تأثیر سولفات و آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون بر غنی‌سازی سلنیوم، عملکرد و تندی پیاز

محسن مبینی[۱]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۱] و سمیه قاسمی[۲*]

[۱] گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، [۲] گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه یزد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱٤، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۰۲/۱۲)

چکیده

سلنیوم به عنوان یکی از عناصر ریزمغذی ضروری برای سلامت انسان شناخته شده است. بیش از ۱۵ درصد جمعیت جهان به کمبود سلنیوم مبتلا هستند که دلیل اصلی آن، مصرف غذاهای گیاهی دارای غلظت کم سلنیوم است. غنی‌سازی زیستی روشی پایدار و ارزان قیمت در جهت مقابله با کمبود سلنیوم در زنجیره غذایی می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تغذیه سلنات، سولفات و آمینواسیدهای مختلف بر عملکرد و غلظت سلنیوم سوخ پیاز در جهت غنی‌سازی زیستی، انجام شد. دو رقم پیاز (*Allium cepa* L., cvs. Dorrcheh and Cebolla Valenciana)، در محلول غذایی بدون جایگزینی (بدون آمینواسید) و یا جایگزینی ۲۰ درصد نیترات با آرژنین، هیستیدین و مخلوط آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون در معرض دو سطح سولفات (۱ و ۳ میلی‌مولار) و دو سطح سلنات (صفر و ۲۵ میکرومولار) قرار گرفتند. کاربرد آمینواسیدهای مختلف در حضور سلنات و سولفات، عملکرد سوخ پیاز را افزایش داد. این افزایش در رقم والنسیانا بیشتر از رقم درچه بود. همچنین، بیشترین غلظت سلنات و سولفات در هر دو رقم پیاز، در تیمار مخلوط آمینواسیدها مشاهده شد. تغذیه سلنیوم در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و در حضور مخلوط آمینواسیدها، بیشترین غلظت سلنیوم سوخ را در رقم والنسیانا (۵۵/۸ میکروگرم بر گرم) ایجاد کرد. افزایش سطح سلنیوم، تأثیری بر غلظت گوگرد سوخ دو رقم پیاز نداشت، درحالی‌که افزایش غلظت سولفات در محلول غذایی، باعث کاهش جذب سلنات شد. افزایش غلظت سولفات، باعث کاهش غلظت اسیدپیرویک سوخ دو رقم پیاز گردید، اما کاربرد سلنیوم تنها در رقم والنسیانا و در تیمار غلظت ۱ میلی‌مولار سولفات، غلظت اسیدپیرویک سوخ را ۱۵ درصد کاهش داد.

کلمات کلیدی: آمینواسید، پودر خون، پیاز، سلنیوم، سولفات، غنی‌سازی

مقدمه

کمبود عناصر کم‌مصرف، بیش از نیمی از جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش خطر ابتلا به انواع بیماری‌ها شده است (Broadley *et al.*, 2006). یکی از بهترین راه‌کارهای مقابله با این مشکل، غنی‌سازی محصولات کشاورزی است. این امر، علاوه بر افزایش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی، روشی مناسب جهت پیشگیری و درمان انواع بیماری‌ها می‌باشد (Banuelos and Lin, 2008). سلنیوم به عنوان یکی از عناصر کم‌مصرف موثر در سلامت انسان شناخته شده است (Finley, 2005; White and Broadley, 2005)، با این وجود کشت محصولات کشاورزی در اراضی فقیر از سلنیوم و عدم جذب مقدار کافی این عنصر از طریق

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: s.ghasemi@yazd.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

تغذیه، موجب ابتلاء بیش از ۱۵ درصد جمعیت جهان به کمبود سلنیوم شده است (White and Broadley, 2005). تولید گیاهان غنی از سلنیوم، علاوه بر رفع مشکلات ناشی از کمبود آن در رژیم غذایی، باعث بهبود سیستم ایمنی بدن می‌شود (Banuelos and Lin, 2008).

در بحث غنی‌سازی گیاهان با سلنیوم، گیاهان خانواده *Allium* از قبیل سیر و پیاز از اهمیت زیادی برخوردار هستند. زیرا این گیاهان پتانسیل زیادی برای جذب و انباشت سلنیوم داشته و نیاز آن‌ها به ترکیبات گوگردی نیز زیاد می‌باشد. از سوی دیگر گونه‌های اصلی سلنیوم در پیاز، ۳- متیل-سلنوسیستئین (3-methyl selenocysteine) و مشتقات آن از قبیل گاماگلوتامیل- ۳ -متیل‌سلنوسیستئین (gluthamyl-3-methylselenocysteine) بوده که مؤثرترین ترکیبات سلنیومی در پیشگیری از ایجاد تومورهای سرطانی به شمار می‌روند (Larsen *et al.*, 2006). مقدار جذب و انباشت سلنیوم به وسیله پیاز، علاوه بر غلظت و شکل شیمیایی سلنیوم و نوع گیاه، به حضور یون‌های رقیب نیز بستگی دارد (Pyrzynska, 2009). رایج‌ترین شکل جذب سلنیوم در گیاهان، سلنات (SeO_4^{2-}) می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سلنات شباهت زیادی به سولفات دارد. این شباهت موجب رقابت این دو یون در جذب و آسیمیلاسیون توسط گیاه می شود (Zayed *et al.*, 1998). سولفات پس از جذب از طریق ناقل‌های موجود در غشای ریشه و انتقال به برگ‌ها، تبدیل به سولفید شده و وارد ساختار سیستئین می‌گردد (Leustek *et al.*, 2000). سیستئین می‌تواند در ساختار متیونین، پروتئین‌ها وکوفاکتورها شرکت کند و از این طریق عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Noctor *et al.*, 1998). علاوه‌براین، با افزوده شدن اسیدگلوتامیک و گلیسین به ساختار سیستئین، گلوتاتیون تشکیل می‌شود که پیش‌ماده اصلی ایجاد طعم در پیاز می‌باشد (Kopriva and Rennenberg, 2004). سلنات نیز می‌تواند از طریق ناقل‌های سولفات جذب شده و پس از حرکت در مسیر احیای سولفات در تشکیل سلنوسیستئین به جای سیستئین شرکت کرده و ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Sors *et al.*, 2005). تولید سیستئین و سلنوسیستئین، علاوه‌بر غلظت سولفات و سلنات به فراهمی ا-استیل‌سرین، به عنوان یکی از محصولات مسیر احیای نیترات نیز وابسته است (Kopriva and Rennenberg, 2004). مطالعات نشان داده است که استفاده از آمینواسیدها به عنوان منبع احیا شده نیتروژن می-تواند غلظت ا-استیل‌سرین را به عنوان پیش‌ماده تولید سیستئین و سلنوسیستئین افزایش داده و از این طریق پتانسیل گیاه برای جذب سلنات و سولفات را افزایش دهد (Kopriva and Rennenberg, 2004). علاوه بر این، جایگزینی بخشی از نیترات محلول غذایی با آمینواسیدها، باعث کاهش غلظت نیترات در سبزیجات شده است (Dong and Li, 2003). با توجه به پتانسیل بالای پیاز در جذب و انباشت نیترات (Mobini *et al.*, 2014)، سولفات (Coolong, 2003) و سلنات (Larsen *et al.*, 2006)، جایگزینی بخشی از نیترات محلول غذایی با آمینواسیدها نه تنها غلظت نیترات سوخ پیاز را کاهش می‌دهد (Mobini *et al.*, 2014)، بلکه پتانسیل جذب و آسیمیلاسیون سولفات و سلنات را برای شرکت در ساختار ترکیبات آلی مؤثر بر افزایش کمیت و کیفیت گیاه، افزایش می دهد و از این طریق به غنی‌سازی این محصول کمک می‌کند.

