

بررسی برهمکنش نیکل و اوره بر ویژگی‌های رویشی، فعالیت آنزیم اوره‌آز و برخی عنصرهای غذایی دو پایه پسته بادامی ریز زرند و قزوینی^۱

Investigation of Ni and Urea Interaction on Vegetative Characteristics, Urease Activity and some Nutrient Elements of Two Pistachio Rootstocks: ‘Badamai-Riz Zarand’ and ‘Qazvini’

مجید اسماعیلی‌زاده^{*}، زینب سلیمانی و حمیدرضا روستا^۲

چکیده

با توجه به توصیه‌ها و مصرف روز افزون اوره چه به صورت خاکی و چه محلول‌پاشی در باغ‌های پسته، این پژوهش در گلخانه با هدف بررسی اثر برهمکنش تغذیه نیکل و اوره بر مقدار جذب و کارایی مصرف اوره و رشد پسته به صورت فاکتوریل با سه فاکتور شامل سولفات‌نیکل در سه سطح (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، اوره در دو سطح (۰ و ۰/۲٪) و دو پایه بادامی ریز زرند و قزوینی در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها در مرحله ۸-۱۰ برگی به صورت محلول‌پاشی طی سه مرحله به فاصله زمانی دو هفته از یکدیگر روی نهال‌های بذری پسته محلول‌پاشی شدند. نتیجه‌ها نشان داد که محلول‌پاشی با سولفات‌نیکل و اوره طی سه مرحله باعث افزایش معنی‌دار در ویژگی‌های رشدی مانند ارتفاع ساقه، قطر طوقه، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و ریشه، مقدار آهن، روی، نیکل و نیتروژن کل برگ شد. بر اساس نتیجه‌های این پژوهش، محلول‌پاشی اوره موجب افزایش مقدار اوره برگ شد، در صورتی که کاربرد سولفات‌نیکل به طور معنی‌داری آن را کاهش داد. کاهش غلظت اوره برگ در اثر افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز توسط نیکل بود. به طور کلی نتیجه‌های این پژوهش نشان داد کاربرد همزمان نیکل و اوره به صورت محلول‌پاشی می‌تواند بازدهی کود اوره را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: بادامی ریز زرند، دانهال، قزوینی، قطر طوقه، نیتروژن کل.

مقدمه

پسته اهلی از راسته سداب و تیره پسته‌سانان می‌باشد. این جنس بیش از ۱۳ گونه دارد که تنها گونه ورا، خشک میوه خندان و اهمیت تجاری دارد (۴۷). یکی از عامل‌های مهم در کاهش عملکرد و کیفیت محصول‌های منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک، پایین بودن کارایی جذب عنصرهای غذایی از خاک است. بنابراین جهت استفاده بهینه از کودهای شیمیایی در منطقه‌های خشک و افزایش عملکرد و کیفیت محصول، مصرف کودهای شیمیایی از روش محلول‌پاشی اولویت دارد (۶). نیتروژن از جمله عنصرهای ضروری پر مصرف است که در تغذیه باغ‌های پسته نقش مهمی را ایفا می‌کند (۳۱). اوره رایج‌ترین شکل کود نیتروژنی می‌باشد. از دلیلهای کاربرد زیاد کود اوره در کشاورزی می‌توان به هزینه کم، کاربرد آسان، مقدار بالای نیتروژن (۴۶٪) و همچنین جذب سریع و بالای آن به واسطه مولکول بودن آن در مقایسه با منبع‌های دیگر کود نیتروژن اشاره کرد (۳۵). بانی‌نسب (۱۲) گزارش کرد محلول‌پاشی ۰/۳٪ درخت‌های پسته با اوره در فصل بهار در مقایسه با کاربرد خاکی آن رشد شاخص‌سازه را بیشتر تحریک کرد و محلول‌پاشی ۶۲٪ نسبت به کاربرد خاکی نیتروژن بیشتری برای گیاه فراهم نمود. در

۱- تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۲

۲- به ترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (esmaeilzadeh@vru.ac.ir)

مطالعه‌ای دیگر بانی نسب و همکاران (۱۲) نشان دادند که محلول پاشی با اوره به طور معنی‌داری غلظت نیتروژن برگ، شاخه سال جاری و جوانه، فتوسنتز، مقدار کاروفیل و سطح برگ در پسته را افزایش داد. نیتروژن موجود در اوره تا زمانی که به وسیله آنزیم اوره‌آز آبکافت نشود، برای تغذیه گیاه قابل استفاده نمی‌باشد (۱۰). در فرایند جذب اوره آز این است که امکان استفاده از اوره درون یاخته‌ای و یا اوره مصرف شده از کود را به عنوان منبع نیتروژن برای گیاه فراهم می‌کند (۳۵). اوره‌آز یک آنزیم وابسته به نیکل است که اوره را آبکافت و به دو مولکول آمونیوم و یک مولکول دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کند (۳۵). نیکل یکی از اجزای اصلی آنزیم اوره‌آز می‌باشد (۳۳). در این ارتباط پژوهشگران بیان کردند که با افزودن ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم نیکل در کیلوگرم خاک، عملکرد گیاه جفری به طور معنی‌داری افزایش یافت (۱۱). در پژوهشی دیگر خوشگفتارمنش و بهمن زیاری (۳۳) با بررسی سطوح های مختلف نیکل (۰، ۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار) بر رشد، عملکرد و کیفیت دو پایه خیار نشان دادند که افزایش سطح نیکل محلول غذایی باعث افزایش غلظت نیکل برگ شد. اگرچه نیکل هم‌اکتون به عنوان یک عنصر ضروری برای برخی تیره‌های گیاهان در نظر گرفته می‌شود، ولی برای رده‌بندی نیکل به عنوان عنصری ضروری باستی بررسی‌های بیشتری در دیگر تیره‌های گیاهی انجام شود. همچنین مقدار سمی بحرانی نیکل در بعضی گیاهان بیشتر از ۱۰، بعضی بیشتر از ۵۰ و بعضی بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش شده است (۳۵). تنها نقش تعریف شده این عنصر، شرکت در سوخت‌وساز اوره می‌باشد که این فرایند در گیاهانی که از اوره به عنوان منبع نیتروژن استفاده می‌کنند، بسیار اهمیت دارد (۱۸) چرا که نیکل جزو فلزی آنزیم اوره‌آز است (۳۵). گرنداس و همکاران نیز اثر کمبود نیکل را بر رشد تنباقو، کدو مسمایی، برجنح و کلزای تغذیه شده با اوره گزارش کردند (۲۷، ۲۸، ۲۹). این پژوهشگران مشاهده کردند که افزودن نیکل به کلزای بهاره تغذیه شده از منبع اوره، سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم اوره‌آز در برگ این گیاه شد و کاربرد نیکل، فعالیت آنزیم اوره‌آز برگ را ۴ تا ۳ برابر افزایش داد. نتیجه‌های مطالعه تان و همکاران (۴۳) بیانگر نقش نیکل بر افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز ریشه و شاخصاره گوجه‌فرنگی تغذیه شده با اوره بود. افزایش فعالیت اوره‌آز منجر به بهبود سوخت و ساز نیتروژن در گیاه می‌شود و آمونیوم تولید شده در این فرایند وارد چرخه گلوتامین شده و به ترکیب‌های آلی نیتروژن دار تبدیل می‌شود (۱۰). نتیجه‌های رنجبر و همکاران (۴) نشان داد تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات نیکل بدون اوره باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و تعداد گل آذین توت فرنگی نسبت به شاهد شد. والکر و همکاران (۴۴) مشاهده کردند که در حبوبات، کمبود نیکل منجر به کاهش فعالیت آنزیم اوره‌آز و به دنبال آن سمتی اوره و آشکار شدن نشانه‌های بافت مردگی و نوک سوختگی در برگ می‌شود. کمبود نیکل در زمان شکفتن جوانه‌های گل پکان موجب بدشکلی برگ‌ها می‌شود که به اصطلاح گوش-موشی نامیده می‌شود (۴۶). نشانه‌های عارضه گوش-موشی شامل تغییر شکل برگ‌ها، بدشکلی برگ و شاخصاره و اندام‌های زایشی می‌باشد (۴۵). کاربرد نیکل موجب ایجاد تغییرهای معنی‌داری در غلظت برخی عنصرهای پر مصرف و کم مصرف مثل نیتروژن، آهن، روی و همچنین نیکل در برگ‌های پکان شد (۳۶). کمبود نیکل در پکان پیامدهای بسیار مضری برای سوخت و ساز و فیزیولوژی درخت دارد، بنابراین این عنصر برای پکان ضروری است (۳۶).

