مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۴ صفحه‌های ۳۸۹ تا ۳۹۸ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

برهمکنش تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و عنصرهای غذایی بر رشد پایه دانهالی لیموی ولکامر پیش از پیوند در خزانه[1]

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[2]

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 تنظیم کننده‌های 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 ولکامرلمون 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 به دنبال استفاده از جیبرلین، اوره و سولفات نیکل بهترین اثر را بر مقدار قطر ساقه دانهال داشت.

واژه‌های کلیدی: ولکامرلمون، 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 محصول‌های 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 ولکامرلمون منجر به تولید درختانی بزرگ و پر رشد و با محصول زیاد می‌گردد. درختان پیوندی روی ولکامرلمون قوی و باردهی بالایی دارند. این پایه، به سرما و بیماری‌های تریستزا و زایلو پوروسیس، فیتوفترا گونه پارازیتیکا به‌نسبت مقاوم است ولی در برابر گونه سیتروفتورا، نماتد و بیماری بلایت حساس است. ولکامرلمون

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۴

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).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

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 هیدرولیزشدن 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، آنزیمی که به صورت عمومی درون گیاهان وجود دارد، برای فعال‌شدن 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 کارآیی 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 -۰ 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 تاثیری 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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

افزایش رشد رویشی و طول دانهال‌های ولکامرلمون و به دنبال آن استفاده از پاکلوبوترازول به‌منظور کاهش رشد طولی و افزایش رشد قطری، برای مناسب‌شدن و رسیدن به‌حد 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 به‌حد پیوند و نیز کاهش مدت زمان لازم برای احراز شرایط پیوند بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش، میوه‌های سالم و به‌طور کامل رسیده ولکامرلمون از مرکز تحقیقات کشاورزی داراب در بهمن ماه سال ۱۳۹۲ تهیه شد. میوه‌ها به‌خوبی با آب شستشو و با محلول ۱۰٪ کلراکس (هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪) به‌مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند و سپس بذرها از میوه‌ها خارج و پس از شست‌وشو، به‌مدت 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 ولکامرلمون در جعبه‌ها کشت شدند و به‌طور میانگین هر ۳ روز یک بار آبیاری شدند. به طور میانگین ۳ تا ۴ هفته سبزشدن کامل بذرها به طول انجامید. دانهال‌ها تا مرحله ۴ تا ۶ برگی (حدود ۳ ماه پس از کاشت بذر) در بستر کاشت اول نگهداری شد و پس از آن، دانهال‌هایی با اندازه یکسان از نظر رشد انتخاب شدند. یک عدد دانهال در هر کیسه نایلونی گلدانی دارای زهکش به ابعاد ۳۵×۲۵ 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 دانهال‌ها 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 دانهال‌ها به ارتفاع مطلوب (حدود ۴۰ سانتی‌متر)، با پاکلوبوترازول محلول‌پاشی شدند. دانهال‌ها 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 دانهال) بود. تیمارهای مورد استفاده به شرح زیر بودند.

جیبرلیک اسید (GA_3): صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر

اوره کم‌بیورت (Urea (LBU)): صفر و ۰/۵ ٪

سولفات نیکل: صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر

پاکلوبوترازول (PBZ): صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر

اندازه‌گیری قند و نشاسته

برای اندازه گیری 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 به وسیله 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 رویی از ماده‌های رسوب‌یافته جدا و در بالن‌های حجمی ۲۵ میلی‌لیتری با استون ۸۰٪ به

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

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.

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

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 برحسب میلی متر 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 ولکامرلمون 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 ۰/۵٪، 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 ولکامرلمون 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 ۰/۵٪، 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 ولکامرلمون 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 ۰/۵٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۱/۵۸سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین (۱/۳۲سانتی‌متر) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول به تنهایی به‌دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

جدول ۱- اثرهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بر طول و قطر دانهال و طویل‌شدن میانگره‌های دانهال ولکامرلمون.

Table 1. Effects of GA_3, urea, Ni sulphate, and PBZ on seedling height, diameter and internodes elongation in Volkameriana seedling.

