نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 3، پاییز 1396، ص. 576-565
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 565-576
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر فورکلرفنورون بر پیازچه‌زایی، ترکیبات فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی موسیر (*Allium hirtifolium*)

نسرین فرهادی[1]- سعیده علیزاده سالطه[2*]

تاریخ دریافت: 1395/05/06
تاریخ پذیرش: 1395/12/03

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر پیش تیمار و محلول‌پاشی فورکلرفنورون روی پیازچه‌زایی، ترکیبات فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی پیاز موسیر اجرا گردید. پیش تیمار پیازها از طریق غوطه‌ور سازی آن‌ها در غلظت‌های مختلف فورکلرفنورون (0، 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر) به مدت 24 ساعت انجام شد، همچنین محلول‌پاشی با چهار غلظت فورکلرفنورون (0، 50، 100 و 150 میلی‌گرم در لیتر) دو، چهار و شش هفته پس از کاشت صورت گرفت. پیش تیمار و محلول‌پاشی با فورکلرفنورون به‌طور معنی‌داری تعداد برگ در هر بوته، وزن تر و وزن خشک پیازها را نسبت به نمونه شاهد افزایش دادند، ولی تعداد پیازچه‌های تولیدی تحت تأثیر تیمارها تغییری نشان نداد. مقدار آلیسین پیازهای موسیر تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی تغییر معنی‌داری نداشت و به‌طور متوسط مقدار آن 0/859 میلی‌گرم در هر گرم بافت تازه پیاز بود. تیمار با فورکلرفنورون سبب افزایش معنی‌دار مقدار فنل کل پیازها گردید و بیشترین مقدار آن (1/585 میلی‌گرم گالیک اسید در هر گرم بافت تازه پیاز) در پیش تیمار 5 میلی‌گرم در لیتر و محلول‌پاشی 100 میلی‌گرم در لیتر فورکلرفنورون به‌دست آمد. فعالیت‌های آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز تحت تأثیر تیمارهای مختلف فورکلرفنورون افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. افزایش مقدار فنل و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیازهای موسیر تیمار شده گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده، پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول‌پاشی 100 میلی‌گرم در لیتر با فورکلرفنورون می‌تواند راهکار مناسبی برای افزایش عملکرد و کیفیت پیازهای موسیر از طریق افزایش وزن و خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: آلیسین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پیازچه، پیش تیمار، سیتوکینین، محلول‌پاشی

مقدمه

گیاهان دارویی به علت ماهیت طبیعی و داشتن ترکیبات همولوگ دارویی در کنار هم معمولاً فاقد عوارض ناخواسته هستند، به همین دلیل در حال حاضر از اهمیت خاصی در تأمین سلامت جوامع از نظر پیشگیری و درمان بیماری‌ها برخوردار می‌باشند. ایران شرایط بسیار مطلوبی از نظر آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی برای رشد بسیاری از گیاهان دارویی دارد. آب و هوای متفاوت در قسمت‌های مختلف ایران سبب تنوع گیاهی فراوان و رویش گیاهان مهم و باارزشی شده است که برخی از آن‌ها تنها بومی ایران هستند (24). موسیر با نام علمی *Allium hirtifolium* Boiss. گیاهی چند ساله از خانواده *Alliaceae* است که از گیاهان بومی و با ارزش ایران بوده و به‌صورت وحشی در مراتع و دامنه رشته کوه زاگرس می‌روید (10). موسیر در صنایع غذایی و دارویی کاربرد گسترده‌ای دارد، برگ‌ها و پیازهای توپر قسمت‌های خوراکی گیاه می‌باشند که در بسیاری از مناطق کشور به‌صورت خشک شده و یا تازه به عنوان سبزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیاز موسیر منبع غنی از ویتامین‌ها، عناصر معدنی و اسیدهای چرب ضروری می‌باشد (12) و به سبب داشتن مقادیر بالایی از ترکیبات گوگردی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد توموری است (16 و 27). متأسفانه به دلیل بهره‌برداری‌های بی‌رویه و برداشت نادرست در بسیاری از مراتع، تراکم گیاه موسیر در واحد سطح به شدت کاهش یافته است و جزء گونه‌های در خطر انقراض قرار دارد (3).

موسیر به‌طور معمول با کشت پیازچه تکثیر می‌شود، اما سرعت تکثیر از این طریق بسیار پایین می‌باشد. از طرف دیگر بذرهای این گیاه دارای خواب فیزیکی و فیزیولوژیکی می‌باشند (11) و در صورت

1 و 2- دکتری علوم باغبانی و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: (Email: alizadeh@tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i3.56997

جوانه‌زنی به 3-2 سال نیاز دارند تا از نظر اقتصادی سوخ قابل برداشت تولید کنند (3). وجود مشکلات مزبور در تکثیر این گیاه انجام مطالعات اصلاحی و ژنتیکی در مورد موسیر را با محدودیت مواجه نموده است و تحقیقات در مورد اصلاح این گیاه تنها به چند مورد بررسی تنوع مورفولوژیکی و ژنتیکی توده‌های بومی موجود محدود می‌شود (10، 4 و 15). بنابراین در حال حاضر مهم‌ترین مسئله در بحث اهلی سازی و گسترش کشت گیاه موسیر، افزایش راندمان تکثیر آن می‌باشد که مواد گیاهی کافی برای انجام برنامه‌های اصلاحی را فراهم آورده تا بتوان از طریق مطالعات بیوتکنولوژی و دستیابی به ارقام برتر، علاوه بر حفظ بقای این گیاه با ارزش، کشت آن را گسترش داد.

از موارد مهمی که در کشت و کار گیاهان پیازدار از اهمیت بالایی برخوردار است، تعداد پیازهای دختری تولید شده می‌باشد و عواملی که بتوانند پیازدهی را تحریک کرده و آن را افزایش دهند، ارزش زیادی دارند. در مورد تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی روی رشد و نمو گیاهان پیازی مطالعات اندکی صورت گرفته است. بررسی‌ها نشان می‌دهند تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نظیر سایتوکنین‌ها می‌توانند پیازچه‌دهی و رشد پیازها را بهبود بخشند (29). فورکلرفنورون با نام آیوپاک 1-(2-کلرو-4-پریدیل)-3-فنیل اوره(CPPU)[1] توسط برگ، ساقه، کوتیلدون و بذور جوانه‌زده قابل جذب می‌باشد. این ترکیب در تحریک تقسیم سلولی، رشد و نمو، کاهش غالبیت انتهایی، شکستن خواب جوانه‌های جانبی و آغاز جوانه‌زنی، به تأخیر انداختن مرحله پیری و افزایش دوام کلروپلاست در برگ‌ها مؤثر می‌باشد (19). فعالیت سیتوکینینی CPPU، 10000 بار بیشتر از فعالیت سیتوکنینی دی فنیل اوره و 10 برابر بیشتر از فعالیت سیتوکنینی کینتین است (28). استفاده از این ترکیب علاوه بر افزایش کمیت باعث افزایش کیفیت محصولاتی مانند انگور، کیوی، هندوانه، کدو و غیره گردیده است (21 و 25).

