

برهمکنش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عنصرهای غذایی بر رشد پایه دانه‌الی

لیموی ولکامر پیش از پیوند در خزانه^۱

Interaction of Plant Growth Regulators and Mineral Nutrients on Seedling Growth of Volkamer Lemon (*Citrus volkameriana* Pasq.) Rootstock before Grafting in the Nursery

علیرضا شهسوار^{*}، زهرا مجیدی، الهام اصل مشتاقی^۲

چکیده

امروزه در تولید تجاری مرکبات، استفاده از دانه‌ال سالم و یکنواخت برای پایه در محیط‌های کنترل‌شده، مرسوم شده است. برای تسریع در رشد، کوتاه نمودن فاصله زمانی از کاشت بذر تا پیوند دانه‌ال اهمیت زیادی در کاهش هزینه‌های اولیه تولید و صرفه‌جویی در زمان دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی برهمکنش تنظیم‌کننده‌های رشد شامل جیبرلین به غلظت صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و به‌دنبال آن پاکلوبوترازول به غلظت صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و منبع‌های تغذیه‌ای اوره صفر و ۰/۵٪ و سولفات نیکل صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بر بهبود رشد دانه‌ال ولکاملمون انجام شد. نتیجه‌ها نشان داد که استفاده از جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌همراه اوره ۰/۵٪ و سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش معنی‌داری در طول ساقه دانه‌ال ایجاد کرد و تیمار ترکیبی پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دنبال استفاده از جیبرلین، اوره و سولفات نیکل بهترین اثر را بر مقدار قطر ساقه دانه‌ال داشت.

واژه‌های کلیدی: ولکاملمون، نیکل، اوره، رشد دانه‌ال.

مقدمه

امروزه، در میوه‌کاری نوین و صنعتی، پایه پیوندی در مقدار تولید، اقتصاد باغ، پیرایش و عمر درختان، برداشت محصول و در پایان در مدیریت باغ نقش اساسی و تعیین‌کننده‌ای ایفاء می‌کند. در واقع نیمی از پیکره درخت را پایه تشکیل می‌دهد که درون خاک قرار گرفته و پس از احداث باغ، قابل تعویض نیست. از این نظر گزینش پایه مناسب برای یک رقم و برای شرایط اقلیمی و خاکی یک منطقه همانند گزینش رقم پیوندی مهم است (۳). مرکبات از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است. بخش‌هایی از ایران با داشتن اقلیم گرمسیر و نیمه‌گرمسیر، شرایط مساعدی برای کشت انواع مرکبات دارد. امروزه در صنعت مرکبات‌کاری، تولید دانه‌ال‌های سالم و یکنواخت برای پایه در محیط‌های کنترل‌شده متداول است (۳). پایه یکی از عامل‌های مهم تولید در مرکبات محسوب می‌شود و عملکرد پیوندک به‌طور عمده به انتخاب پایه بستگی دارد. پایه‌های مرکبات درجه‌های مختلفی از مقاومت به بیماری‌های ویروسی و قارچی، شوری، سرما، سازگاری با پیوندک، زودرسی، کیفیت و عملکرد میوه را دارا هستند. پایه ولکاملمون منجر به تولید درختانی بزرگ و پر رشد و با محصول زیاد می‌گردد. درختان پیوندی روی ولکاملمون قوی و باردهی بالایی دارند. این پایه، به سرما و بیماری‌های تریترا و زایلپوروسیس، فیتوفترا گونه پارازیتیکا به‌نسبت مقاوم است ولی در برابر گونه سیتروفتورا، نماتد و بیماری بلایت حساس است. ولکاملمون

تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۴

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۶

۲- به‌ترتیب دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانش‌آموخته دکتری بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (shahsava@shirazu.ac.ir).

برای پیوند شدن با پرتقال ناول و لمون و گریپ فروت مارش در خاک‌های آهکی، برای رفع مشکل کلروز ناشی از کمبود آهن، روی و منگنز مناسب می‌باشد (۳).

