

ارزیابی اقتصادی نوردهی مصنوعی در گلخانه های سبزی و صیفی (مطالعه موردی: خیار گلخانه ای در استان همدان)

علی محمد جعفری^{۱*}، موسی سلگی^۱ و قاسم زارعی^۲

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

چکیده

نور خورشید به عنوان یک منبع طبیعی، عامل مهمی در کشاورزی است که به طور نامحدود و بدون هزینه، توسط خورشید عرضه می شود. اما برخی پدیده ها مانند ابری بودن هوا و یا کوتاه شدن طول روز در طول سال، باعث ایجاد محدودیت در دسترسی به این منبع مهم می شوند. این موضوع برای کشت در محیط های کنترل شده مانند گلخانه ها که معمولاً محصول خارج از فصل هم تولید می کنند 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 داده های روزانه تولید و برداشت خیار یکی از گلخانه های شهرستان همدان که فاقد سیستم نوردهی مصنوعی بود و آمارهای هواشناسی منطقه برای ارزیابی خسارت ساعات ابری استفاده شد. داده های سری زمانی روزانه برای دوره زمانی فروردین ۱۳۸۶ تا تیرماه ۱۳۸۹ جمع آوری شد و با استفاده از الگوی خودتوضیح برداری با وقفه های توزیعی (ARDL)، میزان کاهش محصول به ازای هر ساعت ابرناکی هوا تخمین زده شد. نتایج نشان داد که به طور میانگین در هر دوره تولیدی، ابرناکی هوا به میزان ۳/۸ درصد بر تولید خیار گلخانه ای اثر منفی دارد. از سوی دیگر، بر مبنای یافته های تحقیق، جبران کمبود نور خورشید ناشی از ابرناکی هوا به وسیله نوردهی مصنوعی در این منطقه، فاقد توجیه اقتصادی بود و نسبت منفعت به هزینه آن برابر ۰/۱۱ به دست آمد.

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

مقدمه

عرضه محصول در خارج از فصل است. در این گونه سیستم های تولیدی، با تحت کنترل درآوردن عوامل محیطی، اثرهای تغییرات فصلی اقلیم بر تولید حذف می شود. آب، خاک، دی اکسید کربن، گرما و نور خورشید، منابع طبیعی

هزینه های انرژی (گرمایش و نوردهی مصنوعی) بین ۱۰ تا ۳۰ درصد هزینه های تولید را در صنعت گلخانه به خود اختصاص داده است (۱۷). ویژگی مهم تولید در این صنعت، تولید و

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 کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

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

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 و کشت‌های 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 کره جنوبی بررسی کردند. نتیجه پژوهش آنان نشان داد که این نوع تابع، تغییرات ماده خشک را در اثر عوامل فوق به‌خوبی توجیه می‌کند. مونی و آرتر (۱۸) با مقایسه هزینه‌های سرمایه‌گذاری 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 کره جنوبی بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که نسبت منفعت به هزینه نوردهی مصنوعی به‌ازای مصرف انرژی الکتریکی $10 \text{ a}^{-1} \text{ kW} \cdot 10^{-3}$ و ۶۰ و ۱۲۰ به‌ترتیب ۱/۷۱، ۱/۲۴ و ۱/۰۷ بوده و لذا این محققین مصرف انرژی الکتریسیته به‌میزان $10 \text{ a}^{-1} \text{ kW} \cdot 30$ 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 کویوستو 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

سرمایه‌گذاری اقتصادی است؟

بررسی این موضوع از آن جهت حائز اهمیت است که در راستای نیل به امنیت غذایی، توسعه کشت در محیط‌های کنترل شده مانند گلخانه‌ها در یک دهه اخیر مورد توجه 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 این سطح حدود ۱۶۷۶۰ هکتار دیگر اضافه شود (۲). انتخاب محصول خیار در این مطالعه بدان جهت است که از سطح گلخانه‌های موجود کشور در سال ۱۳۹۵ حدود ۵۷/۱۹ درصد آن به کشت خیار اختصاص داشته که این رقم در استان همدان برابر ۶۶/۱ درصد بوده است (۶). مشاهدات تجربی در گلخانه‌های تولید خیار در شهرستان همدان، بیانگر آن است که در ایام ابری، مخصوصاً اگر توأم با افت دما نیز باشد، میزان برداشت خیار به میزان زیادی کاهش می‌یابد. البته تعداد ساعات ابری در همه نقاط کشور یکسان نیست و بستگی به شرایط اقلیمی و عرض جغرافیایی منطقه دارد. از این رو بایستی در مکان‌یابی گلخانه‌ها به تعداد ساعات آفتابی مناطق توجه شود. در غیر این صورت، احتمال دارد که سرمایه‌گذاری در گلخانه در مناطقی که دارای ساعات ابری زیاد و کمبود نور طبیعی است، فاقد توجیه اقتصادی باشد. به‌طور کلی، در این خصوص نیاز است که حساسیت محصولات گلخانه‌ای نسبت به شرایط ابری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد.