با وجود آن‌که کود اوره، بیش از ۵۰٪ از کل کودهای نیتروژن دار مصرف شده در بخش‌های کشاورزی را شامل می‌شود و از سوی دیگر نیکل یک عنصر ضروری برای فعالیت آنزیم اوره‌آز و بهبود سوخت و ساز اوره در گیاه می‌باشد، تأثیر تغذیه نیکل بر سوخت و ساز نیتروژن در گیاهان تغذیه شده با اوره، کمتر توجه شده است. با توجه به اهمیت و لزوم افزایش کارایی تغذیه درخت‌های پسته در جهت تولید پایدار این محصول، پژوهش حاضر با هدف اثر تغذیه برگی همزمان نیکل و اوره بر مقدار رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو پایه پسته بادامی ریز زرند و پسته قزوینی انجام شد.

مواد و روش‌ها

کاشت بذر و محلول‌پاشی

این پژوهش در گلخانه با استفاده از نهال‌های بذری دو پایه پسته اهلی شامل بادامی ریز زرند و قزوینی که بذر آن‌ها از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه شده بود، انجام شد. بذرها مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده و همراه با پوسته سخت آن‌ها، برای گندزدایی به مدت ۱۵ دقیقه در هیپوکلرید سدیم ۵٪ قرار داده شدند. سپس بذرها را با آب مقطر شسته و در نهایت به مدت ۱۰ دقیقه در قارچ‌کش کاپتان قرار داده و پس از آن به منظور کشت به گلخانه منتقل شدند. پس از پر کردن گلدان‌ها با خاکی که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول شماره ۱ آورده شده است، ۵ عدد بذر در هر گلدان کشت شد. مقدار آبیاری هر گلدان بر اساس ظرفیت مزرعه انجام شد. محلول‌پاشی با سولفات نیکل در سه سطح (۰، ۳۰۰، ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و اوره در دو سطح (۰ و ۰٪) طی ۳ مرحله به فاصله زمانی دو هفته از یکدیگر پس از گذشت دو ماه از زمان تنفسی بذرها یعنی زمانی که دانه‌الها ۸-۱۰ برجی شدند، انجام شد. مقدار محلول‌پاشی تا مرحله آبچک از سطح برگ‌ها بود. حدود دو هفته بعد از آخرین زمان محلول‌پاشی ویژگی‌های رشدی (تعداد برگ و گره، ارتفاع دانه‌الها و قطر طوقه) اندازه‌گیری و سپس دانه‌الها برداشت شدند.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil used.

| قابلیت بافت Texture | هدایت الکتریکی Ec (dS m ⁻¹) | پ هاش pH | سدیم Na (mg kg ⁻¹) | پتاسیم K (mg kg ⁻¹) | منیزیم Mg (mg kg ⁻¹) | کلسیم Ca (mg kg ⁻¹) | آهن Fe (mg kg ⁻¹) | مس Cu (mg kg ⁻¹) | روی Zn (mg kg ⁻¹) | فسفر P (mg kg ⁻¹) | نیکل Ni (mg kg ⁻¹) |
|------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| سیلتی لوم Silt loam | 1.5 | 7.74 | 87.78 | 33.54 | 20.5 | 27 | 0.69 | 0.79 | 0.31 | 17.3 | 0.169 |

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

ویژگی‌های رویشی

در پایان آزمایش تعداد برگ و گره، قطر طوقه دانه‌الها با کولیس دیجیتالی، ارتفاع به سانتی‌متر با استفاده از خطکش و سطح برگ با دستگاه سنجش سطح برگ (مدل CI-202, USA) بر اساس سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. سپس دانه‌الها از گلدان خارج و شاخصاره و ریشه از هم جدا و وزن تر آن‌ها با ترازو اندازه‌گیری شد. وزن خشک برگ و ریشه پس از قرار دادن شاخصاره گیاهی در خشککن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

عناصرها

در این پژوهش عناصرهای نیتروژن، آهن، روی و نیکل در برگ اندازه‌گیری شد. غلظت نیکل، آهن و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل GBC-Avanta-PM, Australia) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد (۱۵).

فعالیت آنزیم اوره آز

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره آز، در پایان آزمایش پس از برداشت شاخصاره گیاه، نمونه‌های برگی هوا خشک شده، از الک ۵/۰ میلی‌متر عبور داده شدند. مقدار ۱/۰ گرم نمونه گیاهی در لوله فالکون ریخته و سپس

۲/۰ میلی‌لیتر تولوئن، ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (۱/۰ مولار، pH ۷/۵) و یک میلی‌لیتر محلول اوره (۰/۵ مولار) به آن اضافه شد. این ماده‌ها به مدت چند ثانیه به هم زده شدند تا به خوبی مخلوط شوند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در گرمخانه نگهداری شدند. بعد از سپری شدن این مدت، مخلوط از گرمخانه خارج و ۲۵ میلی‌لیتر از محلول کلرید پتاسیم (۲/۵ مولار) و سولفات نقره (100 mg l^{-1}) به آن اضافه و اجازه داده شد تا دمای آن به دمای محیط برسد. سپس حجم آن با محلول کلرید پتاسیم (۲/۵ مولار) و سولفات نقره (100 mg l^{-1}) به ۴۵ میلی‌لیتر رسانده و ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط حاصل برای تجزیه با دستگاه تقطیر برداشته شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی با این دستگاه تعیین و در نهایت فعالیت آنزیم اوره‌آز بر حسب میلی‌گرم آمونیوم بر کیلوگرم وزن خشک در ساعت محاسبه و گزارش شد (۲۴).