یکی از دشواری‌های تکثیر مرکبات فاصله زمانی کاشت بذر تا آماده شدن دانهال برای پیوند است که این فاصله به‌طور معمول ۱/۵ تا ۲ سال است. در صورت کاهش این دوره زمانی، هزینه‌های تولید گیاه پیوندی برای تولیدکنندگان نهال به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. کوتاه کردن این مدت زمان برای خزانه‌داران، با توجه به کاهش ماده‌های اولیه تولید و هزینه‌های آن، سودمند خواهد بود (۲۰). در دانهال‌های مرکبات، کاهش دوره رسیدن آن‌ها به‌حد پیوند، با کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و تغذیه بهینه امکان‌پذیر است (۲۰). اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، روی دانهال‌های مرکبات به‌منظور افزایش رشد طولی آن‌ها در سطح گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (۱۰)، هم‌چنین تأثیر تغذیه در رشد مرکبات بررسی شده است (۱۸). تغذیه با کودهای شیمیایی می‌تواند نقش مهمی در تولید نهال‌های مرکبات ایفا نماید. نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی در تغذیه گیاهان است، به‌ویژه در خزانه که گیاهان با تراکم بالا کشت شده و در حال رشد سریع هستند (۱۸). انتخاب درست منبع کود نیتروژن، تنظیم مقدار مصرف و کاربرد بهینه آن و هم‌چنین رفع کمبود عنصرهای کم‌مصرف در خاک‌های آهکی، می‌تواند به افزایش عملکرد در این خاک‌ها منجر شود (۷). اوره به عنوان کود نیتروژن‌دار، دارای ۴۶٪ نیتروژن بوده، نسبت هیدرولیز شدن اوره و تبدیل آن به آمونیوم به شدت به حضور آنزیم اوره‌آز بستگی دارد. اوره‌آز به تقریب در همه جا یافت می‌شود ولی فعالیت آن با افزایش pH خاک کاهش می‌یابد. اوره بر کودهای نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم، به‌دلیل امکان استفاده از آن در محلول‌پاشی، ارجحیت داشته و در بعضی از شرایط نیز به دلیل ناچیز بودن فشار اسمزی تولید شده و کمی خسارت در ایجاد سوختگی برگ و نیتروژن بیشتر در واحد وزن، از آن به‌صورت سرک از طریق محلول‌پاشی استفاده می‌شود (۲۱). پژوهشگران متوجه شدند که اوره‌آز، آزمیمی که به صورت عمومی درون گیاهان وجود دارد، برای فعال شدن نیازمند نیکل است. در واقع نیکل جزئی از این آنزیم است (۵). نیکل می‌تواند میزان و فعالیت آنزیم اوره‌آز را در بافت‌های گیاهان افزایش دهد و کارایی مصرف نیتروژن به شکل اوره را بهبود بخشد. بعد از کشف نیکل، به عنوان یک جزء اصلی اوره‌آز، پژوهشگران بسیاری آثار مثبت کاربرد نیکل بر رشد، عملکرد و افزایش جوانه‌زنی گیاهان را نشان دادند (۵،۱۱،۱۲،۱۵،۲۳،۲۵).

در پژوهشی در گیاهان ۵ تا ۴ برگی توت فرنگی تیمار سولفات نیکل به غلظت‌های ۴۵۰-۳۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و اوره به غلظت‌های صفر و ۲ گرم در لیتر اعمال شد که تیمار تلفیقی این دو سبب افزایش رشد و عملکرد توت فرنگی گردید (۱).

در پژوهشی دانهال‌های دو رقم *Citrus aurantium* و *Citrus reshini* با تیمار تلفیقی تغذیه و جیبرلیکاسید محلول پاشی شدند که تیمار تلفیقی سبب بهترین رشد شد و تیمار $ZnSO_4$ به‌تنهایی تأثیری بر رشد نداشت (۱۴).

در پژوهشی دانهال‌های لیمو آب با جیبرلیکاسید به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، پاکلوبوترازول به غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اتفن به غلظت‌های ۳۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و جوانه‌برداری با هدف رشد سریع دانهال برای رسیدن به زمان پیوند تیمار شدند. تمام تیمارهای اعمال شده در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری ارتفاع، قطر و وزن تر شاخساره را افزایش و مدت زمان لازم برای رسیدن به‌حد پیوند را کاهش دادند (۲).

به‌نظر می‌رسد با توجه به نقشی که جیبرلین‌ها در افزایش رشد و پاکلوبوترازول در افزایش قطر دارند و هم‌چنین با توجه به نقش فیزیولوژیک شناخته‌شده نیکل، که میزان و فعالیت آنزیم اوره‌آز را افزایش می‌دهد، کاربرد محلول‌پاشی تلفیقی تنظیم‌کننده‌ها و تغذیه کمک مؤثری بر ویژگی‌های رشدی مرکبات داشته باشد (۲). بنابراین یافتن روش‌هایی که بتواند طول مدت رسیدن دانهال به اندازه مناسب برای پیوند را کاهش دهد، بسیار سودمند خواهد بود. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد جیبرلیکاسید، اوره و سولفات نیکل به‌منظور

افزایش رشد رویشی و طول دانه‌های ولکامل‌مون و به دنبال آن استفاده از پاکلوبوترازول به منظور کاهش رشد طولی و افزایش رشد قطری، برای مناسب‌شدن و رسیدن به حد پیوند در مدت زمان کمتری نسبت به روش‌های معمول انجام شد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، تعیین بهترین تیمار تلفیقی برای رشد بهتر و رسیدن به حد پیوند و نیز کاهش مدت زمان لازم برای احراز شرایط پیوند بود.

مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، میوه‌های سالم و به‌طور کامل رسیده ولکامل‌مون از مرکز تحقیقات کشاورزی داراب در بهمن ماه سال ۱۳۹۲ تهیه شد. میوه‌ها به‌خوبی با آب شستشو و با محلول ۱۰٪ کلراکس (هیپوکلریت سدیم ۵/۰٪) به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند و سپس بذرها از میوه‌ها خارج و پس از شستشو، به مدت ۱۲ ساعت در آب خیس‌انده و سپس آبکش شده و با قارچکش بنومیل ۱/۵ در هزار ضدعفونی شدند. جعبه‌های کشت از جنس کارتن پلاست و حاوی بستری با نسبت حجمی ۱:۱ شامل: شن - پیت‌ماس بود. تعداد ۳۰۰ عدد بذر ولکامل‌مون در جعبه‌ها کشت شدند و به‌طور میانگین هر ۳ روز یک بار آبیاری شدند. به‌طور میانگین ۳ تا ۴ هفته سبزشدن کامل بذرها به طول انجامید. دانه‌ها تا مرحله ۴ تا ۶ برگ (حدود ۳ ماه پس از کاشت بذر) در بستر کاشت اول نگهداری شد و پس از آن، دانه‌های با اندازه یکسان از نظر رشد انتخاب شدند. یک عدد دانه‌ها در هر کیسه نایلونی گلدانی دارای زهکش به ابعاد ۲۵×۳۵ سانتی‌متر حاوی آمیخته خاکی با نسبت یکسان ۱:۱:۱ از ماسه، خاک‌برگ و خاک مزرعه کشت شد. پس از گذشت ۲ هفته از استقرار دانه‌ها در محیط کشت جدید، اعمال تیمارها به‌صورت محلول‌پاشی جیبرلیک‌اسید، اوره کم بیورت و سولفات نیکل تا مرحله رواناب انجام و به‌منظور جذب بیشتر، ۳ هفته بعد محلول‌پاشی تکرار شد. پس از رسیدن دانه‌ها به ارتفاع مطلوب (حدود ۴۰ سانتی‌متر)، با پاکلوبوترازول محلول‌پاشی شدند. دانه‌ها در بستر کشت اولیه (جعبه‌های کاشت) با آب‌پاش دستی آبیاری شدند، اما پس از انتقال به گلدان‌های نایلونی، در هر بار به هر گلدان ۲۵۰ میلی‌لیتر آب داده شد. در طول مدت آزمایش، ۲ بار از کود کامل ۲۰:۲۰:۲۰ محلول ۱/۵ گرم در یک لیتر تهیه و در وعده‌های آبیاری (۲۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی) به گلدان‌ها داده شد. قطر مناسب برای کوپیوند در فاصله ۱۰ سانتی متری از طوقه، به اندازه قطر مداد در نظر گرفته شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه به‌طور کامل تصادفی با ۱۶ تیمار در ۴ تکرار (هر تکرار شامل ۳ گلدان محتوی یک دانه‌ها) بود. تیمارهای مورد استفاده به شرح زیر بودند.

جیبرلیک‌اسید (GA₃): صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر

اوره کم‌بیورت (Urea (LBU): صفر و ۵/۰٪

سولفات نیکل: صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر

پاکلوبوترازول (PBZ): صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر

اندازه‌گیری قند و نشاسته

برای اندازه‌گیری قند از روش فنل-اسید سولفوریک استفاده شد. جذب آن در طول موج ۴۹۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر UV120-20 ساخت کشور ژاپن خوانده شد. از محلول گلوکز در غلظت‌های مختلف برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد (بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک) (۹). رسوب‌های باقی‌مانده از اندازه‌گیری کربوهیدرات‌ها درون لوله‌های سانتریفیوژ، برای اندازه‌گیری نشاسته به کار رفت. قرائت جذب در طول موج ۶۳۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر یاد شده انجام گرفت. غلظت نشاسته با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز و ضرب آن‌ها در عدد ۰/۹۲ بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک به دست آمد (۱۹).

سبزینه کل (a+b)

یک گرم برگ تازه در مقداری استون ۸۰٪ له و عصاره حاصل درون لوله سانتریفیوژ ریخته شد. پس از سانتریفیوژ، محلول روپی از ماده‌های رسوب‌یافته جدا و در بالن‌های حجمی ۲۵ میلی‌لیتری با استون ۸۰٪ به

حجم رسانده شد. سپس مقدار سبزینه نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد که برای این کار ابتدا دستگاه اسپکتروفتومتر با استون ۸۰٪ تنظیم شد. سپس با فرمول زیر مقدار سبزینه برگ محاسبه شد.

$$\left(\frac{mg}{g} Fw\right) \text{ مقدار سبزینه کل} = \frac{(8.2 \times A663) - (20.2 \times A645) \times \text{میلی لیتر } 25}{(1000 \times \text{وزن نمونه (گرم)})}$$

A در این فرمول عددی است که در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر از روی دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شده است (۴).

سطح برگ

برای اندازه‌گیری سطح برگ، از دستگاه سطح برگ سنج، مدل Lpi210 ساخت کشور انگلستان استفاده شد.

نیتروژن

نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد (۲۰).

ویژگی‌های ریخت‌شناسی

به‌منظور تعیین وزن تر و خشک ریشه، گیاهان از گلدان‌ها خارج شدند و ریشه‌ها از محل طوقه قطع و خاک پیرامون آن‌ها شسته شد و وزن تر آن‌ها با ترازو اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در آون نگهداری و در انتها وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن تر و خشک شاخساره، قسمت هوایی گیاه جدا و با ترازو وزن شدند. سپس شاخه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند و در نهایت توزین شدند. ویژگی‌های ریخت‌شناسی مانند ارتفاع گیاه، طول میان‌گره با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر و قطر ساقه با استفاده از کولیس بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. واکاوی آماری با کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج

مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به طول ساقه دانه‌ال و لکاملومون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۶۳/۳۳ سانتی‌متر) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۳۸/۱۵ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین طول ساقه (۳۵/۰۲ سانتی‌متر) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول به‌دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به قطر ساقه دانه‌ال و لکاملومون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۷/۷۲ میلی‌متر) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۴/۹۸ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین مقدار را تیمار شاهد داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به طول میان‌گره ساقه دانه‌ال و لکاملومون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۲/۶۶ سانتی‌متر) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۱/۵۸ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین (۱/۳۲ سانتی‌متر) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول به تنهایی به‌دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱).