سیستم نوردهی مصنوعی به این دلیل پرهزینه است که شدت نور مورد نیاز برای فرآیند فتوسنتز باید زیاد باشد و بدین منظور بایستی سیستم‌هایی استفاده شوند که چنین نوری را تأمین کنند (۲). در این سیستم، نیاز به لامپ‌های مخصوص از نوع لامپ‌های پرفشار سدیمی (High pressure sodium lamp)، لامپ‌های متال هالید (Metal halide lamp) و LED (Light emitting diode) هستند که گران‌قیمت بوده و به تعداد زیاد در واحد سطح مورد نیاز هستند و در عین حال مصرف الکتریسیته زیاد دارند. این لامپ‌ها غالباً عمر محدودی داشته و

توسط تبدیل لامپ‌های مرسوم به سیستم‌های ال‌ای‌دی (LED) است. این نوع لامپ‌ها حرارت زیادی نیز تولید می‌کنند که باعث کاهش کارایی آنها می‌شود. بدین منظور، سینگ و همکاران (۲۲) به بررسی کارایی فنی و اقتصادی استفاده از لامپ‌های ال‌ای‌دی در گلخانه‌های آلمان پرداختند و نتیجه گرفتند که این نوع لامپ‌ها در مقایسه با لامپ‌های سدیمی در بلندمدت اقتصادی بوده و هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهند. وویسیچوفسکا و همکاران (۲۶) تأثیر چندین نوع سیستم نوردهی مصنوعی را بر محصول کاهوی گلخانه‌ای در کشور لهستان مورد بررسی قرار دادند. زیاد بودن هزینه‌های لامپ‌های فشار قوی سدیمی باعث شده تا تحقیقات به سمت استفاده از فناوری‌های کم‌هزینه و کاراتر گرایش پیدا کند. سیستم نور مصنوعی LED به میزان ۳۶ تا ۵۵ درصد مصرف الکتریسیته را در مقایسه با سیستم لامپ‌های سدیمی کاهش می‌دهد. لامپ‌های LED که ۹۰ درصد نور قرمز و ۱۰ درصد نور آبی منتشر می‌کردند بهترین نتیجه را دادند.

آنچه که از بررسی ادبیات و سوابق تحقیق استنتاج می‌شود این است که کاربرد نور مصنوعی برای افزایش تولید و جبران کمبود نور طبیعی توجیه‌پذیر است و تحقیقات به سوی کاستن هزینه‌های کاربرد نور مصنوعی از طریق بهبود سطح فناوری و روش‌های به‌زراعی پیش می‌رود. اما باید توجه کرد که ایران در منطقه‌ای گرم و خشک واقع شده و از ساعات آفتابی زیادی برخوردار است. در ایران، ابرناکی هوا در فصل‌های بارندگی باعث کاهش نور طبیعی و در نتیجه کاهش تولید می‌شود. حال، پرسش این است که آیا کاربرد سیستم نوردهی مصنوعی با توجه به هزینه‌های زیاد آن برای جبران این کاهش تولید، اقتصادی است؟ برای پاسخ به این سؤال، ابتدا میزان تأثیر ابرناکی هوا بر کاهش تولید خیار در یک گلخانه نمونه در استان همدان مورد بررسی قرار گرفت. این واحد فاقد سیستم نور مصنوعی است. سپس، با توجه به میزان خسارت ابرناکی هوا و هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و جاری سیستم نوردهی مصنوعی به بررسی این فرضیه می‌پردازد. در صورت جبران کاهش تولید ناشی از ابرناکی از طریق این سیستم‌ها، آیا

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

مواد و روش‌ها

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 داده‌های 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 هم‌انباشتگی (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:

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

که در آن w_t میزان برداشت روزانه خیار برحسب کیلوگرم، X_t متغیر روند بوده و $t = 1, 2, \dots, T$ طول دوره برداشت را نشان می‌دهد. $\text{clc}X_t(-i)$ 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 و 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 اخلاص، 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

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):

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = P(A/P, i, n) \quad [3]$$

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 خیراتی 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 امزجرد در ۱۵ کیلومتری شمال این شهر به دست 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، به تدریج متوسط برداشت روزانه

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:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^p \hat{\gamma}_i - 1}{\sum_{i=1}^p \delta \hat{\gamma}_i} \quad [2]$$

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.

