بهبود رشد و عملکرد گوجه فرنگی رقم ۲۴۰ (*Lycopersicum esculentum* cv. 240) تحت پوشش نور تکمیلی و محلول پاشی عناصر غذایی

لادن آژدانیان[۱]، حسین آروئی[۲]، مجید عزیزی[۳]

[۱] دانشجو کارشناسی ارشد سبزیکاری دانشگاه فردوسی مشهد

[۲] (نویسنده مسئول)دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد..

[۳]استاد گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد.

DOI: 10.22067/jhs.2021.60433.0

چکیده:

به عنوان یک منبع نور مصنوعی، لامپ‌های LED می‌توانند به رشد بهتر و سریع‌تر محصولات گلخانه‌ای کمک شایانی کنند. در این بین، نور آبی و قرمز برای رشد گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. در این تحقیق اثر متقابل نور تکمیلی و تغذیه (محلول تجاری کالفومیت حاوی عناصر فسفر و کلسیم در غلظت بالا به همراه عناصر ریز مغذی) به صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار نوری شامل: نور طبیعی (شاهد)، ۶۰٪ نور قرمز+ ۴۰٪ نور آبی و ۹۰٪ نور قرمز + ۱۰٪ نور آبی و ۲ تیمار تغذیه شامل: عدم محلول پاشی با کود تجاری کالفومیت و محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار در ۳ تکرار پایه ریزی و اجرا شد. نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد نور تکمیلی بر روی عملکرد میوه، قطر ساقه و ارتفاع بوته، مدت زمان رسیدن محصول و تعداد برگ ($p<0.05$) معنی دار بود به طوری که بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار نوری ۶۰٪ قرمز + ۴۰٪ آبی (۲۵/۳۸ m) و کمترین آن در تیمار نوری شاهد(۲۰/۷۲ m) مشاهده شد. همچنین کوتاه ترین زمان رسیدن مربوط به تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی در مدت ۲۹ روز و بیشترین زمان صرف شده تا رسیدن محصول مربوط به تیمار شاهد در ۴۵ روز بود. محلول پاشی با کالفومیت توانست بر روی قطر ساقه و تعداد برگ اثر معنی داری بگذارد. در صفاتی مانند عملکرد میوه، تعداد

[۱] دانشجو کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد
[۳] استاد گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد

گل و برگ اثر متقابل تغذیه و نور تکمیلی نیز معنی دار بود. بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار نوری ۶۰٪ قرمز + ۴۰٪ آبی و همچنین محلول پاشی با کالفومیت (۱۱۸ عدد)، بیشترین تعداد گل (۵۰ عدد) مربوط به تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی و کالفومیت بود و کمترین تعداد گل (۱۵ عدد) مربوط به تیمار شاهد است، همچنین بیشترین عملکرد (۳۵۵۳ گرم میوه در بوته) در تیمار محلول پاشی شده با کالفومیت به همراه تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی حاصل شد و کمترین عملکرد (۴۳۴ گرم میوه در بوته) مربوط به تیمار نوری شاهد و عدم محلول پاشی بود. به نظر می‌رسد کاربرد نورهای تکمیلی به همراه تغذیه مناسب می‌تواند عملکرد و رشد و توسعه گیاه گوجه فرنگی را در شرایط گلخانه بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: طول موج، کالفومیت، کلسیم، لامپ‌های LED

مقدمه

در میان سبزی‌های گلخانه‌ای، گوجه فرنگی به منظور مصرف تازه خوری، مهم ترین کشت گلخانه‌ای در بسیاری از کشورهای اروپایی بوده (۶۱) و مصرف سرانه آن در برخی کشورها به ۴۰ کیلوگرم در سال می‌رسد (۱). همچنین گوجه فرنگی به علت داشتن مقادیر بالایی آنتی اکسیدان، ویتامین‌ها و ترکیبات فنولیکی در جهان به طور گسترده ای مورد استفاده می‌باشد (۲۰). گوجه فرنگی از لحاظ میزان سطح و تولید در کشور جایگاه دوم را دارد (۲). اگرچه نور یک منبع مهم برای فتوسنتز محسوب می‌گردد اما فتوسنتز می‌تواند وابسته به یک سری تنظیم کننده‌های نوری و حسگرهای نوری نیز باشد. نور آبی و قرمز باعث به کار انداختن حسگرهای نوری متفاوت و بیان ژن‌هایی می‌شوند که هر کدام از آنها می‌تواند اثر مثبت یا منفی بر رشد و توسعه گیاه بگذارد (۴۷). بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که وجود هر دو طول موج (آبی و قرمز) برای گیا ضروری می‌باشد و به همین علت در حال حاضر بیشتر تحقیقات بر روی رسیدن به یک ترکیب نوری مناسب متمرکز شده است (۳۸). اوکموتو و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که وجود نور آبی و قرمز با هم برای فتوسنتز ضروری و لازم می‌باشد، به طوری که کلروفیل هر دو این طول موج را جذب می‌کند، همچنین اظهار داشتند که وجود نور آبی برای مورفولوژی و سلامت کلی گیاه لازم و مفید می‌باشد(۴۹). کیفیت نور از نظر رنگ و طول موج می‌تواند ساختار مورفولوژیکی گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد (۳۲). نسبت نور آبی به قرمز در هنگام استفاده از لامپ‌های LED بسیار حائز اهمیت می‌باشد، چرا که با داشتن هر دو طول موج می‌توان رشد گیاه و تولید میوه را تا بیش از ۲۰٪ نسبت به زمانی که از هر طول موج به تنهایی استفاده شود افزایش داد (۷، ۲۲، ۳۱، ۷۳،۶۸). بنابراین استفاده از نورهای تکمیلی در فصل زمستان، زمانی که تابش نور کمتر از حد معمول است می‌تواند باعث بهبود رشد و گلدهی گیاه شود (۱۲،۴۳،۵۵). همچنین تغییر کیفیت نور به صورت استفاده از منابع نور مصنوعی در محیط‌های کنترل شده مانند گلخانه‌ها جهت تغییر کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، به خصوص سبزی‌هایی که میوه دارند، امروزه در جهان قابل توصیه است (۳۲). گوجه‌فرنگی از لحاظ نیاز نوری جزو گیاهان پر توقع محسوب می‌شود، بنابراین کمبود نور مخصوصا در ماه‌های زمستان باعث کاهش رشد و نمو شده و تشکیل گل و میوه را مختل می‌نماید (۵۵). در سال‌های اخیر لامپ‌های LED به عنوان منابع جدید نور برای تولید گیاه در محیط‌های کنترل شده و همچنین جهت بررسی تغییرات گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. از نظر فیزیولوژیکی، محققین معتقدند، عملکرد فوتونی

