینه برق مصرفی است را جبران کند.

جهت تعیین خسارت ساعات ابری هر دوره‌ی تولید و کل دوره مورد مطالعه، پارامترهای متوسط ساعات ابری روزانه ۵/۶۳ ساعت، مصرف برق با توجه به متوسط تعداد ساعت ابری روزانه و احتساب سه دوره کشت و برای هر دوره کشت نیز ۱۵ روز عدم روشنایی درنظر گرفته شد. ضمایم تابلو برق شامل تایمر و فتوسنسور در جدول (۸) سرمایه‌گذاری‌های ثابت با

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹. معادل یکنواخت سالانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت و جاری در سیستم نور مصنوعی (ارقام به ۱۰۰۰ ریال)

شرح	با نرخ ۱۳٪	با نرخ ۱۸٪	با نرخ ۲۵٪
هزینه سالانه سرمایه‌گذاری ثابت	۲۳۱۷۱	۲۶۳۹۳	۳۱۱۱۲
هزینه جاری سالانه	۲۱۷۵۳	۲۱۷۵۳	۲۱۷۵۳
جمع کل هزینه‌های یکنواخت سالانه	۴۴۹۲۴	۴۸۱۴۶	۵۲۸۶۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نرخ‌های مختلف تنزیل به معادل یکنواخت سالانه تبدیل شده‌اند که در جدول (۹) نمایش داده شده است. از این جدول مشاهده می‌شود که حتی با نرخ تنزیل ۱۳ درصد، هزینه‌های یکنواخت سالانه نوردهی مصنوعی ۴۴۹۲۴۰۰۰ ریال است که در مقایسه با منافع سالانه آن (۶۲۳۴۳۰۰ ریال)، سرمایه‌گذاری در سیستم روشنایی حداقل در منطقه مورد مطالعه و مناطقی که از نظر ساعات آفتابی و ابری مشابه دارند، توجیه اقتصادی ندارد. نسبت منفعت به هزینه به‌ترتیب با نرخ تنزیل مورد اشاره برابر ۰/۱۱ به‌دست آمد.

متأسفانه در ایران آثار منتشر شده تحقیقاتی در خصوص کاربرد نور مصنوعی در گلخانه‌ها وجود ندارد و حاکی از ضعف پژوهش در این زمینه است. شاید از دلایل آن، فراوانی نور در منطقه جغرافیایی ایران و عدم احساس وجود مشکل در این زمینه باشد. بیشتر تحقیقات انجام گرفته در جهان در کشورهایی است که بسیار نزدیک به مدارات شمالی هستند و به غیر از فصل تابستان در سایر فصول با معضل کمبود نور خورشید مواجهند. یافته‌های مونری و اُرتنر(۱۸) در آلمان، کویویستو و هووی پکانن (۱۵) در کشورهای ایسلند و فنلاند، همینگ (۱۳) در کشور هلند، سینگ و همکاران (۲۲) و ویسیچوفسکا و همکاران (۲۶) در کشور لهستان نشان می‌دهد که استفاده از سیستم نوردهی مصنوعی در مورد انواع محصولات گلخانه‌ای اعم از سبزی و صیفی و گل و گیاه زینتی مقرون به‌صرفه و اقتصادی است. تقریباً کلیه این مطالعات نشان داده‌اند که برای کاهش هزینه‌های نوردهی مصنوعی نیاز است تا از فناوری‌های جدیدتر مانند لامپ‌های LED استفاده شود. مطالعه نام و همکاران (۲۰) در کره‌جنوبی، که در مدار پایین‌تری قرار دارد، نتایج مشابهی را به‌دست آورده است. مقایسه نتایج مطالعات پیشین با یافته‌های این تحقیق ناسازگار است. دلیل آن هم این است که این تحقیق صرفاً خسارت ساعات ابرناکی را ارزیابی کرده است و سرمایه‌گذاری در سیستم نوردهی مصنوعی در گلخانه‌های خیار جهت جبران این خسارت توجیه اقتصادی ندارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، نسبت منافع به هزینه سرمایه‌گذاری در سیستم نوردهی مصنوعی در گلخانه مورد مطالعه واقع در شهرستان همدان صرفاً جهت جبران خسارت ناشی از ابرناکی هوا، کم بوده و فاقد توجیه اقتصادی است. نوردهی مصنوعی با توجه به سطح فناوری موجود در گلخانه‌های تولید خیار و همچنین قیمت‌های فعلی محصول خیار حتی جبران هزینه‌های جاری را نمی‌کند. بر اساس یافته‌های این تحقیق، برای جبران کمبود نور خورشید که ناشی از شرایط ابری است، استفاده از نور مصنوعی توصیه نمی‌شود و نتایج آن قابل تعمیم به نقاطی از کشور که از نظر فاکتورهای مربوط به دریافت نور خورشید و درجه ابرناکی آسمان در فصول سرد سال مشابه شهرستان همدان هستند نیز است. اما باید توجه داشت که چنانچه نوردهی مصنوعی در ساعات تاریک شب، به‌خصوص از ساعت ۲۴ تا طلوع خورشید که هزینه الکتریسیته