تیمارها Treatments						
GA_3 (mg L^{-1})	Urea (%)	Sulphate Ni (mg L^{-1})	PBZ (mg L^{-1})	ارتفاع دانهال Seedling height (cm)	قطر دانهال Seedling diameter (mm)	طول میانگره‌ها Internodes lenght (cm)
100	0.5	150	500	51.12c†	7.72a	2.05c
			0	63.33a	6.78c	2.66a
		0	500	51.83c	7.67a	2c
			0	60.66ab	6.72c	2.42b
	0	150	500	49.16cd	7.57ab	2c
			0	60ab	6.34d	2.4b
		0	500	49cd	7.53ab	1.97c
			0	59b	6.25d	2.36b
0	0.5	150	500	42.13ef	7.41ab	1.71de
			0	47.14d	6.02de	1.81d
		0	500	42.55e	7.27ab	1.64e
			0	46.88d	5.87e	1.68de
	0	150	500	35.15gh	7.19b	1.66e
			0	38.99ef	5.01f	1.62e
		0	500	35.02h	7.1b	1.32f
			0	38.15fg	4.98f	1.58e

†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 ولکامرلمون نشان داد که در برهمکنش تیمارهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بیش‌ترین مقدار (۱۶/۷۵گرم) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۰/۵٪، 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 ولکامرلمون 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 ۰/۵٪، 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 ولکامرلمون 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 ۰/۵٪، 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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

صفردرصد، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۲/۲۲ گرم) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد به‌دست 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 GA_3, urea, Ni sulphate, and PBZ on fresh and dry weights of shoots and roots in Volkameriana seedling.

تیمارها Treatments							
GA_3 (mg L^{-1})	Urea (%)	Sulphate Ni (mg L^{-1})	PBZ (mg L^{-1})	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)
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
		Sn (0)	P1 (500)	13.57cde	6.55de	8.44b	2.70de
			P2 (0)	16.54a	8.37a	7.1c	2.92de
	Urea 0%	Sn (150)	P1 (500)	13.12cdef	6.38ef	8.51b	2.84de
			P2 (0)	15.89a	8.14ab	6.97c	2.78de
		Sn (0)	P1 (500)	13cdef	6.23ef	8.49b	2.7de
			P2 (0)	15.71ab	8.12ab	6.94c	3cd
0	Urea 0.5%	Sn (150)	P1 (500)	12.22def	6.24ef	10.38a	3.3ab
			P2 (0)	14.11bc	7.55bc	7.25c	3.45abc
		Sn (0)	P1 (500)	12.2def	7.12cd	10.32a	3.47ab
			P2 (0)	14.07c	7.46c	7.02c	2.93de
	Urea 0%	Sn (150)	P1 (500)	10.16g	4.21g	7.05c	3.73a
			P2 (0)	11.97ef	5.92f	5.29d	3.10bcd
		Sn (0)	P1 (500)	10.04g	4.12g	7.09c	2.64e
			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.

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

مقایسه میانگین‌های 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 میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۰/۵٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول صفر میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۱۹/۸۹ سانتی متر مربع) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین مقدار (۱۴/۱۵سانتی متر مربع) در تیمار پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌تنهایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت (جدول ۳).

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

صفر میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره ۰/۵٪، سولفات نیکل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۱/۷۵٪) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین در تیمار شاهد به‌دست 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 میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اوره صفر درصد، سولفات نیکل صفر میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۶۰/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول۳- اثرهای جیبرلین، اوره، سولفات نیکل و پاکلوبوترازول بر سطح برگ ، سبزینه کل، نیتروژن کل، کربوهیدرات و میزان نشاسته در دانهال ولکامرلمون.

Table 3. Effect of GA_3, 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 معنی‌داری ندارد.

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

اوره صفر درصد، سولفات نیکل صفر میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که با شاهد (۳۷/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) تفاوت معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳).