اندازه‌گیری غلظت اوره

برای اندازه‌گیری غلظت اوره شاخصاره، از روش عصاره‌گیری با آب داغ استفاده شد (۲۴). بدین ترتیب که ۱/۰ گرم ماده خشک برگ گیاه وزن شده و داخل لوله‌های آزمایش شیشه‌ای قرار داده و پس از اضافه کردن ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن، به مدت ۵ دقیقه جوشانده شد. به منظور رسوب پروتئین‌ها، نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند. سپس جهت تعیین غلظت اوره، عصاره حاصل به آزمایشگاه انتقال یافت. اساس آزمایش انجام شده برای اندازه‌گیری اوره در آزمایشگاه بدین گونه بود که در اثر آبکافت اوره توسط آنزیم اوره‌آز، آمونیاک پدید آمد که در کنار نیتروپروساید سدیم، هیپوکلریت سدیم و سالیسیلات، کمپلکس رنگی قابل سنجش در طول موج‌های ۵۸۰ تا ۶۲۰ نانومتر ساخته شد. در نهایت مقدار اوره بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۱: } (\text{غلظت استاندارد}) = \frac{\text{جذب نوری استاندارد}}{\text{جذب نوری نمونه}} \times 100 \quad (\text{mg dl}^{-1})$$

نتیجه‌های به دست آمده از این آزمایش، نشان‌دهنده مقدار BUN است. غلظت اوره از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۲: } \text{BUN} \times 2.14 = \text{غلظت اوره در عصاره (میکرومول بر گرم)}$$

طرح و تجزیه آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی اجرا شد. فاکتورها شامل دو پایه پسته (بادامی ریز زرند و قزوینی)، نیتروژن از منبع اوره در دو سطح (۰/۰۲ و ۰/۰۰٪) و نیکل از منبع سولفات نیکل در سه سطح (۰/۰۰، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ گرم در لیتر) بود. هر تیمار شامل چهار تکرار و هر تکرار یک گلدان با ۵ نهال داشت. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. شکل‌ها با نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

ویژگی‌های رویشی

نتیجه‌های مقایسه میانگین بین داده‌ها نشان داد که کاربرد سولفات نیکل در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب سبب افزایش ۴۶/۴۷ و ۱۶/۰۷ درصدی ارتفاع دانهال‌ها نسبت به تیمار شاهد در هر دو پایه پسته بادامی و قزوینی شد و کاربرد اوره در این غلظت اثر سولفات نیکل را بر ارتفاع گیاه بهبود بخشید، به‌طوری که بیشترین ارتفاع دانهال‌های پسته (۳۱/۱۷ سانتی‌متر) در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات نیکل به همراه کاربرد اوره در پایه بادامی مشاهده شد و کمترین ارتفاع دانهال (۱۵/۶۱ سانتی‌متر) در تیمار عدم کاربرد سولفات نیکل و اوره در پایه قزوینی به دست آمد (جدول ۲).

در ارتباط با قطر طوقه دانهال‌ها، نتیجه‌های مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد سولفات نیکل قطر طوقه را حدود ۱۲ و ۴۷٪ نسبت تیمار شاهد افزایش داد، ولی غلظت بالای نیکل سبب کاهش قطر طوقه نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمار سولفات نیکل در هر دو پایه پسته شد، به‌طوری که بیشترین قطر طوقه (۴/۹۲ میلی-

مترا) مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات نیکل به همراه اوره در پایه بادامی بود و کمترین قطر طوقه (۲/۲۱ میلی‌متر) در تیمار به کاربرد نبردن سولفات نیکل و اوره در پایه قزوینی مشاهده شد (جدول ۲). در ارتباط با سطح برگ باید اشاره کرد که کاربرد سولفات نیکل اثر مثبت و معنی‌داری بر سطح برگ داشت. همچنین کاربرد اوره به ترتیب باعث افزایش ۱۳ و ۱۴ درصدی سطح برگ در پایه بادامی و قزوینی شد و اثر سولفات نیکل را بر سطح برگ تقویت کرد به‌طوری که بیشترین سطح برگ (۵۵/۸۸ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات نیکل به همراه کاربرد اوره در پایه بادامی مشاهده شد. نتیجه‌ها همچنین نشان داد که غلظت‌های بالای نیکل و اوره به تنها‌ی سبب کاهش سطح برگ شد (جدول ۲).

بر اساس نتیجه‌های حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، کاربرد همزمان سولفات نیکل و اوره اثر مثبت و معنی‌داری بر وزن تر و خشک برگ و ریشه (جدول ۳) دانهال‌های پسته داشت. به‌طوری که با کاربرد تیمار سولفات نیکل مقدار وزن خشک برگ و ریشه افزایش یافت و بهترین تیمار ترکیب ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات نیکل به همراه اوره بود که بیشترین مقدار وزن تر و خشک را نسبت به شاهد داشت. همچنین نتیجه‌ها نشان داد که وزن تر و خشک برگ و ریشه با افزایش سطح نیکل از ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات نیکل کاهش یافت (جدول ۳).

جدول ۲- اثر سولفات نیکل و اوره بر ویژگی‌های رشدی پایه‌های پسته بادامی ریز زرد و قزوینی.

Table 2. Effect of nickel sulfate and Urea on measured parameters of pistachio Badamai-riz zarand and Qazvini rootstocks.

| پایه Rootstock | سولفات نیکل Nickel sulfate (g l ⁻¹) | اوره Urea (g l ⁻¹) | ارتفاع ساقه Stem length (cm) | قطر طوقه Crown diameter (mm) | سطح برگ Leaf area (cm ²) |
|--------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|
| Badami-rize zarand | 0 | | 17.58 f | 3.40 de | 36.90 h |
| | 150 | 0 | 25.75 b | 3.87 b | 44.65 c |
| | 300 | | 19.55 de | 3.52 cd | 41.83 de |
| | 0 | | 21.15 c | 3.61 cd | 39.12 fg |
| | 150 | 2 | 31.17 a | 4.92 a | 55.88 a |
| | 300 | | 19.52 cd | 3.60 cd | 42.97 cd |
| | 0 | | 15.61 g | 2.21 h | 33.47 i |
| | 150 | 0 | 18.12 ef | 3.25 ef | 43.17 cd |
| | 300 | | 17.27 f | 2.87 g | 40.25 e-g |
| Qazvini | 0 | | 16.90 fg | 2.70 g | 38.24 gh |
| | 150 | 2 | 19.92 cd | 3.65 c | 49.43 b |
| | 300 | | 17.76 f | 3.13 f | 41.11 d-f |

† In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability, using LSD.

‡ در هر ستون میانگین‌هایی که حروف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- اثر سولفات نیکل و اوره بر برخی ویژگی‌های رویشی دانهالهای پسته.

Table 3. Effect of Nickel sulfate and urea spraying on some vegetative characteristics of pistachio rootstocks.

| سولفات نیکل Nickel sulfate (mg l ⁻¹) | اوره Urea (g l ⁻¹) | وزن تر برگ Leaf fresh weight (g) | وزن تر ریشه Root fresh weight (g) | وزن خشک برگ Leaf dry weight (g) | وزن خشک ریشه Root dry weight (g) |
|--|-----------------------------------|--|---|---------------------------------------|--|
| 0 | 0 | 5.55 e† | 10.64 e | 1.28 d | 3.26 d |
| 150 | 0 | 6.50 b | 12.87 b | 1.68 b | 4.27 b |
| 300 | 0 | 5.94 cd | 11.53 c | 1.53 c | 3.76 c |
| 0 | 2 | 5.80 d | 10.94 d | 1.41 cd | 3.52 c |
| 150 | 2 | 7.77 a | 13.94 a | 1.99 a | 4.86 a |
| 300 | 2 | 5.96 c | 11.77 c | 1.54 c | 3.59 c |

†In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability, using LSD.