www.SID.ir

Archive of SID

بسیار کم است انجام شود و باعث افزایش تولید و عملکرد خیار شود، این موضوع می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد و از پیشنهادهای این مطالعه برای ادامه پژوهش است. پیشنهاد می‌شود که طرح‌های تحقیقاتی در خصوص بررسی تأثیر عوامل مختلف محیطی شامل گاز کربنیک، نور و دما به‌طور همزمان بر عملکرد خیار و سایر محصولات مهم گلخانه‌ای تحت شرایط کنترل شده و دقیق آزمایشگاهی و نیز فناوری‌های جدید برای نوردهی مصنوعی گیاهان گلخانه‌ای در فصول سرد سال اجرا شوند و از نظر فنی و اقتصادی این موضوع در اقلیم‌های مختلف کشور مورد بررسی قرار گیرند.

منابع مورد استفاده

۱. بی‌نام. ۱۳۹۴. عملکرد گلخانه‌های کشور طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۰. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۲. زارعی، ق. و د. مؤمنی. ۱۳۹۵. راهنمای جامع مکان‌یابی گلخانه‌ها در کشور. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

۳. سلطانی، غ. ر. ۱۳۷۵. اقتصاد مهندسی. انتشارات دانشگاه شیراز.

۴. کاشی، غ. ح. ۱۳۸۳. اصول پرورش سبزیجات گلخانه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران.

۵. گجراتی، د. ۱۳۸۷. اقتصادسنجی. ترجمه ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران.

۶. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی. جلد دوم، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران.

7. Anttila, A., S. Malkki and E. Muuttomaa. 2003. Labor requirement and profitability in the round-the-year greenhouse cultivation of cucumber. NJF Seminar No. 350, Artificial Lighting in Greenhouse Production, 28-30 June, Hostel Tuorla, Piikkio, Finland.
8. Bruggink, G.T. 1987. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Calculating the effect of differences in light integral. Sci. Hort. 31: 175-183.
9. Bruggink, G.T. and E. Heuvelink. 1987. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Effects on relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio. Sci. Hort., 31: 161-174.
10. Challa, H. and E. Heuvelink. 1993. Economic evaluation of crop photosynthesis. Acta Hort. 328: 219-228.
11. Challa, H. 1996. Photosynthesis driven crop growth models for greenhouse cultivation: Advances and bottle-necks. Acta Hort. 417: 9-22.
12. Choi, S.Y., M.J. Kil, Y.S. Kwon, J.A. Jung and S.K. Park. 2012. Effect of different light emitting diode (LED) on growth and flowering in chrysanthemum. Flower Res. J. 20(3): 128-133.
13. Hemming, S. 2011. Use of natural and artificial light in horticulture- interaction of plant and technology. Acta Hort. 907: 25-36.
14. Kim, Y.B., J.H. Bae and M.H. Park. 2011. Effect of supplemental lighting on growth and yield of sweet pepper (Capsicum annuum L.) in hydroponic culture under low level of natural light in winter. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29: 317-325.
15. Koivisto A. and T. Hovi-Pekkanen. 2008. Interlighting in the production of greenhouse cucumber: Economic comparison using the simulation model. Eur. J. Hort. Sci. 73(4): 177-182.
16. Lutkepohl, H. 2005. New Introduction to Multiple Time Series Analysis. Springer, Berlin.
17. Mitchell, C.A., A.J. Both, M.C. Bourget, J.F. Burr, C. Kubota, R.G. Lopez, R.C. Morrow and E.S. Runkle. 2012. LEDs: The future of greenhouse lighting! Chron. Hort. 52: 6-12.
18. Monnerie, N. and J. Ortner. 2001. Economic evaluation of the industrial photosynthesis of rose oxide via lamp or solar operated photo oxidation of citronellol. J. Solar Energy Eng. 123(2): 171-174.
19. Na, T.S., J.G. Kim, K.J. Choi, G.Y. Gi and Y.K. Yoo. 2007. Effect of supplemental lighting on the growth and flowering of Rosa hybrida 'Nobles' in winter. J. Bio-Environ. Control 16: 130-134.
20. Nam, H.H., M.K. Kwon, J.J. Seong and J.H. Lim. 2012. Effect of supplemental lighting on the photosynthesis and

