

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

محسن مبینی^۱، امیرحسین خوشگفتارمنش^۱ و سمیه قاسمی^{۲*}

^۱ گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه یزد
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۲/۱۲)

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. غنی سازی زیستی روشی پایدار و ارزان قیمت در جهت مقابله با کمبود سلنیوم در زنجیره غذایی می باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تغذیه سلنات، سولفات و آمینواسیدهای مختلف بر عملکرد و غلظت سلنیوم سوخ پیاز در جهت غنی سازی 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 میلی مولار) 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 درجه بود. همچنین، بیشترین غلظت سلنات و سولفات در هر دو رقم پیاز، در تیمار مخلوط آمینواسیدها مشاهده شد. تغذیه سلنیوم در سطح ۱ میلی مولار 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، درحالی که افزایش غلظت سولفات در محلول غذایی، باعث کاهش جذب سلنات شد. افزایش غلظت سولفات، باعث کاهش غلظت اسیدپرویک سوخ دو رقم پیاز گردید، اما کاربرد سلنیوم تنها در رقم والنسیانا و در تیمار غلظت ۱ میلی مولار سولفات، غلظت اسیدپرویک سوخ را ۱۵ درصد کاهش داد.

کلمات کلیدی: آمینواسید، پودر خون، پیاز، سلنیوم، سولفات، غنی سازی

مقدمه

محصولات کشاورزی، روشی مناسب جهت پیشگیری و درمان انواع بیماری ها می باشد (Banuelos and Lin, 2008). سلنیوم به عنوان یکی از عناصر کم مصرف 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

کمبود عناصر کم مصرف، بیش از نیمی از جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش خطر ابتلا به انواع بیماری ها شده است (Broadley et al., 2006). یکی از بهترین راه کارهای مقابله با این مشکل، غنی سازی محصولات کشاورزی است. این امر، علاوه بر افزایش عملکرد و کیفیت

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

قرار دهد (Sors et al., 2005). تولید سیستین و سلنوسیستین، علاوه بر غلظت سولفات و سلنات به فراهمی استیل سرین، 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 استیل سرین را به عنوان پیش ماده تولید سیستین و سلنوسیستین 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 می دهد (Mobini et al., 2014)، بلکه پتانسیل جذب و آسمیلاسیون 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 غنی سازی این محصول کمک می کند.

استفاده کاربردی از آمینواسیدها به منظور غنی سازی سوخ پیاز با سلنیوم و افزایش کیفیت سوخ نیاز به تهیه منبعی ارزان-قیمت و سهل الوصول از این ترکیبات دارد. در حال حاضر کلیه آمینواسیدهای موجود در بازار وارداتی بوده و تحت تأثیر تحریم های بین المللی قرار گرفته است، بنابراین تولید آمینواسیدها در داخل کشور از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد. آمینواسیدها واحد ساختمانی پروتئین ها 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 کشتارگاه ها می باشد که دفع آن یکی از بزرگ ترین مشکلات زیست محیطی بسیاری از کشورهاست، زیرا خون به سرعت، آلودگی ها را جذب نموده و باعث شیوع انواع بیماری ها می شود. در برخی کشتارگاه های صنعتی، خون حاصل از کشتار دام ها، تحت شرایط دما و فشار

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 می شود (Banuelos and Lin, 2008).

در بحث غنی سازی 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 آن ها به ترکیبات گوگردی نیز زیاد می باشد. از سوی دیگر گونه های اصلی سلنیوم در پیاز، ۳-متیل-سلنوسیستین (3-methyl selenocysteine) و مشتقات آن از قبیل گاماگلوتامیل-۳-متیل سلنوسیستین (3-methylselenocysteine) بوده که مؤثرترین ترکیبات سلنیومی در پیشگیری از ایجاد تومورهای سرطانی به شمار می روند (Larsen et al., 2006). مقدار جذب و انباشت سلنیوم به وسیله پیاز، علاوه بر غلظت و شکل شیمیایی سلنیوم و نوع گیاه، به حضور یون های رقیب نیز بستگی دارد (Pyrzynska, 2009). رایج ترین شکل جذب سلنیوم در گیاهان، سلنات (SeO_4^{2-}) می باشد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی سلنات شباهت زیادی به سولفات دارد. این شباهت موجب رقابت این دو یون در جذب و آسمیلاسیون توسط گیاه می شود (Zayed et al., 1998). سولفات پس از جذب از طریق ناقل های موجود در غشای ریشه و انتقال به برگ ها، تبدیل به سولفید شده و وارد ساختار سیستین می گردد (Leustek et al., 2000). سیستین می تواند در ساختار متیونین، پروتئین ها و کوفاکتورها شرکت کند و از این طریق عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Noctor et al., 1998). علاوه بر این، با افزوده شدن اسیدگلوتامیک و گلیسین به ساختار سیستین، گلوکوتایون تشکیل می شود که پیش ماده اصلی ایجاد طعم در پیاز می باشد (Kopriva and Rennenberg, 2004). سلنات نیز می تواند از طریق ناقل های سولفات جذب شده و پس از حرکت در مسیر احیای سولفات در تشکیل سلنوسیستین به جای سیستین شرکت کرده و ویژگی های کمی و کیفی گیاه را تحت تأثیر