استفاده کاربردی از آمینواسیدها به منظور غنی‌سازی سوخ پیاز با سلنیوم و افزایش کیفیت سوخ نیاز به تهیه منبعی ارزان-قیمت و سهل‌الوصول از این ترکیبات دارد. در حال حاضر کلیه آمینواسیدهای موجود در بازار وارداتی بوده و تحت تأثیر تحریم‌های بین‌المللی قرار گرفته است، بنابراین تولید آمینواسیدها در داخل کشور از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. آمینواسیدها واحد ساختمانی پروتئین‌ها هستند و با توجه به درصد بالای پروتئین خون، امکان استفاده از این ترکیب به منظور استخراج آمینواسیدها وجود دارد. خون مهم ترین فرآورده جانبی تولید شده در کشتارگاه‌ها می‌باشد که دفع آن یکی از بزرگ‌ترین مشکلات زیست‌محیطی بسیاری از کشورهاست، زیرا خون به‌سرعت، آلودگی‌ها را جذب نموده و باعث شیوع انواع بیماری‌ها می‌شود. در برخی کشتارگاه‌های صنعتی، خون حاصل از کشتار دام‌ها، تحت شرایط دما و فشار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

زیاد به پودر خون تبدیل می‌گردد. در کشاورزی از پودر خون به عنوان کود آلی استفاده می‌شود (قربان‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷؛Little *et al.*, 2015). بنابراین استفاده از این منبع جهت تأمین آمینواسید مورد نیاز به منظور غنی‌سازی گیاهان با سلنیوم، علاوه بر بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، روشی کارآمد و به‌صرفه در زمینه مدیریت آلاینده های زیست‌محیطی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و تجزیه پودر خون: نمونه پودر خون مورد استفاده در این مطالعه از کشتارگاه صنعتی فساران، واقع در ۴۵ کیلومتری شمال اصفهان تهیه گردید. استخراج پروتئین‌ها و آمینواسیدها از پودر خون با استفاده از هیدرولیز اسید داغ، به روش Liu و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد. سپس غلظت آمینواسیدها با استفاده از دستگاه سنجش خودکار آمینواسیدها مدل (Fully-automatic amino acid analyzer JLC-500/V) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

کشت گیاه و اعمال تیمارها: بذرهای دو رقم پیاز شامل درچه و والنسیانا (*Allium cepa* L., cvs. Dorrcheh and Cebolla Valenciana) پس از ضد عفونی با محلول هیپوکلریدسدیم یک درصد، در جعبه کاشت نشاء حاوی شن کاشته شده و روزانه با آب مقطر آبیاری شدند. حدود چهار هفته پس از جوانه‌زنی، نشاءها به بستر کشت در گلدان‌های با ظرفیت دو کیلوگرم خاک انتقال یافته و روزانه توسط ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی جانسون با غلظت یک‌چهارم، آبیاری شدند.

حدود یک ماه بعد از انتقال نشاءها، آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون، آرژنین و هیستیدین به‌طور جداگانه، جایگزین ۲۰ درصد نیتروژن کل (معادل ۲/۵ میلی‌مولار نیتروژن) محلول غذایی گردید. علاوه بر این، تیمار سلنات در دو سطح صفر و ۲۵ میکرومولار از منبع سلنات‌سدیم و تیمار سولفات نیز در دو سطح ۱ و ۳ میلی‌مولار به محلول غذایی گیاهان، اضافه شد. تقریباً ۱۶ هفته پس از اعمال تیمارها، سوخ و شاخساره پیاز، به‌طورجداگانه برداشت شده و با آب مقطر شسته شدند. پس از اندازه‌گیری وزن‌تر سوخ، نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در خشک‌کن قرار گرفته و وزن خشک سوخ نیز اندازه‌گیری شد.

غلظت گوگرد: به منظور اندازه‌گیری غلظت کل گوگرد سوخ پیاز، مقدار مشخصی نمونه‌گیاهی با ۲ گرم اکسیدنقره و ۰/۵ گرم بی‌کربنات‌سدیم مخلوط شده و در بوته‌چینی ریخته شد. بوته‌ها به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره‌الکتریکی قرار داده شد. سپس ۱۵ میلی‌لیتر محلول اسیداستیک به هر بوته اضافه گردیده و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس در گرم‌کن حرارت داده شد. پس از صاف کردن نمونه‌های هضم‌شده توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، عصاره حاصل به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده با ۳۶ میلی‌لیتر آب مقطر، ۲ میلی-لیتر محلول کریستال‌کننده (حاوی ۵۰ میلی‌لیتر گلیسرول، ۳۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک غلیظ، ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل سفید،۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۷۵ گرم کلریدسدیم) و ۰/۲۵ گرم کلرید-باریم مخلوط شده و به مدت یک دقیقه هم‌زده شد. برای آماده‌سازی استانداردهای سولفات، از نمک سولفات پتاسیم استفاده گردید. محلول‌های با غلظت صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌اکی‌والان سولفات بر لیتر تهیه شده و پس از افزودن محلول کریستال‌کننده و کلریدباریم، مقدار جذب در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج اندازه‌گیری شد (خوشگفتارمنش و همکاران، ۱۳۸۹).

غلظت سلنیوم: به مقدار مشخصی از نمونه‌های گیاهی پودر شده، ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ اضافه و پس از قرار-گیری به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط، ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن افزوده شد. مجدداً نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط قرار گرفته، ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه و به مدت ۴۰ دقیقه در دستگاه مایکروویو هضم شدند. پس از صاف کردن نمونه‌های هضم‌شده توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، عصاره حاصل به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شده و غلظت سلنیوم سوخ پیاز به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (خوشگفتارمنش و همکاران، ۱۳۸۹).

غلظت اسیدپیرورویک: اسیدپیرورویک اولین ترکیب پایدار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

جدول ۱- ترکیب آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون

آمینواسید	غلظت (درصد) (درصد)	آمینواسید	غلظت (درصد)
لیزین	۳/۹۲	آلانین	٤/۱۱
متیونین	۰/۳٤	آرژنین	۱۸/٦
فنیل آلانین	۲/۱۲	آسپاراتیک اسید	٤/۳۸
پرولین	۵/۰۵	سیستئین	۷/۳
سرین	۸/٦٦	گلوتامیک اسید	۸/٤۸
ترئونین	۵/۱۲	گلوتامین	٦/۷۳
تریپتوفان	۱/۹۲	گلایسین	٦/۲۹
تیروزین	۲/٦۲	هیستیدین	۱/۹۱
والین	٤/۱٦	ایزولوسین	۲/٤٤
آسپاراژین	۳/۹۲	لیوسین	۵/۸۵

ناشی از تجزیه آنزیمی ترکیبات بودار در گیاه بوده و شاخص تندی پیاز می‌باشد. اندازه‌گیری غلظت اسیدپیرورویک سوخ پیاز، با استفاده از روش Schwimmer و Weston (۱۹٦۱) انجام شد. مقدار ۱۰ گرم از نصف سوخ پیاز توسط مقدار مشخصی آب مقطر آسیاب شده و سپس با شتاب ۹۱۵۰ rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. ده گرم از نیمه دیگر پیاز نیز داخل کیسه پلاستیکی گذاشته و به مدت ۲۰ دقیقه در مایکروویو قرار داده شد. سپس نمونه‌ها داخل مخلوط‌کن ریخته و پس از افزودن آب‌مقطر به مقدار دو برابر وزن اولیه پیاز، نمونه‌ها با شتاب ۹۱۵۰ rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. به منظور تعیین غلظت اسیدپیرورویک، محلول استخراج شده از هر مرحله با ۱ میلی‌لیتر آب‌مقطر، ۰/۲۵ گرم (۲)،٤-دنیتروفنیل‌هیدرازینو اسیدکلریدریک مخلوط شده و در حمام بخار آب گرم در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از ۱۰ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر سود ۱/۵مولار به نمونه‌ها اضافه و مقدار جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. محلول‌های استاندارد با استفاده از پیرووات سدیم تهیه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در بستر ماسه انجام شد. تیمارها شامل دو رقم پیاز، چهار منبع آمینواسید شامل مخلوط آمینواسیدهای استخراج‌شده از پودر خون، آرژنین، هیستیدین و تیمار بدون آمینواسید جایگزین ۲۰ درصد نیترات محلول غذایی (معادل ۲/۵ میلی مولار نیترات) شدند، دو سطح سولفات (۱ و ۳ میلی‌مولار) و دو سطح سلنات (صفر و ۲۵ میکرومولار) بود. تعداد کل گلدان‌ها ۹٦ عدد بود و در هر گلدان یک گیاه کاشته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD ($P < 0.05$) انجام شد.

