مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

بررسی اثر پاکلوبوترازول وجیبرالین بر عملکرد، محتوی اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی فلفل دلمه (*Capsicum annuum*)

عالیه سرتک‌زاده[۱]، مهدی دادمهر[۲]، ابوالفصل توسلی[۳]* و عیسی پیری[۳]

[۱] ایران، زاهدان، دانشگاه پیام نور، گروه کشاورزی

[۲] ایران، تهران، دانشگاه پیام نور، گروه زیست شناسی

[۳] ایران، تهران، دانشگاه پیام نور، گروه کشاورزی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۰

چکیده

امروزه از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به‌عنوان محرک رشد در تولید گیاهان مختلف استفاده به‌عمل می‌آید. بدین منظور آزمایش گلخانه‌ای بصورت طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در این پژوهش از هفت تیمار شامل ۱- عدم مصرف تنظیم کننده رشد، ۲- مصرف کامل جیبرالین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، ۳- مصرف کامل پاکلوبوترازول (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، ۴- مصرف کامل جیبرالین + ۵۰ درصد پاکلوبوترازول، ۵- مصرف کامل جیبرالین + مصرف کامل پاکلوبوترازول، ۶- مصرف ۵۰ درصد جیبرالین + مصرف کامل پاکلوبوترازول و ۷- مصرف ۵۰ درصد جیبرالین + ۵۰ درصد پاکلوبوترازول استفاده شد. نتایج نشان داد که مصرف کامل پاکلوبوترازول همراه با مصرف کامل جیبرالین در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی) موجب بهبود عملکرد گیاه نظیر وزن تر و خشک بوته، تعداد و عملکرد میوه در هر بوته فلفل دلمه‌ای شد. کمترین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سوپر اکسید دیسموتاز و اسکوربات پراکسیداز کاربرد نیز از همین تیمار حاصل گردید. نتایج مقایسه جداگانه دو تنظیم کننده رشد استفاده شده در این آزمایش نیز حاکی از آن بود که در تمامی صفات مورد بررسی بجز ارتفاع بوته، کاربرد پاکلوبوترازول در مقایسه با جیبرالین تاثیرگذاری مطلوبتری را روی صفات فوق داشت. در این آزمایش کمترین میزان تمامی صفات مورد بررسی نیز بجز وزن هر میوه از تیمار شاهد حاصل گردید. همچنین هیچ یک از تنظیم کنندهای رشد گیاهی اثر معنی داری بر محتوی اسانس میوه گیاه نداشتند.

واژه های کلیدی: تنظیم کننده‌های رشد، فلفل، محتوی اسانس، میوه

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۱۸۴۳۲۴۹، پست الکترونیکی: A.tavassoli@pnu.ac.ir

مقدمه

فلفل با نام علمی *Capsicum annuum* از جمله سبزیجات مهم خانواده solanaceae می‌باشد (۳۶). با توجه به مقدار ویتامین C موجود در فلفل دلمه‌ای و سالادی که بعد از جعفری بیشترین مقدار را در بین سبزیجات داراست، از نظر فیزیولوژی تغذیه و افزایش مقاومت بدن بسیار با ارزش است. در میان گروه‌های فلفل زراعی دو گروه عمده وجود دارد، آن‌هایی که میوه ملایم یا شیرین تولید می‌کنند به نام فلفل‌های شیرین و آن‌هایی که دارای میوه تند هستند و به فلفل تند معروفند (۱۲). از فلفل می‌توان برای پیشگیری از ابتلاء به سرطان و حتی در درمان این بیماری استفاده کرد. تحقیقات نشان داده‌اند کپساسین موجود در فلفل، به عنوان یک ترکیب ضد سمی عمل کرده و مانع از فعالیت ترکیبات سرطان زا در بدن می‌شود و از تشکیل تومورهای بدخیم در بدن جلوگیری می‌کنند (۲). از

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

ترکیبات مهم میوه فلفل دلمه‌ای سبز می‌توان به ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین C و ۲۶۵ گرم بتاکاروتن در ۱۰۰ گرم میوه، بسیاری از اسیدهای آمینه شامل تریپتوفان (۰/۰۱۸ گرم)، ترئونین (۰/۰۵۴ گرم)، ایزولوسین (۰/۰۳۶ گرم)، لوسین (۰/۰۵۴ گرم)، لیزین (۰/۰۵۸ گرم)، متیونین (۰/۰۱ گرم)، سیستین (۰/۰۱۸ گرم) و فنیل آلانین (۰/۱۳۷ گرم) در ۱۴۹ گرم میوه و کربوهیدارت عمدتاً شامل گلوکز و فروکتوز (۹ گرم) در ۱۴۹ گرم از میوه این گیاه اشاره کرد. عصاره فلفل دلمه‌ای سبز نیز حاوی مقادیر فروانی از کپساسین، لئوتین و کورستین می‌باشد. همچنین از مهمترین خواص آن می‌توان مواردی نظیر ضد تهوع و آرام کننده، تسریع کننده جریان خون در دیواره معده و کاهنده کلسترول، بازکننده عروق و پیشگیری کننده از حوادث قلبی عروقی نام برد. ضمناً برای نفخ شکم، واریس پا، سوء هاضمه، آسم و ضعف عمومی بدن نیز مفید است. در استعمال خارجی به صورت ضماد تحلیل برنده ورم‌های روماتیسمی و ورم‌های حاصله از سرمازدگی و رطوبت‌زدگی از آن استفاده می‌شود (۳۶). باتوجه به نقش و اهمیت این گیاه امروزه کشت و زراعت آن به‌ویژه در شرایط گلخانه‌ای افزایش چشمگیری یافته و متعاقب آن توجه به بهبود عملکرد و سود اقتصادی آن بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۷).

گزارش شده است که با کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌توان عملکرد فلفل دلمه‌ای را افزایش داد (۱۵، ۱۶). پاکلوبوترازول (Paclobutrazol)، جیبرالین (Gibberellin)، اتفون (Etephon)، کلرمکوات کلرید (Chlormequat chloride)، مپیکوات (Mepiquat choride) و ترکیبات گوناگون حاصل از مواد مزبور نقش زیادی در تولید محصولات کشاورزی دارند. از موارد دیگر به کار گیری تنظیم کننده های رشد گیاهی، رسیدن به عملکرد بالقوه در گیاهان زراعی، و امکان اعمال تراکم های کشت بالا و مقادیر بیشتر کود های نیتروژن دار است (۱۳).

کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در دهه اخیر با توجه به گسترش کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است و از این رو باید در مدیریت تلفیقی محصولات کشاورزی نظیر گیاهان باغی مورد تحقیق قرار گیرد (۱۴). در این رابطه محمدی و همکاران (۱۳۹۴) به منظور مطالعه اثر اسید جیبرلیک بر گیاه فلفل دلمه‌ای نشان دادند که کاربرد اسید جیبرلیک سبب افزایش عملکرد بوته، تعداد میوه در بوته، بازار پسندی، قطر، وزن، ضخامت گوشت، سفتی بافت، وزن خشک میوه، محتوای اسید آسکوربیک، ظرفیت آنتی اکسیدانی، مقدار کلروفیل میوه، ارتفاع بوته، طول میانگره، سطح برگ و تعداد شاخه فرعی شد (۱۵). همچنین اسید جیبرلیک درصد پوسیدگی گلگاه و میزان آفتاب سوختگی میوه را کاهش داد. در مطالعه‌ای دیگر اعمال جیبرلین روی گیاه فلفل دلمه‌ای سبب بهبود رشد گیاه، افزایش سطح برگ، افزایش طول میانگره، افزایش رشد میوه، افزایش کیفیت و کاهش تلفات ناشی از عوارض فیزیولوژیکی شده است (۱۸، ۲۴). مرادمند و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که متیل جازمونات و سالیسیلیک اسید منجر به بهبود محتوی کلروفیل، میزان قندهای محلول و غلظت پرولین در گیاه فلفل دلمه‌ای شده است (۱۶). بر روی سایر سبزیجات، اقبال و همکاران (۲۰۲۰) افزایش عملکرد میوه بامیه در اثر مصرف پاکلوبوترازول (۲۳) و چن و همکاران (۲۰۲۱) افزایش عملکرد اندام اهوایی کاهو را در اثر مصرف جیبرلین گزارش کردند (۲۰). همچنین در تحقیقات مختلف افزایش عملکرد برخی از محصولات باغی نظیر بادام هندی (۳۲)، زبان گنجشک (۴۱)، گلابی (۱۷) و انبه (۳۸) را در اثر مصرف پاکلوبوترازول و گلابی (۳۱) و زیتوان (۱) در اثر مصرف جیبرلین گزارش گردید.

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر مواد تنظیم کننده رشد پاکلوبوترازول و جیبرالین بر رشد، عملکرد و محتوی اسانس میوه فلفل دلمه در شرایط کشت گلخانه انجام گرفته شده است.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

مواد و روشها

به منظور مطالعه خصوصیات رشدی فلفل دلمه‌ای، پژوهشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان اجرا گردید. شهر بندرعباس با طول جغرافیای ۵۶ درجه و ۲۶ دقیقه و طول شرقی، و ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۲۰-۰ متر از سطح دریا واقع شده است. این منطقه مطابق با اقلیم بندی کوپن دارای آب و هوای گرم و مرطوب می‌باشد. میانگین دما و بارش سالیانه آن به ترتیب ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۷۲/۴ میلی‌متر گزارش شده است.

جهت مشخص نمودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اقدام به کشت گلدان‌ها از خاک آن نمونه برداری انجام و به آزمایشگاه ارسال گردید (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیای خاک آزمایش

هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	نیتروژن کل (٪)	فسفرقابل جذب (ppm)	پتاس قابل جذب (ppm)	بافت خاک
۱/۱۴	۷/۲۱	۰/۲۴	۶/۹۳	۴۱۲	لومی

این تحقیق در داخل گلخانه و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی متشکل از کاربرد تنظیم کننده‌های رشد جیبرالین و پاکلوبوترازول بصورت هفت تیمار شامل G_0P_0: عدم مصرف تنظیم کننده رشد، $G_{100}P_0$: مصرف کامل جیبرالین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، G_0P_{150}: مصرف کامل پاکلوبوترازول (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، $G_{100}P_{75}$: مصرف کامل جیبرالین + ۵۰ درصد پاکلوبوترازول، $G_{100}P_{150}$: مصرف کامل جیبرالین + مصرف کامل پاکلوبوترازول، $G_{50}P_{150}$: مصرف ۵۰ درصد جیبرالین + مصرف کامل پاکلوبوترازول و $G_{50}P_{75}$: مصرف ۵۰ درصد جیبرالین + ۵۰ درصد پاکلوبوترازول انتخاب گردیدند.

برای تولید نشاءهای با کیفیت فلفل دلمه‌ای، از بذور فلفل دلمه‌ای سبز رقم کالیفرنیا واندر (California wonder) استفاده شد. قبل از کاشت جهت سهولت در جوانه زنی، بذرها به مدت چند ساعت در آب خیس گردید. پس از آماده سازی سینی نشاء بذر، سینی نشاء را از خاک حاصلخیز و مرغوب پر شد و در جای گرم با دمای مناسب ۲۱ تا ۲۶ درجه سانتی گراد که در مجاورت نور خورشید بود قرار گرفت. سطح خاک به طور مداوم آب پاشی شد تا خشک نشود. برای کاشت فلفل دلمه‌ای در گلدان زمانی که جوانه دارای سه الی چهار برگ کامل شد، گیاه از سینی نشاء به گلدان‌ها انتقال یافت. در هنگام انتقال نشاءها جهت سهولت در انتقال و رشد مناسب‌تر گیاهچه‌های نشاء شده بستر گلدان‌ها مرطوب گردید. در این آزمایش از گلدان‌هایی به حجم ۵ لیتر با قطر دهانه ۲۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. محیط کشت پایه شامل سه قسمت خاک مزرعه و یک قسمت ماسه بود. برای تهیه خاک مزرعه از زمین آیش چند ساله به دلیل عاری بودن از هر گونه مواد شیمیایی، استفاده گردید. در هر گلدان ۳ گیاه نشاء گردید. فاصله بین گیاهان در گلدان حداقل ۵ سانتی-متر در نظر گرفته شد. با توجه به اقلیم منطقه، در طول دوره رشد گیاه میزان رطوبت نسبی گلخانه حدود ۷۵ الی ۸۰ درصد و دما بین ۲۱ الی ۲۶ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید.

عملیات داشت شامل آبیاری، وجین و محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بود. آبیاری تمام گلدان‌ها به صورت غرقابی و بطور مساوی در هر ۴ روز یکبار انجام شد. وجین در صورت مشاهده علف هرز به فراخور نیاز انجام گرفت. محلول پاشی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرالین

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

و پاکلوبوترازول مطابق با تیمارهای آزمایشی سه مرتبه در طول دوره رشد به ترتیب در زمان انتقال نشاءها، تولید جوانه گل و ابتدای مرحله میوه‌دهی انجام گرفت. پس از گذشت چهار ماه از انتقال نشاءها و رسیدن چین اول میوه-ها به منظور اندازه گیری برخی صفات مورفولوژیک و همچنین عملکرد گیاه برداشت صورت گرفت. بدین منظور از هر بوته موجود در هر گلدان صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و خشک بوته، تعداد میوه در هر بوته، عملکرد میوه در هر بوته، وزن هر میوه، درصد اسانس میوه و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسوتاز و آسکوربات پراکسیداز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه گیری اسانس به روش هاندا و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد (۲۶). برای این منظور یک نمونه ۵۰ گرمی از میوه فلفل دلمه ای خشک و آسیاب شده تهیه می‌شود. در بالون ژوژه پودر آسیاب شده ریخته میشود و پس ازآن تا دوسوم حجم بالون از آب مقطر پر می‌شود. دلیل استفاده از آب مقطر نیز بدین منظور است که بدون املاح است و تحت تاثیر حرارت، روی اسانس تاثیر نمی گذارد. سپس کلونجر را به بالون ژوژه حاوی مواد مورد نظر متصل کرده و خود کلونجر با گیره و پایه به جای ثابتی محکم می شود. برای به حداقل رساندن اتلاف حرارتی، لوله کلونجر را که قبل از مبرد قرار دارد و محل عبور بخارآب است، باید با عایق پوشانده شود. پس از آن منبع حرارت روشن شده و بعد از به جوش آمدن محلول اولین قطرات اسانس استخراج می-گردد. اسانس به دلیل ترکیبات خود معمولاً دارای چگالی کمتر از آب است و به همین خاطر روی آب قرار می‌گیرد. در خاتمه کار برای جمع آوری اسانس، شیر خروجی کلونجر را با احتیاط باز کرده تا آب خارج شده و اسانس را داخل بطری‌های کوچک که از قبل با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شده بودند، جمع آوری نمود. سپس این بطری‌ها را با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن کرده و درصد وزنی اسانس در صد گرم نمونه خشک محاسبه شد. سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش جیانوپولیتیس و ریس (۱۹۷۷) و با استفاده از سنجش مهار احیاء نوری متیل تیازول تترازولیوم در طول موج ۵۶۰ نانومتر انجام گرفت (۲۵). بدین منظور ابتدا محلول بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار با pH برابر با ۷/۴ تهیه شد. سپس برای تهیه مخلوط واکنش به ترتیب متیونین ۱۳ میلی‌مولار، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، MTT ۷۵ میلی‌مولار و ریبوفلاوین ۴ میکرومولار اضافه شد. از هر نمونه عصاره ۱۰۰ میکرولیتر در هر لوله آزمایش ریخته و ۳ میلی‌لیتر از محلول فوق به آن اضافه گردید و با قرار دادن آن‌ها تحت روشنایی لامپ فلورسنت (W ۴۰) واکنش آغاز گردید. پس از گذشت ۱۵ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000 کمپانی HACH آمریکا) قرائت شد. به عنوان شاهد ۳ میلی‌لیتر از محلول فوق که فاقد عصاره بود در شرایط تاریکی (بدون نور) تهیه و دستگاه با آن صفر شد. برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز علاوه بر این شاهد نیاز به نمونه کنترل نیز بود. این نمونه که شاهد روشنایی نامیده شد، شامل ۳ میلی‌لیتر از محلول واکنش است که زیر نور فلورسنت قرار گرفت. میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در نمونه‌ها در مقایسه با شاهد روشنایی سنجیده شد. به دلیل عدم وجود آنزیم در شاهد روشنایی، احیاء MTT در حضور نور به‌طور صد در صد انجام گرفت. میزان جذب نمونه شاهد در ۵۶۰ نانومتر نشان دهنده صد در صد احیاء نوری MTT است و نیمی از آن معادل یک واحد آنزیمی می‌باشد. اختلاف جذب نمونه‌ها و شاهد روشنایی در نانومتر نشان دهنده مهار احیاء نوری MTT در حضور آنزیم سوپراکسید دیسموتاز موجود در نمونه بود. با استفاده از این اختلاف جذب، واحد آنزیمی نمونه ها محاسبه و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد آنزیم به ازای هر میلی‌گرم پروتئین برای همه نمونه‌ها محاسبه شد (۳). گفتنی است سوپراکسید دیسموتاز آنزیمی است که واکنش گسست ناهمگن (و یا تجزیه و تفکیک) رادیکال سوپراکسید (O_2^-) را، به مولکول اکسیژن معمولی (O_2) یا هیدروژن پراکسید

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

(H_2O_2) کاتالیزه و تسهیل می‌کند. سوپراکسید یک محصول فرعی و ثانویه متابولیسم اکسیژن است و اگر تحت کنترل نباشد، موجب بروز انواع متفاوتی از آسیب‌های سلولی می‌گردد. هیدروژن پراکسید یا همان آب اکسیژنه هم برای سلول زیان‌آور است و توسط آنزیم‌های دیگری همچون کاتالازها تجزیه می‌شود؛ بنابراین سوپراکسید دیسموتاز، یکی از انواع مهم سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان است و تقریباً در تمامی سلول‌هایی که در معرض اکسیژن قرار دارند، وجود دارد (۲۷). سنجش فعالیت آسکوربات پراکسیداز نیز به روش ناکانو و آسادا (۱۹۸۱) و براساس اکسیداسیون آسکوربیک اسید و کاهش در جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد (۳۳). در این روش مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار با pH برابر با ۷/۴، آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار، آب اکسیژنه ۰/۱ میلی‌مولار، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار و ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آسکوربات براساس اکسیداسیون آسکوربیک اسید و کاهش در جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000 کمپانی HACH آمریکا) به مدت یک دقیقه اندازه گیری شد. سپس فعالیت آنزیم بر حسب واحد آنزیم به ازای هر میلی‌گرم پروتئین برای همه نمونه ها محاسبه شد (۳). در رابطه با آنزیم آسکوربات پراکسیداز می‌توان به نقش مهم آن به عنوان سیستم دفاعی گیاهان در برابر تنش‌های مختلف اشاره کرد. آسکوربات پراکسیداز یکی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو است که نقش کلیدی دارد. این آنزیم یک پروتئین متصل به گروه پروستیک هِم است که در آن آهن نقش مهمی را در جایگاه کاتالیتیکی ایفا می‌کند. آنزیم آسکوربات پراکسیداز نقش مهمی را در تنظیم غلظت هیدروژن پراکسید در سلول‌ها دارد و هیدروژن پراکسید را به عنوان ماده مضر برای گیاهان تجزیه می‌کند. تجزیه آسکوربات پراکسید از مسیر آسکوربات گلوتاتیون در گیاهان صورت می‌گیرد. آسکوربات به عنوان دهنده الکترون عمل می‌کند و نقش حفاظتی در برابر تنش اکسیداتیو دارد (۲۱).

در پایان آزمایش داده‌ها حاصل با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

ارتفاع بوته: تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر ارتفاع بوته فلفل دلمه‌ای معنی دار است (جدول ۲). مطابق با جدول مقایسه میانگین بیشترین ارتفاع بوته از مصرف کامل جیبرالین (۱۰۰ میلی-گرم در لیتر) ($G_{100}P_0$) با میانگین ۱۰۱/۲۲ سانتی‌متر حاصل شد، البته تفاوت معنی داری بین این تیمار با مصرف کامل جیبرالین + مصرف ۵۰ درصد پاکلوبوترازول ($G_{100}P_{75}$) مشاهده نگردید. کمترین مقدار ارتفاع بوته نیز با میانگین ۷۲/۳۴ سانتی‌متر از تیمار مصرف کامل پاکلوبوترازول (G_0P_{150}) حاصل گردید (جدول ۳).

