۵۹۹

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی

مبانی استفاده از نور تکمیلی در گلخانه

سازمان جهاد کشاورزی
استان خراسان رضوی
۱۳۹۹

مقدمه

رشد جمعیت و افزایش مصرف سرانه، دو مسئله مهم در تأمین نیازهای غذایی کشور ایران هستند. در این میان نقش بهره گیری مؤثر و بهینه از منابع محدود آب و خاک و همچنین استفاده از نیروی انسانی موجود در کشور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. روش های معمول کشت در هوای آزاد بر اساس مساعدبودن شرایط محیط صورت می گیرد. در روش های معمول کشت، تمامی عملیات کاشت تا برداشت تابع شرایط محیطی هستند. ایجاد گلخانه برای تولید محصولات کشاورزی به دلیل امکان کنترل عوامل محیطی تأثیرگذار بر تولید، امکان استفاده بهینه از منابع آب و خاک و نهاده ها در تولید محصول خارج از فصل، جایگاه ویژه ای یافته است و همچنین از آن به عنوان یک روش تولید با بهره وری بالا در سال های اخیر یاد شده است.

اهمیت نور در گلخانه

گلخانه سازه ای با ابعاد مختلف است که هر جزء آن، اثرات مستقیمی بر رشد محصول و نهایتاً کیفیت، کمیت و مدیریت محصول دارد که در پایان، اثر خود را در افزایش سود و کاهش هزینه ها نشان خواهد داد. توجه به این نکته حائز اهمیت است که فقدان مدیریت صحیح در احداث گلخانه، باعث بهره وری نامناسب از سرمایه و امکانات خواهد شد. گلخانه باید بتواند محیط کنترل شده ای برای نور، حرارت و رطوبت کافی به منظور تولید گیاه فراهم کند.

سه جزء اصلی فرایند فتوسنتز گیاهان شامل آب، دی اکسیدکربن و نور است. نور یکی از عوامل مؤثر در رشد و نمو گیاه است. نور طبیعی خورشید، ارزان ترین منبع در دسترس است؛ اما این منبع همیشه و به مقدار کافی در دسترس نیست. همچنین انرژی خورشیدی که توسط گیاهان استفاده می شود، شامل بخش کوچکی از طیف نوری خورشید است. بنابراین استفاده از نور مصنوعی به منظور افزایش محصول و ارتقای

کیفیت آن، دیگر متداول شده است. تنها در شرایط خاص و روزهای ابری و زمستانی و در مناطقی که نور خورشید کم است، استفاده از نورهای مصنوعی برای تأمین نور مورد نیاز برای فرایند فتوسنتز گیاهان می تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد ایفا کند. شایان ذکر است که در طول تابستان که حداکثر تابش نور خورشید وجود دارد، بایستی شدت عبور نور کاهش داده شود؛ زیرا شدت بالای نور سبب افزایش دمای برگ ها و در نتیجه آفتاب سوختگی گیاهان گلخانه ای خواهد شد. بنابراین بایستی با پرده های سایه انداز که در داخل یا بیرون گلخانه نصب می شود، میزان عبور نور را کاهش داد.

دی اکسید کربن و نور در فرایند فتوسنتز مکمل یکدیگر هستند. بنابراین در هنگام استفاده از نورهای تکمیلی در گلخانه ها، غلظت دی اکسیدکربن نیز می بایست کنترل شود و در صورت نیاز، اقدام به تزریق دی کسید کربن در گلخانه کرد. دی اکسید کربن مایع، یخ خشک و احتراق سوخت های بدون سولفور می تواند به عنوان منابع تأمین دی اکسیدکربن مورد استفاده قرار گیرد.

به منظور استفاده حداکثری از نور طبیعی خورشید در فصل زمستان، می بایست به عوامل طراحی گلخانه شامل شکل سازه و جهت آن توجه کرد. گلخانه ها با سقف قوسی شکل دارای میزان عبور نور بیش تری نسبت به گلخانه های با سقف دارای شیب ۲۵ درجه هستند و همچنین میزان عبور نور در گلخانه های با جهت شرقی-غربی در زمستان بیش تر و در تابستان کم تر از گلخانه های با جهت شمالی-جنوبی است.