نتایج

وزن تر سوخ: بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، تأثیر منبع آمینواسید، سطح گوگرد و سلنیوم و اثر متقابل این تیمارها بر وزن تر سوخ معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش سطح سولفات از ۱ به ۳ میلی‌مولار در حضور آمینواسیدهای مختلف، شدت تأثیر تغذیه سلنیوم بر افزایش وزن تر سوخ را کاهش داد (شکل 1A). در حضور مخلوط آمینواسیدها، تغذیه سلنیوم در هر دو سطح سولفات، وزن تر سوخ را نسبت به تیمار بدون سلنیوم، به‌طور معنی‌داری افزایش داد، در حالی‌که کاربرد سلنیوم در حضور آرژنین و هیستیدین تنها در سطح ۱ میلی مولار سولفات وزن تر سوخ را نسبت به تیمار بدون سلنیوم افزایش داد و این دو آمینواسید از این نظر اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در محلول‌غذایی بدون آمینواسید نیز، تغذیه سلنیوم در هر دو سطح سولفات، وزن تر سوخ را به طور معنی‌داری افزایش داد، اما افزایش سطح سولفات از ۱ به ۳

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

جدول۲- تجزیه واریانس اثرمنبع آمینواسید، سطح سلنیوم و سطح گوگرد برکمیت‌های مختلف سوخ دو رقم پیاز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات رقم درچه (Dorrcheh)				
		وزن تر	وزن خشک	گوگرد	سلنیوم	اسیدپیرورویک
منبع آمینواسید	۳	۱۳٤**	۲/۹٦**	٤/٤۲**	۳۱/۷٦^{ns}	۷/٤٤**
سطح گوگرد	۱	۱٦۱**	۱/۳٤*	۱۱/۷٦**	۲۷٦۷**	۷٤/٤۷**
سطح سلنیوم	۱	۱٤۸٦**	۷/۵٦**	۰/۱٤^{ns}	۳۷٤۹۲**	۱/۲۲^{ns}
منبع آمینواسید×سطح گوگرد	۳	٤۱/۵**	۱/۸٤**	۱/۰٤**	۵۵/۵*	۸/۸۸**
منبع آمینواسید×سطح سلنیوم	۳	۳۲/۲*	۰/۷۲*	۰/۱۳۸^{ns}	۳۱/۷٦^{ns}	۰/٦۷^{ns}
سطح گوگرد×سطح سلنیوم	۱	۱٦۵**	٦/۲۹**	۰/۰۰۰^{ns}	۲۷٦۷**	۰/۰۳^{ns}
منبع آمینواسید× گوگرد× سلنیوم	۳	٤٤/۲**	۰/٦۱*	۰/۲۲۰^{ns}	۵۵/۵٦*	۰/۲٤^{ns}
خطای آزمایش	۳۲	۷/۸۳	۰/۱۸	۰/۲۱۸	۱٤/۹۸	۰/۵۲
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات رقم والنسیانا (Cebolla Valenciana)				
		وزن تر	وزن خشک	گوگرد	سلنیوم	اسیدپیرورویک
منبع آمینواسید	۳	۱٤۲۰**	۷/۸۸**	٦/۵۷**	٤۳/۹۸*	۲۵/۱٤**
سطح گوگرد	۱	۱٦۹**	٦/۷۸**	۱۱/٤۵**	۹٦٦**	٦/۰۳**
سطح سلنیوم	۱	۳۵۲**	۵/٦۱**	۸/۰۸^{ns}	۱٦۸۵۰**	۰/۳۲^{ns}
منبع آمینواسید×سطح گوگرد	۳	۱۰٤**	٤/٦۹**	۰/۸٤*	۵۰/۱۰**	۲/۹۱**
منبع آمینواسید×سطح سلنیوم	۳	۱۳۵**	۲/۳۹**	۰/۰٦^{ns}	٤۳/۹۸*	۱/۰۵^{ns}
سطح گوگرد×سطح سلنیوم	۱	۲٦/۹^{ns}	٤/۸۰**	۰/۰۲^{ns}	۹٦٦/۱۵**	۳/۸۰**
منبع آمینواسید× گوگرد× سلنیوم	۳	٤۰/۳*	۱/٤۵*	۰/۰۹^{ns}	۵۰/۱۰**	۲/۱۵**
خطای آزمایش	۳۲	۱۲/۵۲	۰/٤۸	۰/۲۰	۱۰/۳۱	۰/٤۷

*،**به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطوح آماری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ^{ns} به معنای عدم معنی‌داری در این سطوح می‌باشد.

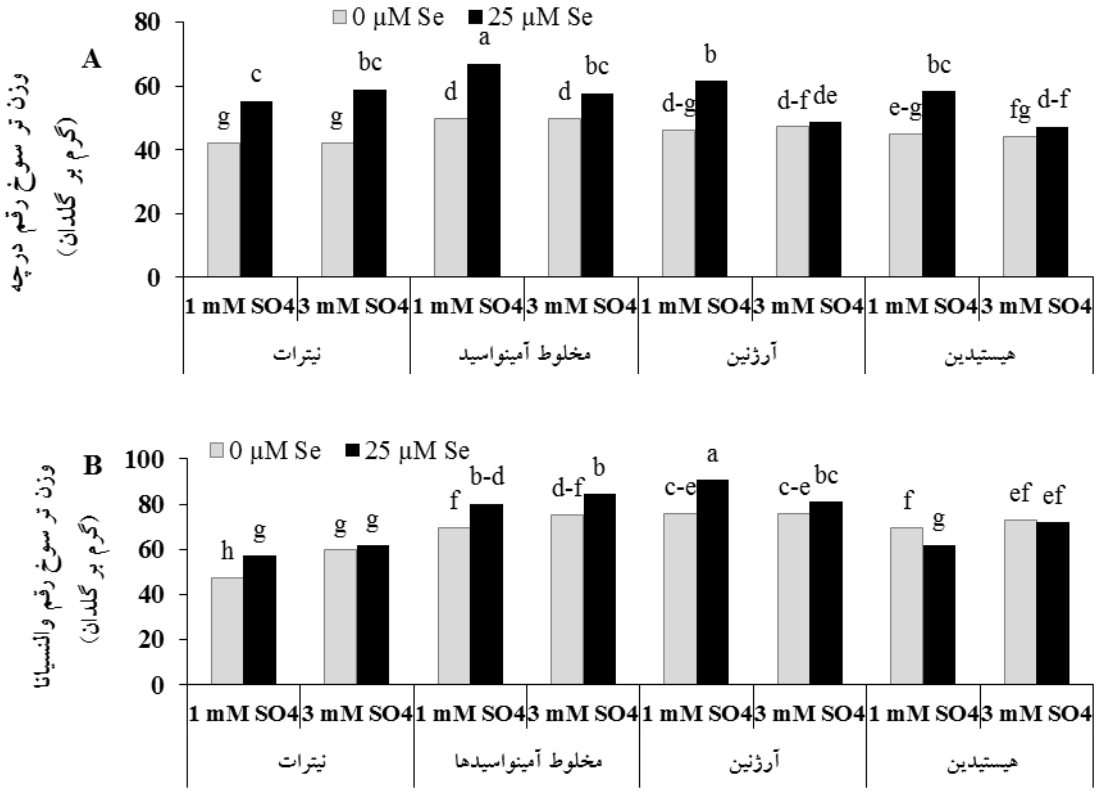
میلی‌مولار در این تیمار، تأثیر معنی‌داری بر وزن تر سوخ نداشت. بیشترین وزن تر سوخ با کاربرد همزمان سلنیوم و مخلوط آمینواسیدها در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات مشاهده شد.

تأثیر تغذیه سلنیوم بر وزن تر سوخ بسته به تیمار آمینواسید و سطح سولفات محلول‌غذایی متفاوت بود (شکل 1B). بر خلاف آمینواسید هیستیدین که تغذیه سلنیوم در حضور آن در محلول غذایی حاوی سطح ۱ میلی‌مولار سولفات، وزن تر سوخ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، سایر تیمارها در این سطح سولفات، وزن تر سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۲). تغذیه سلنیوم در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات تنها با کاربرد مخلوط آمینواسیدها وزن تر سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. علاوه بر این، کاربرد آمینواسیدهای مختلف وزن تر سوخ را نسبت به تیمار بدون آمینواسید، به‌طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش سطح سولفات از ۱ به ۳ میلی‌مولار در محلول غذایی حاوی مخلوط آمینواسیدها، تاثیر معنی‌داری بر وزن تر سوخ نداشت، درحالی‌که با افزایش غلظت سولفات محلول غذایی، آرژنین و هیستیدین، وزن تر سوخ را به ترتیب کاهش و افزایش دادند. بیشترین وزن تر سوخ در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنات در محلول غذایی حاوی آرژنین مشاهده شد.