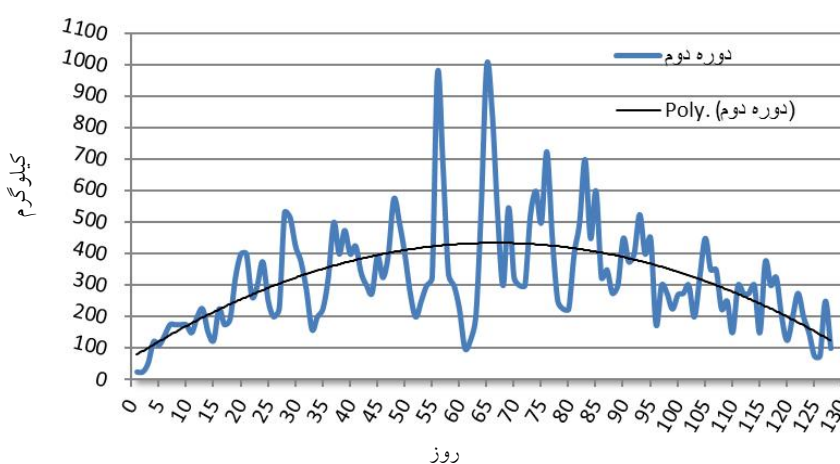
از آنجایی که ابرناکی و ساعات ابری باعث کاهش تولید و برداشت می‌شود و میزان محصول تولیدی هر روز به مجموع فرایند فتوسنتز و تولید ماده خشک چند روز ماقبل بستگی دارد، مجموع متحرک ساعات ابری ۲، ۳، ۴ و ۵ روز با وقفه زمانی مورد استفاده قرار گرفتند تا مناسب‌ترین مجموع متحرک براساس پارامترهای رگرسیون انتخاب گردد. 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 به دلیل 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

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)	وارتیه 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 و گرین 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

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

افزایش یافته و با نزدیک شدن به پایان دوره، روند نزولی پیدا می‌کند. شکل (۱)، وضعیت برداشت محصول را برای دوره دوم تولید به مدت 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 ساعات‌های ابری و آفتابی در بازه زمانی برداشت ارائه شده‌اند. درصد ابرناکی از تقسیم کل ساعات ابری بر کل طول روز به دست 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

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	ابرنیکی (%)
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

جدول ۳. 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؛ * معنی دار در سطح یک درصد

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 معنی دار 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 معنی دار است. متغیر مجموع ساعات ابری چهار و پنج روزه با یک وقفه زمانی در

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

جدول ۴. 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 به ترتیب 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	۱۲/۳۳ ^{ns}	۵۰/۱۸۵	۱۵۱/۵۲ ^{***}	۵۰/۱۱	۲۸/۰۳ ^{ns}	۴۹/۸۸
x	۱۱/۷۸ ^{***}	۳/۴۳	۱۷/۸۴ ^{***}	۲/۴۷	۲۱/۱۹ ^{***}	۴/۵۴
x ^۲	-۰/۱۷۵ ^{***}	۰/۰۶۴	-۰/۱۳ ^{***}	۰/۰۱۷	-۰/۴۴۷ ^{***}	۰/۰۹
x ^۳	۰/۰۰۰۷ ^{**}	۰/۰۰۰۳	-	-	۰/۰۰۰۲۴ ^{***}	۰/۰۰۰۵
clcX(-۱)	-۱/۶۴ [*]	۰/۹۵	-۲/۴ ^{**}	۱/۳۴	-۱/۹۷ ^{**}	۰/۸۱
w(-۱)	۰/۱۰۳ ^{ns}	۰/۰۹۸	۰/۳۰۸ ^{***}	۰/۰۹	-۰/۳۳ ^{***}	۰/۰۹۵
w(-۲)	۰/۱۴۵ ^{ns}	۰/۰۹۷	-۰/۱۷ [*]	۰/۰۹۴	۰/۱۴ ^{ns}	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 ^۲	۰/۴۵۷	-	۰/۶۱	-	۰/۴۶	-
Adj.R ^۲	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:	۲/۰۰۷ ^{ns}	-	۱/۱۰۷ ^{ns}	-	۱/۱۵ ^{ns}	-
White Test	۳۲/۳۱ ^{ns}	-	۵۵/۶۱ ^{ns}	-	۴۵/۹۴ ^{ns}	-
Ramsey R. Test	۰/۰۷۲ ^{ns}	-	۲/۷۷ ^{ns}	-	۱/۹۳ ^{ns}	-