اندازه گیری نور

واحد اندازه گیری نور در سیستم بین المللی، لوکس است که به صورت شار نوری بر واحد سطح تعریف می شود. هر لوکس معادل یک لومن بر مترمربع است. در نورسنجی، لوکس به عنوان مقیاسی برای سنجش شدت نوری که به وسیله چشم انسان درک می‌شود، مورد استفاده قرار می گیرد.

امروزه دستگاه های اندازه گیری نور در بازار موجود است که به عنوان لوکس متر شناخته می‌شوند. شکل ۱ دستگاه لوکس متر قابل کاربرد برای اندازه گیری شدت نور در محیط را نشان می دهد.

شکل ۱- لوکس متر برای اندازه گیری شدت نور در محیط های کاری

به منظور درک بهتر مفاهیم و در نتیجه به کاربستن صحیح این مطالب در ادامه این مبحث دو مفهوم بازده نوری و منبع نور ایدئال توضیح داده می‌شود.

- بازده نوری: بازده نوری عبارت است از میزان نور قابل مشاهده برحسب لومن به ازای هر وات مصرف انرژی الکتریسیته و برحسب لومن بر وات بیان می شود.
- منبع نور ایدئال: بازده نوری یک منبع نور ایدئال ۶۸۳ لومن بر وات است. در یک منبع نور ایدئال تمامی انرژی دریافت شده به نور تبدیل می شود. به عبارت دیگر یک وات نور قابل مشاهده برابر ۶۸۳ لومن است.

نور طبیعی (نور خورشید)

همان طور که می‌دانید خورشید منبع نور طبیعی است و همچنین دارای مشخصات زیر است:

✓ یکی از عوامل مؤثر بر فتوسنتز فعال در گیاهان مدت زمان تابش نور خورشید است.

✓ شدت نور از مکانی به مکان دیگر، متغیر است و معمولاً از صفر در ابتدای روز شروع شده و تا ۱۰۰,۰۰۰ تا ۱۵۰,۰۰۰ لوکس (لومن بر مترمربع) در نیمروز می رسد.

✓ شدت نور در روزهای ابری کاهش می یابد، در نتیجه سبب کاهش فتوسنتز گیاهان می شود.

✓ شدت نورهای کم تر از ۳۲۰۰ لوکس یا بیش تر از ۱۲۹,۰۰۰ لوکس برای رشد گیاهان نامناسب است و میزان مطلوب آن برای بیش تر گیاهان ۳۲۰۰۰ لوکس است.

تمام نورهای ایجادشده از منابع نوری مانند خورشید دارای رنگ های بسیاری هستند که از طیف فرابنفش تا فروسرخ را شامل می شود که تمام جنبه های رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد. بیش ترین فعالیت مناسب فتوسنتز در طیف های نوری آبی و قرمز صورت می گیرد و طیف های نوری زرد و سبز کم ترین تأثیر در فتوسنتز را دارند. رشد گیاه در نور فرابنفش (طول موج کم تر از ۴۰۰ نانومتر) متوقف می شود و نور فروسرخ (طول موج بالاتر از ۸۰۰ نانومتر) گیاهانی ضعیف و طویل به وجود می آورد. نتیجه ای که از بررسی رفتار گیاهان در طول موج های مختلف حاصل می شود، نشان می دهد طول موج آبی یعنی ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر بهترین نور برای رشد برگ های گیاهان سبز و سبزیجات است. طول موج نور قرمز یعنی محدوده ۶۱۰ تا ۷۲۰ نانومتر بهترین نور برای پرورش گل، گل دهی و فتوسنتز گیاه است.

نور مصنوعی

گیاهان نسبت به رنگ نور بسیار حساس تر از انسان هستند و این حساسیت در انواع مختلف گیاهان متفاوت است. به کارگیری منابع نوری کارآمد برای گیاهان به همراه دستورالعمل صحیح استفاده از آن، برای

به دست آوردن نتایج مطلوب در تولید و رشد گیاهان بسیار حائز اهمیت است (شکل ۲). لامپ های مختلف دارای طیف های نوری کاملاً متفاوت هستند که در ادامه انواع لامپ های قابل استفاده در گلخانه ها به همراه ویژگی های آن ها بیان شده است.