با توجه به اثرات بیولوژیکی سیتوکینین‌ها انتظار می‌رود پیش تیمار و محلول پاشی موسیر با فورکلرفنورون سبب تحریک تقسیمات سلولی و افزایش تعداد سلول‌ها شده و در نتیجه تعداد و وزن پیازچه‌ها را افزایش دهد. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی تأثیر پیش تیمار و محلول‌پاشی با سیتوکینین فورکلرفنورون بر پیازچه‌زایی، ترکیبات فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی پیاز موسیر انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال 1395-1394 درگلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشگاه تبریز انجام گرفت. در طول فصل رویش (اردیبهشت و خرداد ماه) پیازهای موسیر از رویشگاه‌های طبیعی این گیاه در استان همدان جمع‌آوری و پس از ضد عفونی با قارچ‌کش کاپتان به غلظت 2 در هزار، برای رفع خواب پیازها و تحریک جوانه‌زنی به مدت دو ماه در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. با اندازه گیری وزن پیازها، تعداد کافی پیاز یکنواخت و یک دست انتخاب و به گلخانه منتقل گردید. پیازها در گلدان‌های حاوی پرلیت و ورمی‌کمپوست با نسبت سه به یک در عمق 10 سانتی متری با سه تکرار کشت شدند. تیمارهای این آزمایش شامل پیش تیمار با غلظت‌های مختلف فورکلرفنورون (0، 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر) و محلول‌پاشی با چهار غلظت فورکلرفنورون (0، 50، 100 و 150 میلی‌گرم در لیتر) می‌باشند. پیش تیمار پیازها از طریق غوطه‌ور سازی پیازها به مدت 24 ساعت در محلول‌های تهیه شده همراه با هوادهی انجام شد. همچنین محلول‌پاشی دو، چهار و شش هفته پس از کاشت بر روی بوته‌ها صورت گرفت. تمامی عملیات زراعی مطابق با نیازهای اکولوژیکی موسیر به‌طور یکسان برای همه گلدان‌ها اجرا شد. در انتهای فصل رشد (شروع زرد شدن برگ‌های بوته‌ها) تعداد برگ در هر بوته ثبت گردید، سپس پیازها از داخل گلدان خارج و وزن هر یک جداگانه اندازه‌گیری و تعداد پیازچه در هر بوته نیز یادداشت شد. پیازچه‌های برداشت شده از هر تیمار با استفاده از ازت مایع منجمد و تا زمان اندازه‌گیری صفات در فریزر 80- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. صفات بیوشیمیایی به شرح ذیل با استفاده از روش‌های اسپکتروفتومتری مورد ارزیابی قرار گرفتند:

ترکیبات فیتوشیمیایی

فنل کل: فنل کل هر نمونه با استفاده از روش فولین سیوکالتو اندازه‌گیری گردید (32). عصاره متانولی یک گرم بافت پیاز با استفاده از 10 سی سی حلال متانول/کلریدریک اسید 1:99 (v/v) تهیه شد و سپس به مدت بیست دقیقه در 12000 دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. به 200 میکرولیتر از عصاره متانولی هر نمونه، 300 میکرولیتر آب مقطر و 2/5 سی سی محلول فولین سیوکالتو 10 درصد اضافه گردید و پس از سه دقیقه، 2/5 سی سی کربنات سدیم 7/5 درصد به آن اضافه شد. پس از سی دقیقه نگهداری در دمای اتاق و تاریکی، جذب محلول واکنش در طول موج 760 نانومتر قرائت گردید. همزمان با انجام آزمایش، رقت‌های مختلف اسید گالیک تهیه و مانند روش فوق جذب آن‌ها ثبت و منحنی استاندارد تهیه شد. مقدار فنل کل هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در هر گرم بافت تازه محاسبه شد.

آلیسین: مقدار آلیسین نمونه‌های موسیر بر اساس روش اسپکتروفتومتری با استفاده از ترکیب 4-مرکاپتوپریدین و کاهش جذب در طول موج 324 نانومتر اندازه گیری گردید (22).

1-IUPACN-(2-Chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU)

پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

برای سنجش پروتئین و فعالیت آنزیمی نمونه‌ها، یک گرم از بافت پیاز در هاون چینی با ازت مایع پودر و سپس با 10 سی سی بافر فسفات پتاسیم (pH=6/8) ساییده شد. مخلوط حاصل به مدت 20 دقیقه با 12000 دور در دقیقه در دمای 4 درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید و سپس محلول‌رویی به عنوان عصاره خام آنزیمی جدا و با استفاده از آن سنجش‌های مربوطه انجام شد.

پروتئین کل: برای سنجش پروتئین کل عصاره‌ها از روش برادفورد و آلبومین سرم گاوی به عنوان استاندارد استفاده گردید (7).

کاتالاز: طبق روش ابی (2) فعالیت آنزیم کاتالاز تعیین شد. مخلوط واکنش شامل 50 میکرولیتر عصاره آنزیمی، 500 میکرولیتر پراکسید هیدروژن 10 میلی‌مولار و 2450 میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم 50 میلی‌مولار بود. کاهش جذب در مخلوط واکنش در طول موج 240 نانومتر به مدت 60 ثانیه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد. فعالیت ویژه آنزیم بر اساس میلی‌مول پراکسید هیدروژن تجزیه شده در هر میلی‌گرم پروتئین در واحد دقیقه با استفاده از ضریب خاموشی پراکسید هیدروژن ($39/4\ mM^{-1}cm^{-1}$) بیان گردید.

پراکسیداز: اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس تشکیل تتراگایاکول از گایاکول انجام شد (9). برای سنجش فعالیت آنزیم، 200 میکرولیتر عصاره آنزیمی به مخلوط شامل 1000 میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم 100 میلی‌مولار و 500 میکرولیتر محلول گایاکول 20 میلی‌مولار اضافه گردید. پس از اضافه نمودن 300 میکرولیتر پراکسید هیدروژن 10 میلی‌مولار، تغییرات جذب در طول موج 470 نانومتر به مدت 90 ثانیه ثبت شد. فعالیت ویژه آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی تتراگایکول ($26/6\ mM^{-1}cm^{-1}$) محاسبه گردید.