www.SID.ir

Archive of SID

yield of Gerbera hybrida ‘Sunny Lemon’. Flower Res. J. 20(4): 172-178.
21. Pachepsky, Y.A., D. Timmlin and G. Varallyay. 1996. Artificial neural networks to estimate soil water retention from easily measurable data. Soil Sci. Soc. Am. J. 60(3): 727-733.
22. Singh, D., C. Basu, M, Meinhardt-Wollweber and B. Roth. 2015. LEDs for energy efficient greenhouse lighting. Renew. Sust. Energy Rev. 49: 139-147.
23. Song, W. and X. Qiao. 2008. A regression model of dry mater accumulation for solar greenhouse cucumber. Int. Fed. Info. Process. 259: 1333-1339.
24. Speetjens, B., S. Hemming, D. Wang and J.R. Tsay. 2012. Design of a vegetable greenhouse system for subtropical conditions in Taiwan. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, The Netherlands, 60 p.
25. Van Labeke, M.C. and P. Dambre. 1998. Effect of supplementary lighting and CO2 enrichment on yield and flower stem quality of alstroemeria cultivars. Sci. Hort. 74: 269-278.
26. Wojciechowska, R., S. Kurpaska, M. Malinowski, J. Sikora, A. Krakowiak-Bal and O. Dlugosz-Grochowska. 2016. Effect of supplemental led lighting on growth and quality of Valerianella locusta L. and economic aspects of cultivation in autumn cycle. Acta Sci. Polonorum- Hortorum Cultus 15: 233-244.

www.SID.ir

Archive of SID

Economic Evaluation of Artificial Lighting in Vegetable Greenhouses (Case Study: Cucumber Production in Hamadan Province)

A.M. Jafari[1*], M. Solgi[1] and G. Zarei[2]

(Received: 10 May 2017 ; Accepted : 9 November 2018)

Abstract

Sunlight, as a natural resource, is an important factor in agriculture, which is supplied indefinitely and without any charge by the sun. But some phenomena such as cloudy weather or shortening the length of the day throughout the year, cause restrictions on access to this important source. This is very important for cultivation in controlled environments such as greenhouses, which usually produce off-season. This paper is aimed at evaluating the economic exposure of artificial lighting to increase cucumber production to compensate for the lack of light due to weather cloudiness. For this purpose, by using daily meteorological data of the study area and cucumber production from one of the greenhouses in Hamadan city, which didn't have artificial lighting system, the damage of cloudy hours was assessed. Daily time series data were collected for the period of April 2007 to July 2010, and the amount of crop reduction per hour of cloudiness was estimated by using an autoregressive distributed lag model (ARDL). Results showed that on the average, in each production period, atmospheric cloudiness has 3.8% negative effect on greenhouse cucumber production. On the other hand, based on this research's findings, compensating for the lack of sunlight due to atmospheric cloudiness by artificial lighting in this area isn't economically feasible, and the benefit/cost ratio is 0.11.

Keywords: Controlled environments, Cloudiness, Artificial Lighting, Cucumber yield, Economic assessment.

1.Econ., Soc. and Ext. Res. Dep., Hamedan Agric. and Natur. Resour. Res. and Edu. Center, Agric. Res., Edu. Ext. Org., Hamedan, Iran.
2. Agric. Eng. Res. Inst., Agric. Res., Edu. and Ext. Org., Karaj, Iran.
* Corresponding Author, Email: a-jafari@areeo.ac.ir

www.SID.ir