کاربرد سلنیوم در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات تاثیر معنی داری بر وزن خشک سوخ نداشت، درحالی‌که در سطح ۱

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]



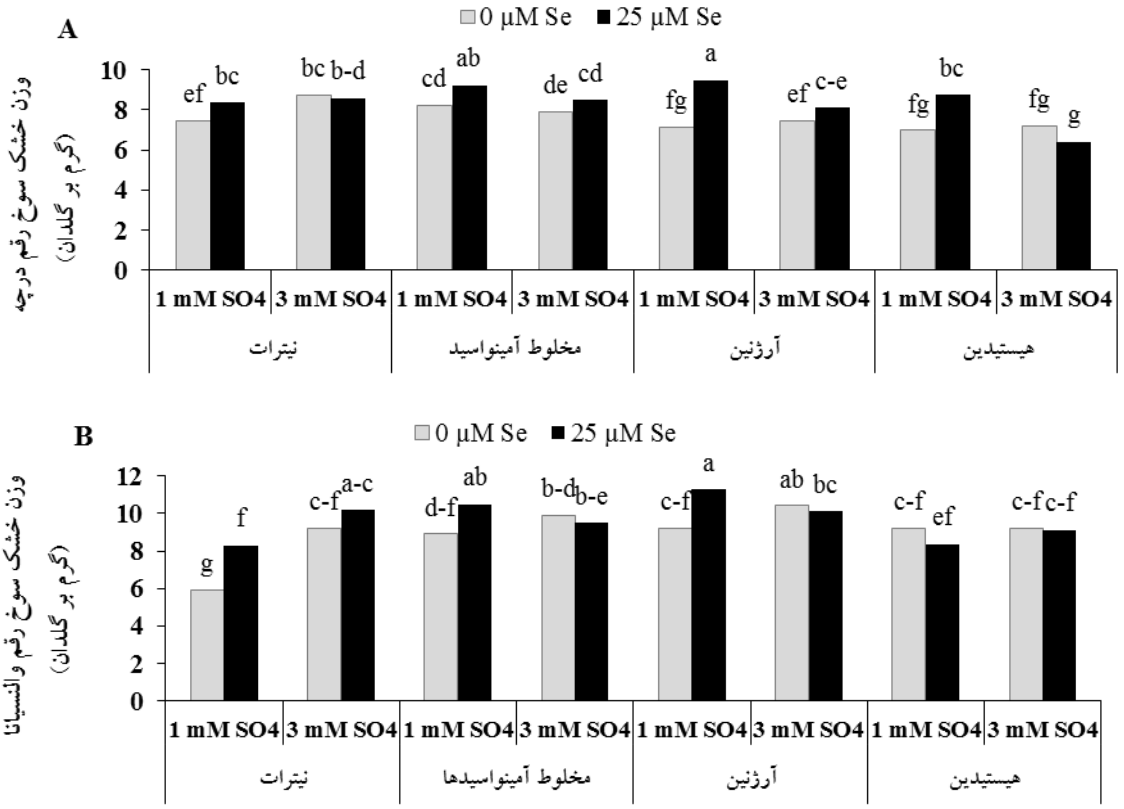
شکل ۱- تأثیر کاربرد سلنیوم و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین وزن تر سوخ پیاز رقم درچه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون LSD می‌باشند.

میلی‌مولار سولفات در همه تیمارها وزن خشک سوخ را به طورمعنی‌داری افزایش داد (شکل ۲A). بیشترین افزایش به ترتیب در حضور آرژنین، هیستیدین و مخلوط آمینواسیدها بود. تاثیر غلظت سولفات محلول‌غذایی بر وزن خشک سوخ بسته‌به سطح سلنیوم متفاوت بود. برخلاف تیمار بدون آمینواسید که در آن، افزایش سطح سولفات محلول غذایی در شرایط عدم تغذیه سلنیوم، وزن خشک سوخ را افزایش داد، در سایر تیمارها از این لحاظ، تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. بیشترین وزن خشک سوخ پس از کاربرد آرژنین در محلول غذایی حاوی ۱ میلی‌مولار سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنات مشاهده شد و این آمینواسید از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با مخلوط آمینواسیدها در این سطح سولفات و سلنات نداشت.

کاربرد سلنیوم در حضور هیستیدین در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات، تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک سوخ نداشت، اما سایر تیمارها در این سطح سولفات، وزن خشک سوخ را به طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۲B). کاربرد سلنیوم در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن خشک سوخ ایجاد نکرد. آمینواسیدهای مختلف بسته به سطح سولفات محلول غذایی تاثیر متفاوتی بر وزن خشک سوخ داشتند. در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات، آمینواسیدهای مختلف وزن خشک سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند، در حالی که در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، تنها آمینواسید آرژنین وزن خشک سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین وزن خشک سوخ پس از کاربرد آرژنین در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و سطح ۲۵ میکرومولار سلنیوم مشاهده شد.

غلظت سلنیوم سوخ: غلظت سلنیوم سوخ رقم درچه پیازهایی که در محلول غذایی بدون تیمار سلنیوم رشد کرده بودند کم‌تر از حد قابل تشخیص برای دستگاه جذب اتمی بود و تیمارهای مختلف از این لحاظ، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۳A). افزایش سطح سولفات محلول غذایی به طور معنی‌داری غلظت سلنیوم سوخ را کاهش داد. **بیشترین** کاهش غلظت سلنیوم در مقایسه با سطح ۱ میلی‌مولار سولفات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]



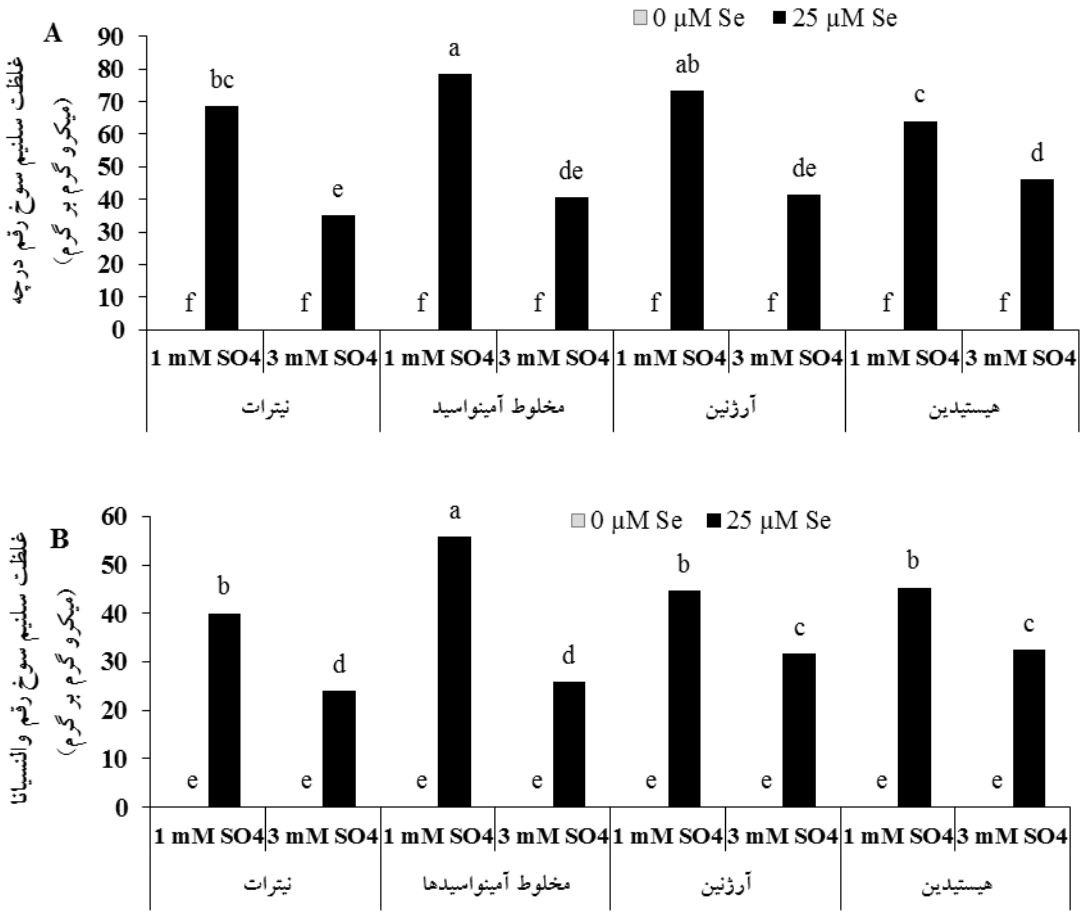
شکل ۲- تأثیر کاربرد سلنیوم و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین وزن خشک سوخ پیاز رقم درچه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون **LSD** می‌باشند.