آسکوربات پراکسیداز: به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوبات پراکسیداز از روش ناکانو و آسادا (23) استفاده شد. سنجش فعالیت آنزیم با اضافه نمودن 100 میکرولیتر پراکسید هیدروژن 100 میلی‌مولار به مخلوط واکنش شامل680 میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم 100 میلی‌مولار، 100 میکرولیتر آسکوربیک اسید 10 میلی‌مولار، 100 میکرولیتر EDTA 10 میلی‌مولار و 20 میکرولیتر عصاره آنزیمی انجام گردید. کاهش در جذب مخلوط واکنش در طول موج 290 نانومتر به مدت 120 ثانیه ثبت شد. فعالیت ویژه آنزیم بر اساس میلی‌مول آسکوربات اکسید شده در هر میلی‌گرم پروتئین در یک دقیقه با استفاده از ضریب خاموشی $2/8\ mM^{-1}cm^{-1}$ گزارش گردید.

سوپر اکسید دیسموتاز: فعالیت این آنزیم بر اساس سنجش مهار احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم در طول موج 560 نانومتر اندازه گیری شد (17). برای سنجش فعالیت آنزیم 30 میکرولیتر ریبوفلاوین 1 میکرومولار به محلول واکنش شامل 300 میکرولیتر عصاره آنزیمی، 200 میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم 50 میلی‌مولار، 300 میکرولیتر متیونین 12 میلی‌مولار، 300 میکرولیتر نیتروبلوتترازولیوم 75 میکرومولار و 1000 میکرولیتر کربنات سدیم 50 میلی‌مولار اضافه گردید. محلول واکنش در فاصله 30 سانتی‌متری از یک منبع نوری 40 وات قرار داده شد تا واکنش آغاز گردد. پس از 15 دقیقه جذب نمونه‌ها قرائت شد.

فعالیت آنتی اکسیدانی

این پارامتر با استفاده از ترکیب DPPH[1] ارزیابی شد (8). جهت ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها از عصاره متانولی تهیه شده برای اندازه‌گیری فنل استفاده گردید. 1975 میکرولیتر از محلول متانولی DPPH (40 میلی‌گرم در لیتر) در داخل کووت ریخته و جذب آن در طول موج 515 نانومتر قرائت شد، سپس 25 میکرولیتر از عصاره متانولی هر نمونه به آن اضافه و پس از 30 دقیقه نگهداری در تاریکی و دمای اتاق مجدداً جذب آن قرائت شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی هر عصاره با استفاده از روش زیر محاسبه گردید:

$$AA= [(A_B-A_A)/A_B] \times 100 \quad \text{(معادله 1)}$$

AA: فعالیت آنتی‌اکسیدانی، A_B: جذب عصاره متانولی DPPH بدون نمونه، A_A: جذب عصاره متانولی DPPH پس از اضافه نمودن نمونه

این تحقیق بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد توسط نرم افزار آماری SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر معنی‌دار پیش تیمار و محلول‌پاشی سیتوکینین فورکلرفنورون بر صفات مورفولوژیکی، فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی موسیر را نشان می‌دهد (جدول 1). بر اساس نتایج به‌دست آمده تیمارهای مورد مطالعه تأثیری بر پیاچه‌زایی موسیر نداشتند، ولی تعداد برگ در هر بوته، وزن تر و وزن خشک پیاز موسیر به طور معنی‌داری تحت تأثیر پیش تیمار و محلول‌پاشی فورکلرفنورون افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند (جدول 2). با توجه به نقش تنظیم کننده‌های رشد در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان، در حال حاضر استفاده از این ترکیبات برای افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، یک تکنیک زراعی محسوب می‌شود. سیتوکینین‌ها از مهم‌ترین تنظیم کننده‌های رشد می‌باشند که رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (25و31).

1- (2,2 diphenyl 2 picryl hydrazyl hydrate)

جدول 1- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار و محلول پاشی فورکلرفنورون بر صفات مورفولوژیکی، فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی موسیر (*A. hirtifolium*)

Table 1- ANOVA of effects of pretreatment and spray with forchlorfenuron on morphological, phytochemical and antioxidant characters of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

		میانگین مربعات Mean of Squares										
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد برگ Leaf number	وزن تر پیاز Fresh weight	وزن خشک پیاز Dry weight	پروتئین Protein	فنل کل Total phenol	آلیسین Allicin	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
پیش تیمار Pretreatment	2	3.761**	5.631*	4.559**	3.329**	0.174ns	149.778ns	6.918*	13.809**	448.223**	272.565**	0.009ns
محلول‌پاشی Spray	3	1.528ns	4.518**	0.488**	0.216**	0.303**	195.333ns	13.293**	4.498*	152.385*	7.284**	2.917ns
پیش تیمار× محلول‌پاشی Pretreatment × Spray	6	0.461ns	1.797ns	0.097*	0.119*	0.418**	72.44ns	0.427ns	2.921ns	111.330*	2.723**	1.167ns
اشتباه آزمایشی Experimental Error	24	0.704	2.21	0.046	0.049	0.030	98.33	2.640	1.596	96.006	0.419	1.000

ns، *، **به ترتیب تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and** are non-significant and significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively

میانگین تعداد برگ در نمونه شاهد 3/45 برگ در هر بوته بود و در پیازهای پیش تیمار شده به‌طور متوسط 4/49 برگ در هر بوته ثبت شد که بین دو سطح 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. محلول‌پاشی برگ تأثیری بر تعداد برگ موسیر نداشت، ولی مقایسه میانگین‌ها کم‌ترین تعداد برگ را تیمار شاهد نشان داد. تیمار برگی و ریشه‌ای گیاهان با انواع سیتوکینین‌ها در غلظت‌های مناسب، موجب افزایش تعداد و سطح برگ می‌شود (13). در آلوئه‌ورا محلول پاشی با بنزیل آدنین (BA)[1] تعداد برگ و وزن پاجوش‌های جدید را افزایش داد (18). کاربرد سیتوکینین خارجی موجب تسریع در افزایش میزان سیتوکنین درونی می‌گردد. افزایش سیتوکنین درونی سبب طولانی‌تر شدن دوره تقسیم سلولی در زمان نمو اندام‌ها از جمله برگ‌ها می‌شود، بنابراین تعداد و اندازه سلول‌ها و همچنین تعداد برگ‌ها تحت تأثیر سیتوکینین‌ها افزایش می‌یابند (1).