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

عنصرهای غذایی

آهن

نتیجه‌های این مطالعه نشان داد کاربرد سولفات نیکل، بدون تیمار اوره، باعث افزایش معنی‌دار مقدار آهن برگ در دو پایه پسته مورد مطالعه شد؛ به طوری که تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات نیکل بیشترین اثر را بر مقدار آهن برگ در پایه بادامی داشت و این تیمار باعث ۶۴/۷۸٪ افزایش مقدار آهن نسبت به شاهد شد. همچنین نتیجه‌ها نشان داد که تیمار اوره باعث تشدید اثر سولفات نیکل بر مقدار آهن برگ شد، به گونه‌ای که بیشترین مقدار آهن برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات نیکل به همراه اوره در پایه بادامی مشاهده شد (شکل ۱).

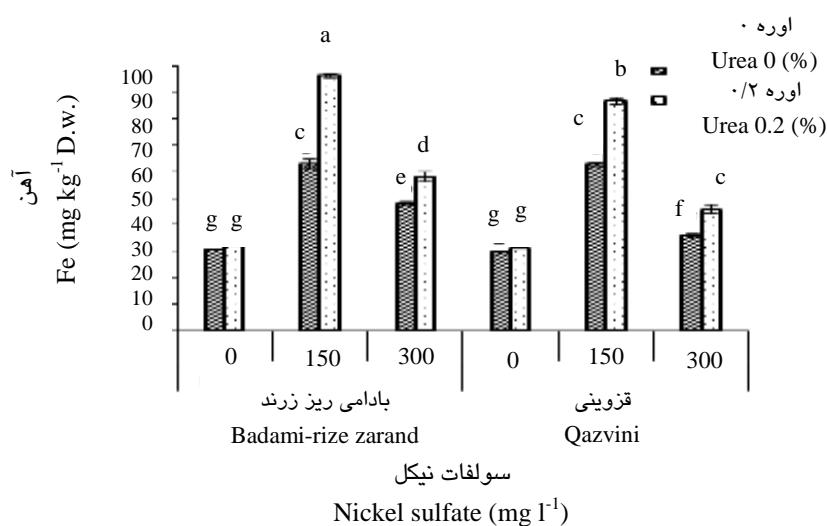


Fig. 1. Interaction of rootstock, nickel sulfate and urea on Fe concentration of pistachio leaf.

شکل ۱- برهمکنش پایه، سولفات نیکل و اوره بر غلظت آهن برگ پایه پسته.

روی

نتیجه‌های حاصل از مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که تیمار سولفات‌نیکل و اوره هر دو، مقدار روی برگ پایه‌های پسته را به طور معنی‌داری افزایش دادند به گونه‌ای که کاربرد همزمان ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیکل به اضافه دو درصد اوره افزایش بیشتری در مقایسه با تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیکل به همراه دو درصد اوره داشت (شکل ۲-الف).

نیکل

مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده نشان داد که کاربرد سولفات‌نیکل در هر دو غلظت مقدار نیکل موجود در برگ دانهال‌های پسته را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتیجه‌ها همچنین نشان داد که مقدار نیکل برگ پسته در تیمار کاربرد اوره همراه با سولفات‌نیکل در مقایسه با کاربرد سولفات‌نیکل به تنها‌یی به طور معنی‌داری کمتر بود (شکل ۲-ب).

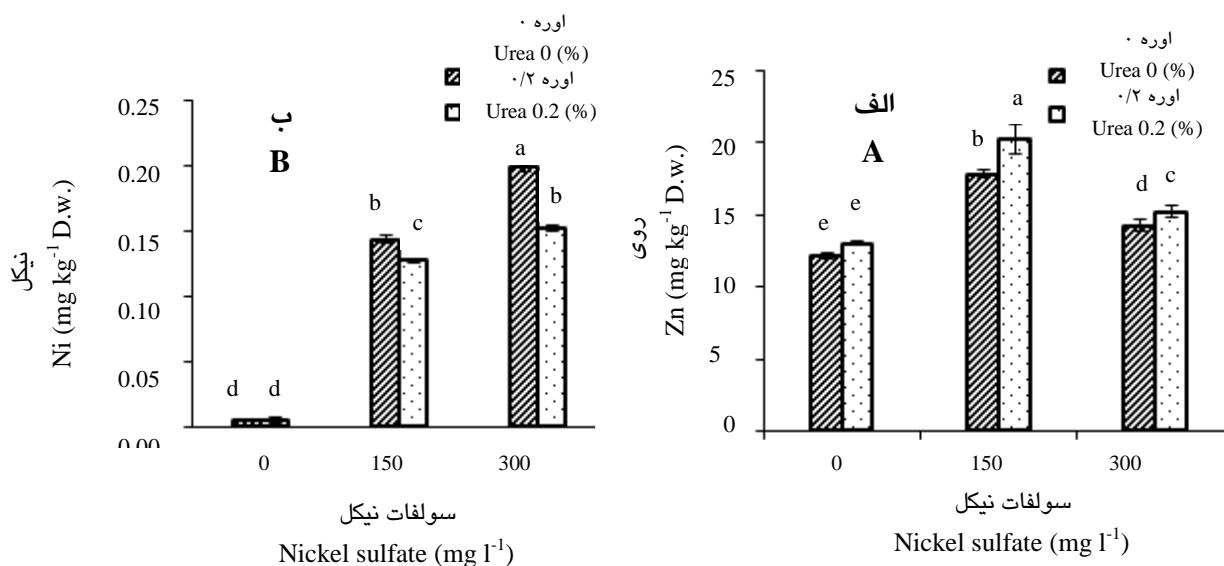


Fig. 2. Interaction of nickel sulfate and urea on Zn (A) and Ni (B) concentration of pistachio leaf.
شکل ۲- برهمکنش سولفات‌نیکل و اوره بر غلظت روی (الف) و نیکل (ب) برگ پسته.

نیتروژن کل

مقایسه آماری مقدار نیتروژن کل برگ نشان داد که تیمار اوره باعث افزایش درصد نیتروژن کل برگ در پایه پسته قزوینی شد، اما زمانی که به همراه سولفات‌نیکل با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به کار رفت در هر دو پایه اثر افزایشی معنی‌دار و مشابهی را نشان داد. کاربرد سولفات‌نیکل با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به تنها‌یی هم، مقدار نیتروژن برگ را افزایش داد اما این افزایش در مقایسه با کاربرد همزمان اوره و سولفات‌نیکل کمتر بود. بیشترین مقدار نیتروژن کل برگ (۲/۳۸٪) در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات‌نیکل به همراه اوره در پایه بادامی و کمترین مقدار نیتروژن کل برگ (۰/۹۷٪) در تیمار شاهد (بدون کاربرد سولفات‌نیکل و اوره) در پایه قزوینی به دست آمد (شکل ۳).