در تیمار مخلوط آمینواسیدها مشاهده شد و این منبع آمینواسید از این لحاظ، اختلاف معنی‌داری با آرژنین نداشت. کم‌ترین کاهش غلظت سلنیوم سوخ با کاربرد هیستیدین مشاهده شد. علاوه‌بر این آمینواسیدهای مختلف نیز در دو سطح سولفات تاثیر متفاوتی بر غلظت سلنیوم سوخ داشتند. در سطح ۳ میلی مولار سولفات، درحالی‌که هیستیدین غلظت سلنیوم سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، مخلوط آمینواسیدها و آرژنین تاثیر معنی‌داری بر غلظت سلنیوم سوخ نداشتند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. بیشترین غلظت سلنیوم سوخ با کاربرد مخلوط آمینواسیدها یا آرژنین در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنیوم به دست آمد.

غلظت سلنیوم سوخ رقم والنسیانا پیازهایی که در محلول غذایی بدون تیمار سلنیوم رشد کرده بودند کم‌تر از حد قابل تشخیص برای دستگاه جذب اتمی بود و تیمارهای مختلف از این لحاظ، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۳B).

افزایش سطح سولفات محلول غذایی به‌طور معنی‌داری غلظت سلنیوم سوخ را کاهش داد. بیشترین کاهش غلظت سلنیوم در مقایسه با سطح ۱ میلی‌مولار سولفات پس از کاربرد مخلوط آمینواسیدها مشاهده شد. آمینواسیدهای مختلف نیز، در دو سطح سولفات تاثیر متفاوتی بر غلظت سلنیوم سوخ داشتند. به طوری‌که در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنیوم، تنها مخلوط‌آمینواسیدها غلظت سلنیوم سوخ را نسبت به تیمار بدون آمینواسید افزایش داد و آرژنین و هیستیدین از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با هم و با تیمار شاهد نداشتند. در حالی‌که مخلوط‌آمینواسیدها در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، تاثیر معنی‌داری بر غلظت سلنیوم سوخ نداشت، در این سطح سولفات، هیستیدین و آرژنین غلظت سلنیوم سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین غلظت سلنیوم سوخ (۵۵/۸ میکروگرم بر گرم) پس از کاربرد مخلوط آمینواسیدها در سطح ۱ میلی‌مولار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]



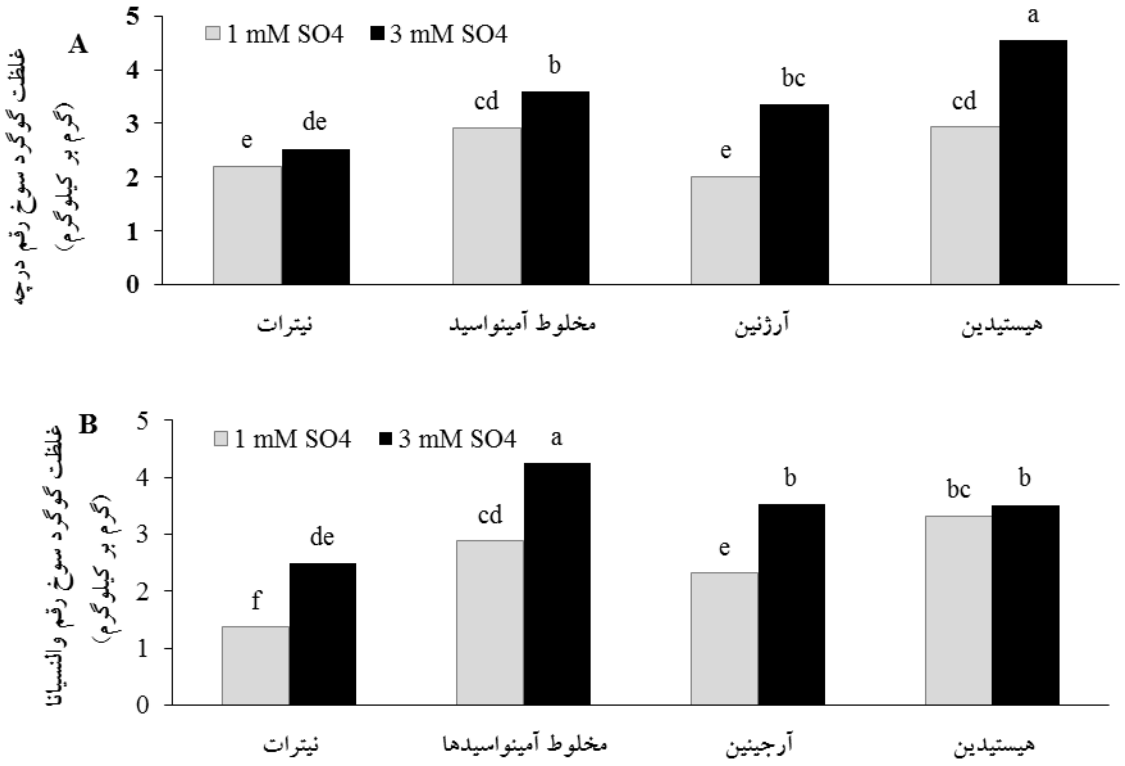
شکل ۳- تأثیر کاربرد سلنات و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین غلظت سلنیوم سوخ پیاز رقم درچه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون **LSD** می‌باشند.

سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنیوم مشاهده شد.

غلظت گوگرد در سوخ: اثر سطوح سولفات و آمینواسیدهای مختلف بر غلظت سولفات سوخ رقم درچه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اما کاربرد سلنیوم تاثیر معنی‌داری بر غلظت گوگرد سوخ نداشت (جدول ۲). آمینواسید آرژنین غلظت گوگرد سوخ را در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات کاهش داد، در حالی که مخلوط آمینواسیدها و هیستیدین، غلظت گوگرد سوخ را افزایش دادند و از این لحاظ اختلاف معنی داری با هم نداشتند (شکل ٤A). در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، همه آمینواسیدها، غلظت گوگرد سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند و مخلوط آمینواسیدها و آرژنین از این لحاظ، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین غلظت گوگرد سوخ (٤/۵ گرم بر کیلوگرم) با کاربرد هیستیدین در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات و کم‌ترین آن (۲/۰ گرم بر کیلوگرم) در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات تیمار شاهد به دست آمد.

اثر سطوح سولفات و آمینواسیدهای مختلف بر غلظت گوگرد سوخ رقم والنسیانا معنی‌دار بود، اما کاربرد سلنیوم در سطح ۵ درصد تاثیر معنی‌داری بر غلظت گوگرد سوخ نداشت (جدول ۲). آمینواسیدهای مختلف، صرف‌نظر از سطح سولفات محلول غذایی، غلظت گوگرد سوخ را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند (شکل ٤B). در سطح ۱میلی‌مولار سولفات، بیشترین افزایش غلظت گوگرد مربوط به آمینواسید هیستیدین بود و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با مخلوط آمینواسیدها نداشت. در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، بیشترین غلظت گوگرد سوخ پس ازکاربرد مخلوط‌آمینواسیدها مشاهده شد و آرژنین و هیستیدین، از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با هم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]



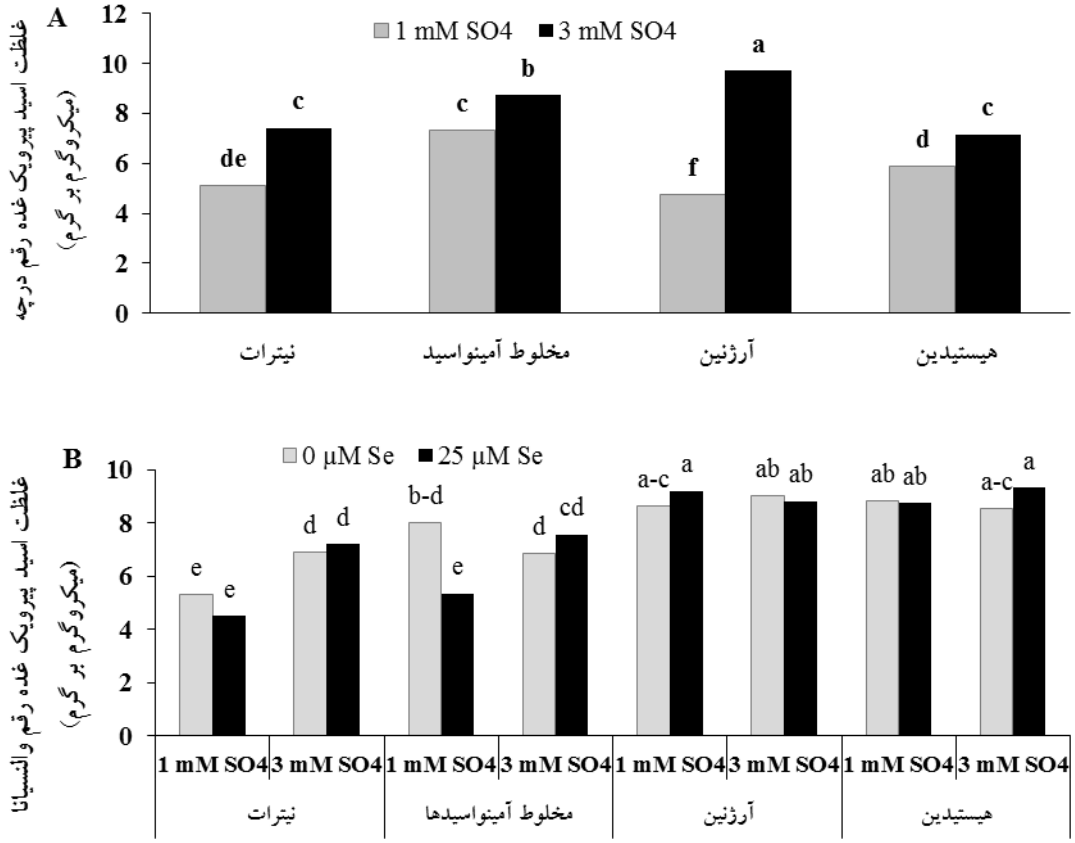
شکل ٤- تأثیر آمینواسیدهای مختلف بر میانگین غلظت گوگرد سوخ پیاز رقم درچه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات.
حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون **LSD** می‌باشند.