موسیر دارای قدرت تولید پیازچه کم می‌باشد و همین عامل مهم‌ترین علت محدودیت در توسعه کشت موسیر محسوب می‌گردد. نتایج تحقیقی با کاربرد سایتوکینین به‌صورت محلول پاشی بر روی برگ‌ها نشان داد که این گروه از تنظیم کننده‌ها با تأثیر بر روی تقسیم سلولی، اندازه پیاز و با تحریک رشد جوانه جانبی تعداد پیازچه‌ها را افزایش می‌دهد (14). در این بررسی پیش تیمار و محلول پاشی فورکلرفنورون در افزایش پیازچه‌زایی موسیر ناکارامد بودند و در همه بوته‌ها تنها یک پیاز ثبت گردید. با وجود عدم تأثیر تیمارهای فورکلرفنورون بر پیاز دهی موسیر، وزن خشک و تر پیازهای تولیدی افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. سیتوکینین‌ها با افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو از طریق کاهش مقاومت روزنه‌ای و افزایش ورود دی‌اکسیدکربن به درون برگ، سبب افزایش کارایی فتوسنتز می‌گردند و در نتیجه رشد نسبی و وزن تر و خشک گیاه را افزایش می‌دهند (21و25). در این مطالعه وزن تر پیاز موسیر از 90/40 گرم به 91/77 گرم در پیش تیمار با فورکلرفنورون افزایش یافت که تفاوت معنی‌داری بین دو سطح 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر مشاهده نگردید. در محلول‌پاشی نیز با افزایش 1/5 درصدی، وزن تر پیاز از 90/13 گرم در نمونه شاهد به 91/63 گرم در تیمار 100 میلی‌گرم در لیتر رسید. پائین‌ترین وزن خشک پیازها (18/49 گرم) در نمونه‌های شاهد مشاهده شد و بالاترین مقدار آن در پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر (19/69 گرم) و محلول‌پاشی 150 میلی‌گرم در لیتر (19/38 گرم) و 100 میلی‌گرم در لیتر (19/35 گرم) فورکلرفنورون حاصل گردید. اثر متقابل پیش تیمار و محلول‌پاشی در افزایش وزن خشک پیازهای موسیر معنی‌دار بود و در پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر همراه با دو سطح محلول‌پاشی 100 و 150 میلی‌گرم در لیتر بالاترین وزن خشک (19/75 گرم) ثبت گردید (شکل 1).

1- Benzyl Adenine

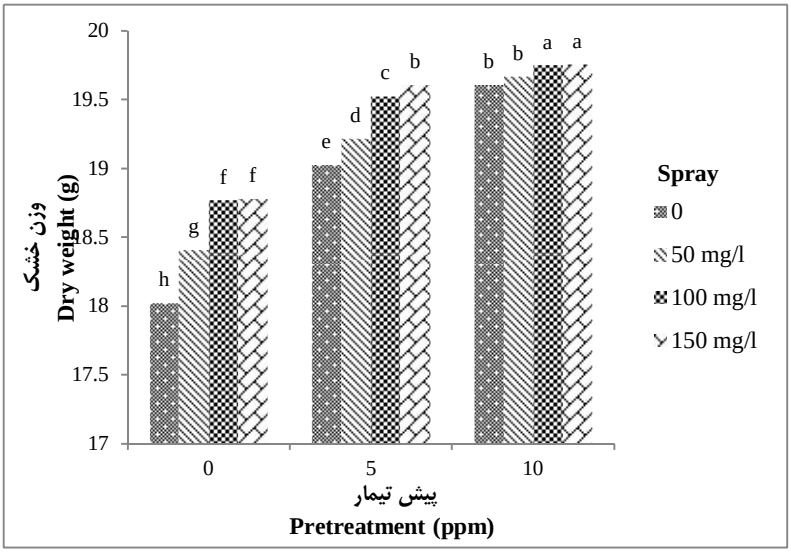
جدول 2- تأثیر پیش تیمار و محلول پاشی فورکلرفنورون بر صفات مورفولوژیکی موسیر (*A. hirtifolium*)

Table 2- The effect of pretreatment and spray with forchlorfenuron on morphological characters of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

	فورکلرفنورون Forchlorfenuron (mg/l)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر پیاز Fresh weight of bulb (g)	تعداد پیاز Bulb number	وزن خشک پیاز Dry weight of bulb (g)
پیش تیمار Pretreatment	0	3.45 b	90.400 b	1.00	18.494 c
	5	4.33 a	91.047 ab	1.00	19.344 b
	10	4.49 a	91.769 a	1.00	19.692 a
محلول پاشی Spray	0	3.81 b	90.133 b	1.00	18.855 c
	50	3.89 ab	91.612 a	1.00	19.093 b
	100	4.70 a	91.627 a	1.00	19.348 a
	150	3.96 ab	90.915 ab	1.00	19.380 a

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل 1- اثر متقابل پیش تیمار × محلول پاشی فورکلرفنورون بر مقدار وزن خشک پیاز موسیر (*A. hirtifolium*)

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

Figure 1- The interaction effects of pretreatment × spray with forchlorfenuron on dry weight of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

افزایش وزن تر و خشک پیاز موسیر تحت تأثیر تیمارهای CPPU می‌توان به دلیل اثر سیتوکینینی این ترکیب در افزایش تقسیمات سلولی و همچنین اثر تحریکی آن در افزایش سطح برگ و فتوسنتز نسبت داد. یومیان و همکاران (34) اثر محلول پاشی با فورکلرفنورون، کلروکولین کلراید و سالیسیلیک اسید بر رشد و نمو ریزوم‌های شیرین بیان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که CPPU در مقایسه با سایر تیمارها، سبب تحریک رشد و نمو و افزایش معنی‌دار اندازه ریزوم‌های شیرین بیان گردیده است. طبق نظر این محققان CPPU با افزایش متابولیسم گیاه، سبب بزرگ‌تر شدن اندازه ریزوم می‌شود و همچنین تجمع نشاسته در ریزوم‌ها، تحت تأثیر CPPU تسریع می‌یابد. سیتوکینین‌ها با افزایش تقسیم و انبساط سلولی در مراحل اولیه رشد، سبب تسریع نفوذ متابولیت‌ها و آب به داخل سلول‌ها می‌شوند، از این‌رو غوطه‌ورسازی و محلول‌پاشی با بنزیل آدنین باعث افزایش وزن پیازهای *Allium karataviense* گردید (26).