نور قرمز و آبی به تنهایی برای رشد گیاهان کافی است (۳۰). به عبارت دیگر در صورتی که گیاه تنها در یکی از محیط‌های خالص نور قرمز یا آبی و نه هر دو قرار گیرد امکان رشد کامل گیاه فراهم می شود. البته برخی هم اعتقاد دارند که در صورت استفاده از نور قرمز، درصد کمی نور آبی حتی ۱۰ درصد برای رشد کامل گیاه لازم است (۷۲؛ ۳۸). کاربرد نور تکمیلی سبب افزایش میزان رشد رویشی، وزن تر، وزن خشک و کیفیت کاهو شده است (۱۸). در رابطه با گوجه فرنگی استفاده از نورهای تکمیلی سبب افزایش تعداد میوه در بوته و در نتیجه عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی شد (۱۵، ۱۹). ژو و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند در بین دو گروه گوجه فرنگی، که یکی از آنها با سیستم نوری LED و دیگری بدون سیستم نوری تیمار شده بود، مقایسه شد؛ نتایج نشان داد سرعت رشد، گل دهی و میوه دهی در گیاهی که تحت پوشش نور مصنوعی آبی و قرمز بود، بسیار بیشتر از گروه شاهد است. آنها اظهار داشتند که نیاز گیاهان به طول موج‌های مختلف، متفاوت است. اما در بین طول موج‌ها، قرمز و آبی بیشترین نیاز گیاه را بر طرف می‌کنند. نور آبی باعث افزایش رشد رویشی گیاه، ساقه و برگ‌ها می‌شود، اما نور قرمز باعث افزایش رشد زایشی، گل‌دهی و میوه‌دهی خواهد شد(۶۹). تحقیقات بسیار زیادی در رابطه با نقش مهم فسفر در گیاهان و اثرات منفی بر رشد و فتوسنتز در صورت مواجه با کمبود فسفر انجام گرفته است (۷۴،۶۴،۶۲،۳۱،۱۰). فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بعد از نیتروژن است. اگرچه میزان فسفر مورد نیاز گیاه در مقایسه با مقدار سایر عناصر اصلی کم است، با این حال این عنصر جزو عناصر پر نیاز محسوب می شود. این عنصر در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، در ترکیبات انرژی‌زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. علاوه بر این فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده و نقش ویژه ای به عنوان جزئی از هسته پروتئین سلول، غشاء سلولی و نوکلئوتیدها (RNA و DNA) که مسئول فرآیندهای تکثیر و رشد هستند ایفا می کند. علاوه بر این فسفر از اجزای بسیاری از ترکیبات سلولی است و نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای کلیدی شامل فتوسنتز، تنفس، نگهداری و انتقال انرژی، تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول بازی می کند. فسفر کافی برای تشکیل و رشد ریشه های اولیه مورد نیاز است. همچنین فسفر کیفیت محصولات را بهبود می دهد و برای تشکیل دانه لازم است (۴۵). برای گیاهان، دو عنصر فسفر و بر جزو مواد غذایی ضروری بوده و گزارش‌ها نشان دهنده تعامل بین این دو ماده و اهمیت آنها برای رشد در بسیاری از گیاهان زراعی می‌باشد (۷۰،۲۳). افزایش میزان فسفر باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی اسفناج شد و هم چنین جذب فسفر توسط اندام هوایی افزایش یافت (۳۶). همچنین کاربرد میزان بالایی از فسفر با افزایش عملکرد اسفناج و هم چنین زودرسی محصول همراه بوده است (۴۹). کلسیم یک عنصر مهم است که در ۳ در صد از پوسته زمین یافت می‌شود. کلسیم برای تولید محصولات کشاورزی از جمله محصولات باغبانی مثل گیاهان گلدار مفید می‌باشد. کلسیم در فعالیت‌های مختلف گیاه درگیر می‌شود (۵۳) و سهم مهمی در استحکام ساختاری دیواره‌های سلولی گیاه دارد و به خوبی یک تنظیم کننده بسیار مهم رشد و نمو در گیاهان می‌باشد کلسیم نقش حیاتی در تشکیل دیواره سلولی و قابلیت انعطاف پذیری آن را دارد. این عنصر یک بخش مهم دیواره سلولی می‌باشد که به واسطه برقرای ارتباطات ساختاری درون ماتریکس پکتینی، موجب استحکام در ساختار این دیواره می‌شود(۳۳). علت اصلی بروز بیماری‌های فیزیولوژیک در درختان میوه و سبزیجات میوه‌ای، کمبود کلسیم در میوه‌ها بوده که محلول پاشی برگی کلسیم در اصلاح کمبود کلسیم موثر است (۵۴). بیشترین نوع کمبود کلسیم در میوه‌ها و سبزی‌ها، به صورت اختلال در بافت‌ها ذخیره‌ای در طول رشد یا در حین انبارمانی مانند پوسیدگی گلگاه در گوجه فرنگی و لکه تلخ در سیب بروز می‌کند که با محلول پاشی کلسیم این عوارض کاهش می‌یابند (۱۱). تحقیقات نشان داده است کاربرد کلسیم سبب افزایش رشد و عملکرد در گوجه فرنگی شده است (۳۴). به کار گیری