نداشتند. بدون در نظر گرفتن سطح سولفات در محلول غذایی، بیشترین غلظت گوگرد سوخ، با کاربرد مخلوط آمینواسیدها و کم‌ترین آن در محلول غذایی بدون آمینواسید مشاهده شد.

غلظت اسیدپیرورویک سوخ: نتایج نشان داد که کاربرد سلنیوم تاثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدپیرورویک سوخ رقم درچه نداشت (جدول ۲). در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات، مخلوط آمینواسیدها غلظت اسیدپیرورویک سوخ را افزایش داد، اما آمینواسیدهای آرژنین و هیستیدین نسبت به تیمار بدون آمینواسید، تاثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدپیرورویک سوخ نداشتند (شکل ۵A). در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، مخلوط آمینواسیدها و آرژنین غلظت اسیدپیرورویک سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند، در حالی‌که کاربرد هیستیدین اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون آمینواسید ایجاد نکرد.

تغدیه سلنیوم در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات در حضور مخلوط‌آمینواسیدها، غلظت اسیدپیرورویک سوخ رقم والنسیانا را به‌طورمعنی داری کاهش داد، اما در محلول غذایی حاوی آرژنین و هیستیدین تاثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدپیرورویک سوخ نداشت و این دو آمینواسید از این نظر اختلاف معنی-داری با هم نداشتند (شکل ۵B). در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، کاربرد سلنیوم در محلول غذایی در همه تیمارها تاثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدپیرورویک سوخ نداشت. آمینواسیدهای مختلف نیز تاثیر متفاوتی بر غلظت اسید-پیرورویک سوخ داشتند. آمینواسیدهای آرژنین و هیستیدین غلظت اسیدپیرورویک سوخ را در هر دو سطح سولفات نسبت به تیمار بدون آمینواسید افزایش دادند، اما کاربرد مخلوط آمینواسیدهای استخراج‌شده از پودر خون بسته به سطح سولفات و سلنیوم محلول غذایی، تاثیر متفاوتی بر غلظت اسیدپیرورویک سوخ داشت. در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات مخلوط‌آمینواسیدها، تنها در شرایط بدون سلنیوم، غلظت اسید پیرورویک سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، درحالی‌که در غلظت ۳ میلی‌مولار سولفات، اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]



شکل ۵- تأثیر کاربرد سلنات و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین غلظت اسیدپیرووِیک سوخ پیاز رقم درچه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون **LSD** می‌باشند.

آمینواسید نداشت. بیشترین غلظت اسیدپیرووِیک سوخ پس از کاربرد آمینواسیدهای آرژنین و هیستیدین در هر دو سطح سولفات و سلنات مشاهده شد.

بحث

هدف از غنی‌سازی محصولات کشارزی با سلنیوم، تأمین نیاز بدن به این عنصر، از طریق روشی سالم و مؤثر می‌باشد (Ip and Lisk, 1994). در راستای رسیدن به این هدف، توجه به کلیه عوامل مؤثر بر جذب و احیای سلنیوم در گیاه، امری ضروری است. شباهت فیزیکی و شیمیایی سلنات و سولفات می‌تواند ویژگی های کمی و کیفی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Zayed *et al.*, 1998). علاوه بر این، با توجه به ارتباط مسیر جذب و احیای سولفات و نیترات و نقش تنظیم‌کنندگی این دو عنصر بر جذب و متابولیسم یکدیگر، غلظت و شکل نیتروژن محلول غذایی نیز، می‌تواند برهم‌کنش سلنات و سولفات را برای جذب و شرکت در ساختار ترکیبات آلی تحت تأثیر قرار دهد (Coolong, 2003). مطالعات نشان داده است که مسیر جذب و احیای نیتروژن و گوگرد در تولید آمینواسید سیستئین به هم می‌پیوندد (Lee and Kang, 2005; Koprivova *et. al.*, 2000). با افزوده شدن اسیدگلوتامیک و گلیسین به ساختار سیستئین، گلوتاتیون تشکیل می‌شود که عامل اصلی تندی پیاز می‌باشد (Coolong, 2003). تغییر در غلظت سیستئین و گلوتاتیون می‌تواند با ایجاد سیگنال‌های مثبت و منفی، جذب و احیای نیتروژن، سولفات و سلنات را تنظیم کند (Kopriva and Rennenberg, 2004). استفاده از آمینواسیدهای مختلف نیز، می‌تواند با تأثیر بر مسیر احیای نیترات، غلظت ا-استیل‌سرین را به عنوان پیش ماده تولید سیستئین و گلوتاتیون افزایش داده و پتانسیل گیاه برای جذب سلنات و سولفات را افزایش دهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

(Brunold and Suter, 1984). در مطالعه حاضر، برهم‌کنش سولفات و سلنات در حضور آمینواسیدهای مختلف بر ویژگی های کمی و کیفی دو رقم پیاز بررسی شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که تغذیه سلنیوم تأثیری بر غلظت گوگرد سوخ دو رقم پیاز نداشت، درحالی‌که در همه تیمارهای حاوی سلنیوم، افزایش غلظت سولفات محلول غذایی، جذب سلنات را کاهش داد. کاهش غلظت سلنات در حضور سولفات می تواند به علت اختلاف زیاد غلظت این دو یون در محلول غذایی باشد که موجب افزایش جذب سولفات و کاهش جذب سلنات از محلول غذایی شده است. در این ارتباط، White و همکاران (۲۰۰٤) بیان داشتند که جذب سلنات و سولفات از طریق ناقل‌های سولفات، می‌تواند انتخابی باشد و ممکن است جذب یکی از این دو یون بر دیگری ترجیح داده شود. همچنین، Grieve و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که سلنات و سولفات برای پیوند با ناقل‌های غشایی سولفات رقابت داشته و غالباً جذب سلنات در حضور سولفات کاهش می‌یابد. آمینواسید های مختلف نیز، با تأثیر بر جذب سولفات و سلنات از محلول غذایی، آسیمیلاسیون این دو یون در گیاه را تحت تأثیر قرار دادند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در مطالعه حاضر، با وجود این که بیشترین غلظت گوگرد سوخ رقم درچه، پس از کاربرد هیستیدین در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات مشاهده شد، اما کاربرد این آمینواسید نسبت به سایر آمینواسیدها تأثیر کم‌تری بر غلظت سلنیوم، اسید پیرووییک و عملکرد سوخ رقم درچه داشت. بنابراین، احتمالاً با وجود این‌که کاربرد این آمینواسید در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات با تأثیر بر غلظت کل آمینواسیدها، تولید ااستیل‌سرین و پتانسیل گیاه برای جذب سلنات و سولفات را افزایش داده است، تأثیر آن بر احیای سولفات و سلنات جذب شده و شرکت آن‌ها در ساختار ترکیبات آلی به منظور افزایش رشد و تندی پیاز رقم درچه، کم‌تر از مخلوط آمینواسیدها و آرژنین بوده است.