جدول ۱- اثرهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بر طول و قطر دانهال و طویل شدن میانگره‌های دانهال ولکاملمون.

Table 1. Effects of GA₃, urea, Ni sulphate, and PBZ on seedling height, diameter and internodes elongation in Volkameriana seedling.

تیمارها Treatments				ارتفاع دانهال Seedling height (cm)	قطر دانهال Seedling diameter (mm)	طول میانگره‌ها Internodes lenght (cm)
GA ₃ (mg L ⁻¹)	Urea (%)	Sulphate Ni (mg L ⁻¹)	PBZ (mg L ⁻¹)			
100	0.5	150	500	51.12c [†]	7.72a	2.05c
			0	63.33a	6.78c	2.66a
			500	51.83c	7.67a	2c
		0	0	60.66ab	6.72c	2.42b
			500	49.16cd	7.57ab	2c
			0	60ab	6.34d	2.4b
	0	150	500	49cd	7.53ab	1.97c
			0	59b	6.25d	2.36b
			500	42.13ef	7.41ab	1.71de
		0	0	47.14d	6.02de	1.81d
			500	42.55e	7.27ab	1.64e
			0	46.88d	5.87e	1.68de
0	0.5	150	500	35.15gh	7.19b	1.66e
			0	38.99ef	5.01f	1.62e
			500	35.02h	7.1b	1.32f
		0	0	38.15fg	4.98f	1.58e
			500			
			0			

[†]Means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level of probability.

[†] میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به وزن تر ساقه دانهال ولکاملمون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۱۶/۷۵ گرم) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۱۱/۹۲ گرم) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین مقدار (۱۰/۰۴ گرم) در تیمار پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی به‌دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به وزن خشک ساقه دانهال ولکاملمون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۸/۵۰ گرم) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۵/۹۰ گرم) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین مقدار (۴/۱۲ گرم) در تیمار پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی به‌دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به وزن تر ریشه ولکاملمون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۱۰/۳۸ گرم) در تیمار جیبرلین صفر میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۵/۱۳ گرم) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به وزن خشک ریشه نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۳/۷۳ گرم) در تیمار جیبرلین صفر میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره

صفر درصد، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد که با شاهد (۲/۲۲ گرم) تفاوت معنی داری نشان داد و کمترین مقدار در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- اثرهای جیبرلین، سولفات نیکل، اوره و پاکلوبوترازول بر وزن تر و خشک ریشه و ساقه دانهال ولکامرلمون.

Table 2. Effects of GA₃, urea, Ni sulphate, and PBZ on fresh and dry weights of shoots and roots in Volkameriana seedling.

تیمارها Treatments				وزن تر شاخه Shoot fresh weight (g)	وزن خشک شاخه Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
GA ₃ (mg L ⁻¹)	Urea (%)	Sulphate Ni (mg L ⁻¹)	PBZ (mg L ⁻¹)				
100	Urea 0.5%	Sn (150)	P1 (500)	13.77cd [†]	6.76de	8.48b	2.89de
			P2 (0)	16.75a	8.5a	7.1c	3.05cd
			P1 (500)	13.57cde	6.55de	8.44b	2.70de
		Sn (0)	P2 (0)	16.54a	8.37a	7.1c	2.92de
			P1 (500)	13.12cdef	6.38ef	8.51b	2.84de
			P2 (0)	15.89a	8.14ab	6.97c	2.78de
	Urea 0%	Sn (150)	P1 (500)	13cdef	6.23ef	8.49b	2.7de
			P2 (0)	15.71ab	8.12ab	6.94c	3cd
			P1 (500)	12.22def	6.24ef	10.38a	3.3ab
		Sn (0)	P2 (0)	14.11bc	7.55bc	7.25c	3.45abc
			P1 (500)	12.2def	7.12cd	10.32a	3.47ab
			P2 (0)	14.07c	7.46c	7.02c	2.93de
0	Urea 0.5%	Sn (150)	P1 (500)	10.16g	4.21g	7.05c	3.73a
			P2 (0)	11.97ef	5.92f	5.29d	3.10bcd
			P1 (500)	10.04g	4.12g	7.09c	2.64e
	Urea 0%	Sn (0)	P2 (0)	11.92f	5.9f	5.13d	2.22f

[†]Means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level of probability.