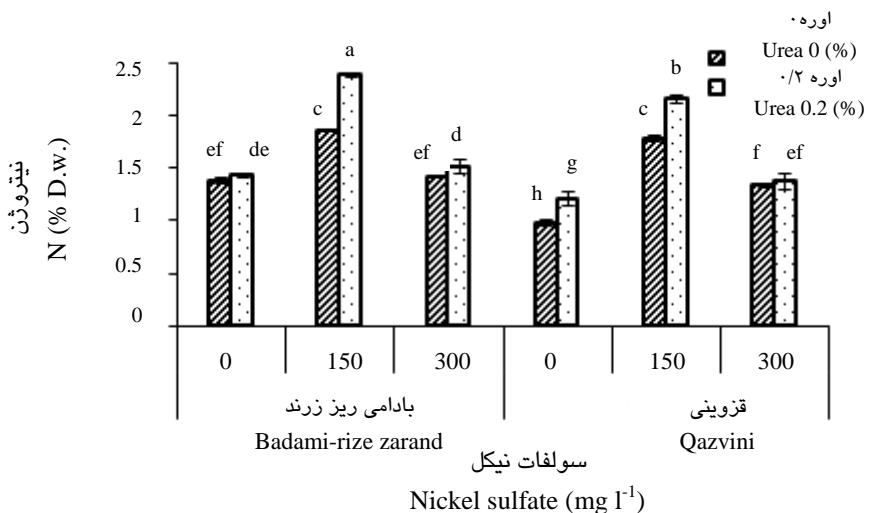


Fig. 3. Interaction of rootstock, nickel sulfate and urea on N concentration of pistachio leaf.

شکل ۳- برهمکنش پایه، سولفات نیکل و اوره بر غلظت نیتروژن کل برگ پایه های پسته.

غلظت اوره برگ

نتیجه های مقایسه میانگین داده ها نشان داد تیمار اوره باعث افزایش معنی دار غلظت اوره در برگ شد. با افزودن سولفات نیکل، غلظت اوره در برگ به طور چشمگیری کاهش یافت و این کاهش در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار اوره برگ در تیمار کاربرد اوره و بدون کاربرد سولفات نیکل مشاهده شد و کمترین مقدار اوره برگ در سطح ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر سولفات نیکل بدون کاربرد اوره به دست آمد (شکل ۴-الف).

فعالیت آنزیم اوره آز

نتیجه های برهمکنش محلول پاشی تیمار سولفات نیکل و اوره نشان داد که فعالیت آنزیم اوره آز با کاربرد سولفات نیکل و اوره نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کرد؛ به طوری که بیشترین مقدار فعالیت آنزیم اوره آز مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر سولفات نیکل به همراه تیمار اوره بود که سبب افزایش ۳۰۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. اگرچه سطح ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر سولفات نیکل در مقایسه با کاربرد ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر باعث کاهش فعالیت آنزیم اوره آز شد، اما افزایش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد. کمترین مقدار فعالیت آنزیم اوره آز در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴-ب).

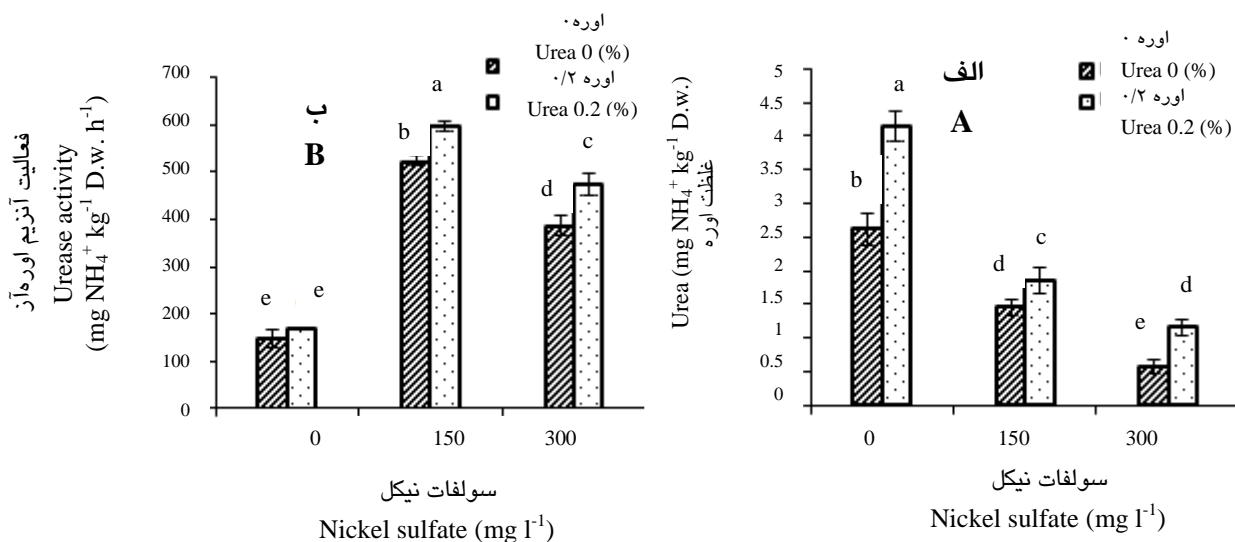


Fig. 4. Interaction of nickel sulfate and urea on urea content (A) and urease activity (B) of pistachio leaf.

شکل ۴- برهمکنش سولفات‌نیکل و اوره بر غلظت اوره (الف) و فعالیت آنزیم اوره‌آز (ب) برگ پسته.

بحث

ویژگی‌های رویشی

نیتروژن یکی از اجزای تشکیل‌دهنده پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و نوکلئوتیدها است که در واکنش‌های سوخت و سازی گیاه ضروری هستند. افزایش در مقدار مصرف نیتروژن موجب تحریک و افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود (۳۵). نیتروژن، ماده غذایی ضروری برای افزایش رشد و زیست توده کل گیاه از راه افزایش رشد ساقه و برگ‌ها می‌باشد (۱۹). نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که کاربرد اوره سبب افزایش ویژگی‌های رویشی اندازه-گیری شده شد که با نتیجه‌های به دست آمده روی سیب (۱۶) و پسته (۵، ۷) همخوانی داشت. اسماعیلی‌زاده و همکاران (۲) گزارش کردند محلول‌پاشی درخت‌های پسته با اوره سبب افزایش مقدار فتوسنتز و کلروفیل شد. فیشر (۲۲) گزارش کرد که محلول‌پاشی اوره در فصل بهار قطر تنه درخت سیب را افزایش داد. قاسمی و همکاران (۹) در پژوهشی نشان دادند تعداد برگ در بوته سیب‌زمینی با کاربرد نیتروژن نسبت به شاهد افزایش یافت.

همچنین نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیکل سبب افزایش ویژگی‌های رویشی پسته شد. از آنجایی که نیکل به عنوان یکی از عنصرهای ضروری کم‌صرف در برخی از گیاهان مثل پکان (۳۶) شناخته شده و گزارش شده است که نیکل در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند ساخت پروتئین‌ها نقش دارد و یکی از دلیل‌های افزایش عملکرد گیاهان تیمار شده با نیکل به نقش مستقیم این عنصر در تحریک رشد گیاه نسبت داده شده است (۴۱) احتمال دارد که نیکل در پسته هم به عنوان یک عنصر مفید و حتی یک عنصر ضروری نقش ایفا کند. گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد که افزایش عرضه نیکل باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (۳۸). تأثیر مثبت کاربرد کودهای دارای نیکل بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی، گندم و لوبيا، توسط روج و بارکلی (۳۹) گزارش شده است که با نتیجه‌های این پژوهش مطابقت دارد.