قطر ساقه: اثر تنظیم کننده‌های رشد جیبرالین و پاکلوبوترازول بر قطر ساقه فلفل دلمه‌ای معنی دار بود (جدول ۲). همانطور که در جدول مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده می‌شود در مقایسه با تیمار شاهد (G_0P_0) که قطر ساقه‌ای برابر ۷/۲۸ میلی‌متر دارد، قطورترین ساقه‌های فلفل دلمه‌ای با میانگین ۱۱/۹۱ میلی‌متر در اثر کاربرد کامل پاکلوبوترازول (G_0P_{150}) حاصل گردید. هنگامی که تنظیم کننده رشد گیاهی جیبرالین به پاکلوبوترازول اضافه می-گردد به‌تدریج از میزان قطر ساقه کاسته شده و در تیمار مصرف کامل جیبرالین و بدون کاربرد پاکلوبوترازول ($G_{100}P_0$) کمترین قطر ساقه فلفل دلمه‌ای با میانگین ۶/۹۲ میلی‌متر مشاهده می‌گردد (جدول ۳).

وزن تر و خشک بوته: اثر تنظیم کننده‌های رشد جیبرالین و پاکلوبوترازول بر وزن تر و خشک بوته فلفل دلمه‌ای معنی دار بود (جدول ۲). مطابق با مقایسه میانگین تیمارها،

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

بیشترین وزن تر و خشک بوته به ترتیب با میانگین‌های ۳۹۵۴/۷۲ و ۱۸۷۹/۲۶ گرم در بوته از تیمار مصرف کامل پاکلوبوترازول و مصرف کامل جیبرالین بدست آمد ($G_{100}P_{150}$) (جدول ۳). در مقایسه با تیمار شاهد (G_0P_0) کاربرد به تنهایی جیبرالین ($G_{100}P_0$) تاثیر چندانی بر وزن تر و خشک بوته نداشت اما مصرف کامل پاکلوبوترازول (G_0P_{150}) برتری محسوسی برای صفات وزن تر و خشک بوته در مقایسه با تیمارهای شاهد و کاربرد جیبرالین داشت. کمترین میزان وزن تر و خشک بوته فلفل دلمه‌ای نیز به ترتیب با میانگین‌های ۲۹۹۱/۶۵ و ۱۳۱۰/۸۴ گرم در بوته تیمار شاهد (G_0P_0) حاصل گردید (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رویشی فلفل دلمه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن تر بوته	وزن خشک بوته
		میانگین مربعات			
تیمار	۶	۱۵/۸۳**	۶/۴۲**	۱۴۷۴/۰۳**	۱۰۰۲/۹۳**
اشتباه آزمایشی	۲۱	۰/۵۱	۰/۰۹	۸۳/۴۶	۳۷/۴۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۷/۲۵	۶/۴۳	۴/۹۱	۳/۸۹

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن می‌باشد

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرالین و پاکلوبوترازول بر صفات رویشی فلفل دلمه‌ای

تیمار		ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	وزن تر بوته (g/plant)	وزن خشک بوته (g/plant)
مقدار جیبرالین (mg/l) (به اختصار G)	مقدار پاکلوبوترازول (mg/l) (به اختصار P)				
۰	۰	۸۵/۴۳ b	۷/۲۸ b	۲۹۹۱/۶۵ d	۱۳۱۰/۸۴ c
۱۰۰	۰	۱۰۱/۲۲ a	۶/۹۲ b	۳۰۱۸/۱۶ d	۱۳۵۳/۴۱ c
۱۰۰	۷۵	۹۸/۸۳ a	۷/۴۱ b	۳۰۹۱/۰۸ d	۱۳۷۹/۹۳ c
۱۰۰	۱۵۰	۸۷/۵۶ b	۹/۷۲ ab	۳۹۵۴/۷۲ a	۱۸۷۹/۲۶ a
۵۰	۱۵۰	۸۱/۸۴ b	۱۱/۰۶ a	۳۵۶۸/۴۲ b	۱۶۰۲/۷۰ b
۵۰	۷۵	۸۶/۴۸ b	۷/۵۳ b	۳۰۰۴/۲۲ d	۱۳۱۸/۴۹ c
۰	۱۵۰	۷۲/۳۴ c	۱۱/۹۱ a	۳۲۴۷/۹۹ c	۱۵۰۰/۰۴ b

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نمی باشند.

تعداد میوه و عملکرد میوه در بوته: باتوجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر تنظیم کننده‌های رشد جیبرالین و پاکلوبوترازول بر صفات تعداد میوه و عملکرد میوه در بوته فلفل دلمه‌ای معنی دار بود (جدول ۴). مطابق با نتایج وزن تر و خشک بوته، بیشترین تعداد میوه و عملکرد میوه در بوته به ترتیب با میانگین‌های ۲۹/۰۸ عدد و ۴۰۰۱/۰۲ گرم در بوته از تیمار مصرف کامل پاکلوبوترازول و مصرف کامل جیبرالین ($G_{100}P_{150}$) حاصل شد (جدول ۵). همچنان که در وزن تر و خشک بوته مشاهده گردید مصرف به تنهایی پاکلوبوترازول (G_0P_{150}) نیز برای دو صفت فوق برتری قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با تیمار شاهد (G_0P_0) و کاربرد تنهای جیبرالین ($G_{100}P_0$) داشت. بین مصرف کامل جیبرالین ($G_{100}P_0$) و تیمار شاهد (G_0P_0) نیز تفاوت آماری معنی داری برای صفات تعداد میوه و عملکرد میوه در بوته مشاهده نشد. کمترین میزان تعداد میوه و عملکرد میوه در

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

بوته نیز به ترتیب با میانگین‌های ۲۲/۹۴ عدد و ۳۰۳۶/۷۵ گرم در بوته از تیمار شاهد (G_0P_0) حاصل شد (جدول ۵).

وزن هر میوه: مطابق با تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تنظیم کننده‌های رشد جیبرالین و پاکلوبوترازول بر وزن هر میوه معنی دار بود (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین تیمارها، مصرف کامل پاکلوبوترازول (G_0P_{150}) به نسبت تیمار شاهد (G_0P_0) و همچنین مصرف کامل جیبرالین ($G_{100}P_0$) میوه‌هایی با وزن کوچکتر تولید کرد. البته در رابطه با این صفت بین تیمار مصرف کامل پاکلوبوترازول (G_0P_{150}) با تیمارهای مصرف کامل هر دو تنظیم کننده رشد ($G_{100}P_{150}$)، و مصرف کامل پاکلوبوترازول و ۵۰ درصد جیبرالین ($G_{50}P_{150}$) تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در رابطه با تیمار مصرف کامل جیبرالین ($G_{100}P_0$) نیز مشاهده شد که اگرچه کاربرد این تنظیم کننده رشد در مقایسه با شاهد (G_0P_0) میوه‌های کوچکتری حاصل نمود اما این تفاوت بین این دو تیمار معنی دار نبود (جدول ۵). با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق چنین استنباط می‌شود که رابطه معکوسی بین تعداد میوه در بوته و وزن هر میوه وجود دارد. بطوریکه دقیقاً در تیمارهایی که بیشترین تعداد میوه در بوته مشاهده شد وزن هر میوه در بوته به طور محسوسی کاهش یافت.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات زایشی فلفل دلمه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد میوه در بوته	وزن هر میوه	عملکرد میوه
		میانگین مربعات		
تیمار	۶	۱۳/۲۷**	۳۹/۹۱**	۱۵۲۸/۲۹**
اشتباه آزمایشی	۲۱	۰/۴۴	۱/۰۲	۷۷/۰۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۸۴	۷/۸۳	۵/۹۹