[‡] میانگین هایی که حرف های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

مقایسه میانگین های برهمکنش مربوط به سطح برگ ولکامریانا نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیشترین مقدار (۳۱/۱۶ سانتی متر مربع) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی گرم در لیتر به دست آمد که با شاهد (۱۹/۸۹ سانتی متر مربع) تفاوت معنی داری نشان داد و کمترین مقدار (۱۴/۱۵ سانتی متر مربع) در تیمار پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به تنهایی به دست آمد که تفاوت معنی داری با شاهد داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین های برهمکنش مربوط به سبزینه نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیشترین مقدار (۱/۷۷ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار جیبرلین صفر میلی گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد که با شاهد (۱/۳۶ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ) تفاوت معنی داری نشان داد و کمترین (۱/۳۱ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به تنهایی به دست آمد که تفاوت معنی داری را با شاهد نشان نداد (جدول ۳). مقایسه میانگین های برهمکنش مربوط به درصد نیتروژن نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیشترین مقدار (۰/۳٪) در تیمار جیبرلین

صفر میلی گرم در لیتر به همراه اوره ۵/۰٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد که با شاهد (۱/۷۵٪) تفاوت معنی داری نشان داد و کمترین در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به مقدار قند برگ نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیشترین مقدار (۱۶۷/۵ میلی گرم در گرم وزن خشک) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به همراه اوره صفر درصد، سولفات نیکل صفر میلی گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد که با شاهد (۶۰/۰۵ میلی گرم در گرم وزن خشک) تفاوت معنی داری نشان داد و کمترین در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- اثرهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بر سطح برگ، سبزینه کل، نیتروژن کل، کربوهیدرات و میزان نشاسته در دانهال ولکامرلئون.

Table 3. Effect of GA₃, urea, Ni sulphate, and PBZ on leaf area, total chlorophyll, total N, total carbohydrate and starch content in Volkameriana seedling.

تیمارها Treatments				سطح برگ Leaf area (cm ²)	سبزینه کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	نیتروژن کل Total N (%)	قند Total carbohydrate (mg g ⁻¹ DW)	نشاسته Starch content (mg g ⁻¹ DW)
GA ₃ (mg L ⁻¹)	Urea (%)	Sulphate Ni (mg L ⁻¹)	PBZ (mg L ⁻¹)					
100	Urea 0.5%	Sn (150)	P1 (500)	21.5c	1.54c	2.8abc	150.8b	114.82a
			P2 (0)	31.16a	1.41ef	2.58bc	104.2d	74.19c
		Sn (0)	P1 (500)	21.5c	1.5cd	2.65bc	150.42b	113.69a
			P2 (0)	29.98a	1.38fg	2.6bc	103.9d	73.95c
	Urea 0%	Sn (150)	P1 (500)	18.13d	1.43def	2.63bc	160.3a	115.32a
			P2 (0)	29.18a	1.36fg	1.9d	105.1d	75.13c
		Sn (0)	P1 (500)	18d	1.4ef	2.61bc	167.5a	119.54a
			P2 (0)	28.97a	1.30g	2.55c	105.4d	75.44c
0	Urea 0.5%	Sn (150)	P1 (500)	16.01e	1.77a	3a	133.7c	96.74b
			P2 (0)	24.56b	1.63b	2.65bc	95.3e	65.25d
		Sn (0)	P1 (500)	15.88e	1.69b	2.75abc	132c	98.99b
			P2 (0)	23.32bc	1.54c	2.62bc	90e	60.25d
	Urea 0%	Sn (150)	P1 (500)	14.7f	1.45de	2.86ab	135.7c	97.93b
			P2 (0)	19.7cd	1.36fg	2.64bc	70.25ef	45e
		Sn (0)	P1 (500)	14.15f	1.43def	2.77abc	135.9c	100.12b
			P2 (0)	19.89cd	1.36fg	1.75gd	60.05f	37.25e

†Means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level of probability.

† میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

مقایسه میانگین‌های برهمکنش مربوط به مقدار نشاسته برگ نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیشترین مقدار (۱۱۹/۵۴ میلی گرم در گرم وزن خشک) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به همراه

اوزه صفر درصد، سولفات نیکل صفر میلی گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد که با شاهد (۳۷/۲۵ میلی گرم در گرم وزن خشک) تفاوت معنی داری نشان داد و کمترین در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳).

بحث

جیبرلین ها با افزایش کشش دیواره یاخته ای یعنی انبساط دیواره و همچنین هیدرولیز نشاسته به قند که کاهش پتانسیل آب یاخته را به دنبال دارد سبب ورود آب به درون یاخته و طویل شدن یاخته می شوند (۱۷). از سویی جیبرلین ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین ها به اسیدهای آمینه از جمله تریپتوفان که پیش ساز اکسین است، می شوند. بنابراین برخی اثرهای خود را به صورت غیرمستقیم از طریق اکسین نیز اعمال می کنند (۱۶). در پژوهش ما نیز استفاده از جیبرلین سبب افزایش چشمگیری در طول شاخساره و میانگره شد، هر چند هر کجا در ترکیب با اوره + سولفات نیکل به کار رفت موثرتر واقع شد. تأثیر نیتروژن در افزایش رشد رویشی شاخه ها در اثر تغییر تعادل هورمون های گیاهی در بخش های رویشی ایجاد می شود. مصرف نیتروژن با کاهش نسبت آبسازیک اسید به جیبرلین سبب افزایش رشد رویشی گیاه می شود (۲۲). در پژوهش ما با محلول پاشی گیاهان ۶ هفته پس از محلول پاشی با تیمارهای دیگر هر جا پاکلوبوترازول استفاده شد افزایش چشمگیری را در قطر شاخساره نشان داد. غلظت مؤثر پاکلوبوترازول در کاهش رشد رویشی بسته به گونه و رقم متفاوت است (۲۶). از اثرهای اولیه این ترکیب ها، جلوگیری از فعالیت کائورن اکسیداز است، این آنزیم تبدیل انت کائورن به کائورونیک اسید را کاتالیز می کند، در نتیجه میزان جیبرلین کاهش می یابد (۸). هر چند، پاکلوبوترازول و دیگر کندکننده های رشد تقسیم یاخته ای و طویل شدن یاخته در بافت های هوایی گیاه را کند کرده و ارتفاع گیاه را کنترل می کنند و موجب افزایش قطر نیز می شوند (۱۶). در پژوهش اخیر جیبرلین و اوره + نیکل هم سبب افزایش قطر شدند. کاربرد برگی جیبرلین موجب افزایش فتوسنتز می شود که این امر نیز می تواند به دلیل افزایش سطح برگ یا افزایش آهنگ فتوسنتز در واحد سطح برگ باشد که افزایش وزن خشک را به دنبال دارد. همچنین تسریع در جذب آب به وسیله گیاه موجب افزایش وزن تر می شود (۱۷).