فایده‌های افزودن نیکل به محلول غذایی دارای اوره توسط خان و همکاران (۳۲) نیز ثابت شده است. نیکل به عنوان یک کوفاکتور برای فعالیت آنزیم اوره‌آز، نقش منحصر به‌فردی در سوخت و ساز ترکیب‌های نیتروژن دار دارد (۱۴). افزایش رشد گیاهان در تیمار محلول‌پاشی نیکل می‌تواند ناشی از توانایی بیشتر گیاه در جذب اوره باشد (۲۱). تأثیر مثبت تغذیه نیکل بر افزایش عملکرد توسط خوشگفتارمنش و همکاران (۳۴) بر روی کاهو و خوشگفتارمنش و بهمن‌زیاری (۳۲) بر روی خیار گزارش شده است؛ هر چند که غلظت‌های زیاد نیکل باعث ایجاد سمومیت می‌شود و از تقسیم یاخته‌ای و رشد جلوگیری می‌نماید (۱). غلظت‌های بالای این عنصر از راه کاهش

وزن تر و خشک برگ‌ها و شاخصاره (۲۵)، همچنین تأثیر منفی بر طول شاخصاره موجب کاهش رشد عمومی گیاهان می‌شود (۴۶). بنابراین می‌توان گفت در این پژوهش عنصر نیکل موجب افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز و در نتیجه مصرف بیشتر اوره و در نهایت افزایش ویژگی‌های رویشی پسته شده است. نتیجه‌های به دست آمده در این پژوهش با نتیجه‌های وود و همکاران (۴۴) در پکان، حسینی و همکاران (۳) در کاهو، بروک (۱۷) در گوجه‌فرنگی و غیبی و همکاران (۳۰) در گندم همخوانی داشت.

عنصرهای غذایی

نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد کاربرد نیکل و اوره سبب افزایش مقدار آهن شاخصاره دانهال‌های پسته بادامی ریز زرد و قزوینی شد. افزایش مقدار آهن در برگ پایه‌های مختلف پسته ممکن است به خاطر نقش اوره و نیکل در رشد ریشه باشد که سبب افزایش سطح جذب کننده ریشه دانهال‌های پسته شد. نیکل همچنین در برخی فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاه مانند انتقال آهن به یاخته گیاهی مؤثر است (۱۸). در همین راستا گاد و همکاران (۲۶) مشاهده نمودند که افزودن نیکل به مقدار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در یک خاک شنی، سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن برگ گوجه‌فرنگی شد. همچنین در مطالعه‌ای، حسینی و همکاران (۳) بیان داشتند افزودن نیکل به محلول غذایی سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن شاخصاره کاهو شد که با نتیجه‌های به دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی سولفات‌نیکل و اوره باعث افزایش مقدار روی برگ دانهال‌های پسته شد. گاد و همکاران (۲۶) با بررسی تأثیر سطوح‌های مختلف نیکل بر رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی نشان دادند که کاربرد ۴۵ و ۶۰ میلی‌گرم نیکل در کیلوگرم یک خاک آهکی سبب افزایش معنی‌دار مقدار روی در گوجه‌فرنگی شد. تأثیر مثبت نیکل بر افزایش روی در سه گونه گیاهی چاودار، سویا و گندم (۲۷) نیز گزارش شده است، که این نتیجه‌ها با نتیجه‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت. همچنین محلول‌پاشی سولفات‌نیکل منجر به افزایش مقدار نیکل برگ دانهال‌های پسته شد. حسینی و همکاران (۳) بیان داشتند که تغذیه برگی نیکل باعث افزایش غلظت نیکل برگ کاهو شد که با نتیجه‌های این پژوهش همخوانی داشت. محلول‌پاشی اوره باعث کاهش مقدار نیکل برگ شد که دلیل این موضوع می‌تواند ناشی از تأثیر نیکل در سوخت و ساز اوره و فعالیت آنزیم اوره‌آز در گیاهان تیمار شده با اوره باشد که در نهایت موجب افزایش رشد رویشی و کاهش نیکل در گیاهان شد (۱). با توجه به اینکه اوره موجب افزایش ویژگی‌های رویشی مانند تعداد برگ، ارتفاع و سطح برگ دانهال‌های پسته شد، به احتمال کاهش مقدار نیکل در زمان کاربرد اوره به دلیل پدیده رقیق شدن و یا به اصطلاح رقت باشد. بر اساس نتیجه‌های پژوهش حاضر، کاربرد همزمان سولفات‌نیکل و اوره باعث افزایش بیشتر مقدار نیتروژن کل برگ شد. گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر نیکل بر افزایش غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاهی وجود دارد (۴۲). پالاسیوس و همکاران (۳۷) مشاهده نمودند که کاربرد نیکل سبب افزایش غلظت نیتروژن کل گوجه‌فرنگی شد و بین نیتروژن و نیکل رابطه هم‌افزایی وجود داشت. در این پژوهش کاربرد نیکل با اثرگذاری بر فعالیت آنزیم اوره‌آز، آبکافت اوره را افزایش داد و موجب استفاده بیشتر پسته از نیتروژن اوره و مصرف آن شد، در نتیجه مقدار نیتروژن برگ افزایش یافت (۴۵). نتیجه‌های به دست آمده از این پژوهش با نتیجه‌های سایر پژوهشگران (۴۵، ۳۴) همخوانی داشت.

غلظت اوره

نتیجه‌های این مطالعه نشان داد کاربرد سولفات‌نیکل باعث کاهش معنی‌دار غلظت اوره برگ شد. گزارش شده که تأثیر مثبت نیکل بر کاهش غلظت اوره برگ ممکن است ناشی از نقش این عنصر در افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز و در نتیجه بهبود سوخت و ساز اوره باشد (۲۱). خوشگفتارمنش و همکاران (۳۴) نیز نشان دادند که تغذیه نیکل در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی دارای اوره، غلظت اوره شاخصاره را حدود یک سوم نمونه‌های مشابه در تیمار بدون نیکل کاهش داد. نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که کاهش غلظت اوره برگ

دانهال‌های پسته در زمان کاربرد سولفات‌نیکل به دلیل افزایش فعالیت آنزیم اوره آز و سوخت و ساز اوره بود. تغذیه نیکل از راه افزایش فعالیت آنزیم اوره آز سبب جلوگیری از انباشتگی اوره شد (۴۰). نتیجه‌های به دست آمده با نتیجه‌های خوشگفتارمنش و بهمن‌زیاری (۳۳) مطابقت داشت.

فعالیت آنزیم اوره آز

در مطالعه‌های مختلف نشان داده شد که اوره آز یک آنزیم وابسته به فلز نیکل می‌باشد (۳۵) و تیمار نیکل باعث افزایش فعالیت این آنزیم و در نتیجه افزایش کارایی استفاده از اوره به عنوان منبع نیتروژن در گیاه می‌شود (۳۳). اسکیو و همکاران (۲۲) با مطالعه تأثیر کاربرد نیکل بر فعالیت آنزیم اوره آز نشان دادند که تغذیه نیکل سبب افزایش فعالیت آنزیم اوره آز برگ سویا شد. چن و چینگ (۲۰) مشاهده کردند در گیاهانی که در محلول غذایی دارای اوره رشد کرده بودند، با افزایش غلظت اوره در حضور نیکل، فعالیت آنزیم اوره آز افزایش یافت. در این پژوهش هم کاربرد نیکل موجب افزایش فعالیت آنزیم اوره آز و سوخت و ساز اوره شد؛ که نتیجه‌های به دست آمده با نتیجه‌های خوشگفتارمنش و بهمن‌زیاری (۳۳)، خوشگفتارمنش و همکاران (۳۴) و گرنداس و همکاران (۲۷) هم‌خوانی و مطابقت داشت.