تاثیر آرژنین بر جذب و احیای سولفات و سلنات در رقم درچه، با هیستیدین متفاوت بود. نتایج نشان داد که کاربرد آرژنین در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، تأثیر بیشتری بر افزایش جذب و احیای سولفات داشته است، درحالی‌که در غلظت ۱ میلی‌مولار سولفات، جذب و احیای سلنات سوخ را در این رقم بیشتر افزایش داده است. کاربرد آرژنین، غلظت گوگرد سوخ را نیز، به طور معنی‌داری افزایش داد. این افزایش غلظت، موجب بیشترین افزایش غلظت اسیدپیرووییک سوخ با افزایش سطح سولفات محلول غذایی در رقم درچه شد. در این رابطه، Josefsson (۱۹۷۰) بیان داشت که کاربرد همزمان منبع نیتروژن و گوگرد می‌تواند غلظت آمینواسیدهای سیستئین و متیونین را در داخل گیاه افزایش دهد. افزایش غلظت سیستئین به‌عنوان پیش ماده تولید ترکیبات طعم‌دهنده پیاز می‌تواند غلظت اسید پیرووییک سوخ را افزایش دهد. همچنین، Randle (۱۹۹۷a) نشان داد که علاوه بر گوگرد، شکل و غلظت نیتروژن نیز، می تواند طعم پیاز را تحت تأثیر قرار دهد.

آمینواسیدهای آرژنین و هیستیدین، تقریباً تأثیر مشابهی بر جذب و احیای سلنات در رقم والنسیانا داشتند. این دو آمینواسید در هر دو سطح سولفات تأثیری بر غلظت سلنیوم سوخ نداشتند، اما غلظت گوگرد سوخ را نیز، نسبت به تیمار بدون آمینواسید افزایش دادند. با وجود این که، در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات، تأثیر آرژنین بر افزایش جذب سولفات نسبت به هیستیدین، کم‌تر بود، تأثیر آن بر احیای سولفات جذب شده در این سطح سولفات، بیشتر از هیستیدین بود و عملکرد بیشتری نسبت به هیستیدین ایجاد کرد. مطالعات نشان داده است که، علاوه‌بر تغذیه گوگرد، منبع نیتروژن نیز می‌تواند فعالیت آنزیم‌های مسیر احیای سولفات را تحت تأثیر قرار دهد (Coolong, 2003).در این رابطه، Suter و همکاران (۱۹۸٤) نشان دادند که کاربرد آرژنین در محلول غذایی، فعالیت آنزیم آدنوزین-۵-فسفوسولفات‌ریداکتاز را به عنوان یکی از آنزیم های کلیدی در مسیر احیای سولفات و سلنات، افزایش داده است. این آنزیم، احیای آدنوزین ۵-فسفوسولفات را به سولفیت کاتالیز می‌کند که در فرایند تولید سیستئین اهمیت دارد.

کاربرد مخلوط آمینواسیدها نسبت به آرژنین و هیستیدین تأثیر بیشتری بر جذب و احیای همزمان سلنات و سولفات داشت. در رقم درچه، کاربرد مخلوط آمینواسیدها بر خلاف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

آرژنین و هیستیدین، در هر دو سطح سولفات، غلظت گوگرد و اسیدپیرووویک سوخ را نسبت به تیمار بدون آمینواسید افزایش داد. با توجه به نقش گوگرد در ایجاد رشد سبزینه‌ای و توسعه سوخ پیاز و نقش نیتروژن، به عنوان جز ساختاری پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، هورمون‌ها، ویتامین‌ها، آلکالوئیدها و کلروفیل (El-Tantawy and El-Beik, 2009)، افزایش عملکرد سوخ رقم درچه پس از کاربرد این تیمارمی‌تواند به‌علت تأثیر مثبت همزمان آمینواسیدها به عنوان منبع سهل‌الوصول‌تر نیتروژن و گوگرد احیا شده بر فرایندهای مؤثر بر رشد سوخ پیاز باشد. در این رابطه، Brunold و Suter (۱۹۸٤) بیان داشتند که در شرایطی که آمینواسیدهای بیشتری برای سنتز پروتئین‌ها فراهم باشد، جذب سولفات از محلول غذایی افزایش یافته و پس از احیا، به مقدار بیشتری در ساختار پروتئین‌ها شرکت می‌کند. با توجه به ترکیب آمینواسیدهای موجود در محلول استخراج شده از پودر خون، آمینواسیدهای سرین، سیستئین، گلوتامین و گلایسین به‌ترتیب ۸/٦٦، ۷/۳، ٦/۷۳ و ٦/۲۹ درصد از کل آمینواسیدهای این محلول را تشکیل داده‌اند، بنابراین این مخلوط آمینواسیدها، می‌تواند با تأثیر بر مسیر احیای نیترات، غلظت کل آمینواسیدها و به دنبال آن، غلظت آمینواسید سرین را به‌طور مستقیم و غیر مستقیم افزایش دهد. در مطالعه‌ای Padgett و Leonard (۱۹۹۳) نیز نشان دادند که با کاربرد گلوتامین و گلیسین در محیط کشت ذرت حاوی نیترات، نرخ جذب این آمینواسیدها افزایش یافته است. علاوه بر این، کاربرد مخلوط آمینواسیدها می‌تواند به‌طور مستقیم، غلظت سیستئین و به‌طور غیر مستقیم غلظت ا-استیل سرین، سیستئین و گلوتاتیون را به عنوان سه عامل اصلی در تنظیم جذب و احیای سولفات و سلنات (Kopriva and Rennenberg, 2004)، افزایش داده و به دنبال آن با تولید سیگنال‌های موثر بر رونویسی ژن‌های مربوط به ناقل‌های جذب سولفات و سلنات (Hirai *et al.*, 2003) و آنزیم‌های موثر بر احیای سولفات و سلنات (Brunold and Suter, 1984)، جذب این دو یون را افزایش دهد. مطالعه انجام شده توسط Kopriva و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که جذب و احیای سولفات به وسیله تغذیه نیتروژن، در سطح رونویسی ژن‌های مربوط به ناقل‌های سولفات و آنزیم‌های مسیر احیای نیترات تنظیم می‌شود. علاوه بر این، حضور آمینواسیدهای سیستئین و متیونین در ترکیب مخلوط آمینواسیدها، می‌تواند عملکرد و طعم پیاز را بهبود بخشد (Randle, 1997b). با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد از بین تیمارهای اعمال شده، تغذیه سلنیوم در حضور مخلوط آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون در سطح ۱ میلی-مولار سولفات، بهترین تأثیر را بر ویژگی‌های کمی و کیفی سوخ رقم درچه داشته است.

تغذیه سلنیوم در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات در حضور مخلوط آمینواسیدها، تأثیر معنی‌داری بر غلظت سلنیوم سوخ رقم والنسیانا نسبت به تیمار بدون آمینواسید نداشت، اما در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات، غلظت سلنیوم سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. احتمالاً، افزایش جذب سلنیوم پس از کاربرد این تیمار، موجب جایگزینی بخشی از سولفات جذب شده با سلنات شده و با ایجاد سلنوسیستئین به جای سیستئین (Sors *et al.*, 2005)، تندی پیاز را در مقایسه با تیمار بدون آمینواسید کاهش داده است. در این ارتباط، Kopsell و Randle (۱۹۹۷) ثابت کردند که افزایش قابلیت دسترسی سلنات‌سدیم، می‌تواند غلظت اسیدپیرووویک سوخ پیاز را کاهش دهد. همچنین، Ng و Anderson (۱۹۷۸) علت کاهش غلظت اسید پیرووویک پس از کوددهی سلنیوم را رقابت سلنید (Se^{2-}) و سولفید برای پیوند با آنزیم سیستئین‌سینتئاز و ممانعت از تشکیل سیستئین دانستند. کاربرد مخلوط آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون، عملکرد سوخ رقم والنسیانا را نیز به طور معنی‌داری افزایش داد. علاوه بر این، کاربرد سلنیوم در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات در حضور این منبع آمینواسید، وزن تر سوخ را نسبت به شرایط عدم تغذیه سلنیوم افزایش داد. در واقع افزایش جذب سلنیوم با کاربرد مخلوط آمینواسیدها در این سطح سولفات، موجب افزایش جذب آب توسط گیاه شده است. نتایج تحقیق Kuznetsov و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان داد که تغذیه سلنیوم می‌تواند از طریق افزایش جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای، جذب آب توسط گیاه را تنظیم نماید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که، مخلوط آمینواسید های استخراج شده از پودر خون، بیشترین تأثیر را بر افزایش جذب سولفات و سلنات از محلول غذایی در رقم والنسیانا داشت. با این وجود، کاربرد آرژنین در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و در حضور سلنیوم، بیشترین تأثیر را بر احیای سولفات و سلنات جذب شده داشت. این نتایج می‌تواند به‌دلیل تفاوت در مکانیزم تنظیم جذب و احیای سلنات و سولفات در حضور دو منبع مخلوط آمینواسیدها و آرژنین در رقم والنسیانا باشد. در حالی که مخلوط آمینواسیدها نسبت به آرژنین، تأثیر بیشتری بر رونویسی ناقل‌های جذب سولفات داشته و از این طریق، افزایش بیشتری در جذب سلنات و سولفات در مقایسه با آرژنین ایجاد کرده است، اما به نظر می‌رسد آرژنین تأثیر بیشتری بر افزایش فعالیت آنزیم‌های موثر بر احیای سلنات و سولفات در این رقم داشته است. با این وجود به‌منظور بررسی دقیق‌تر این موضوع، باید مطالعات جزئی‌تری صورت گیرد.