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن می‌باشد

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرالین و پاکلوبوترازول بر صفات زایشی فلفل دلمه‌ای

تیمار		تعداد میوه در بوته	وزن هر میوه (گرم)	عملکرد میوه (گرم در بوته)
مقدار جیبرالین (mg/l) (به اختصار G)	مقدار پاکلوبوترازول (mg/l) (به اختصار P)			
۰	۰	۲۲/۹۴ c	۱۳۸/۲۴ a	۳۰۳۶/۷۵ d
۱۰۰	۰	۲۳/۰۸ c	۱۳۶/۹۱ a	۳۱۵۱/۳۹ d
۱۰۰	۷۵	۲۴/۴۸ b	۱۳۳/۲۹ b	۳۲۰۱/۶۶ cd
۱۰۰	۱۵۰	۲۹/۰۸ a	۱۳۱/۸۵ c	۴۰۰۱/۰۲ a
۵۰	۱۵۰	۲۶/۴۲ b	۱۳۴/۸۳ b	۳۵۱۰/۹۴ b
۵۰	۷۵	۲۳/۹۱ bc	۱۳۵/۷۹ ab	۳۲۶۴/۲۵ cd
۰	۱۵۰	۲۵/۷۳ b	۱۳۳/۹۲ b	۳۳۵۰/۶۸ c

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نمی باشند.

محتوی اسانس میوه: در این آزمایش اثر تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرالین و پاکلوبوترازول بر محتوی اسانس میوه معنی دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد اگرچه

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

محتوی اسانس میوه را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۷). در تحقیق صلواتی و همکاران (۱۳۸۹) نیز مشاهده گردید که پاکلوبوترازول نتوانست اثر معنی داری بر محتوی اسانس گیاه نعناع فلفلی داشته باشد (۹).

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سوپر اکسید دیسموتاز و اسکوربات پراکسیداز: اثر تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرالین و پاکلوبوترازول بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد در مقایسه با عدم استفاده از این تنظیم کننده‌ها سبب کاهش قابل توجه فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی شد بطوریکه کمترین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از مصرف کامل پاکلوبوترازول و جیبرالین ($G_{100}P_{150}$) حاصل گردید البته بین این تیمار با تیمارهای مصرف کامل پاکلوبوترازول و ۵۰ درصد جیبرالین ($G_{50}P_{150}$) و مصرف کامل پاکلوبوترازول و بدون کاربرد جیبرالین (G_0P_{150}) تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد. تیمار بدون کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نیز منجر به بیشترین فعالیت آنزیم-های آنتی اکسیدانی گردید و بین این تیمار با سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت آماری معنی داری مشاهده شد (جدول ۷).

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات کیفی فلفل دلمه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوی اسانس	سوپر اکسید دیسموتاز	اسکوربات پراکسیداز
		میانگین مربعات		
تیمار	۶	۹/۰۲^{ns}	۴/۸۹*	۶/۲۵*
اشتباه آزمایشی	۲۱	۳/۷۱	۰/۷۱	۱/۵۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/۰۳	۳/۱۸	۵/۲۲

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار بودن می‌باشد

جدول ۷- مقایسه میانگین تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرالین و پاکلوبوترازول بر صفات زایشی فلفل دلمه‌ای

تیمار		محتوی اسانس (٪)	سوپر اکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	اسکوربات پراکسیداز (میلی‌مول اکسیداسیون آسکوربات بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
مقدار جیبرالین (mg/l) (به اختصار G)	مقدار پاکلوبوترازول (mg/l) (به اختصار P)			
۰	۰	۱۴/۲۳ a	۱۳/۰۵ a	۱۷/۵۵ a
۱۰۰	۰	۱۴/۱۶ a	۸/۲۷ b	۱۳/۷۰ b
۱۰۰	۷۵	۱۳/۹۳ a	۷/۹۵ b	۱۱/۳۲ c
۱۰۰	۱۵۰	۱۳/۷۹ a	۲/۱۴ d	۷/۸۸ d
۵۰	۱۵۰	۱۳/۸۳ a	۲/۶۹ d	۸/۴۳ cd
۵۰	۷۵	۱۴/۰۹ a	۴/۸۱ c	۹/۱۱ c
۰	۱۵۰	۱۴/۰۴ a	۲/۳۵ d	۸/۲۱ cd

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نمی باشند.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

همبستگی صفات مورد بررسی فلفل دلمه: در این تحقیق، همبستگی بین صفات مورد بررسی فلفل دلمه نشان داد که همبستگی مثبت و معنی داری بین ارتفاع بوته با وزن تر و خشک بوته، تعداد میوه در هر بوته، وزن هر میوه و عملکرد میوه وجود داشت. همچنین بین ارتفاع بوته با قطر ساقه همبستگی مثبت اما غیر معنی داری مشاهده گردید. قطر ساقه نیز همبستگی مثبت و معنی داری با تمامی صفات مورد بررسی نشان داد و تنها با دو صفت ارتفاع بوته و وزن هر میوه رابطه مثبت اما غیر معنی داری داشت. وزن تر و خشک بوته نیز با تمام صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی داری نشان دادند. تعداد میوه در بوته نیز با تمام صفات مورد بررسی رابطه مثبت و معنی دار داشت و تنها با صفت وزن هر میوه رابطه منفی و معنی داری ایجاد کرد. در واقع تنها رابطه منفی و معنی دار بین تمام صفات مورد بررسی بین همین دو صفت ایجاد گردید (جدول ۸).

عملکرد میوه گیاه نیز که به عنوان مهمترین صفت مورد بررسی این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت و در واقع جزء اقتصادی گیاه محسوب می‌گردد با تمام صفات رابطه مثبت و معنی داری نشان داد. در بین تمام صفات مورد بررسی نیز بیشترین همبستگی بین عملکرد میوه با تعداد میوه در بوته (r = ۰/۹۴) مشاهده گردید و پس از آن وزن هر میوه (r = ۰/۹۰) در جایگاه بعدی آماری قرار گرفت. در واقع در تحقیق حاضر مشخص شد که تعداد میوه در بوته نقش مهمتری از وزن هر میوه در افزایش عملکرد ایفا می‌نماید (جدول ۸).