مقدار پروتئین پیازهای موسیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای فورکلرفنورون افزایش یافت (جدول 3). همچنین اثرات متقابل پیش تیمار و محلول‌پاشی در افزایش مقدار پروتئین نسبت به

نمونه شاهد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار پروتئین (10/92 میلی‌گرم در هر گرم بافت تازه پیاز) در پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول‌پاشی 100 میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (شکل 2).

مشتقات سیتوکینینی باعث به تأخیر افتادن فرایند پیری در بخش‌های مختلف گیاهان می‌گردند که همراه با کاهش سرعت تجزیه ماکرو مولکول‌ها و افزایش سنتز پروتئین‌ها می‌باشد (30).

جدول 3- تأثیر پیش تیمار و محلول پاشی با فورکلرفنورون بر مقدار ترکیبات فیتوشیمیایی پیاز موسیر (*A. hirtifolium*)

Table 3- The effect of pretreatment and spray with forchlorfenuron on phytochemical compounds of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

	فورکلرفنورون Forchlorfenuron (mg/l)	پروتئین Protein (mg/g FW)	فنل کل Total phenol (mg GA/g FW)	آلیسین Allicin (mg/g FW)
پیش تیمار Pretreatment	0	9.766 c	0.647 b	0.862 a
	5	10.435 b	0.887 a	0.859 a
	10	10.805 a	0.772 ab	0.855 a
محلول پاشی Spray	0	10.106 c	0.526 b	0.863 a
	50	10.377 b	0.790 b	0.862 a
	100	10.426 ab	0.971 a	0.855 a
	150	10.435 a	0.787 a	0.854 a

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

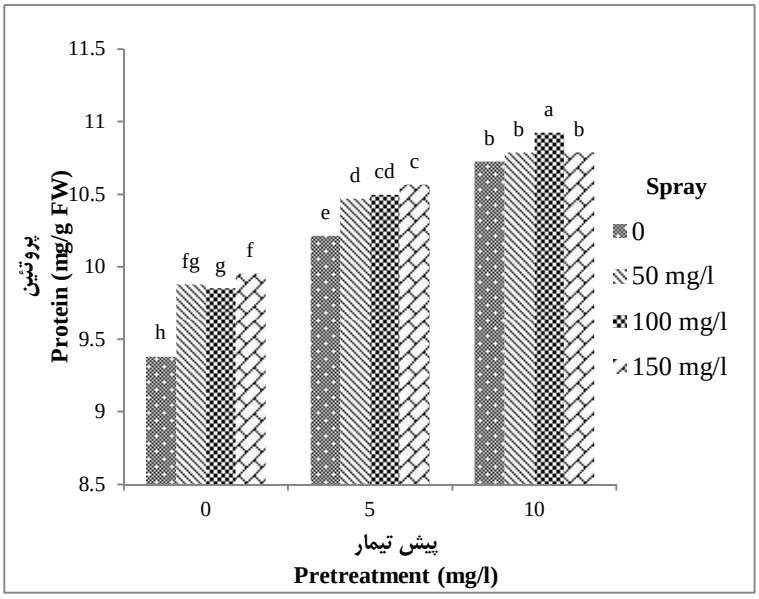
Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

پیش تیمار پیازهای موسیر تأثیری بر مقدار فنل کل نداشت، ولی مقدار ترکیبات فنلی در هر سه سطح محلول‌پاشی با فورکلرفنورون افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد نشان داد (جدول 3). اثرات متقابل پیش تیمار و محلول‌پاشی فورکلرفنورون بر مقدار فنل کل پیازهای موسیر معنی‌دار بود و بیشترین مقدار فنل (1/585 میلی‌گرم گالیک اسید در هر گرم بافت تازه پیاز) در پیش تیمار 5 میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول‌پاشی 100 میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد (شکل 3). مشتقات سیتوکینینی به عنوان دریافت کننده پیام و القاگر تولید مقادیر زیادی متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات فنلی در گیاهان می‌باشند. در اسفناج محلول‌پاشی با BAP[1] همراه با افزایش معنی‌دار مقدار ترکیبات فنلی بود (5). افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تحت تأثیر تیمارهای مختلف سیتوکینین به علت نقش مثبت این ترکیبات در افزایش کارایی فتوسنتزی گیاهان تیمار شده می‌باشد (33).

در این مطالعه مقدار آلیسین پیازهای موسیر تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی تغییر معنی‌داری نشان نداد و به‌طور متوسط مقدار آن 0/859 میلی‌گرم در هر گرم بافت تازه پیاز بود (جدول 3). طبق گزارش بویهان و همکاران (6) غوطه‌وری سازی بذرها و محلول‌پاشی برگ‌های پیازهای روز کوتاه با BAP، نیز تأثیری بر میزان تندی پیازهای حاصل نداشت، با این وجود اثر مبثت استفاده از تنظیم کننده های رشد بر تولید متابولیت‌های ثانویه مورد مطالعه و تأیید قرار گرفته است (31و33). نتایج بررسی شیلپاشری و راویشانکار (31) نشان داد که این ترکیبات تأثیر معنی‌داری بر متابولیسم متابولیت‌های ثانویه دارند، از این‌رو برای القای مؤثر تولید متابولیت‌های ثانویه استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد قابل توصیه می‌باشد.

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوبات پراکسیداز تحت تأثیر پیش تیمار و محلول‌پاشی با فورکلرفنورون قرار گرفتند (جدول 4). یومیان و همکاران (34) افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ریزوم‌های شیرین بیان تحت تأثیر تیمار CPPU را گزارش نموده‌اند. پیازهای پیش تیمار شده نسبت به نمونه شاهد فعالیت آنزیم کاتالاز کمتری نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (0/446 میلی‌مول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین) در نمونه شاهد و کم‌ترین فعالیت آن (0/434 میلی‌مول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین) در پیش تیمار 5 میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. پیازهای محلول‌پاشی شده با 50 میلی‌گرم در لیتر فورکلرفنورون بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز را نشان دادند که تفاوت معنی داری با دو سطوح 100 و 150 میلی‌گرم در لیتر نداشتند. بر اساس نتایج حاصل از اثرات متقابل تیمارها با یکدیگر، بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (0/749 میلی‌مول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین) در پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر همراه با هر سه سطح محلول‌پاشی (50، 100 و 150 میلی‌گرم در لیتر) ثبت گردید. بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (60/241 میلی‌مول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین) نیز در پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول‌پاشی 100 و 150 میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (شکل 4).