شکل ۲- تابش طیف های نوری متفاوت در گلخانه

لامپ های حبابی رشته‌ای (التهابی)

لامپ های حبابی رشته‌ای (التهابی) در اندازه های ۴۰ تا ۵۰۰ وات است و فقط ۷ درصد از انرژی الکتریکی را به انرژی نوری تبدیل کرده و ۹۳ درصد باقی مانده را به گرما تبدیل می کنند. این لامپ ها نورهای با طول موج سرخ و فروسرخ تولید می کنند و سبب طویل و نرم شدن بافت های گیاهی می شوند. عمر متوسط این لامپ ها ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ ساعت است. همراه این لامپ ها منعکس کننده های گنبدی شکل برای انعکاس نور به سمت گیاهان استفاده می شود.

لامپ های فلورسنت (مهتابی)

لامپ های فلورسنت در اندازه های ۴۰ تا ۶۰وات بوده و میزان تبدیل انرژی الکتریکی آن ها به انرژی نوری ۲۰ درصد است. این لامپ ها دارای دو نور آفتابی و مهتابی هستند که نوع مهتابی آن دارای مقدار بسیار کمی امواج سرخ و فاقد امواج فروسرخ است و به عنوان نور سفید شناخته می شود و به طور معمول برای محصول هایی شبیه خیار،

گوجه‌فرنگی و فلفل گلخانه‌ای استفاده می‌شود. در صورتی که برای تحریک گیاه به گل دادن باید از نور سرخ و فروسرخ استفاده شود، مجموعه دو لامپ مهتابی و آفتابی طیفی مشابه طیف خورشید ایجاد می‌کند.

لامپ‌های فلورسنت فشرده (CFL) یا کم مصرف

لامپ‌های فلورسنت فشرده که در بازار به عنوان لامپ‌های کم مصرف شناخته می‌شوند، در مقایسه با لامپ‌های فلورسنت عادی همان مقدار نور مرئی تولید می‌کنند؛ ولی میزان مصرف برق آن‌ها یک پنجم تا یک سوم بوده و طول عمرشان هشت تا پانزده برابر است. قیمت آن‌ها بالاتر از لامپ‌های احتراقی است؛ اما به علت طول عمر بیش‌تر و مصرف برق کم‌تر در نهایت خرید آن‌ها نسبت به لامپ‌های قدیمی پنج برابر به صرفه‌تر هستند.

لامپ‌های با شدت بالای تخلیه الکتریکی (HID)

- لامپ‌های با شدت بالای تخلیه الکتریکی حالت فشرده دارند و کم‌تر توسط تغیرات دما تأثیرپذیر هستند و همچنین بازده تبدیل انرژی الکتریکی به فتوسنتز فعال بالایی دارند. انواع لامپ‌های HID شامل لامپ‌های سدیمی، لامپ‌های جیوه‌ای و لامپ‌های هالوژن هستند که در ادامه انواع لامپ‌های HID توضیح داده می‌شود.
- لامپ‌های سدیمی خود به دو دسته سدیمی با فشار بالا (HPS) و فشار پایین (LPS) تقسیم می‌شوند. لامپ‌های سدیمی با فشار بالا (شکل ۳) دارای طیف‌های نوری زرد تا نارنجی بوده، در صورتی که لامپ‌های سدیمی با فشار پایین دارای طیف نوری زرد هستند.
- در لامپ‌های جیوه‌ای نور به‌وسیله عبور جریان الکتریکی از محیط گاز یا بخار تحت فشار تولید می‌شود. روشن شدن آن‌ها به منظور بالارفتن فشار درون لامپ چند دقیقه زمان می‌برد. طیف نوری این لامپ‌ها آبی-سفید به همراه بخش کوچکی از نور سرخ است و در اندازه‌های ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ وات وجود دارد.

نسر آموزش کشاورزی

عنوان: مبانی استفاده از نور تکمیلی در گلخانه
نویسندگان: محمد حسین سعیدی راد و سعید ظریف نشاط
مدیر داخلی: شیوا پارسانیک
ویراستاران ترویجی: ترویجی: سعیده اجاقی و نصیبه پورفاتح
ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی
تهیه شده در: مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: سبا سادات کرمانی پوربقایی
نمونه خوان: افسانه شایسته
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۹
قیمت: رایگان
مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی۵۸۳۸۷ به تاریخ ۹۹/۰۷/۲۷ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، طبقه ۱۲
تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

❖ لامپ‌های هالوژن ۵۰ درصد نور بیش‌تری از لامپ‌های سدیمی دارند و میزان تبدیل انرژی الکتریکی آن‌ها به انرژی نوری حدود ۲۰ درصد است. این لامپ‌ها طیف‌های نوری آبی-بنفش را تولید می‌کنند و در ترکیب با لامپ‌های سدیمی فشار بالا (طیف نوری زرد-نارنجی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. این لامپ‌ها در اندازه‌های تا ۲۰۰۰ وات وجود دارند.