در پژوهش انجام شده توسط Bloom and Nicoulaud (۲۲) مشاهده شد که وجود نیکل در محلول غذایی کشت گوجه فرنگی، سبب افزایش رشد گیاهانی شد که تنها منبع نیتروژن آن ها تغذیه برگی اوره بود. این پژوهشگران معتقدند که اثر نیکل در این آزمایش بیشتر به دلیل نقش آن در انتقال اوره در گیاه بوده و به نقش مستقیم نیکل در فعالیت آنزیم اوره آز مرتبط نمی شود. محلول پاشی قلمه های مرکبات با کندکننده های رشد سبب کاهش ماده خشک برگ، ساقه و تولید برگ های کوچکتر می شود (۲) که تایید کننده نتیجه های پژوهش حاضر است. با توجه به نتیجه های به دست آمده این چنین برداشت می شود که پاکلوبوترازول در همه تیمارها سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه می شود که تاییدی است بر این مطلب که رشد شاخه ها را کاهش و رشد ریشه ها را افزایش می دهد. از این رو موجب افزایش نسبت ریشه به ساقه شده و همچنین سبب تولید برگ های سبز تیره تر و توسعه سیستم ریشه ای می شود (۱۳). نیکل بر متابولیسم نیتروژن اثر مثبت دارد و حضور یون نیکل می تواند به صورت غیر مستقیم سبب افزایش ساخت پروتئین ها گردد، همچنین در قابل دسترس شدن منابع کربوهیدرات ذخیره گیاه تأثیر مثبت دارد. همه این عوامل می تواند سبب افزایش وزن خشک ریشه گیاهان تیمار شده در این پژوهش گردد (۱۲). اثرهای مثبت نیکل روی متابولیسم نیتروژن و افزایش در دسترس بودن منابع کربوهیدراتی می تواند سبب قابلیت بالاتر ریشه ها برای رشد و ایجاد وزن بیشتر آن ها باشد (۱۵). پاکلوبوترازول با کاهش سطح جیبرلین میزان تقسیم شدن یاخته ای در صفحه های مریستمی را کاهش داده که به دنبال آن سطح برگ نیز کاهش می یابد (۱۶) که نتیجه های به دست آمده از پژوهش ما نیز در رابطه با پاکلوبوترازول مؤید همین موضوع است. در پژوهش ما پاکلوبوترازول با کاهش سطح برگ سبب افزایش در مقدار سبزینه شد. افزایش غلظت سبزینه در برگ های گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول ممکن است به افزایش غلظت سبزینه در هر کلروپلاست، افزایش تعداد کلروپلاست در هر یاخته برگ و افزایش تعداد یاخته ها در واحد سطح برگ مربوط باشد (۱۳). به احتمال،