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

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 ^۲	-۰/۰۳۴***	۰/۰۰۹	-۰/۰۴۷***	۰/۰۱۲	-۰/۰۳۵***	۰/۰۱
x ^۳	-	-	-	-	-	-
clcx(-۱)	-۱/۶*	۰/۸۷	-۱/۲۱*	۰/۶۵۶	-۱/۵۲**	۰/۶۹۶
w(-۱)	-۰/۲۹***	۰/۰۹۳	۰/۱۰۹ ^{ns}	۰/۱۰۱	۰/۲۳۴**	۰/۱۰۱
w(-۲)	-	-	۰/۱۹*	۰/۱۰۷	۰/۲۶۷***	۰/۱۰۰
w(-۳)	-۰/۱۶ ^{ns}	۰/۱	-	-	-	-
w(-۴)	-۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۰۲	-۰/۱۸۷*	۰/۱۰۵	-	-
w(-۵)	-	-	-	-	-	-
w(-۶)	-۰/۱۳۶ ^{ns}	۰/۰۹۷	-۰/۱۳۶ ^{ns}	۰/۱۰۷	-	-
w(-۷)	-	-	-۰/۱۵۵ ^{ns}	۰/۰۹۸	-	-
R ^۲	۰/۳۴	-	۰/۷۳	-	۰/۶۵	-
Adj.R ^۲	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:	۰/۷۵ ^{ns}	-	۴/۷۳ ^{ns}	-	۱/۹۳ ^{ns}	-
White Test	۴۲/۳۹ ^{ns}	-	۵۳/۵۷ ^{ns}	-	۲۳/۳۵ ^{ns}	-
Ramsey R. Test	۰/۵۴ ^{ns}	-	۱/۵۶ ^{ns}	-	۱/۷۲ ^{ns}	-

مأخذ: یافته‌های تحقیق؛ **، * و ns به ترتیب 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 به ترتیب ۲، ۵، ۵، ۴، ۵ و ۲ وقفه به دست آمد. طبق آزمون بروش گلدفردی، در مدل‌های شش‌گانه، فرضیه صفر در خصوص عدم وجود خودهمبستگی رد نشد و لذا الگوهای برآورد 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^۲) 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، دولاو مسترز محاسبه و با حدهای بحرانی مقایسه

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 (ریال ۱۰۰۰)
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

تولید روز بعدی ندارد. در حالی 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 به دست 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 حاصل ضرب این عدد در تعداد ساعت‌های ابری هر دوره، کل کاهش تولید آن دوره محاسبه شد. بیشترین درصد خسارت مربوط به دوره سوم تولید است. هر چند درصد ابرناکی آن کمتر از دوره ششم است، اما ارقام بذری مورد استفاده نامناسب بوده‌اند. پس از این دوره، دوره ششم تولید است که به دلیل داشتن بیشترین درصد ابرناکی، بیشترین خسارت را به خود اختصاص داده است. به نظر می‌رسد که انتخاب رقم بذر، نقش مهمی در مقابله با این مشکل

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 برآورد 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 به دست آمد. این موضوع با شواهد تجربی نیز کاملاً سازگار است. زیرا یک یا دو روز ابری تأثیر چندانی در مقدار

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	ریال ۱۴۲	۱۷۳۹۶	
تعمیرات و نگهداری		۴۳۵۷	
جمع هزینه‌های جاری سالانه			۲۱۷۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ایفا می‌کند.

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

با توجه به میزان کاهش تولید در هر دوره به‌ازای هر ساعت افزایش ساعت ابری و متوسط قیمت محصول فروش رفته در دوره‌های مورد مطالعه، میزان خسارت برآورد شد که در جدول (۶) نشان داده شده است. این قیمت پس از کسر هزینه‌های برداشت و بازاری رسانی شامل لوازم بسته‌بندی، حمل و نقل و حق‌العمل‌کاری عمده‌فروشی، به‌عنوان قیمت خالص دریافتی گلخانه‌دار در نظر گرفته شده است. حال، با توجه به کل کاهش تولید در دوره‌های مورد بررسی، میانگین وزنی خسارت ناشی از ابرناکی ۳/۸۲ درصد برآورد 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

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

از فناوری‌های جدیدتر مانند لامپ‌های LED استفاده شود. مطالعه نام و همکاران (۲۰) در کره جنوبی، که در مدار پایین‌تری قرار دارد، نتایج مشابهی را به دست 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 به دست 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

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 (۶۲۳۴۳۰۰۰ 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 به ترتیب با نرخ تنزیل مورد اشاره برابر ۰/۱۱ به دست 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 آرترنر (۱۸) در آلمان، کوویستو 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 به صرفه و اقتصادی است. تقریباً کلیه این مطالعات نشان داده‌اند که برای کاهش هزینه‌های نوردهی مصنوعی نیاز است تا

عملکرد خیار و سایر محصولات مهم گلخانه‌ای تحت شرایط کنترل شده و دقیق آزمایشگاهی و نیز فناوری‌های جدید برای نردهی 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.

بسیار کم است انجام شود و باعث افزایش تولید و عملکرد خیار شود، این موضوع می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد و از پیشنهادها 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

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

- 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 matter 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.

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

A.M. Jafari^{1*}, M. Solgi¹ and G. Zarei²

(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