1- 6-Benzylaminopurine (BAP)

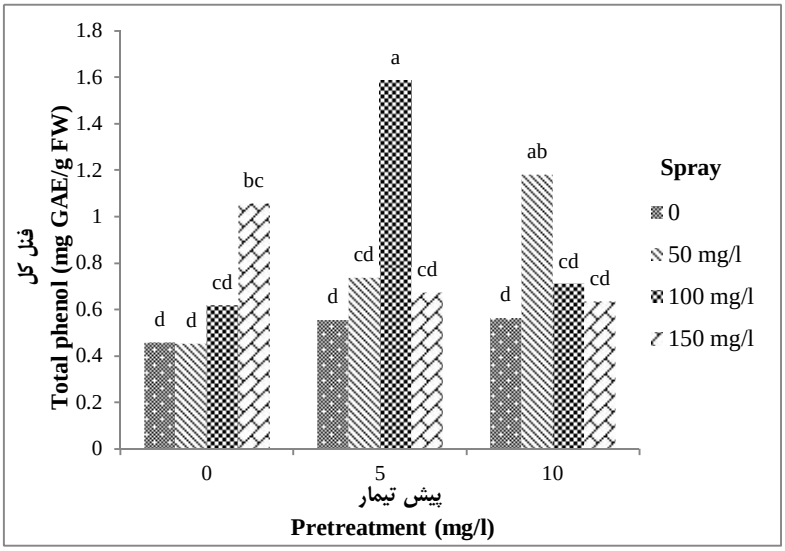


شکل 2- اثر متقابل پیش تیمار × محلول پاشی فورکلرفنورون بر مقدار پروتئین پیاز موسیر (*A. hirtifolium*)

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

Figure 2- The interaction effects of pretreatment × spray with forchlorfenuron on protein content of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل 3- اثر متقابل پیش تیمار × محلول پاشی فورکلرفنورون بر مقدار فنل کل پیاز موسیر (*A. hirtifolium*)

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

Figure 3- The interaction effects of pretreatment × spray with forchlorfenuron on total phenol content of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی تغییری نشان داد و به‌طور متوسط فعالیت ویژه این آنزیم در پیازهای موسیر 66/177 واحد در میلی‌گرم پروتئین بود. کاربرد سیتوکینین‌ها نقش مؤثری در حفظ سیالیت و ثبات غشاهای سلولی دارد. این ترکیبات با افزایش مکانیسم‌های آنزیمی (کاتالاز، آسکوبات پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز) و غیر آنزیمی (به‌ویژه ترکیبات فنلی) موجب جلوگیری از تخریب غشای سلولی توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردند (5).

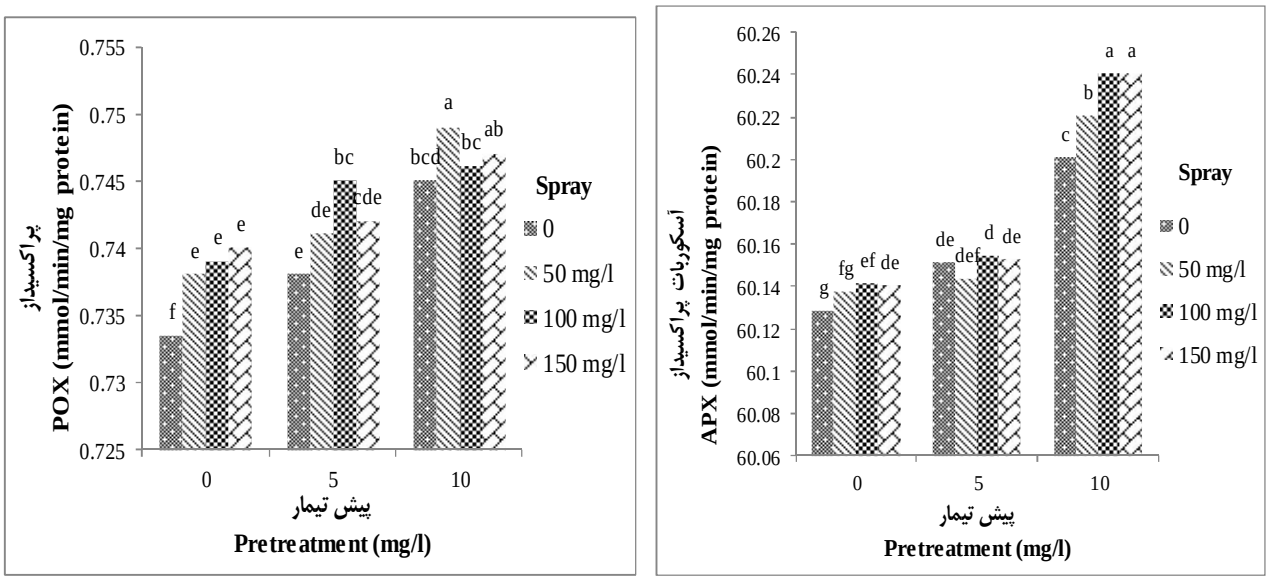
جدول 4- تأثیر پیش تیمار × محلول پاشی فورکلرفنورون بر خواص آنتی اکسیدانی پیاز موسیر (*A. hirtifolium*)

Table 4- The effect of pretreatment × spray with forchlorfenuron on antioxidant characters of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

	فورکلرفنورون Forchlorfenuron (mg/l)	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (%)	کاتالاز Catalase (mmol/min. mg protein)	پراکسیداز Peroxidase (mmol/min. mg protein)	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase (mmol/min. mg protein)	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (unit/mg protein)
پیش تیمار Pretreatment	0	72.188 b	0.455 a	0.738 c	60.138 c	66.177 a
	5	73.334 a	0.434 c	0.742 b	60.151 b	66.177 a
	10	73.623 a	0.446 b	0.747 a	60.226 a	66.177 a
محلول پاشی Spray	0	71.842 c	0.443 b	0.739 b	60.161 a	66.177 a
	50	73.536 ab	0.448 a	0.743 a	60.168 b	66.177 a
	100	74.522 a	0.445 ab	0.743 a	60.179 a	66.177 a
	150	72.295 bc	0.445 ab	0.743 a	60.179 a	66.177 a

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل 4- اثر متقابل پیش تیمار × محلول پاشی با فورکلرفنورون بر فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز پیاز موسیر (*A. hirtifolium*)

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند

Figure 4- The interaction effect of pretreatment × spray with forchlorfenuron on peroxidase and ascorbate peroxidase activity of Persian shallot (*A. hirtifolium*)

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیازهای موسیر تحت تأثیر تیمارهای فورکلرفنورون افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی (73/623٪) در هر دو سطح پیش تیمار 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر حاصل گردید. محلول‌پاشی اثر بیشتری در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیازها داشت و بیشترین مقدار آن (74/522%) در تیمار 100 میلی‌گرم در لیتر ثبت شد (جدول 4). سیتوکینین‌ها از طریق افزایش سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله فنل‌ها و متابولیت‌های ثانویه و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در تعدیل تنش‌های اکسیداتیو موجب بالا رفتن فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌گردند (5 و 34).