کلسیم سبب افزایش تعداد گل و میوه در بوته توت فرنگی شد، که در نهایت افزایش عملکرد را به دنبال داشت (۳۷). در رابطه با تاثیر کاربرد کلسیم گزارش شده است که این کاربرد می‌تواند وزن تک میوه و عملکرد را در گوجه‌فرنگی افزایش دهد (۱۴). بر این اساس با توجه به اهمیت عناصری مثل کلسیم و فسفر و همچنین نقش مهم ریز مغذی‌ها در رشد و توسعه گیاه با استفاده از کود تجاری کالفومیت و نور تکمیلی، تحقیق حاضر با هدف بررسی و تعیین بهترین شرایط برای رشد و نمو گوجه‌فرنگی پایه ریزی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر کلسیم و فسفر به همراه نور تکمیلی، تحقیق حاضر به صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار نوری شامل: نور طبیعی (شاهد)، ۶۰٪ نور قرمز+ ۴۰٪ نور آبی و ۹۰٪ نور قرمز + ۱۰٪ نور آبی و ۲ تیمار تغذیه شامل: عدم محلول پاشی با کود تجاری کالفومیت (مخلوطی از کلسیم و فسفر به همراه سایر ریز مغذی‌ها)، (جدول۱) و محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار در ۳ تکرار در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا با میانگین دما شبانه روز ۲۷–۱۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۰–۴۰ ٪ در دی ماه سال ۹۵ پایه ریزی و اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل ۱۸ گلدان، که در مجموع ۵۴ گلدان وجود داشت. در هر گلدان یک عدد نشا گوجه فرنگی رقم هیبرید ۲۴۰ کاشته شد. رقم ۲۴۰ یکی از ارقام هیبرید می‌باشد که عملکرد و مقاومت به بیماری‌ها در آن بالا بوده، میوه‌ها گرد و به رنگ قرمز می‌باشند. این رقم که به تازگی اصلاح شده است به دلیل عملکرد بالا مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع۴۰ سانتی‌متر بودند. بستر کشت گیاه، مخلوطی شامل ۴۰٪ پیت ماس به همراه ۴۰٪ کوکوپیت و حدود ۲۰٪ پرلایت بود. جهت تغذیه از محلول غذاییHuchmuth (1995) (جدول۲) استفاده شد. درصد عناصر غذایی با توجه به مراحل رشدی در این محلول غذایی تغییر می‌کرد و توسط پمپ و سیستم آبیاری قطره‌ای در اختیار گیاهان قرار داده می‌شد. بعد از انتقال گیاهچه و ۲۰ روز پس از استقرار آنها محلول پاشی با کالفومیت هر ۱۴ روز یکبار صورت گرفت، همچنین جهت اعمال تیمارهای نوری در ابتدای انتقال گیاهچه در هر واحد آزمایشی، مجموعه‌ای از لامپ‌های LED با شدت نور ۵۰۰۰ لوکس در فاصله ۳۰ سانتی متری از سطح گیاه با طول موج‌های آبی و قرمز استفاده شد (فاصله لامپ‌ها از گیاه به وسیله گیره‌های فلزی در مراحل مختلف رشدی گیاه قابل تنظیم بود). در واحد آزمایشی شاهد، لامپ‌های LED

زرد و سفید (آفتابی) مورد استفاده قرار گرفتند. مدت روشنایی لامپ‌ها جهت افزایش طول دوره روشنایی از زمان غروب به مدت ۴ ساعت (از ۶ عصر تا ۱۰ شب) برای تمام واحدها به طور یکسان توسط یک تایمر اعمال گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار JMP8 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ ٪ انجام شد. صفاتی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند، عبارتند از: ۱- تعداد برگ (شمارش تعداد برگ)، ۲- ارتفاع بوته توسط متر با دقت ۰/۰۱ متر، ۳- قطرساقه توسط دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی متر ، ۴- تعداد گل (شمارش)، ۵- زمان گل‌دهی تا رسیدن محصول (شمارش تعداد روز)، ۶- عملکرد: میوه‌های رسیده کامل و قرمز هر بوته به طور جداگانه چیده در طی ۵ دوره برداشت(۷۵ روز) و مورد توزین قرار گرفتند که از مجموع وزن میوه در هر بوته برحسب گرم در هر بوته به دست آمد.

جدول۱- ترکیبات محلول غذایی کالفومیت

Composition	
Total nitrogen(N)	3% w/w equivalent to 4.2% W/V at 20°c
Nitric nitrogen(N)	1.7% w/w equivalent to 2.38% W/V at 20°c
Ureic nitrogen(N)	1.3% w/w equivalent to 1.82% W/V at 20°c
Phosphorus pentoxide (P_2O_5) soluble in water	23% w/w equivalent to 32.2% W/V at 20°c
Calcium oxide (CaO) soluble in water	5% w/w equivalent to 7% W/V at 20°c
Boron (B) soluble in water	0.1% w/w equivalent to 0.14% W/V at 20°c
Molybdenum (Mo) soluble in water	0.1% w/w equivalent to 0.14% W/V at 20°c

Table 2. The nutritional solution (ppm) used in different growth stages of the tomato plan

جدول۲- محلول غذایی (ppm) مورد استفاده در مراحل رشدی مختلف گیاه گوجه فرنگی

Nutrition	Transplant to first cluster	First cluster to second cluster	Second cluster to third cluster	Third cluster to fifth cluster	Fifth cluster to termination

N	70	80	100	120	150
P	50	50	50	50	50
K	120	120	150	150	200
Ca	150	150	150	150	150
Mg	40	40	40	50	50
S	50	50	50	60	60
Fe	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Cu	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mn	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Zn	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
B	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
MO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Ec (dS/m)	0.7	0.9	1.3	1.5	1.8

نتیجه گیری و بحث

تعداد برگ:

استفاده از نورهای تکمیلی در سطح احتمال ۱٪ بر روی تعداد برگ گوجه فرنگی اثر معنی داری داشت. همچنین به کارگیری محلول کالفومیت در سطح احتمال ۱٪ اثر معنی داری گذاشت. اثر متقابل این دو عامل نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود (جدول۳). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (شکل۳) بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار نوری ۶۰٪ قرمز + ۴۰٪ آبی و همچنین محلول پاشی با کالفومیت (۱۱۸ عدد) بود و کمترین تعداد برگ در تیمار نوری شاهد و عدم محلول پاشی کالفومیت (۳۶ عدد) مشاهده شد. پژوهشگران معتقدند نور آبی در طیف گسترده‌ای از فرآیندهای گیاهی مانند عملکرد فتوسنتزی برگ‌ها و ساختارهای مورفولوژیکی گیاه دخیل می‌باشد، که می‌تواند باعث افزایش تعداد برگ در طیف وسیعی از گیاهان شود (۸،۹، ۲۶،۴۰،۴۱، ۴۸، ۶۵،۷۳). داچر و باگبی (۱۹۹۸) اعلام کردند که تعداد و میزان کلروفیل برگ‌های کاهو و همان نسبت تعداد

برگ تحت پوشش نور آبی افزایش داشته است(۱۷). همچنین ضخامت برگ و تعداد آن در گیاه فلفل نیز در زیر نور آبی افزایش یافت (۵۷) که این نتایج با نتایج ما در این تحقیق نیز مطابقت داشت. میزان غلظت فسفر، میزان فتوسنتز برگ را از طریق آنتی پورتی که خروج تریوز فسفات را از استروما به سیتوسل آسان می‌کند تحت تاثیر قرار می‌دهد که این عامل سبب افزایش میزان رشد خواهد شد (۶۶).در شرایط محیطی متفاوت، افزایش میزان فسفر در اغلب موارد منجر به افزایش سرعت توسعه برگ، اندازه سلول‌ها و تعداد واکوئل در هر سلول شده است (۵۸). همچنین بیان شده است که تعداد برگ در گیاهانی که تحت تاثیر کمبود فسفر هستند نیز کاهش می‌یابد (۳۹).