شکل ۳- لامپ بخارسدیم فشار بالا

لامپ های ال ای دی (ال ای دی)

لامپ‌های ال‌ای‌دی، دیودهای[1] ساطع‌کننده نور هستند که از تکنولوژی دیود نورافشان استفاده می‌کنند. این لامپ‌ها که در ابتدا بیش‌تر به‌عنوان یک چراغ قرمزرنگ در درون دستگاه‌های الکترونیکی کاربرد داشتند، با توجه به مصرف برق کم نسبت به سایر لامپ‌ها، عمر بسیار بالا و فناوری جدید ساخت به رنگ‌های دیگر توانسته‌اند جای خود را در صنعت روشنایی در دنیا باز کنند. لامپ‌های ال‌ای‌دی طول عمری بین ۵۰ هزار تا ۶۰ هزار ساعت دارند. این طول عمر قابل مقایسه با طول عمر لامپ‌های دیگر نیستند. از دیگر مزیت‌های لامپ‌های ال‌ای‌دی می‌توان به بازده نوری (lum/watt) بالای این لامپ‌ها اشاره کرد.

کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری همواره یکی از دغدغه‌های

۱- . دیود: قطعه‌ای الکترونیکی است که دو سر دارد و جریان الکتریکی را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر، در مقابل گذر جریان مقاومت بسیار بالایی از خود نشان می‌دهد.

اصلی فعالان عرصه های مختلف تولیدی است. در همین راستا جایگزینی لامپ های قدیمی با لامپ های ال ای دی در گلخانه ها، نه تنها موجب کاهش ۶۰ تا ۷۰ درصدی مصرف انرژی می‌شود، بلکه موجب رویش بهتر و یکنواخت گیاهان می شود. در مقایسه با سیستم های روشنایی معمولی، لامپ های ال ای دی دارای طیف نوری کامل هستند، به سادگی نصب می شوندو فضای کمی را اشغال می کنند. امروزه در بازار لامپ های ال ای دی مخصوص رشد گیاهان به عنوان چراغ رشد یا چراغ گیاه شناخته می شوند (شکل ۴). این لامپ ها منبعی نوری هستند که برای شبیه سازی نور خورشید به منظور رشد گیاه به وسیله انتشار یک طیف الکترومغناطیسی مناسب برای تحریک و تقویت فتوسنتز طراحی شده اند. بسته به انواع گیاهان تحت کشت و مراحل کشت (جوانه زنی، رویش، گل دهی یا میوه دهی) و فتوپریود (دوره نوردهی) مورد نیاز گیاه، نور خروجی لامپ های رشد ال ای دی محدوده خاصی از طیف و شدت نور و دمای رنگ مطلوب گیاهان را تأمین می کند.

شکل ۴- پنل خطی ال ای دی مخصوص رشد گیاهان

محاسبه نور مورد نیاز گلخانه

نور مورد نیاز گلخانه بر اساس نیاز نوری هر گیاه تعیین می شود. همان گونه که اشاره شد اکثر گیاهان به شدت نور ۳۲,۰۰۰ لوکس نیاز دارند. در هر زمان از شبانه روز که نور طبیعی داخل گلخانه از این میزان کم تر شد، نیاز به استفاده از نور تکمیلی است. در بسیاری از گیاهان

دوره های روشنایی و تاریکی بسیار مهم است، زیرا برخی گیاهان نیازمند نور مدام هستند. گیاهان برحسب طول دوره تاریکی به انواع روزکوتاه، روزبلند و روزخنثی تقسیم می‌شوند که در زیر ساعت دوره روشنایی این گیاهان ذکر شده است:

- ✓ گیاهان روزکوتاه نیازمند به ۱۳ تا ۱۵ ساعت دوره روشنایی هستند؛
- ✓ گیاهان روزبلند نیازمند به ۱۴ تا ۱۸ ساعت دوره روشنایی هستند؛
- ✓ گیاهان روزخنثی در چرخه های روشنایی و تاریکی معمولی رشد عادی خود را دارند.