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، پیش تیمار و محلول‌پاشی با فورکلرفنورون اگرچه قادر به تحریک جوانه‌های جانبی پیاز موسیر به رشد نبودند و تأثیری بر پیازچه‌زایی آن نداشتند ولی سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک پیازها گردیدند. همچنین تیمارهای مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری در افزایش ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیازهای موسیر داشتند. از این‌رو پیش تیمار 10 میلی‌گرم در لیتر پیازها همراه با محلول‌پاشی 100 میلی‌گرم در لیتر فورکلرفنورون به‌عنوان راهکاری برای بهبود عملکرد و کیفیت پیازهای موسیر از طریق افزایش وزن و خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها قابل توصیه می‌باشد.

منابع

1- Abdullakasim S., Kaewsongsang K., Anusornpornpong P., and Saradhuldhat P. 2015. Effects of pre-harvested N-(2-chloro-4-pyridinyl)-N'-phenylurea (CPPU) spraying on the improvement of flower quality of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul', Journal of Applied Horticulture, 17(2): 140-144.
2- Aebi H. 1983. Catalase. p. 273-277. In: Bergmeyer H. (ed.) Methods of enzymatic analysis 3. Verlag Chemie, Weinheim, Germany.
3- Asadian G., Jalili H., Faramarzi J. and Babakhanlo P. 2001. Cultivation and domestication of mooseer (*Allium hirtifolium*) in Hamadan. Natural Resources Research Center of Hamadan. 15 p. (in Persian)
4- Asili A., Behravan J., Naghavi M.R. and Asili J. 2010. Genetic diversity of Persian shallot *(Allium hirtifolium*) ecotypes based on morphological traits, allicin content and RAPD markers, Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 1(1): 1-6.
5- Aslam M., Sultana B., Anwar F. and Munir H. 2016. Foliar spray of selected plant growth regulators affected the biochemical and antioxidant attributes of spinach in a field experiment, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40: 136-145.
6- Boyhan G.E., Randle WM., Purvis A.C., Lewis P.M., Torrance R.L., Curry D.E. and Linton D.O. 2001. Evaluation of growth stimulants on short-day onions, Hort Technology, 11(1): 38-42
7- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, Analytical Biochemistry, 72: 248-54.
8- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebenson Wiss Technology, 28: 25-30.
9- Chance B. and Maehly A.C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. p. 764-775. In: Collowick S.P. and Kapplan N.O. (eds). Methods in enzymology. Academic Press, New York.
10- Ebrahimi R., Zamani Z. and Kashi A. 2008. Genetic diversity evaluation of wild Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) using morphological and RAPD Markers, Scientia Horticulturae, 119: 345-351.
11- Ebrahimi R., Hassandokht M.R., Zamani Z., Kashi1 A., Roldan-Ruiz I. and Van Bockstaele E. 2014. Seed morphogenesis and effect of pretreatments on seed germination of Persian Shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.), an endangered medicinal plant, Horticulture, Environment, and Biotechnology, 55(1): 19-26.
12- Ebrahimi R., Zamani Z., Kashi A. and Jabbari A. 2009. Comparison of fatty acids, mineral elements of 17 Iranian shallot landraces (*Allium hirtifolium* Boiss.), Iranian Journal of Food Science and Technology, 5(1): 61-68. (in Persian with English abstract)
13- Fathi G. and Esmaeilpor B. 2000. Plant growth regulators: Principal and application. 2th edition, Jahad Daneshgahi Press of Mashhad. 288 p. (in Persian)
14- Franssen J.M. and Vosken P.G.M. 1997. Competition between sprout and daughter bulbs for carbohydrates in tulip as affected by mother bulb size and cytokines, Acta Horticulture, 430: 63-71.
15- Ghahremani-Majd H. and Dashti F. 2013. Genetic diversity of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) populations based on morphological traits and RAPD markers, Plant Systematics and Evolution, DOI 10.1007/s00606-013-0940-5.
16- Ghodrati Azadi H., Mahmood Ghaffari S., Riazi G.H., Ahmadian S. and Vahedi F. 2008. Antiproliferative activity of chloroformic extract of Persian Shallot, *Allium hirtifolium*, on tumor cell lines, Cytotechnology, 56: 179-185.
17- Giannopolitis C. and Ries S. 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants, Plant Physiology, 59:

309-314.
18- Hazrati S., Tahmasebi Sarvestani Z., Beyraghdar A., Mojab F. and Hosseini S.J. 2011. Effect of benzyladenine foliar sprays on offsets production and root growth of *Aloe Barbadensis* Miller, Nature and Science, 9(3): 100-104.
19- Humphery T. 2005. Evaluation of the new active forchlorfenuron in the product Sitofex 10 EC plant growth regulator. Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority. pp. 1-30.
20- Khaligi A., Hojati Y., Babalar M. and Naderi R. 2006. Investigation of nutrient solution, cytokinin and soil structure effects on quantity and quality characters as well as bulbs number of Darvin tulip hybrid Eplederon variety, Pazhuhesh va Sazandegi in Horticulture and Agronomy, 73: 58-64. (in Persian)
21- Kim J.G., Takami Y., Mizugami T., Beppu K., Fukuda T. and Kataoka I. 2006. CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit, Scientia Horticulturae, 110: 219-222.
22- Miron T., Shin I., Feigenblat G., Weiner L., Mirelman D., Wilchek M. and Rabinkov A. 2002. A spectrophotometric assay for allicin, alliin, and alliinase (alliin lyase) with a chromogenic thiol: Reaction of 4-mercaptopyridine with thiosulfinates, Analytical Biochemistry, 307: 76-83.
23- Nakano Y. and Asada K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts, Plant Cell Physiology, 22: 867-280.
24- Omidbaigi R. 2009. Production and processing of medicinal plant. 5th Edition. Astan Ghods Razavi Press, 397 p. (In Persian)
25- Patil H.G., Ravindran C., Jayachandran K.S. and Jaganath S. 2006. Influence of CPPU, TDZ and GA_3 on the post-harvest quality of grape (*Vitis vinifera* L.) cultivares 'Anab-e-shahi' and 'Dilkush', Acta Horticulturae, 727: 489-494.
26- Pogroszewska E., Laskowska H. and Durlak W. 2007. The effect of gibberellic acid and benzyladenine on the yield of (*Allium karataviense* Regel.) 'ivory queen', Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 6(1): 15-19.
27- Rabinkov A., Zhu X.Z., Grafi G., Galili G. and Mirelman D. 1994. Alliin lyase (Allinase) from garlic (*Allium sativum*), Applied Biochemistry and Biotechnology, 48: 149-71.
28- Ricci A., Incerti M., Rolli E., Vicini P., Morini G., Comini M. and Branca A. 2006. Diheteroarylurea derivatives as adventitious rooting adjuvants in mung bean shoots and M26 apple rootstock, Plant Growth Regulation, 50(2): 201-209.
29- Saniewski M. and Kawa L. 1992. Hormonal control of growth and development of tulips, Acta Horticulturae, 325: 43-540.
30- Saruhan V., Kusvuran A. and Babat S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.), Scientific Research and Essays, 6: 663-669.
31- Shilpashree H.P. and Ravishankar R. 2009. In vitro plant regeneration and accumulation of flavonoids in *Hypericum mysorense*, International Journal of Integrative Biology, 8: 43-49.
32- Slinkard K. and Singleton V.L. 1977. Total phenol analyses: Automation and comparison with manual methods, American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49-55.
33- Stopari G. and Maksimovi I. 2008. The effect of cytokinins on the concentration of hydroxyl radicals and the intensity of lipid peroxidation in nitrogen deficient wheat, Cereal Research Communications, 36: 601-609.
34- Yumian X., Linfang S., Le C. and Yiping X. 2013. Effect of three plant growth regulators on the bulblets development of lycoris radiate, Journal of Nuclear Agricultural Science, 27(9): 1409-1415.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 565-576
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 3، پاییز 1396، ص. 576-565
شاپا: 2008 - 4730