ارتفاع بوته:

با توجه به بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول۳) ارتفاع بوته گوجه فرنگی تحت تاثیر کاربرد نورهای تکمیلی در سطح احتمال ۵٪ اثر معنی داری داشت. بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار نوری ۶۰٪ قرمز+۴۰٪ آبی (۲۵/۳۸ m) و کمترین آن در تیمار نوری شاهد(۲۰/۷۲ m) مشاهده شد. اما محلول پاشی عناصر غذایی نتوانست بر روی ارتفاع بوته اثر معنی داری بگذارد. در سطح کلروپلاست، نور آبی با بیان ویژگی‌هایی مانند نور خورشید، ظرفیت فتوسنتزی بالایی دارد (۶۸). در بررسی‌های صورت گرفته، فتوسنتز تحت تاثیر نور آبی افزایش می‌یابد که این نتیجه احتمالا به این دلیل است که کریپتوکروم‌ها و فتوتروپین‌ها به طور خاص به نور آبی حساس هستند و فیتوکروم‌ها به طور خاص به نور قرمز حساس هستند (۶۵). که این افزایش فتوسنتز باعث رشد رویشی بیشتر در گیاه خواهد شد. ارتفاع گیاه گوجه فرنگی در تیمار نوری ۶۰٪ قرمز+۴۰٪ آبی افزایش داشت که این نتیجه با سایر نتایج محققین مطابقت نداشت، چرا که آنها معتقدند نور آبی یک بازدارنده رشد برای ساقه محسوب می‌شود (۷۳، ۱۶، ۴۹). احتمالا افزایش رشد ساقه در تیماری که نسبت نور آبی بیشتری داشته است، مربوط به کاهش طول میانگره و افزایش تعداد گره‌ها در ساقه بوده است که میزان جیبرلین را کاهش داده اما میزان سایتوکنین را به عنوان یک هورمون محرک رشد افزایش داده است. همان طور که کارا و همکاران(۱۹۹۶) اظهار داشتند که با بالا رفتن میزان فتوسنتز در برگ‌های تیمار نور آبی، سیتوکنین‌ها فعال می‌شوند (۲۸).

قطر ساقه:

قطر ساقه نیز به طور معنی داری (درسطح احتمال ۵٪) تحت تاثیر کاربرد نور تکمیلی و تغذیه با محلول کالفومیت قرار گرفت (جدول۳). اما اثر متقابل این دو عامل معنی دار نشد. به طوری که بیشترین قطر ساقه در به کار گیری تیمار نوری ۶۰٪ قرمز

+۴۰٪ آبی به میزان (mm) ۱۴/۳۲حاصل گردید، همچنین بیشترین قطر ساقه (۱۳/۹۵ mm) در تیمار محلول پاشی با کالفومیت حاصل شد. گلوواتا (۲۰۰۴) گزارشی منبطق بر نتایج ما داشت که قطر ساقه تحت پوشش نور آبی افزایش می-یابد(۲۱). نتایج محققان نشان می‌دهد که در شرایطی که میزان فسفر در اختیار گیاه مناسب باشد علاوه بر افزایش عملکرد، تعداد و اندازه سلول‌ها دست خوش تغییر خواهند شد و افزایش می‌یابند که خود منجر به افزایش رشد خواهد رشد. از دلایل این امر می‌توان به افزایش رشد ریشه‌ها و هدایت هیدرولیکی آنها (۵۹)، آبدار شدن برگ‌ها و افزایش هدایت روزنه‌ای در آنها (۵۲) و در نهایت قطور شدن ساقه‌ها و بهبود و تسریع در انتقال مواد شیره پرورده اشاره نمود.

تعداد گل:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر ساده نور تکمیلی و تغذیه بر تعداد گل معنی دار نبود، اما اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. به طوری که بیشترین تعداد گل (۵۰ عدد) مربوط به تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی بود و محلول پاشی کالفومیت بود و کمترین تعداد (۱۵ عدد) مربوط به تیمار شاهد است(شکل۲). دریم و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که نور قرمز باعث افزایش گلدهی در گوجه فرنگی خواهد شد(۱۳) زیرا نور قرمز بر زمان گلدهی و تحریک گلدهی در بوته‌ها تاثیر گذار می‌باشد (۶۷). کریمی و همکاران (۱۳۹۱) چنین بیان کردند که استفاده هم زمان از ترکیبات نیتروژنی همراه با کلسیم، بازه جذب کلسیم را افزایش داده و آن نیز باعث افزایش جذب عناصر غذایی دیگر از قبیل NPK و در نتیجه افزایش رشد و نمو می‌شود(۲۹).

مدت زمان گل‌دهی تا رسیدن محصول:

استفاده از نور تکمیلی توانست در سطح احتمال ۱٪ بر مدت زمان رسیدن محصول از زمان گل دهی تا رسیدگی کامل اثر معنی داری بگذارد (جدول۳). کوتاه ترین زمان رسیدن مربوط به تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی در مدت ۲۹ روز و بیشترین زمان صرف شده تا رسیدن محصول مربوط به تیمار شاهد در ۴۵ روز بود. در حالی که تغذیه هیچگونه اثر معنی داری نداشت. به طور کلی طول موج‌های مختلف نوری توانسته‌اند در خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و همچنین قابلیت گل‌دهی و فتوسنتز گیاهی اثرات گوناگونی بگذارند (۴۲). بنابراین با حساسیتی که فیتوکروم‌های گیاهی به نور قرمز دارند می‌توان

گل‌دهی را در آنها تحریک یا متوقف نمود که هر چه سرعت گلدهی در گیاه افزایش یابد، و اولین گل با گذشت زمان کمتری ظاهر شود، می‌توان به همان میزان مدت زمان کوتاه تری را تا رسیدن محصول طی کرد که با نتایج سایر محققین هم خوانی دارد (۶۷،۶۳،۱۳).

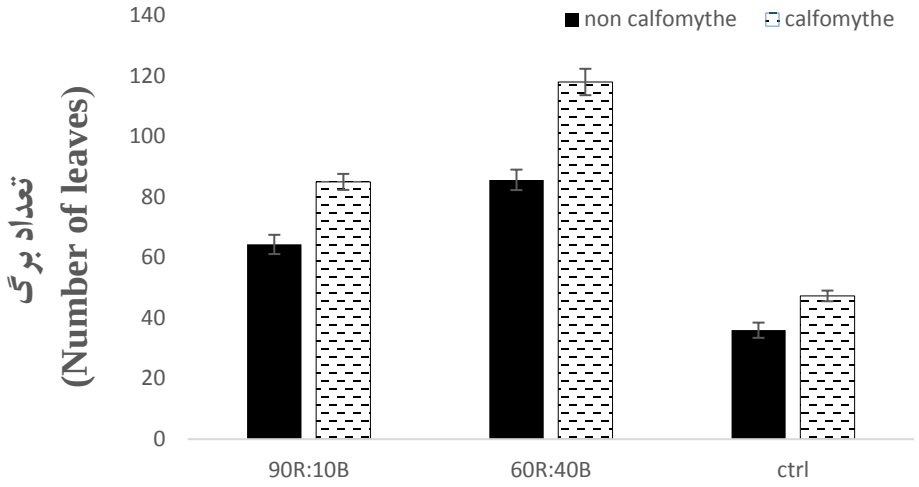
عملکرد میوه تازه گوجه فرنگی :