حال به محاسبه نور مورد نیاز گلخانه می‌پردازیم. برای محاسبه نور تکمیلی مورد نیاز گلخانه ابتدا می بایست نور طبیعی موجود در گلخانه توسط لوکس متر اندازه گیری شده و سپس با استفاده از روابط زیر نور تکمیلی (L_C) مورد نیاز محاسبه شود.

$$L_T=B\times A \quad (۱)$$

$$L_N=L_M\times A \quad (۲)$$

$$L_C=L_T-L_N \quad (۳)$$

که اجزای فرمول آن ها به شرح زیر است:

A: مساحت گلخانه (مترمربع)؛

B: نیاز نوری گیاه (لومن بر مترمربع)؛

L_M: نور اندازه گیری شده توسط لوکس متر (لومن بر مترمربع)؛

L_T: کل نور مورد نیاز گلخانه (لومن)؛

L_N: نور طبیعی موجود در گلخانه (لومن)؛

L_C: نور تکمیلی مورد نیاز گلخانه (لومن).

محاسبه تعداد و ظرفیت لامپ های مورد نیاز

پس از محاسبه نور تکمیلی مورد نیاز گلخانه برحسب لومن و تبدیل آن به وات تعداد لامپ های مورد نیاز در گلخانه به دست می‌آید. البته باید بازده نوری لامپ های مورد استفاده را مد نظر داشت. همچنان که بیان شد، بازده نوری عبارت است از میزان نور قابل مشاهده برحسب

لومـن بـه ازای هـر وات مصـرف انرژی الکتریسـیته، و برحسـب لومـن بر وات بیـان می شـود. بنابرایـن بـا اسـتفاده از روابط زیر تـوان الکتریکی بـرای منبع نـوری ایدئال محاسـبه می شـود و سـپس توان الکتریکـی واقعی بـرای تأمین نـور تکمیلـی و همچنیـن تعـداد لامپ هـا به دسـت می آید.

$$P_I = \frac{L_C}{683} \quad (۴) \qquad P_A = \frac{P_I}{R} \quad (۵) \qquad N = \frac{P_A}{W} \quad (۶)$$

که اجزای فرمول آن ها به شرح زیر است:

P_I: توان الکتریکی برای منبع نوری ایدئال (وات)؛

R: بازده تبدیل انرژی الکتریکی به نور؛

P_A: توان الکتریکی واقعی (وات)؛

W: توان الکتریکی هر لامپ (وات)؛

N: تعداد لامپ های مورد نیاز در گلخانه برای تأمین نور تکمیلی.

مثال:

قـرار اسـت در گلخانـه‌ای بـه ابعـاد ۳۰×۱۰ متر، گیاهی کشـت شـود که نیـاز نـوری آن ۴۵,۰۰۰ لوکـس اسـت. بـه ایـن گلخانـه ۴۳,۰۰۰ لوکـس نور خورشـید می‌رسـد و مابقی بایسـتی از طریق نور مصنوعی تأمین شـود. تعداد لامپ هـای فلورسـنت با بـازده تبدیل انـرژی الکتریکـی به نـور (۲۰ درصد) و تـوان ۱۲۵ وات بـرای تأمیـن نـور تکمیلی گلخانه محاسبه شـود.

بـا اسـتفاده از روابـط ۱، ۲ و ۳ و بـه شـرح زیر، نـور تکمیلی مـورد نیاز در گلخانـه ۶۰۰,۰۰۰ لومـن به دسـت می آید.

$$L_T = 45000 \times 300 = 13500000 \quad (۱)$$

$$L_N = 43000 \times 300 = 12900000 \quad (۲)$$

$$L_C = 13500000 - 12900000 = 600000 \quad (۳)$$

سـپس بـا اسـتفاده از روابـط ۴، ۵ و ۶ مشـخص می شـود کـه تعـداد لامپ هـای فلورسـنت مـورد نیـاز ۳۵ عـدد اسـت.

$$P_I = \frac{600000}{683} = 878.48 \quad (۴)$$

$$P_A = \frac{878.48}{0.20} = 4392.38 \quad (۵)$$

$$N = \frac{4392.38}{125} = 35.1 \sim 35 \quad (۶)$$