بحث

جیبرلین‌ها با افزایش کشش دیواره یاخته‌ای یعنی انبساط دیواره و هم‌چنین هیدرولیز نشاسته به قند که کاهش پتانسیل آب یاخته را به‌دنبال دارد سبب ورود آب به درون یاخته و طویل شدن یاخته می‌شوند (۱۷). از سویی جیبرلین‌ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه از جمله تریپتوفان که پیش‌ساز اکسین است، می‌شوند. بنابراین برخی اثرهای خود را به صورت غیرمستقیم از طریق اکسین نیز اعمال می‌کنند (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 شاخه‌ها در اثر تغییر تعادل هورمون‌های گیاهی در بخش‌های رویشی ایجاد می‌شود. مصرف نیتروژن با کاهش نسبت آبسیزیک اسید به جیبرلین سبب افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود (۲۲). در پژوهش ما با محلول‌پاشی گیاهان ۶ هفته پس از محلول‌پاشی 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 ترکیب‌ها، جلوگیری از فعالیت کائورن‌اکسیداز است، این آنزیم تبدیل انت کائورن به کائورونیک‌اسید را کاتالیز می‌کند، در نتیجه میزان جیبرلین کاهش می‌یابد (۸). هر چند، پاکلوبوترازول و دیگر کندکننده‌های رشد تقسیم یاخته‌ای و طویل شدن یاخته در بافت‌های هوایی گیاه را کند کرده و ارتفاع گیاه را کنترل می‌کنند و موجب افزایش قطر نیز می‌شوند (۱۶). در پژوهش اخیر جیبرلین و اوره + نیکل هم سبب افزایش قطر شدند. کاربرد برگی جیبرلین موجب افزایش فتوسنتز می‌شود که این امر نیز می‌تواند به‌دلیل 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 می‌شود (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 آن‌ها تغذیه برگی اوره بود. این پژوهشگران معتقدند که اثر نیکل در این آزمایش بیشتر به‌دلیل نقش آن در انتقال اوره در گیاه بوده و به نقش مستقیم نیکل در فعالیت آنزیم اوره‌آز مرتبط نمی‌شود. محلول‌پاشی قلمه‌های مرکبات با کندکننده‌های رشد سبب کاهش ماده خشک برگ، ساقه و تولید برگ‌های کوچکتر می‌شود (۲) که تایید کننده نتیجه‌های پژوهش حاضر است. با توجه به نتیجه‌های به‌دست‌آمده این چنین برداشت می‌شود که پاکلوبوترازول در همه تیمارها سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه می‌شود که تاییدی است بر این مطلب که رشد شاخه‌ها را کاهش و رشد ریشه‌ها را افزایش می‌دهد. از این رو موجب افزایش نسبت ریشه به ساقه شده و هم‌چنین سبب تولید برگ‌های سبز تیره تر و توسعه سیستم ریشه‌ای می‌شود (۱۳). نیکل بر متابولیسم نیتروژن اثر مثبت دارد و حضور یون نیکل می‌تواند به‌صورت غیر مستقیم سبب افزایش ساخت پروتئین‌ها گردد، هم‌چنین در قابل دسترس شدن منابع کربوهیدرات ذخیره گیاه تاثیر مثبت دارد. همه این عوامل می‌تواند 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 می‌تواند سبب قابلیت بالاتر ریشه‌ها برای رشد و ایجاد وزن بیشتر آن‌ها باشد (۱۵). پاکلوبوترازول با کاهش سطح جیبرلین میزان تقسیم شدن یاخته‌ای در صفحه‌های مریستمی را کاهش داده که به دنبال آن سطح برگ نیز کاهش می‌یابد (۱۶) که نتیجه‌های به‌دست‌آمده 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 برگ‌های گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول ممکن است به افزایش غلظت سبزینه در هر کلروپلاست، افزایش تعداد کلروپلاست در هر یاخته برگ و افزایش تعداد یاخته‌ها در واحد سطح برگ مربوط باشد (۱۳). به احتمال،