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده (جدول۳) نشان داد که کاربرد نور تکمیلی در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد میوه اثر معنی داری داشت. همچنین اثر متقابل نور تکمیلی و تغذیه اثر معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد میوه گوجه فرنگی داشته است. با توجه به شکل (۱) بیشترین عملکرد (۳۵۵۳ گرم میوه در بوته) در تیمار محلول پاشی شده با کالفومیت به همراه تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی حاصل شد. همچنین کمترین عملکرد (۴۳۴ گرم میوه در بوته) مربوط به تیمار نوری شاهد و عدم محلول پاشی بود. افزایش عملکرد تحت تاثیر نور قرمز می‌تواند نشان دهنده اثر این نور بر روی رنگدانه فیتوکروم باشد که باعث گل‌دهی در گیاه می‌شود. به طور کلی گیاهان به شدت نور کم قرمز هم حساس می‌باشند، بنابراین با حساسیتی که فیتوکروم‌های گیاهی به نور قرمز دارند می‌توان گل‌دهی را در آنها تحریک یا متوقف نمود. به همین علت در تمامی چراغ‌های مربوط به گل‌دهی از نور قرمز استفاده می‌شود، نور قرمز توانایی کنترل تغییرات نوری در دستگاه فیتوکروم را دارد (۶۳). نتایج بدست آمده در این تحقیق در رابطه با افزایش عملکرد با نتیجه نانیا و همکارانش (۲۰۱۲) مطابقت داشت. همچنین دریم و همکاران (۲۰۱۴) گزارشاتی مبنی بر افزایش عملکرد میوه گوجه فرنگی در تیمار نوری قرمز داشتند. فسفر با اثری که بر روی آسیمیلات‌های برگ می‌گذارد باعث افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نهایت میزان رشد و عملکرد خواهد شد (۴). بر اساس گزارشات هاو و پاپادوپولوس (۲۰۰۳) به کارگیری کلسیم در محلول‌های غذایی می‌تواند بیشترین عملکرد و تعداد میوه را در بوته‌های گوجه فرنگی داشته باشد(۵۰) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

جدول۳. تجزیه واریانس داده‌های عملکرد، کلروفیل کل، مدت زمان تا رسیدن محصول، قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد برگ

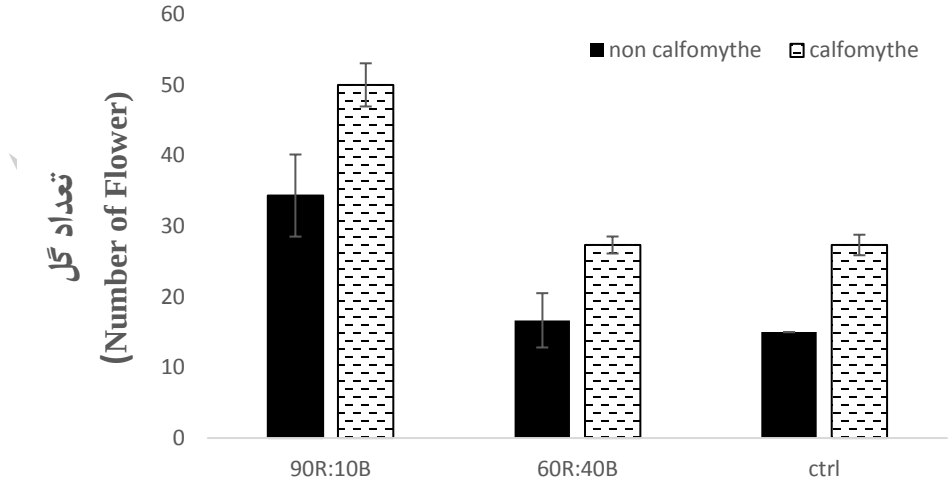
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد گل	مدت زمان تا رسیدن محصول	عملکرد میوه
خطا عامل اصلی	۶	۳۴/۸۳^{ns}	۴/۹۸^{ns}	۰/۷۱^{ns}	۴۶/۵^{ns}	۲/۳۳^{ns}	۷۱۶۳۰^{ns}
نورتکمیلی	۲	۵۴۴۷/۰۵**	۴۰/۴۲*	۲/۵۲*	۹/۵^{ns}	۴۰۲/۸۸**	۸۹۹۳۷۸۵*
تغذیه	۱	۲۰۶۹/۳۸**	۰/۱۲^{ns}	۲/۷۱*	۲۴/۵^{ns}	۰/۸۸^{ns}	۳۹۴۵۸۶^{ns}
نورتکمیلی× تغذیه	۲	۱۶۶/۰۵*	۴/۴۴^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱۷۹/۱۶*	۰/۸۷^{ns}	۸۷۴۰۵۲*
خطا عامل فرعی	۶	۲۲/۱۷	۲/۹	۰/۲۴	۱۳/۲۷	۲/۵۵	۱۸۱۱۳۸

**،*،ns : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی دار



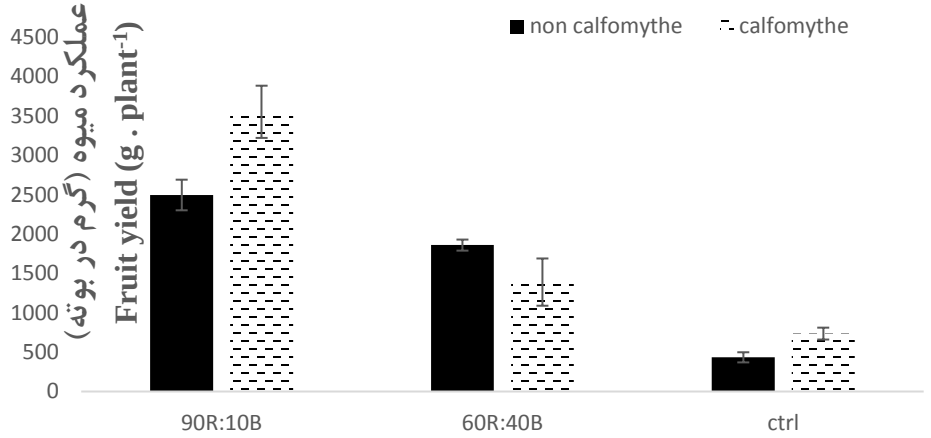
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نور تکمیلی و تغذیه بر تعداد برگ($p\leq0.05$)

Figure 1. Comparison of the effect of complementary light and nutrition on leaf number ($p\leq0.05$)