افزایش میزان سبزینه در تیمارهای پاکلوبوترازول می‌تواند به دلیل تأثیر تریازول‌ها در افزایش میزان سایتوکاینین باشد. از آنجایی که سایتوکاینین به مقدار بیشتری در ریشه ساخته می‌شود و این ترکیب از راه آوندهای چوبی به برگ منتقل می‌شود و موجب افزایش ساخت سبزینه می‌گردد (۸) که نتیجه‌های ما نیز افزایش سبزینه را نشان می‌دهد. نیکل اثر مفید و مثبتی بر متابولیسم نیتروژن در گیاه دارد. بنابراین، در دسترس بودن منابع نیتروژن و عملکرد بالاتر گیاه در استفاده از عنصر نیتروژن هنگامی که عنصر نیکل موجود باشد می‌تواند توجیه‌کننده رشد رویشی بالاتر گیاهان و افزایش سطح برگ آن‌ها باشد (۲۴). در پژوهش حاضر تأثیر مثبت ایجاد شده از محلولپاشی پاکلوبوترازول به احتمال به دلیل کاهش رشد در اثر این هورمون و افزایش انباشت نیتروژن در واحد سطح برگ کوچکتر باشد که با نتیجه حاصل از پژوهش دیگر پژوهشگران مبنی بر این که پاکلوبوترازول سبب افزایش نیتروژن در برگ شد، مطابقت دارد (۱۶). نتیجه‌های آزمایش‌های مختلف نشان داده است که هنگامی که از اوره به عنوان منبع نیتروژن در محلول‌های غذایی استفاده می‌شود، غلظت نیتروژن کل شاخساره با حضور نیکل بیشتر از تیمار بدون نیکل است که این موضوع نشان دهنده افزایش جذب اوره با تغذیه نیکل می‌باشد (۲۵). یکی از آنزیم‌هایی که نیکل در آن نقش دارد استیل کوآنزیم A سینتاز و هیدروژناز است (۱۵). نیکل یکی از ترکیب‌های اصلی کوآنزیم A سینتاز است که پیش ساز کوآنزیم A می‌باشد که نقش آن در ساخت و اکسیداسیون اسیدهای چرب و اکسیداسیون پیرووات در چرخه سیتریک اسید چشمگیر است. بنابراین مقادیر کافی نیکل، شکل‌های کربن آلی مورد نیاز را در دسترس گیاه قرار می‌دهد، هم چنین، نیکل در متحرک شدن ذخایر کربوهیدرات درون گیاه و ذخیره انرژی درون پیوندهای پر انرژی مؤثر است (۱۲) که به احتمال همین دلیلی بر تأثیر مثبتش در مقدار قند است. می‌توان این گونه توجیه کرد که همبستگی زیادی بین رشد ساقه (طولی یا توده‌ای) و سطوح مطلق از قندهای محلول وجود دارد. این نشان‌دهنده این است که رشد شاخه به مقدار کربوهیدرات‌های در دسترس متکی است، با این حال غلظت قند افزایش خطی با رشد نهال در حال توسعه ندارد (۱۳،۲۰). در استفاده از جیبرلین اگر چه در ابتدای رشد، عامل بهره‌برداری سینک‌ها سریع‌تر است، نسبت به سینک‌های ذخیره‌ای، به بیان دیگر شاخساره و برگ بیشتر تولید شده و کربوهیدرات بیشتر صرف رشد می‌شود، گویا جیبرلین توزیع بین ریشه‌ها و شاخه را تفکیک می‌کند و سبب افزایش قندهای محلول و نشاسته شاخساره‌ها می‌شود، در حالی که پاکلوبوترازول توزیع نرمال قندها را تغییر نمی‌دهد (۱۳). این نتیجه‌ها نشان می‌دهد که جیبرلین با تحریک رشد رویشی، تولید شاخساره و برگ بیشتر و افزایش توزیع کربوهیدرات در شاخساره را سبب می‌شود ولی پاکلوبوترازول کاهش رشد و افزایش انباشت قند را شامل می‌شود. اگر چه در ابتدا تحریک رشد با جیبرلین سبب تولید و برگ بیشتر و مصرف کربوهیدرات می‌شود ولی بعد از توقف این رشد سریع سطح برگ بزرگتر و برگ‌های بیشتر عامل بزرگ قند سازی می‌شوند. پاکلوبوترازول هم با کاهش رشد، کربوهیدرات‌ها را در خود انباشت می‌دهد (۱۳،۲۰).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد جیبرلین (۱۰۰ میلی گرم در لیتر) و پاکلوبوترازول (۵۰۰ میلی گرم در لیتر) به همراه ماده‌های غذایی، فاصله زمانی کاشت بذر تا آمادگی داننهال برای پیوند از یک تا ۱/۵ سال به ۸ ماه کاهش یافت. کاهش این دوره زمانی برای تولیدکنندگان نهال بسیار حائز اهمیت است چون از یک طرف هزینه‌های تولید کاهش یافته و از طرف دیگر می‌توان از فضای خزانه با راندمان بالاتری استفاده کرده و در یک دوره زمانی در یک خزانه چندین بار به تولید پایه مبادرت نمود.

References

منابع

۱. رنجبر، ر.، س. عشقی، و م. رستمی. ۱۳۹۰. اثر محلول پاشی سولفات نیکل و اوره بر رشد زایشی و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت فرنگی رقم پاجارو (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. Pajaro). مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای. ۴۸-۴۱: ۷.