نتیجه گیری

نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی اوره باعث بهبود ویژگی‌های رشدی ریشه و شاخساره، نیتروژن کل، مقدار اوره، آهن و روی برگ دانهال پسته شد و فعالیت آنزیم اوره آز در این گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. کاربرد سولفات‌نیکل نیز رشد رویشی دانهال پسته را افزایش داد و باعث افزایش فعالیت آنزیم اوره آز و غلظت نیتروژن، آهن، روی و نیکل در برگ شد اما مقدار اوره موجود در برگ را کاهش داد. افزایش رشد رویشی و سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده زمانی که کاربرد اوره همراه با عنصر نیکل بود چشمگیرتر و بیشتر بود. بنابراین می‌توان گفت که عنصر نیکل با تأثیر بر فعالیت آنزیم اوره آز و آبکافت اوره بهبود سوخت و ساز اوره در دانهال پسته شد و امکان استفاده بهتر از نیتروژن اوره را برای رشد گیاه فراهم کرده است. بنابراین بر اساس نتیجه‌های این پژوهش می‌توان گفت محلول‌پاشی اوره همراه با سولفات‌نیکل در مقایسه با زمانی که اوره به تنها یی به کار می‌رود، اثر بیشتری بر ویژگی‌های رشدی دانهال پسته دارد. همچنین توصیه می‌شود که این آزمایش در باغ و بر روی درخت‌های بارور پسته هم انجام شود و اثرهای نیکل بر میوه‌دهی و مقدار آن در میوه هم بررسی شود تا در صورت عدم تأثیر نامناسب بر کیفیت میوه بتوان آن را در باغهای پسته همراه با کاربرد اوره توصیه کرد.

References

۱. آذرمنی، ر.، ج. طباطبایی، ع. مطلبی و ا. بایبوردی. ۱۳۸۵. اثر نیکل و منابع مختلف نیتروژن بر رشد و نمو خصوصیات کمی و کیفی خیار در سیستم آبکشت (هایدروپونیک). مجله علوم خاک و آب. ۱۹۶-۱۸۹: ۲۰.
۲. اسماعیلی‌زاده، م.، ع. ر. طلایی، ح. لسانی، ا. جوانشاه و ح. حکم‌آبادی. ۱۳۹۳. بررسی اثر حلقه‌برداری، تنک میوه و کاربرد اوره، سولفات‌روی و ساکاروز بر باردهی، مقدار کلروفیل و فتوستترز برگ و ویژگی‌های کمی میوه پسته پایه اوحیدی. مجله علوم باگبانی (علوم و صنایع غذایی). ۲۸: ۲۷۷-۲۸۷.
۳. حسینی، ف.، ا.ح. خوشگفتارمنش و م. افیونی. ۱۳۹۱. تأثیر تغذیه نیکل و منبع نیتروژن بر رشد و عملکرد کاهو در محیط آبکشت. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۶۱-۵۲: ۹.

- ^۴. رنجبر، ر.، س. عشقی و م. رستمی. ۱۳۹۰. اثر محلول پاشی سولفات‌نیکل و اوره بر رشد زایشی و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاجارو (*Fragaria ananassa* Duch. cv. Pajaro). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۷:۴۱-۴۸.
- ^۵. سیدی، م. ۱۳۸۲. بررسی برخی از عوامل مؤثر در کنترل پدیده سال آوری و مقایسه بعضی از صفات کمی و کیفی درختان پسته سال آور. رساله دکتری رشته علوم باگبانی. دانشکده‌ی علوم و مهندسی کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۴۶ ص.
- ^۶. طباطبایی، س.ج.، و م.ج. ملکوتی. ۱۳۷۶. اثر مقادیر مختلف اوره و تأثیر متقابل آن با فسفر و پتاسیم بر عملکرد و تجمع نیترات در سیب‌زمینی. مجله علمی پژوهشی خاک و آب. ۳۲-۳۹: ۱۱.
- ^۷. طلایی، ع.ر.، م. اسمعیلی‌زاده، ح. لسانی، ا. جوانشاه، ح. حکم‌آبادی. ۱۳۸۹. اثر حلقه‌برداری، تنک میوه، اوره، سولفات روی و ساکاروز بر ماندگاری جوانه‌های گل پسته رقم اوحدی. مجله علوم باگبانی ایران. ۲۷۴-۴۱:۲۶۵.
- ^۸. علیزاده، م. و م. راحمی. ۱۳۸۲. تأثیر محلول پاشی برگی اوره، در ترکیب با بنزیل آدنین بمنظور کاهش ریزش جوانه گل در درختان پسته. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴: ۶۵۹-۶۶۵.
- ^۹. قاسمی، ا.، م.ر. توکلو و ح. ذبیحی. ۱۳۹۱. تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عنصرهای نیتروژن و پتاسیم در مینی‌توبر سیب‌زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸:۳۹-۵۶
10. Agnieszka, S. and R. Brodzik. 2000. Plant ureases: Roles and regulation. *Acta Biochem. Pol.* 4:1189-1195.
 11. Atta-Aly, M.A. 1999. Effect of nickel addition on the yield and quality of parsley leaves. *Sci. Hortic.* 82:9-24.
 12. Baninasab, B. 2005. Seasonal changes of carbohydrates, macronutrients and photosynthesis in *Pistacia vera* cv. 'Ohadi' in relation to alternate bearing and influence of foliar application of nitrogen on mitigating alternate bearing in pistachio trees. Ph.D. Thesis in Horticultural Sciences. College of Agriculture. Shiraz University. 188 p.
 13. Baninasab, B., M. Rahemi and A. Javanshah. 2007. Effect of time of foliar applications of nitrogen and its concentrations on the flower bud retention in pistachio trees. *J. Soil. Sci.* 2:40-47.
 14. Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. *Handbook of Plant Nutrition* (2rd ed). Taylor and Francis Group, CRC Press, New York, USA. 773 p.
 15. Bermner, J.M. 1965. Total nitrogen. pp: 1149-1172. In: Black, C.A. (Ed.), *Methods of soil Analysis*, part 2. American Society of Agronomy, Madison. USA. 1097 p.
 16. Blasberg, C.H. 1953. Response of mature 'McIntosh' apple trees to urea foliar sprays in 1950 and 1951. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62:147-153.
 17. Brooks, R.R. 1980. Accumulation of nickel by terrestrial plants (1st ed). Wiley, New York, USA. . pp: 407-430.
 18. Brown, P.H., L. Dunemann, R. Schultz and H. Marschner. 1989. Influence of redox potential and plant species on the uptake of nickel and cadmium from soils. *Plant Soil.* 152:85-91.