شکل۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نور تکمیلی و تغذیه بر تعداد گل($p\leq0.05$)

Figure 2. Comparison of the effect of complementary light and nutrition on the number of flowers ($p \leq 0.05$)



شکل۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نور تکمیلی و تغذیه بر عملکرد میوه تازه گوجه فرنگی ($p \leq 0.05$)

Figure 3. Comparison of the effect of complementary light and nutritional interactions on the yield of fresh tomato fruit ($p \leq 0.05$)

نتیجه گیری نهایی:

در این تحقیق تمامی صفات مورفولوژیکی بررسی شده در گیاه گوجه فرنگی تحت تاثیر نوردهی تکمیلی توسط لامپ‌های LED قرار گرفتند که هر کدام از طول موج‌ها اثر خاص و ویژه‌ای بر روی گیرنده‌های خودشان در گیاه اعمال کرده بودند که در نهایت میزان رشد و عملکرد را در گیاه افزایش دادند. همان طور که انتظار می‌رفت نور آبی بر روی صفات رویشی و نور قرمز بیشتر بر روی صفات زایشی اثرگذار بودند. می‌توان چنین گفت که وجود هر دو طول موج (آبی و قرمز) برای رشد بهتر و کامل گیاه ضروری و لازم می‌باشد. در این بین علاوه بر اثر مثبت طول موج‌ها اثر مثبت محلول پاشی برگی را نیز می‌توان مشاهده کرد که به همراه نورتکمیلی توانست رشد را بهبود بخشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عملکرد و رشد تحت پوشش نور LED (ترکیب قرمز و آبی) نسب به شرایط طبیعی برتری داشت. همچنین محلول پاشی برگی توسط فسفر و کلسیم توانست نتیجه بهتری را نسبت به عدم محلول پاشی در بر داشته باشد. بنابراین می‌توان پیشنهاد داد که استفاده از این لامپ‌ها به همراه محلول پاشی با کالفومیت برای تولید اقتصادی بهتر در شرایط کنترل شده (گلخانه) می‌تواند امکان پذیر باشد. در صورتی که هدف از کشت، بهبود رشد زایشی و گلدهی باشد، می‌توان تیمار نوری ۹۰٪قرمز+۱۰٪ آبی را پیشنهاد داد و اگر هدف از کشت توسعه برگ و رشد رویشی گیاه باشد، بهتر است از تیمار نوری ۶۰٪قرمز+۴۰٪ آبی استفاده نمود. به هر میزانی که درصد نور آبی بالا رود رشد رویشی بهبود می‌یابد. و همچنین کاربرد عناصری همچون فسفر

و کلسیم در سطح گسترده‌ای می‌تواند باعث بهبود رشد و علکرد در تمام ابعاد رویشی و زایشی شود که کاربرد آن بهترین نتیجه را نسبت به عدم کاربرد در پی خواهد داشت.

تشکر و قدردانی:

نویسندگان این مقاله از موسسه کشاورزی عنبری (تولید و توزیع بذور اصلاح شده) به ویژه جناب آقای علی عنبری که در تهیه بذور گوجه فرنگی رقم هیبرید ۲۴۰ و همچنین محلول تجاری کالفومیت همکاری داشتند، سپاس گزاری میکنند.

منابع:

1. Atherton, J. and J. Rudich, The Tomato Crop Chapman and Hall. London UK, 1986.
2. Agricultural Jihad Journal, Volume 3, 1395 (In Persian)
3. Baneh, H. and M. Taheri, Effects of foliar application of nutrient elements on fruit set and quantitative and qualitative traits of Keshmeshi grape cultivar. Seed and Plant Production Journal, 2009(1).
4. Barabash, O.Y. and T. Kochina, The effect of mineral fertilizers on garlic yield. 1987.
5. Bates, T.R. and J.P. Lynch, Root hairs confer a competitive advantage under low phosphorus availability. Plant and Soil, 2001. **236**(2): p. 243-250.
6. Boyce, R.L., J.R. Larson, and R.L. Sanford Jr, Phosphorus and nitrogen limitations to photosynthesis in Rocky Mountain bristlecone pine (Pinus aristata) in Colorado. Tree physiology, 2006. **26**(11): p. 1477-1486.
7. Brazaitytė, A., et al., After-effect of light-emitting diodes lighting on tomato growth and yield in greenhouse. Sodininkystė ir daržininkystė, 2009. **28**(1): p. 115-126.
8. Brown, C.S., A.C. Schuerger, and J.C. Sager, Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1995. **120**(5): p. 808-813.
9. Bukhov, N., I. Drozdova, and V. Bondar, Light response curves of photosynthesis in leaves of sun-type and shade-type plants grown in blue or red light. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 1995. **30**(1): p. 39-41.
10. Bula, R., et al., Light-emitting diodes as a radiation source for plants. HortScience, 1991. **26**(2): p. 203-205.
11. Cooke, G.W. 1982. Fertilizing for maximum yield. Grahada publishing. 456p
12. De Hertogh, A.A., Holland Bulb Forcers' Guide, 4th ed. International Flower Bulb Center, Hillegom, The Netherlands, 369 pp. 1989.
13. Deram, P., M.G. Lefsrud, and V. Orsat, Supplemental lighting orientation and red-to-blue ratio of light-emitting diodes for greenhouse tomato production. HortScience, 2014. **49**(4): p. 448-452.
14. Dong, C., et al., Application methods of calcium supplements affect nutrient levels and calcium forms in mature tomato fruits. Journal of plant nutrition, 2005. **27**(8): p. 1443-1455.
15. Dorais, M., A. Gosselin, and M.J. Trudel, Annual greenhouse tomato production under a sequential intercropping system using supplemental light. Scientia Horticulturae, 1991. **45**(3-4): p. 225-234.
16. Dougher, T.A. and B. Bugbee, Differences in the Response of Wheat, Soybean and Lettuce to Reduced Blue Radiation¶. Photochemistry and Photobiology, 2001. **73**(2): p. 199-207.
17. Dougher, T.A. and B.G. Bugbee, Is blue light good or bad for plants? Life support & biosphere science, 1998. **5**(2): p. 129-136.
18. Gaudreau, L., et al., Photoperiod and photosynthetic photon flux influence growth and quality of greenhouse-grown lettuce. HortScience, 1994. **29**(11): p. 1285-1289.
19. Giacomelli, G., Lettuce and tomato intercropping system with supplemental lighting. Soill. Cult., 1987. **3**(1): p. 39-50.
20. Giovanelli, G., et al., Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999. **79**(12): p. 1583-1588.
21. Głowacka, B., The effect of blue light on the height and habit of the tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) transplant. Folia Horticulturae, 2004. **16**(2): p. 3-10.