۲. عشقی، س. و ع. تفضلی. ۱۳۸۵. کاهش دوره رشد دانهال لیمو آب (*Citrus aurantifolia*) برای پیوند و گیرایی آن با مصرف تنظیم کننده‌های رشد و جوانه برداری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۷۷-۱۷۱: ۴.
۳. فتوحی قزوینی، ر. ۱۳۸۵. پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. ۱۵۰ صفحه.
3. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
4. Bai, C., C.C. Reilly and B.W. Wood. 2006. Nickel deficiency disrupts metabolism of ureides, amino acids and organic acids of young pecan foliage. Plant Physiol. 140: 433-443.
5. Chaturvedi, I. 2005. Effect of nitrogen fertilizers on growth, yield and quality of hybrid rice (*Oryza sativa*). J. Cent. Eur. Agr. 4:611-618.
6. Cheng, L., F. Ma and D. Ranwala. 2004. Nitrogen storage and its interaction with carbohydrates of young apple trees in response to nitrogen supply. Tree Physiol. 24: 91-98.
7. Coston, D.C. 1986. Effects of paclobutrazol on peaches. Acta Hort. 179:575-576.
8. Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers. and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and analytical chemistry. Anal. Chem. 28: 350-356.
9. Fleet, M.C. and T.P. Sun. 2005. A delicate balance: the role of gibberellin in plant morphogenesis. Current Opinion Plant Biol. 8:77-85.
10. Gad, N., M.H. Elsherif. and M.H. Elgereed. 2007. Influence of nickel on some physiological aspects of tomato plants. Australian J. Basic Appl. Sci. 1: 286-293.
11. Gerenda, J. and B. Sattelmacher. 1999. Influence of Ni supply on growth and nitrogen metabolism of *Brassica napus* L. grown with NH_4NO_3 or urea as N source. Annal. Bot. 83: 65-71.
12. Gaurav Kant, R.P.S., D. Prince. and B.S. Beniwal. 2017. Effect of PGR on leaf nutrients content and root growth in rough lemon (*Citrus jambhiri*) seedling. Int. J. Pure App. Biosci. 5 (4): 346-351.
13. Govind, S., I.P. Singh. 1999. Effect of foliar application of urea, GA_3 and ZnSO_4 on seedling growth of two citrus species. J. Appl. Hort. 1:51-53.
14. Karandis, I.E., S. Martinez, J.J. Harklis. and S.F. Gunes. 2002. Impact of nickel presence in soil on soybean plant growth parameters. Int. J. Agr. Biol. 3(2): 320-327.
15. Khurshid, T., D.L. McNeil. and M.C.T. Trought. 1997. Effect of foliar-applied gibberellins and soil applied paclobutrazol on reproductive and vegetative growth of 'Braeburn' apple trees growing under a high-density planting system. New-Zealand J. Crop Hort. Sci. 25: 49-58.
16. Little, C.H.A. and J.E. MacDonald. 2003. Effects of exogenous gibberellin and auxin on shoot elongation and vegetative bud development in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea glauca*. Tree Physiol. 23:73-83.
17. Maust, B.E. and J.G. Williamson. 1994. Nitrogen nutrition of containerized citrus nursery plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:195-201.
18. Mc-Cready, R.M., J. Guggolz, V. Silviera. and H.S. Owens. 1950. Determination of starch and amylase in vegetable. Anal. Chem. 22: 1156-1158.
19. Mohamed, H., M.A. Abd El-Rahman. and G.F. Abd El-Rahman. 2012. Impact of gibberellic acid enhancing treatments on shortening time to budding of citrus nursery stocks. J. Amer. Sci. 6(12):410-422.
20. Mustafa, N.S., F. Hagag, M.F.M. Shahin. and E. S. El-Hady. 2011. Effect of spraying different N sources on growth performance of picual Olive seedlings. Ameri-Eur. J. Agr. Environ. Sci. 11 (6): 911-916.
21. Muralidhara, B. M., Y. T. N. Reddy, M. K. Shivaprasad, H. J. Akshitha. and K.K. Mahanthi. 2014. Studies on foliar application of growth regulators and chemicals on seedling growth of mango varieties. Studies. 9: 203-205.
22. Nicoulaud, B.A.L. and A.J. Bloom. 1998. Nickel supplements improve growth when foliar urea is the sole nitrogen source for tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 556-559.
23. Priyanka P., H.M. Patel, P.V. Mehta. and K. Akhila. 2018. Ni and N sources (Urea and ammonium sulphate) affecting growth, yield and quality in maize plant (*Zea mays*). The Pharma Innov. J. 7(3): 80-84
24. Tabatabaei, S.J. 2009. Supplements of nickel affect yield, quality, and nitrogen metabolism when urea or nitrate is the sole nitrogen source for cucumber. J. Plant Nutr. 32: 713-724.
25. Yeshitela, T., P.J. Robbertse. and P.J.C. Stassen. 2004. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 32:281-293.

Interaction of Plant Growth Regulators and Mineral Nutrients on Seedling Growth of Volkamer lemon (*Citrus volkameriana* Pasq.) Rootstock before Grafting in the Nursery

A.R.Shahsavari*, Z. Majidi, E. Aslmoshtaghi¹

Commercial production of uniform and healthy seedlings to be used as a rootstock in a controlled environment has become commonplace. Any attempts to enhance their growth and shorten the preparing period for grafting will be of value and reduce the cost of production. The aim of this study was to investigate the interaction of growth regulators including gibberellic acid (GA₃) at a concentration of 0 and 100 mg L⁻¹ and subsequently paclobutrazol (PBZ) at a concentration of 0 and 500 mg L⁻¹ and nutrient sources of urea 0 and 0.5% and nickel sulfate 0 and 150 mg L⁻¹ on seedling growth of volkameriana. Results indicated that 100 mg L⁻¹ GA₃ accompanied by 0.5% urea and 150 mg L⁻¹ nickel sulfate significantly increased stem length and treatment combined with PBZ 500 mg L⁻¹ gave the highest rate of stem diameter.

Keyword: Nickel, Seedling growth, Urea, Volkameriana.

1. Associate Professor, Former M.Sc. Student and Former Ph.D. Student, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email:(shahsavari@shirazu.ac.ir).