19. Cechin, I. and T.D.F. Fumis. 2004. Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *Plant Sci.* 166:1379-1385.
20. Chen, Y. and T.M. Ching. 1988. Induction of barley leaf urease. *Plant Physiol.* 86:941-945.
21. Dixon, N.E., C. Gazzola, R.L. Blakeley and B. Zerner. 1975. Jack bean urease (EC 3.5.1.5), Metalloenzyme, Simple biological role for nickel. *J. Amer. Soc. Hotr. Sci.* 97:4131-4133.
22. Eskew, D.L., R.M. Welch and E.E. Cary, 1983. Nickel: an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. *Science* 222:621-623.
23. Fisher, E.G. 1952. The principles underlying foliar applications of urea for nitrogen fertilization of the 'McIntosh' apple. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 59:91-98.
24. Frankenberger, W.T. and M.A. Tabatabai. 1982. Amidase and urease activity in plants. *Plant Soil.* 64:153-166.
25. Fuentes, D., K.B. Disante, A. Valdecantos, J. Cortina and V.R. Vallejo. 2006. Response of *Pinus halopensis* Mill. Seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three Mediterranean forest soils. *Environ. Pollut.* 1:1-8.
26. Gad, N., M.H. El-Sherif and N.H.M. El-Gereedly. 2007. Influence of nickel on some physiological aspects of tomato plants. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 1:286-293.
27. Gerendas, J. and S.B. Sattelmacher. 1997. Significance of Ni supply for growth, urease activity and the contents of urea, amino acids and mineral nutrients of urea-grown plants. *Plant Soil.* 190:153-162.
28. Gerendas, J. and S.B. Sattelmacher. 1999. Influence of Ni supply on growth, urease activity and nitrogen metabolites of *Brassica napus* grown with NH₄NO₃ or urea as nitrogen source. *Ann. Bot.* 83:65-71.
29. Gerendas, J., Z. Zhu and S.B. Sattelmacher. 1998. Influence of N and Ni supply on nitrogen metabolism and urease activity in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 49:1545-1554.
30. Gheibi, M.N., M.J. Malakouti, B. Kholdebarin, F. Ghanati, S. Teimouri and R. Sayadi. 2009. Significance of nickel supply for growth and chlorophyll content of wheat supplied with urea or ammonium nitrate. *J. Plant. Nutr.* 32:1440-1450.
31. Hosnifard, J., A. Hidarinejad, M.A. Ershadi and F. Salehi. 2005. Diagnosis Requires Dietary Pistachio in Daris method. (Final Report). Pistachio Research Institute. 19 p.
32. Khan, N.K., M. Wantanabe and Y. Wantanabe. 1997. Effect of different concentrations of urea with or without nickel addition on spinach (*Spinacia oleraceae* L.) under hydroponic culture. *J. Plant Nutr.* 45:85-86.
33. Khoshgotarmanesh, A.H. and H. Bahmanziyari. 2012. Stimulating and toxicity effects of nickel on growth, yield and some fruit quality attributes of cucumber supplied with different nitrogen sources. *Sci. Hortic.* 175:474-481.
34. Khoshgoftarmanesh, A.H., F. Hosseini, and M. Afyuni. 2012. Nickel supplementation effect on the growth, urease activity and urea and nitrate concentration in lettuce supplied with different nitrogen sources. *Sci. Hortic.* 130:381-385.
35. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London. 674 p.

36. Ojeda-Barrios, D.L., E. Sanchez-Chavez, J.P. Sida-Arreola, R. Valdez-Cepeda and M. Balandran-Valladares. 2016. The impact of foliar nickel fertilization on urease activity in pecan trees. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 16:237-247.
37. Palacios, G., I. Gómez, A. Carbonell-Barrachina, J. Navarro, Pedreño and J. Mataix. 1998. Effect of nickel concentration on tomato plant nutrition and dry matter yield. *J. Plant Nutr.* 21:2179-2191.
38. Polacco, J.C. and M.A. Holland. 1994. Genetic Control of Plant Urease. *Genetic Engineering, Principles and Methods*. Plenum Press, New York, USA. 696 p.
39. Roach, W.A. and C. Barclay. 1946. Nickel and multiple trace element deficiencies in agricultural crops. *Nature* 16:33-48.
40. Sengar, R.S., S. Gupta, M. Gautam, A. Sharma and K. Sengar. 2008. Occurrence, uptake, accumulation and physiological responses of nickel in plants and its effects on environment. *Res. J. Phytochem.* 2:44-60.
41. Shimada, N. and T. Ando. 1980. Role of nickel in plant nutrition. II. Effect of nickel on the assimilation of urea by plants. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 51:493-496.
42. Singh, R.P., S.K.S. Chandel, P.K. Yadav and S.N. Singh. 2011. Effect of Ni on nitrogen uptake and yield of wheat. (*Triticum aestivum*). *Indian J. Sci. Res.* 2:61-63.
43. Tan, X.W., H. Ikeda and M. Oda. 2000. Effects of nickel concentration in the nutrient solution on the nitrogen assimilation and growth of tomato seedling in hydroponic culture supplied with urea or nitrate as the sole nitrogen source. *Sci. Hortic.* 84:265-273.
44. Walker, C.D., R.D. Graham, J.T. Madison, E.E. Cary and R.M. Welch. 1985. Effects of nickel deficiency on some nitrogen metabolites in cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Plant Physiol.* 79:474-479.
45. Wood, B.W., C.C. Reilly and A.P. Nyczepir. 2003. Mouse-ear of pecan: I. symptomatology and occurrence. *HortScience* 38:87-94.
46. Wood, B.W., C.C. Reilly and A.P. Nyczepir. 2004. Mouse-ear of pecan: A nickel deficiency. *HortScience* 39:1238-1242.
47. Zohary, M. 1952. A monographical study of the genus *Pistacia*. *Palestin J. Bot.* 5:187-228.

Investigation of Ni and Urea Interaction on Vegetative Characteristics, Urease Activity and some Nutrient Elements of Two Pistachio Rootstocks: ‘Badamai-Riz Zarand’ and ‘Qazvini’

M. Esmaeilzadeh*, **Z. Soleimani** and **H.R. Roosta¹**

According to recommendation and utilization of urea pistachio orchard as drench, or foliar application in, this study was done to evaluate the interaction of urea and Ni on urea absorption and efficiency of and vegetative growth of pistachio. To this purpose, a greenhouse factorial experiment was conducted with three factors, including nickel sulfate at three levels (0, 150, and 300 mg l⁻¹), urea at two levels (0 and 2 g l⁻¹), and two Rootstock (Badami-Rize-Zarand and Qazvini) and four replications. Using completely randomized design. Treatments were applied on pistachio seedlings as foliar application during three stages with two week-intervals when seedling had 8-10 leaves. The results showed that foliar application of nickel sulfate and urea in three stages increased vegetative growth parameters (seedlings height, stem diameter, leaf area, fresh and dry weight of leaf and root and leaves Fe, Zn, Ni and N contents, significantly. Based on the results of this study, urea foliar application resulted in an increase in urea content of leaf, but application of nickel sulfate resulted in significant decrease of it. It seems that application of nickel sulfate increased activity of urease enzyme. In overall that simultaneous foliar application of nickel and urea can increase urea fertilizer efficiency.

Key Words: Badami-E-Rize Zarand, Seedling, Qazvini, Crown diameter, Total nitrogen.

1. Assistant Professor, Former M.Sc. Student and Professor of Horticulture, College of Agriculture, Vali-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, I.R.Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (esmaeilizadeh@vru.ac.ir)