22. GOTO, E., Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. Environment Control in Biology, 2003. **41**(2): p. 121-132.
23. Günes, A. and M. Alpaslan, Boron uptake and toxicity in maize genotypes in relation to boron and phosphorus supply. Journal of plant nutrition, 2000. **23**(4): p. 541-550.
24. Hernández-Muñoz, P., et al., Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria× ananassa) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 2008. **110**(2): p. 428-435.
25. Hoenecke, M., R. Bula, and T. Tibbitts, Importance ofBlue'Photon Levels for Lettuce Seedlings Grown under Red-light-emitting Diodes. HortScience, 1992. **27**(5): p. 427-430.
26. Hogewoning, S.W., et al., Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light. Journal of experimental botany, 2010. **61**(11): p. 3107-3117.
27. Kant, S., Y.-M. Bi, and S.J. Rothstein, Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. Journal of Experimental Botany, 2010. **62**(4): p. 1499-1509.
28. Kara, A., A. Kotov, and N. Bukhov, Specific distribution of gibberellins, cytokinins, indole-3-acetic acid, and abscisic acid in radish plants closely correlates with photomorphogenetic responses to blue or red light. Journal of plant physiology, 1997. **151**(1): p. 51-59.
29. Karimi, A., Hatamzadeh, A., Hasanpour Asil, M. And Sami Zadeh, h. 1391. Investigating the Effect of Calcium Nitrate Nutrate and IBA Growth Regulator on Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Succulent Cultivars. Journal of Horticultural Science, 43 (1): 79 to 89. (In Persian Journal)
30. Kim, H.-H., et al., Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes. HortScience, 2004. **39**(7): p. 1617-1622.
31. Lefsrud, M.G., D.A. Kopsell, and C.E. Sams, Irradiance from distinct wavelength light-emitting diodes affect secondary metabolites in kale. HortScience, 2008. **43**(7): p. 2243-2244.
32. Li, H., C. Tang, and Z. Xu, The effects of different light qualities on rapeseed (Brassica napus L.) plantlet growth and morphogenesis in vitro. Scientia Horticulturae, 2013. **150**: p. 117-124.
33. Li, Ch., Tao, J., Zhao, D., You, C., and Ge, J. 2012. Effect of calcium sprays on mechanical cell wall fractions of Herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) inflorescence stems. *International Journal of Molecular Sciences, 13: 4704-4713.*
34. Lollai, A (1391). Study of different nitrogen fertilizers on growth and amount of elements in olive seedlings. Journal of Plant and Biomass, Islamic Azad University, Shahrekord, No. 8. Pages 15 -3 (In Persain Journal)
35. Marschner, H., Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc., San Diego, CA 92101, California, USA. 1995.
36. Marschner, P., Z. Solaiman, and Z. Rengel, Brassica genotypes differ in growth, phosphorus uptake and rhizosphere properties under P-limiting conditions. Soil Biology and Biochemistry, 2007. **39**(1): p. 87-98.
37. Mass, J.L., Compendium of strawberry diseases. Published by the American phytopathological society, in cooperation with Agricultural Research service USA Department of Agriculture: 15-18. 1984.
38. Massa, G.D., et al., Plant productivity in response to LED lighting. HortScience, 2008. **43**(7): p. 1951-1956.
39. Matar, A., J. Torrent, and J. Ryan, Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dryland Mediterranean zone, in Advances in Soil Science. 1992, Springer. p. 81-146.
40. Matsuda, R., et al., Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. Plant and Cell Physiology, 2004. **45**(12): p. 1870-1874.
41. Matsuda, R., et al., Effects of blue light deficiency on acclimation of light energy partitioning in PSII and CO2 assimilation capacity to high irradiance in spinach leaves. Plant and Cell Physiology, 2008. **49**(4): p. 664-670.
42. Ménard, C., et al. Developmental and physiological responses of tomato and cucumber to additional blue light. in V International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture 711. 2005.
43. Miller, W. and R. Langhans, Reduced irradiance affects dry weight partitioning in Easter lily. Journal of the American Society for Horticultural Science (USA), 1989.
44. Morrabayan. M. Azizi, M Clear, and. Hi sir 1392. Investigating the effect of various intensities of light supplemented by blue and red LEDs. Growth characteristics and peppermint's secretion lipids. First National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. Hamedan, Shahid Mofattah University, Oct. 18, 2013 (In Persian Journal)
45. Mullins, G. Phosphorus , Agriculture andThe Environment, Reviewed by Wade Thomason, Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences,Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009, www.ext.vt.edu.

46. Nasuhi , Gh. Kushki, M., 1380. Tomato in the greenhouse. First Edition. Razavi's print. Esfahan. (In Persian Journal)
47. O'Carrigan, A., E. Hinde, N. Lu, X.Q. Xu, H. Duan, G. Huang, M. Mak, B. Bellotti, and and Z.H. Chen., . Effects of light irradiance on stomatal regulation and growth of tomato. Environ. . Bot, 2014. **98**(65-73).

48. OHASHI-KANEKO, K., et al., Growth of rice plants under red light with or without supplemental blue light. Soil Science & Plant Nutrition, 2006. **52**(4): p. 444-452.