منابع

خوشگفتارمنش، ا. ح.، خان‌محمدی، ز. و مللی، ا. ر. (۱۳۸۹) روش های تجزیه گیاه، جلد اول، جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی اصفهان)، اصفهان.

قربان‌زاده، ن.، حق‌نیا، غ.، لکزیان ا. و فتوت، ا. (۱۳۸۷) فراهمی نیتروژن و آهن از خاک غنی‌شده با پودر خون و تأثیر آن بر رشد گیاه ذرت، مجله آب و خاک، ۲۲: ۱۸۶-۱۷۶.

Banuelos, G. S. and Lin, Z. Q. (2008) Development and Uses of Biofortified Agricultural Products. CRC Press.

Broadley, M. R., White, P. J., Bryson, R. J., Meacham, M. C., Bowen, H. C., Johnson, S. E., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P., Zhao, F.-J. and Breward, N. (2006) Biofortification of UK food crops with selenium. Proceedings of the Nutrition Society 65: 169-181.

Brunold, C. and Suter, M. (1984) .Regulation of sulfate assimilation by nitrogen nutrition in the duckweed Lemna minor L. Plant Physiology 76: 579-583.

Coolong, T. W. (2003) Temperature, nitrogen and sulfur fertility influence the flavor pathway in onion *(Allium Cepa* L.*)*. MSc Thesis, University of Georgia.

Dong, X. and Li, S. (2003) Effect of nutrient management on nitrate accumulation of pakchoi under solution culture. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer Science 9: 447-451.

El-Tantawy, E. and El-Beik, A. (2009) Relationship between growth, yield and storability of onion *(Allium cepa* L.*)* with fertilization of nitrogen, sulphur and copper under calcareous soil conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5: 361-371.

Finley, J. W. (2005) Selenium accumulation in plant foods. Nutrition Reviews 63: 196–202.

Grieve, C., Poss, J., Suarez, D. and Dierig, D. (2001) Lesquerella growth and selenium uptake affected by saline irrigation water composition. Industrial Crops and Products 13: 57-65.

Hirai, M. Y., Fujiwara, T., Awazuhara, M., Kimura, T., Noji, M. and Saito, K. (2003) Global expression profiling of sulfur-starved Arabidopsis by DNA macroarray reveals the role of O-acetyl-l-serine as a general regulator of gene expression in response to sulfur nutrition. The Plant Journal 33: 651-663.

Ip, C. and Lisk, D. J. (1994) Enrichment of selenium in allium vegetables for cancer prevention. Carcinogenesis 15: 1881-1885.

Josefsson, E. (1970) Glucosinolate content and amino acid composition of rapeseed *(Brassica napus)* meal as affected by sulphur and nitrogen nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture. 21: 98-103.

Kopriva, S. and Rennenberg, H. (2004) Control of sulphate assimilation and glutathione synthesis: interaction with N and C metabolism. Journal of Experimental Botany 55: 1831-1842.

Kopriva, S., Suter, M., von Ballmoos, P., Hesse, H., Krähenbühl, U., Rennenberg, H. and Brunold, C. (2002) Interaction of sulfate assimilation with carbon and nitrogen metabolism in Lemna minor. Plant Physiology 130: 1406-1413.

Koprivova, A., Suter, M., Camp R. O. D., Brunold, C. and Kopriva, S. (2000). Regulation of sulfate assimilation by nitrogen in Arabidopsis. Plant Physiology 122: 737–746.

Kopsell, D. A. and Randle, W. M. (1997) Selenate concentration affects selenium and sulfur uptake and accumulation by Granex 33 onions. Journal of the American Society for Horticultural Science 122: 721-726.

Kuznetsov, V. V., Kholodova, V., Kuznetsov, V. V. and Yagodin, B. (2003) Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Sciences 390: 266-268.

Larsen, E. H., Lobinski, R., Burger-Meÿer, K., Hansen, M., Ruzik, R., Mazurowska, L., Rasmussen, P. H., Sloth, J. J.,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]

Scholten, O. and Kik, C. (2006) Uptake and speciation of selenium in garlic cultivated in soil amended with symbiotic fungi (mycorrhiza) and selenate. Analytical and Bioanalytical Chemistry 385: 1098-1108.

Lee, S. and Kang, B.S. (2005) Interaction of sulfate assimilation with nitrate assimilation as a function of nutrient status and enzymatic co-regulation in *brassica juncea* roots. Journal of Plant Biology 48: 270-275.

Leustek, T., Martin, M. N., Bick, J. A. and Davies, J. P. (2000) Pathways and regulation of sulfur metabolism revealed through molecular and genetic studies. Annual Review of Plant Biology 51: 141-165.

Little, N. G., Mohler, C. L., Ketterings, Q. M. and DiTommaso, A. (2015) Effects of organic nutrient amendments on weed and crop growth. Weed Science 63:710-722.

Liu, Y., Kong, S., Li, Y. and Zeng, H. (2009) Novel technology for sewage sludge utilization: Preparation of amino acids chelated trace elements (AACTE) fertilizer. Journal of Hazardous Materials 171: 1159-1167.

Mobini, M., Khoshgoftarmanesh, A. H. and Ghasemi, S. (2014) The effect of partial replacement of nitrate with arginine, histidine, and a mixture of amino acids extracted from blood powder on yield and nitrate accumulation in onion bulb. Scientia Horticulturae 176: 232-237.

Ng, B. H. and Anderson, J. W. (1978) Synthesis of selenocysteine by cysteine synthases from selenium accumulator and non-accumulator plants. Phytochemistry 17: 2069-2074.

Noctor, G., Arisi, A-C. M., Jouanin, L., Kunert, K. J., Rennenberg, H. and Foyer, C. H. (1998) Glutathione: biosynthesis, metabolism and relationship to stress tolerance explored in transformed plants. Journal of Experimental Botany 49: 623-647.

Padgett, P. E. and Leonard, R. T. (1993) Regulation of nitrate uptake by amino acids in maize cell suspension culture and intact roots. In: Plant Nutrition-from Genetic Engineering to Field Practice (ed. Barrow, N. J.) Pp. 173-176. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Pyrzynska, K. (2009) Selenium speciation in enriched vegetables. Food Chemistry 114: 1183-1191.

Randle, W. M. (1997a) Short-day onion cultivars differ in bulb selenium and sulfur accumulation which can affect bulb pungency. Euphytica 96: 385-390.

Randle, W. M. (1997b) Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. In: Spices: Flavor Chemistry and Antioxidant Properties (eds. Risch, F., Ho, C. T.) Pp. 41-52. American Chemical Society, Washington.

Schwimmer, S. and Weston, W. (1961) Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. Journal of Agricultural and Food Chemistry 9: 301-304.

Sors, T. G., Ellis, D. R., Nam Na, G., Lahner, B., Lee, S., Leustek, T., Pickering, I. J. and Salt, D. E. (2005) Analysis of sulfur and selenium assimilation in *Astragalus* plants with varying capacities to accumulate selenium. The Plant Journal 42: 785–797.

Suter, M., Lavanchy, P., Von Arb, C. and .Brunold, C. (1986) Regulation of sulfate assimilation by amino acids in *Lemna minor L*. Plant Science 44: 125-132.

White, P., Bowen, H., Parmaguru, P., Fritz, M., Spracklen, W., Spiby, R., Meacham, M., Mead, A., Harriman, M. and Trueman, L. (2004) Interactions between selenium and sulphur nutrition in Arabidopsis thaliana. Journal of Experimental Botany 55: 1927-1937.

White, P. J. and Broadley, M. R. (2005) Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends in Plant Sciences 10: 586-593.

Zayed, A., Lytle, C. M. and Terry, N. (1998) Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants. Planta 206: 284-292.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.9.2]