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی فلفل دلمه

صفات	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	تعداد میوه در بوته	وزن هر میوه	عملکرد میوه
ارتفاع بوته	۱						
قطر ساقه	۰/۳۹	۱					
وزن تر بوته	۰/۸۶**	۰/۷۷**	۱				
وزن خشک بوته	۰/۸۱**	۰/۷۵**	۰/۹۱**	۱			
تعداد میوه در بوته	۰/۶۲*	۰/۵۳*	۰/۵۴*	۰/۵۵*	۱		
وزن هر میوه	۰/۶۶*	۰/۴۰	۰/۵۶*	۰/۶۲*	-۰/۵۲*	۱	
عملکرد میوه	۰/۶۳*	۰/۵۵*	۰/۷۳**	۰/۷۸**	۰/۹۴**	۰/۹۰**	۱

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج آزمایش مشاهده شد اسید جیبرلیک با تحت تأثیر قرار دادن فرایندهای سلولی از جمله تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول ها سبب افزاش رشد رویشی می‌گردد (۴۰، ۴۳). یکی از بارزترین اثر جیبرلین‌ها افزایش ارتفاع ساقه از طریق طویل ساختن فواصل میانگره است. در آزمایشی مشاهده شد محلوپاشی جیبرلین بر روی شاخساره گیاهان پاکوتاه که به دلایل ارثی فاقد قدرت تولید جیبرلین کافی می‌باشند باعث طویل شدن ساقه و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۵). جیبرلین‌ها با افزایش کشش دیواره سلولی یعنی انبساط دیواره از طریق هیدرولیز نشاسته به قند که کاهش پتانسیل آب سلول را بدنبال دارد سبب ورود آب به درون سلول و طویل شدن سلول می‌گردد (۱۳). همچنین جیبرلین ها با تحریک سلول های موجود در فاز G1 برای ورود به فاز S و کوتاه کردن فاز S سبب تسریع تقسیم

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

سلولی می‌شوند. جیبرلیک اسید سبب افزایش پلاستیسیتی دیواره سلولی نیز می‌شود. این مسئله می‌تواند بدلیل اسیدی شدن دیواره سلولی یا در نتیجه جذب یون کلسیم به درون سیتوپلاسم باشد (۱، ۱۹). پرز- خیمنز و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی بر روی فلفل دلمه‌ای گزارش کردند کاربرد تنظیم کننده رشد جیبرلین بصورت محلول پاشی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) سبب افزایش معنی دار ارتفاع بوته و عملکرد میوه گردید (۳۵). همچنین در برخی تحقیقات ثابت شده است که اسید جیبرلیک فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز- اکسیژناز (رابیسکو) که آنزیم عمده فتوسنتزی در گیاهان است، را افزایش می‌دهد (۱۰، ۱۱، ۱۳). تحقیقات بر روی دو رقم توت فرنگی نشان داده است که کاربرد برگی جیبرلین و پاکلوبوترازول موجب افزایش فتوسنتز می‌شود که این امر می تواند بدلیل افزایش سطح برگ یا افزایش آهنگ فتوسنتز در واحد سطح برگ باشد که نتیجه آن افزایش وزن خشک گیاه را به دنبال دارد. همچنین تسریع در جذب آب بوسیله گیاه موجب افزایش وزن تر می شود (۴). همچنین شارما و سینگ (۲۰۰۹) یافتند اسید جیبرلیک منجر به حصول بیشترین تعداد گل در هر بوته و بیشترین درصد تشکیل میوه توت فرنگی می‌گردد (۳۷).

پاکلوبوترازول یکی از مهمترین و کاربردی‌ترین ترکیبات گروه تریازول‌ها است که به منظور کاهش رشد رویشی و افزایش میزان کلروفیل گیاه در گیاهان استفاده می‌شود (۶). پاکلوبوترازول با ممانعت از سنتز و کاهش سطح جیبرالین میزان تقسیم شدن سلولی در صفحات مریستمی را کاهش داده که به دنبال آن کاهش رشد رویشی گیاه را بدنبال دارد (۶، ۸). از طرفی پاکلوبوترازول با افزایش مقدار کلروفیل a و b گیاه، مقدار کل مواد فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد (۴۲). خلیل (۱۹۹۵) گزارش کرد که پاکلوبوترازول باعث افزایش تعداد کلروپلاست‌ها در واحد سطح برگ در غلات می‌شود (۲۹). صلواتی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که پاکلوبوترازول با افزایش تولید مواد کربوهیدراتی منجر به افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی نعناع فلفلی می‌گردد (۹). جمالیان و همکاران (۲۰۰۸) نیز افزایش عملکرد توت فرنگی رقم سلوا در اثر کاربرد پاکلوبوترازول را گزارش کردند (۲۸). دیتون و همکاران (۱۹۹۱) نیز نشان دادند بیشترین عملکرد توت فرنگی از تیمار محلول‌پاشی ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول حاصل می‌گردد (۲۲). نتایج تحقیق نیشیزاوا (۱۹۹۳) نیز حاکی از افزایش عملکرد توت فرنگی در اثر کاربرد پاکلوبوترازول بود (۳۴). همچنین، وی نشان داد که پاکلوبوترازول با افزایش کربوهیدرات غیر ساختاری، و تغییر مسیر مواد فتوسنتزی ساخته شده در برگ‌ها و ساقه‌های رونده به سمت طوقه، افزایش گل انگیزی را باعث می‌شود. همچنین گزارش شده است پاکلوبوترازول با افزایش مواد فنولی جوانه انتهایی، نسبت آوند آبکش به چوبی ساقه راتغییر می‌دهد. این تغییر سبب محدودیت رشد رویشی و بالابردن گل‌دهی و تغییر مسیر مواد فتوسنتزی به سمت میوه و ریشه می‌گردد (۳۰).

در رابطه با نقش تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، سریواستاو و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند مصرف پاکلوبوترازول موجب کاهش شدید فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سوپر اکسید دیسموتاز گیاه انبه می‌گردد (۳۸). در تحقیقی دیگر چاوشی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند مصرف سالیسیلیک اسید باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سوپر اکسید دیسموتاز برگ می‌شود (۳). نیشیزاوا (۱۹۹۳) نیز در بررسی خود بر روی گیاه توت فرنگی نشان داد کاربرد پاکلوبوترازول منجر به کاهش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی گیاه می‌شود (۳۴). سایر محققین نیز دلیل کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه نظیر سوپر اکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز در اثر مصرف تنظیم کننده‌های رشد را این گونه اظهار داشتند که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاه از طریق افزایش بیوماس اثر منفی بر تولید متابولیت‌های ثانویه دارد (۳۹).