The Effect of Forchlorfenuron on Bulblet Formation, Antioxidant Characteristics and Phytochemicals Compounds of Persian Shallot (*Allium hirtifolium*)

N. Farhadi[1]- S. Alizadeh Salteh[2*]

Received: 27-07-2016
Accepted: 21-02-2017

Introduction: *Allium hirtifolium* commonly known as Persian shallot is an important wild medicinal plant from *Alliaceae* family. Persian shallot commonly known as mooseer in Iran is a perennial diploid plant that is native to Iran and grows as a wild plant throughout in the Zagross Mountains range, western and southwestern Iran. It is a bulbous herb and usually consists of a single main bulb or rarely two bulbs. Each bulb has a weight of about 8-15 times of a garlic clove. The bulbs of mooseer has been widely used as a traditional herb and spice plant, added to a variety of foods such as salads, pickles, yogurt and different sauces. Conventionally, Persian shallot propagates through bulbs and seeds but these two methods are not commercially efficient due to low growth rate of bulbs and deep dormancy, low viability and germination rate of seeds. In addition, the natural habitat of this plant is under increasing pressure as a result of excessive incorrect harvest that caused to damage the plant density in Iran rangelands. So, improving the efficiency of *A. hirtifolium* propagation is necessary. A number of positive effects on the growth and productivity of some plants through cytokinin application have been registered by earlier research. The current study aimed to evaluate the effects of pretreatment and foliar application of forchlorfenuron as a safe cytokinin on improving the bulb production, phytochemical compounds and antioxidant attributes of Persian shallot.

Materials and Methods: This experiment was done at research green house of Tabriz University in 2015-2016. For pretreated of Persian shallot bulbs, they were soaked in 0, 50 and 10 mg l^{-1} forchlorfenuron solutions for 24 h. Then they were cultured in pots contained perlite and vermicompost with 3:1 ratio. Foliar application was applied 2, 4 and 6 weeks after culture with 0, 50, 100 and 150 mg l^{-1} concentrations of forchlorfenuron. At the end of growth season the number of leaves, number of bublets, fresh and dry weight of bulblet were recorded. The phytochemical compound (protein, phenol and allicin), antioxidant enzymes (catalase, peroxidase, ascorbate peroxidases and superoxide dismutase) and antioxidant activity of bulbs were assayed with spectrophotometry methods.

Results and Discussion: Foliar applications of plant growth regulators such as cytokinins in agriculture crops are reported to be useful in controlling multiple physiological processes, including flower initiation, shoot elongation, bulb production, fruit set and as well as affected the quality characters of products. In this study despite the bulblets number that did not influence by treatments, pretreatment and foliar application of forchlorfenuron significantly increased the leaves number, fresh and dry weight of bulbs in comparison with control plants. The highest leaves number (4.49 per plant) was obtained from pretreatments. The highest fresh weight (91.77 g) was recorded at 5 and 10 mg l^{-1} pretreatment and 100 mg l^{-1} (91.63 g) foliar application. The interaction effect of treatments on dry weight was significant and the highest dry weight (19.75 g) was recorded at 10 mg l^{-1} pretreatment with 100 and 150 mg l^{-1} foliar application. Allicin content did not show significant variation between treatments and in average was 0.859 mg g^{-1} FW. Total phenol content significantly influenced by treatments and the highest phenol content (1.585 mg GAE g^{-1} FW) was recorded at 5 mg l^{-1} pretreatment with 100 mg l^{-1} foliar application. The antioxidant enzymes included catalase, peroxidase and ascorbate peroxidase that showed significant increasing under forchlorfenuron treatments. Due to significant effects of forchlorfenuron on antioxidant compounds and enzymes of Persian shallot bulbs, the assay of antioxidant activity also showed a significant increasing in treated bulbs. The maximum percent of antioxidant activity (74.522) was obtained from 100 mg l^{-1} foliar application. Exogenous application of cytokinins plays an effective role by protecting the fluidity and integrity of plant cell membranes. They properly mediate enzymatic (SOD, APX, and CAT) and non-enzymatic machinery with the result of preventing cell membrane damage by oxidative stress.

Conclusions: Considerable improvement in biochemical and antioxidant attributes of Persian shallot was recorded with pretreatment and foliar application of forchlorfenuron. The present data support the potential uses of the forchlorfenuron for improving the production of weighty bulbs with the high antioxidants attributes in

1 and 2- Phd Students and Assistant Professor of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tabriz University
(*- Corresponding author: Email: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir)

Allium hirtifolium. Pretreated and foliar application at 5 mg l^{-1} and 100 mg l^{-1} concentrations of forchlorfenuron, respectively showed the best results and is recommendable for *A. hirtifolim* production.

Keywords: Allicin, Antioxidant enzymes, Bulblet, Pretreatment, Cytokinin, Foliar application