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

افـزایش میـزان سـبزینه در تیمارهـای پـاکلوبوترازول می‌توانـد بـه‌دلیل تـأثیر تریازول‌هـا در افـزایش میـزان سـایتوکاینین باشـد. از آن‌جـایی کـه سـایتوکاینین بـه مقـدار بیشـتری در ریشـه سـاخته می‌شـود و ایـن ترکیـب از راه آونـدهای چـوبی بـه بـرگ منتقـل مـی شـود و موجـب افـزایش سـاخت سـبزینه می‌گـردد (۸) کـه نتیجـه‌های مـا نیـز افـزایش سـبزینه را نشـان می‌دهـد. نیکـل اثـر مفیـد و مثبتـی بـر متابولیسـم نیتـروژن در گیـاه دارد. بنـابراین، در دسـترس بـودن منـابع نیتـروژن و عملکـرد بـالاتر گیـاه در اسـتفاده از عنصـر نیتـروژن هنگـامی کـه عنصـر نیکـل موجـود باشـد می‌توانـد توجیـه کننـده رشـد رویشـی بـالاتر گیاهـان و افـزایش سـطح بـرگ آن‌هـا باشـد (۲۴). در پـژوهش حاضـر تـاثیر مثبـت ایجـاد شـده از محلولپاشـی پـاکلوبوترازول بـه‌احتمال بـه‌دلیل کـاهش رشـد در اثـر ایـن هورمـون و افـزایش انباشـت نیتـروژن در واحـد سـطح بـرگ کـوچکتر باشـد کـه بـا نتیجـه حاصـل از پـژوهش دیگـر پژوهشـگران مبنـی بـر این‌کـه پـاکلوبوترازول سـبب افـزایش نیتـروژن در بـرگ شـد، مطابقـت دارد (۱۶). نتیجـه‌های آزمایش‌هـای مختلـف نشـان داده اسـت کـه هنگـامی کـه از اوره بـه‌عنوان منبـع نیتـروژن در محلول‌هـای غـذایی اسـتفاده می‌شـود، غلظـت نیتـروژن کـل شاخسـاره بـا حضـور نیکـل بیشتر از تیمـار بـدون نیکـل اسـت کـه ایـن موضـوع نشـان دهنـده افـزایش جـذب اوره بـا تغذیـه نیکـل می‌باشـد (۲۵). یکـی از آنزیم‌هـایی کـه نیکـل در آن نقـش دارد اسـتیل کـوآنزیم A سـینتاز و هیـدروژناز اسـت (۱۵). نیکـل یکـی از ترکیب‌هـای اصـلی کـوآنزیم A سـینتاز اسـت کـه پـیش سـاز کـوآنزیم A می‌باشـد کـه نقـش آن در سـاخت و اکسیداسـیون اسـیدهای چـرب و اکسیداسـیون پیـرووات در چرخـه سـیتریک اسـید چشـمگیر اسـت. بنـابراین مقـادیر کـافی نیکـل، شـکل‌های کـربن آلـی مـورد نیـاز را در دسـترس گیـاه قـرار می‌دهـد، هـم چنـین، نیکـل در متحـرک شـدن ذخـایر کربوهیـدرات درون گیـاه و ذخیـره انـرژی درون پیونـدهای پـر انـرژی مـؤثر اسـت (۱۲) کـه بـه احتمـال همـین دلیلـی بـر تـاثیر مثبـتش در مقـدار قنـد اسـت. می‌تـوان ایـن گونـه توجیـه کـرد کـه همبسـتگی زیـادی بـین رشـد سـاقه (طـولی یـا تـوده‌ای) و سـطوح مطلـق از قنـدهای محلـول وجـود دارد. ایـن نشـان‌دهنـده ایـن اسـت کـه رشـد شـاخه بـه مقـدار کربوهیدرات‌های در دسـترس متکـی اسـت، بـا ایـن حـال غلظـت قنـد افـزایش خطـی بـا رشـد نهـال در حـال توسـعه نـدارد (۱۳،۲۰). در اسـتفاده از جیبـرلین اگـر چـه در ابتـدای رشـد، عامـل بهره‌بـرداری سـینک‌ها سـریع‌تر اسـت، نسـبت بـه سـینک‌های ذخیـره‌ای، بـه بیـان دیگـر شاخسـاره و بـرگ بیشـتر تولیـد شـده و کربوهیـدرات بیشـتر صـرف رشـد می‌شـود، گویـا جیبـرلین توزیـع بـین ریشـه‌ها و شـاخه را تفکیـک می‌کنـد و سـبب افـزایش قنـدهای محلـول و نشاسـته شاخسـاره‌ها می‌شـود، در حـالی کـه پـاکلوبوترازول توزیـع نرمـال قنـدها را تغییـر نمی‌دهـد (۱۳). ایـن نتیجـه‌ها نشـان می‌دهـد کـه جیبـرلین بـا تحریـک رشـد رویشـی، تولیـد شاخسـاره و بـرگ بیشـتر و افـزایش توزیـع کربوهیـدرات در شاخسـاره را سـبب می‌شـود ولـی پـاکلوبوترازول کـاهش رشـد و افـزایش انباشـت قنـد را شـامل می‌شـود. اگرچـه در ابتـدا تحریـک رشـد بـا جیبـرلین سـبب تولیـد و بـرگ بیشـتر و مصـرف کربوهیـدرات می‌شـود ولـی بعـد از توقـف ایـن رشـد سـریع سـطح بـرگ بزرگتـر و برگ‌هـای بیشـتر عامـل بـزرگ قنـد سـازی مـی‌شـوند. پـاکلوبوترازول هـم بـا کـاهش رشـد، کربوهیـدرات‌ها را در خود انباشت می‌دهد (۱۳،۲۰).

نتیجه‌گیری

در ایـن پـژوهش بـا اسـتفاده از تنظیم‌کننـده‌های رشـد جیبـرلین (۱۰۰ میلی‌گـرم در لیتـر) و پـاکلوبوترازول (۵۰۰ میلی‌گـرم در لیتـر) بـه‌همراه ماده‌هـای غـذایی، فاصـله زمـانی کاشـت بـذر تـا آمـادگی دانهـال بـرای پیونـد از یـک تـا ۱/۵ سـال بـه ۸ مـاه کـاهش یافـت. کـاهش ایـن دوره زمـانی بـرای تولیدکننـدگان نهـال بسـیار حـائز اهمیـت اسـت چـون از یـک طـرف هزینـه‌های تولیـد کـاهش یافتـه و از طـرف دیگـر می‌تـوان از فضـای خزانـه بـا رانـدمان بـالاتری اسـتفاده کـرده و در یک دوره زمانی در یک خزانه چندین بار به تولید پایه مبادرت نمود.

منابع References

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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

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. ۱۵۰صفحه.

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 dellacate 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (4): 389 - 398 (2019)
Research article

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.Shahsavar*, Z. Majidi, E. Aslmoshtaghi[1]

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 (GA_3) 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} GA_3 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.4.7]

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:(shahsava@shirazu.ac.ir).