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

نتیجه گیری پایانی تحقیق مؤید آن است که مصرف تنظیم کننده‌های رشدی گیاه در مقایسه با عدم مصرف آن سبب بهبود رشد و عملکرد فلفل دلمه‌ای گردید بطوریکه مصرف کامل پاکلوبوترازول همراه با مصرف کامل جیبرالین در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی) موجب بهبود صفات وزن تر و خشک بوته و تعداد میوه در هر بوته فلفل دلمه‌ای می‌شود. در خصوص عملکرد میوه فلفل دلمه در هر بوته که به عنوان جزء اقتصادی گیاه محسوب می‌گردد نیز نتایج نشان داد بیشترین عملکرد از مصرف کامل پاکلوبوترازول همراه با مصرف کامل جیبرالین حاصل می‌گردد و علت آن بواسطه تولید تعداد میوه بیشتر در هر بوته تحت تاثیر تیمارهای مذکور است. در بین دو تنظیم کننده رشد به کاربرده شده در این آزمایش نیز نتایج حکایت از برتری پاکلوبوترازول برای تمام صفات کمی و کیفی گیاه در مقایسه با جیبرالین بود و تنظیم کننده رشد جیبرالین تنها سبب افزایش ارتفاع بیشتر بوته گیاه به نسبت پاکلوبوترازول شد. مطابق با نتایج آزمایش کمترین میزان تمامی صفات مورد بررسی بجز وزن هر میوه در بوته از تیمار شاهد حاصل گردید. علاوه براین محتوی اسانس میوه گیاه و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نیز با مصرف تنظیم کننده‌های رشد کاهش یافت. در پایان با توجه به نتایج تحقیق می‌توان چنین پیشنهاد کرد که مصرف کامل پاکلوبوترازول (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) همراه با مصرف کامل جیبرالین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) قادر است خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای را در شرایط کشت گلخانه‌ای در منطقه بندرعباس بهبود بخشد. البته با توجه به واکنش مثبت عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای به مقادیر بالای دو تنظیم کننده رشد در ترکیب با یکدیگر لذا پیشنهاد می‌گردد غلظت‌های بیشتر از مقادیر استفاده شده در تحقیق حاضر برای این دو تنظیم کننده رشد گیاه در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار گیرد. ضمناً این نکته نیز مدنظر قرار گیرد که مصرف تنظیم کننده‌های رشد گیاهی فوق اگرچه باعث افزایش رشد و عملکرد گردید اما در مقابل سبب کاهش میزان آنتی اکسیدان‌های گیاهی شد که این امر باعث کاهش مقاومت گیاه به تنش-های محیطی می‌شود لذا در زمان استفاده از تنظیم کننده-های رشد شرایط کشت مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

از مساعدت و همکاری ریاست محترم دانشکده کشاورزی و مدیر محترم گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان که در انجام این پژوهش مبذول داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. اکبری چرمهینی، س. و معلمی، ن. (۱۳۸۹). تأثیر اسید جیبرلیک بر رشد رویشی نهال‌های زیتون (*Olea europaea* L.). نشریه علوم باغبانی، ۲۴(۲): ۱۸۸-۱۸۴.

۲. پیوست، غ. ع. (۱۳۸۸). سبزیکاری. انتشارات دانش پذیر. ۵۷۷ صفحه.

۳. چاووشی، م.، نجفی، ف.، سلیمی، ا.، و انگجی، س. ع. (۱۳۹۸). اثر سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاه گلرنگ تحت تنش خشکی. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۸(۳۳)، ۲۶۳-۲۷۵.

۴. خبازی پور، ا.، افتخاری، س. ع.، معلمی، ن. و مرتضوی، س. م. ح. (۱۳۹۳). تأثیر محلول‌پاشی برگی اسیدجیبرلیک و پاکلوبوترازول بر رشد رویشی و زایشی دو رقم توت فرنگی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۴(۱۲): ۶۱-۵۳.

۵. خوشخوی، م.، شیبانی، ب.، روحانی، ا. و تفضلی، ع. (۱۳۷۹). اصول باغبانی. انتشارات دانشگاه شیراز.

۶. شاکری، ف.، بانی نسب، ب.، قبادی، س.، مبلی، م. (۱۳۸۸). اثر غلظت و روش استفاده از پاکلوبوترازول بر رشد رویشی و زایشی توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Selva). نشریه علوم باغبانی، ۲۳(۲): ۲۴-۱۸.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹
DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

۷. شبانی، ط.، پیوست، غ. ع. و الفتی، ج. ع. (۱۳۹۰). بررسی اثر بسترهای کشت بر صفات کمی و کیفی سه رقم فلفل دلمه‌ای در سیستم کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای، ۲(۶): ۲۰-۱۱.

۸. صبورا، ع. و شکری، م. (۱۳۹۲). بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر جوانه‌زنی، ریزازدیادی و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه دارویی برازمبل (*Perovskia abrotanoides*) در شرایط in vitro. مجله زیست شناسی کیاهی ایران، ۲(۱۸)، ۱۱۴-۹۵.

۹. صلواتی، ن.، حسنی، ع.، سفیدکن، ف. و جوادی، ت. (۱۳۸۹). تاثیر پاکلوبوترازول بر برخی از صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی (*Mentha* piperita). همایش ملی گیاهان دارویی. پژوهشکده برنج و مرکبات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۱۰. عجریب زاده، ز.، بلوچی، ح.ر.، یدوی، ع.ر. و صالحی، ا. (۱۳۹۶). تأثیر جیبرلیک و سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های جوانه زنی و آنزیم‌های آنتی اکسیدان بذر انیسون تحت تأثیر دگرآسیبی چهار گونه علف هرز. مجله پژوهش‌های گیاهی: ۳۰(۴): ۸۸۶-۸۷۳.

۱۱. عباسپور، ح. و رضایی، ح. (۱۳۹۳). اثر جیبرلیک اسید برسرعت واکنش هیل، رنگیزه‌های فتوسنتزی و ترکیبات فنلی در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهشهای گیاهی: ۲۷(۵): ۹۰۳-۸۹۳.

۱۲. علی احمدی، ح.، ح. جهانتیغی. و ح. رستمی. (۱۳۸۳). بررسی عملکرد ارقام فلفل دلمه‌ای، سالادی و سبز در منطقه سیستان. مجله نهال و بذر، ۲۰(۲): ۲۶۲-۲۵۹.

۱۳. فتحی، ق. و اسماعیل پور، ب. (۱۳۷۹). مواد تنظیم کننده رشد گیاهی اصول و کاربرد. انتشارات دانشگاهی مشهد.

۱۴. کشاورزی، م. ص.، جعفری حقیقی، ب. و باقری، ع. ر. (۱۳۹۲). ارزیابی تاثیر هورمون اکسین و جیبرلین بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای. اکوفیزیولوژی گیاهی، ۵(۱۵): ۳۵-۲۶.

۱۵. محمدی، م.، صیدی، م.، خادمی، ا. و بازگیر، م. (۱۳۹۴). بهبود خصوصیات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای توسط تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم در شرایط اقلیمی منطقه ایلام. به زراعی کشاورزی، ۱۷(۳): ۶۹۴-۶۶۰.

۱۶. مرادمند، ی.، مبلی، م. و رامین، ع. ا. (۱۳۹۴). تأثیر متیل جازمونات و سالیسیلیک اسید در افزایش تحمل سرما در فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای رقم امیلی. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۵(۱۶): ۱۳۲-۱۲۳.

17. Asín, L., Alegre, S. and Montserrat, R. (2007). Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. Scientia Horticulturae, 113: 142-148.