49. Okamoto, K., et al. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source. in International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems 440. 1996.
50. Papadopoulos, A.P., Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. Canadian Journal of Plant Science, 2003. **83**(4): p. 903-912.
51. Pimpini, F., et al., Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the quality of crops. The Journal of Agricultural Science, 1992. **118**(2): p. 215-221.
52. Radin, J.W., Stomatal responses to water stress and to abscisic acid in phosphorus-deficient cotton plants. Plant physiology, 1984. **76**(2): p. 392-394.
53. Robichaux, M. B. 2008. The effect of calcium or silicon on potted miniature roses orpoinsettias. MSc Thesis, Louisiana State University.
54. Royers, D.L, Berner, R.A. Montan, I.P. Tabor, N.J. Beerling, D.J. 2004. CO2 as a primary driver of Phanerozoic climate. *GSA Today, 14(3): 4‑10.*
55. Rees, A.R., Ornamental bulbs, corms and tubers. 1992: CAB international.
56. Ruiz, J.M., et al., Role of Ca2+ in the metabolism of phenolic compounds in tobacco leaves (Nicotiana tabacum L.). Plant Growth Regulation, 2003. **41**(2): p. 173-177.
57. Schuerger, A.C., C.S. Brown, and E.C. Stryjewski, Anatomical features of pepper plants (Capsicum annuum L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. Annals of Botany, 1997. **79**(3): p. 273-282.
58. Singh, D., et al. Enhanced tolerance of high-p plants to environmental stresses is related to primary root diameter and potential root hydraulic conductivity for water and nutrient uptake. in Solutions for a better environment Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference Geelong Victoria Australia. 2003.
59. Singh, V., C.K. Pallaghy, and D. Singh, Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress: II. Water relations, free and bound water and leaf expansion rate. Field crops research, 2006. **96**(2): p. 199-206.
60. Şükran, D., T. GÜNEŞ, and R. Sivaci, Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Turkish Journal of Botany, 1998. **22**(1): p. 13-18.
61. Taragola, N. and D. Van Lierde. Competitive strategies in the sector of greenhouse tomato production in Belgium. in XXV International Horticultural Congress, Part 14: Horticultural Economics at Micro and Macro Level, International Trade and 524. 1998.
62. Turnbull, T.L., C.R. Warren, and M.A. Adams, Novel mannose-sequestration technique reveals variation in subcellular orthophosphate pools do not explain the effects of phosphorus nutrition on photosynthesis in Eucalyptus globulus seedlings. New phytologist, 2007. **176**(4): p. 849-861.
63. Urbonavičiūtė, A., et al., Effect of short-wavelength light on lettuce growth and nutritional quality. Sodininkystė ir daržininkystė, 2007. **26**: p. 157-165.
64. Warren, C.R., How does P affect photosynthesis and metabolite profiles of Eucalyptus globulus? Tree physiology, 2011. **31**(7): p. 727-739.
65. Whitelam, G.a.K.H., Light and plant development. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 2007.
66. Wissuwa, M., G. Gamat, and A.M. Ismail, Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitations? Journal of Experimental Botany, 2005. **56**(417): p. 1943-1950.
67. Xiaoying, L., et al., Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). African Journal of Biotechnology, 2012. **11**(22): p. 6169-6177.
68. XiaoYing, L., et al., Regulation of chloroplast ultrastructure, cross-section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light irradiations of light-emitting diodes. HortScience, 2011. **46**(2): p. 217-221.
69. Xu, Y., et al., The research on LED supplementary lighting system for plants. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2016. **127**(18): p. 7193-7201.

70. Yamanouchi, M., The effects of phosphorus, potassium, calcium, magnesium and iron on the absorption and translocation of boron in several crops grown at a high concentration of boron. Journal of the Science of Soil and Manure, Japan, 1980. **51**(2): p. 126-130.
71. Yang, L., et al., Effects of partial root-zone irrigation on physiology, fruit yield and quality and water use efficiency of tomato under different calcium levels. Agricultural Water Management, 2012. **104**: p. 89-94.
72. Yorio, N.C., et al., Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. HortScience, 2001. **36**(2): p. 380-383.
73. Yorio, N.C., et al., Blue light requirements for crop plants used in bioregenerative life support systems. Life Support & Biosphere Science, 1998. **5**(2): p. 119-128.
74. Zhang, S., et al., Sexually different physiological responses of Populus cathayana to nitrogen and phosphorus deficiencies. Tree physiology, 2014. **34**(4): p. 343-354.

Improving the Growth and Yield of Tomato (Lycopersicum esculentum Cv. 240) under the Cover of Supplementary Light and Dissolve Phosphorus and Calcium

Introduction: As an artificial light source, LED bulbs can help to grow better and faster greenhouse products. Meanwhile, blue and red light are important for plant growth. The quality of light in terms of color and wavelength can affect the morphological structure of the plants. Therefore, the use of additional lights in winter, when light exposure is less than normal, can improve plant growth and flowering. It is also advisable to change the quality of light by using artificial light sources in controlled environments such as greenhouses in order to change the quantity and quality of agricultural products, especially the fruits of the fruit.

Materials and Methods: In this research, the effect of complementary light and nutrition (commercial Calfomyth solution containing high calcium phosphorus and calcium elements along with micronutrient elements) as a pot experiment under non-soil culture conditions in the greenhouse, in the form of split-based plots experiment A completely randomized design with 3 light treatments including: natural light (control), 60% red light + 40% light blue and 90% red light + 10% blue light, and 2 nutritional treatments including: non-spraying with commercial fertilizer, Calfomyth and spraying A concentration of 2,000 in 3 replicates was established and implemented. The traits that were studied in this experiment are: 1- leaf number (count of leaves), 2- plant height by meter, with accuracy 0.01 m, 3- diameter with caliber with accuracy 0.01 mm, 4- Number of flowers (counting),

5- Time of flowering until the product reaches (counting the number of days), 6- Performance: Whole and red ripe fruits were planted and weighed separately from the total fruit weight Per plant was obtained in grams per plant. Statistical analysis was performed using JMP8 software and comparison of meanings was done using LSD test at 1% and 5% probability level.

Results and Discussion: The results showed that the application of additional light on fruit yield, stem diameter and plant height, yield time and leaf number ($p \leq 0.05$) were significant. Spraying with Calfomyth could have a significant effect on stem diameter and number of leaves. In the traits such as fruit yield, number of flowers and leaves, the interaction effect of feeding and supplementary light was also significant. The highest elevation was observed for 60% red + 40% blue (25.38 m) and the lowest for light control treatment (20.72 m). Also, the shortest arrival time was 90% red + 10% water treatment in 29 days and the maximum time to reach the product was 45 days. The highest number of leaves belonged to 60% red + 40% blue treatment, as well as spraying with Calfomyth (118), the highest number of flowers (50) was related to 90% red + 10% blue and Calfomyth treatment, and the smallest number (15) was related to control treatment. Also, the highest yield (3553 g of fruit per plant) was obtained in Calfomyth treatment with 90% red + 10% blue treatment and the lowest yield (434 g fruit per plant) The control was light and non-foliar treatment. Although light is an important source of photosynthesis, photosynthesis can also be related to a series of optical regulators and optical sensors. Blue and red light cause different optical sensors and expression of genes, each of which can have a positive or negative effect on plant growth and development. Therefore, it can be concluded that the presence of both wavelengths (blue and red) is necessary for conducting, and for this reason, more research is now focused on achieving an appropriate optical composition.

Conclusions: In this research, all of the morphological traits examined in the tomato plant were subjected to additional exposure by LED bulbs, each of which had a special effect on their receptors in the plant. Maximize growth and yield in the plant. As expected, blue light on vegetative traits and red light were more effective on reproductive traits. It can be said that the existence of both wavelengths (blue and red) is essential for the better and complete growth of the plant. In addition to the positive effect of wavelengths, the positive effect of leaf spraying can also be observed, which, along with the neodymium, could improve

growth. The results of this study showed that the performance and growth under the cover of LED light (red and blue combination) were superior to natural conditions. Therefore, it could be suggested that the use of these lamps, as well as spraying with Calfomyth commercial fertilizer, could be feasible for better production in controlled conditions (greenhouse).It seems that application of complementary lights with proper nutrition can improve the performance and growth of tomato plants in greenhouse conditions.
Keywords: Calfomyth, LED bulbs, calcium, wavelengths

نسخه پیش انتشار