18. Belakbir, A., Ruiz, J. M. and Romero, L. (1998). Yield and quality of pepper (*Capsicum annuum*) in response to bioregulators. Horticulture Science, 33: 85-87.

19. Binenbaum, J., Weinstain, R. and Shani, E. (2018). Gibberellin Localization and Transport in Plants. Trends in Plant Science, 23(5): 410-421.

20. Chen, H., Yang, R., Zhang, X., Chen, Y., Xia, Y. and Xu, X. (2021). Foliar application of gibberellin inhibits the cadmium uptake and xylem transport in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Scientia Horticulturae, 288: 110410.

21. Dąbrowska, G., Kata, A., Goc, A., Szechyńska-Hebda, M. and Skrzypek, E. (2007). Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. Acta biologica Cracoviensia Series botanica, 49(1): 7-17.

22. Deyton D. E., Sams C. V. and Cummins J. C. (1991). Strawberry growth and photosynthetic response to paclobutrazol. HortScience, 26:1178-1180.

23. Iqbal, S., Parveen, N., Bahadur, S., Ahmad, T., Shuaib, M., Nizamani, M. M., Urooj, Z. and Rubab, S. (2020). Paclobutrazol mediated changes in growth and physio-biochemical traits of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) grown under drought stress. Gene Reports, 21: 100908.

24. Georgi, O., Ilias, I. and Anastasia, G. (2010). Comparative study on the effects of various plant growth regulators on growth, quality and physiology of *Capsicum annuum*. Pakistan Journal of Botany, 42: 805-814.

25. Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. (1977) Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology, 59: 309-314.

26. Handa, S. S., Khanuja, S. P. S., Longo, G. and Rakesh, D. D. (2008). Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. International Center for Science and High Technology Press. Pp: 260.

27. Hayyan, M, Hashim, M. A. and Al Nashef, I. M. (2016). "Superoxide Ion: Generation and Chemical Implications". Chemical Reviews, 116 (5): 3029–3085.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹ DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

28 Jamalian S., Tehranifar A., Tafazoli E., Eshgi S. and Davarynejad G. H. (2008). Paclobutrazol application ameliorates the negative effect of salt stress on reproductive growth, yield, and fruit quality of strawberry plants. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 49:1-6.

29. Khalil I. A. (1995). Chlorophyll and carotenoid contents in cereals as affected by growth retardants of triazole series. Cereal Research Communications, 23: 183–189.

30. Kurian R. M. and Iyer C. P. A. (1992). Stem anatomical characteristics in relation to tree vigor in mango (*Mangifera indica* L.). Science Horticulture, 50: 245-253.

31. Lordan, J., Vilardell, P., Peris, M., Torres, E., Alegre, S. and Asín, L. (2019). Post petal fall applications of gibberellins improve fruit set on pear. Scientia Horticulturae, 252: 149-155.

32. Mog, B., Janani, P., Nayak, M.G., Adiga, J.D., and Meena, R. (2019). Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by Paclobutrazol. Scientia Horticulturae, 257: 108748.

33. Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology, 22: 867-880.

34. Nishizawa T. (1993). The effect of paclobutrazol on growth and yield during first year greenhouse strawberry production. Science Horticulture, 54:267-274.

35. Pérez-Jiménez, M., Pazos-Navarro, M., López-Marín, J., Gálvez, A., Varó, P. and M delAmor, F. (2015). Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Scientia Horticulturae, 194: 188-193.

36. Russo, V. (2012). Peppers: botany, production and uses. CABI Press. Pp: 272.

37. Sharma, R. R. and Singh, R. (2009). Gibberellic acid influences the production of malformed and button berries, and fruit yield and quality in strawberry (*Fragaia* × *ananassa* Duch.). Scientia Horticulture, 119: 430-433.

38. Srivastav, M., Kishor, A., Dahuja, A. and Sharma, R. R. (2010). Effect of paclobutrazol and salinity onion leakage, proline content and activities of antioxidant enzymes in mango (*Mangifera indica* L.). Scientia Horticulturae, 125: 785-788.

39. Stafford, A. and Warren G. (1991) Plant cell and tissue culture. Open University Press, Buckingham.

40. Stuart D. I. and Jones R. L. (1977). Roles of extensibility and turgor in gibberellin and dark stimulated growth. Plant Physiology, 59: 61-68.

41. Tanis, S. R., McCullough, D. G. and Cregg, B. M. (2015). Effects of paclobutrazol and fertilizer on the physiology, growth and biomass allocation of three *Fraxinus* species. Urban Forestry & Urban Greening, 14(3): 590-598.

42. Tekalign T., and Hammes P. S. (2004). Response of potato grown under non inductive conditon to paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis assimilate partitioning, tuber yield, quality and dormancy. Plant Growth Regulation, 43: 227-236.

43. Zhang, N., Xie, Y. D., Guo, H. J., Zhao, L. S., Xiong, H. C., Gu, J. Y., Li, J., Kong, F. Q., Sui, L., Zhao, Z. W., Zhao, S. R. and Liu, X. L. (2016). Gibberellins regulate the stem elongation rate without affecting the mature plant height of a quick development mutant of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology and Biochemistry, 107: 228-236.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۳۰-۲۱۹ DOI: 10.22034/JPR.2022.2194

Effect of paclobutrazol and gibberellin on yield, essence content and antioxidant activity of sweet pepper (*Capsicum annuum*)

Sartakzadeh A.[1], Ddamehr M.[2], Tavassoli A.[3*] and Piri I.[3]

[1] Graduate of Agronomy, Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan, I.R, of Iran

[2] Dept. of Biology, Payame Noor University, Tehran, I.R. of Iran

[3] Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, I.R . ofIran

Abstract

Nowadays, plant growth regulators are widely used as growth stimulants in different plants production. For this purpose, an experiment was conducted as greenhouse and in a completely randomized design with four replications. In this research from seven treatments included off 1. Without the use of growth regulators, 2. Full use of gibberellin (100 $mg.L^{-1}$), 3. Full use of paclobutrazol (150 $mg.L^{-1}$), 4. Full use of gibberellin + use of 50% paclobutrazol, 5. Full use of gibberellin + full use of paclobutrazol, 6. Use of 50% gibberellin + full use of paclobutrazol and 7. Use of 50% gibberellin + use of 50% paclobutrazol. The results showed that full use of gibberellin + full use of paclobutrazol compared to control treatment (without the use of growth regulators) improves plant quantity traits such as plant fresh and dry weight, fruit yield and fruit number per plant. However, the lowest activity of the antioxidant enzymes of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase was obtained from the application of the same treatment. The results of a separate comparison of the two growth regulators used in this experiment also indicated that in all studied traits except plant height the use of paclobutrazol plant growth regulator had a more favorable effect on the mentioned traits compared to gibberellin. In this experiment, the lowest amount of studied traits except fruit weight per plant was obtained from the control treatment. In addition, none of the plant growth regulators hadn't any significant effect on the essence content of the plant.

Key words: Plant growth regulators, Pepper, Essence content, Fruit