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 نمونه گیاهی با ۲ گرم اکسیدنقره و ۰/۵ گرم بی‌کربنات سدیم مخلوط شده و در بوت‌چینی ریخته شد. بوت‌ها 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 میلی‌لیتر 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 طول موج ۴۲۰ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج اندازه‌گیری شد (خوشگفتارمنش و همکاران، ۱۳۸۹).

غلظت سلیوم: به مقدار مشخصی از نمونه‌های گیاهی پودر شده، ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ اضافه و پس از قرارگیری 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 میکروویو هضم شدند. پس از صاف کردن نمونه‌های هضم‌شده توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، عصاره حاصل به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شده و غلظت سلیوم سوخ پیاز به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (خوشگفتارمنش و همکاران، ۱۳۸۹).

غلظت اسیدپروویک: اسیدپروویک اولین ترکیب پایدار

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 سلیوم، علاوه بر بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، روشی کارآمد و به‌صرفه در زمینه مدیریت آلاینده‌های 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: بذره‌های 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 سلنات سدیم 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، به‌طور جداگانه برداشت شده و با آب مقطر شسته شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر سوخ، نمونه‌های گیاهی

جدول ۱- ترکیب آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون

غلظت (درصد)	آمینواسید	غلظت (درصد)	آمینواسید
۴/۱۱	آلانین	۳/۹۲	لیزین
۱۸/۶	آرژنین	۰/۳۴	متیونین
۴/۳۸	آسپاراتیک اسید	۲/۱۲	فنیل آلانین
۷/۳	سیستئین	۵/۰۵	پرولین
۸/۴۸	گلوتامیک اسید	۸/۶۶	سرین
۶/۷۳	گلوتامین	۵/۱۲	ترنونین
۶/۲۹	گلايسين	۱/۹۲	تریپتوفان
۱/۹۱	هیستیدین	۲/۶۲	تیروزین
۲/۴۴	ایزولوسین	۴/۱۶	والین
۵/۸۵	لیوسین	۳/۹۲	آسپاراژین

محلول غذایی (معادل ۲/۵ میلی مولار نیترات) شدند، دو سطح سولفات (۱ و ۳ میلی مولار) و دو سطح سلنات (صفر و ۲۵ میکرومولار) بود. تعداد کل گلدانها ۹۶ عدد بود و در هر گلدان یک گیاه کاشته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار 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 معنی دار بود (جدول ۲). افزایش سطح سولفات از ۱ به ۳ میلی مولار در حضور آمینواسیدهای مختلف، شدت تأثیر تغذیه سلنیوم بر افزایش وزن تر سوخ را کاهش داد (شکل ۱A). در حضور مخلوط آمینواسیدها، تغذیه سلنیوم در هر دو سطح سولفات، وزن تر سوخ را نسبت به تیمار بدون سلنیوم، به طور معنی داری افزایش داد، در حالی که 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 معنی داری با هم نداشتند. در محلول غذایی بدون آمینواسید نیز، تغذیه سلنیوم در هر دو سطح سولفات، وزن تر سوخ را به طور معنی داری افزایش داد، اما افزایش سطح سولفات از ۱ به ۳

ناشی از تجزیه آنزیمی ترکیبات بودار در گیاه بوده و شاخص تندی پیاز می باشد. اندازه گیری غلظت اسیدپیروویک سوخ پیاز، با استفاده از روش Weston و Schwimmer (۱۹۶۱) 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 مخلوط کن ریخته و پس از افزودن آب مقطر به مقدار دو برابر وزن اولیه پیاز، نمونه‌ها با شتاب ۹۱۵۰ rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. به منظور تعیین غلظت اسیدپیروویک، محلول استخراج شده از هر مرحله با ۱ میلی لیتر آب مقطر، ۰/۲۵ گرم (۲)، ۴-دنیتروفنیل هیدرازینو اسیدکلریدریک مخلوط شده و در حمام بخار آب گرم در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از ۱۰ دقیقه، ۱ میلی لیتر سود ۱/۵ مولار به نمونه‌ها اضافه و مقدار جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه گیری 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 استخراج شده از پودر خون، آرژنین، هیستیدین و تیمار بدون آمینواسید جایگزین ۲۰ درصد نیترات

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر منبع آمینواسید، سطح سلنیوم و سطح گوگرد بر کمیت های مختلف سوخ دو رقم پیاز

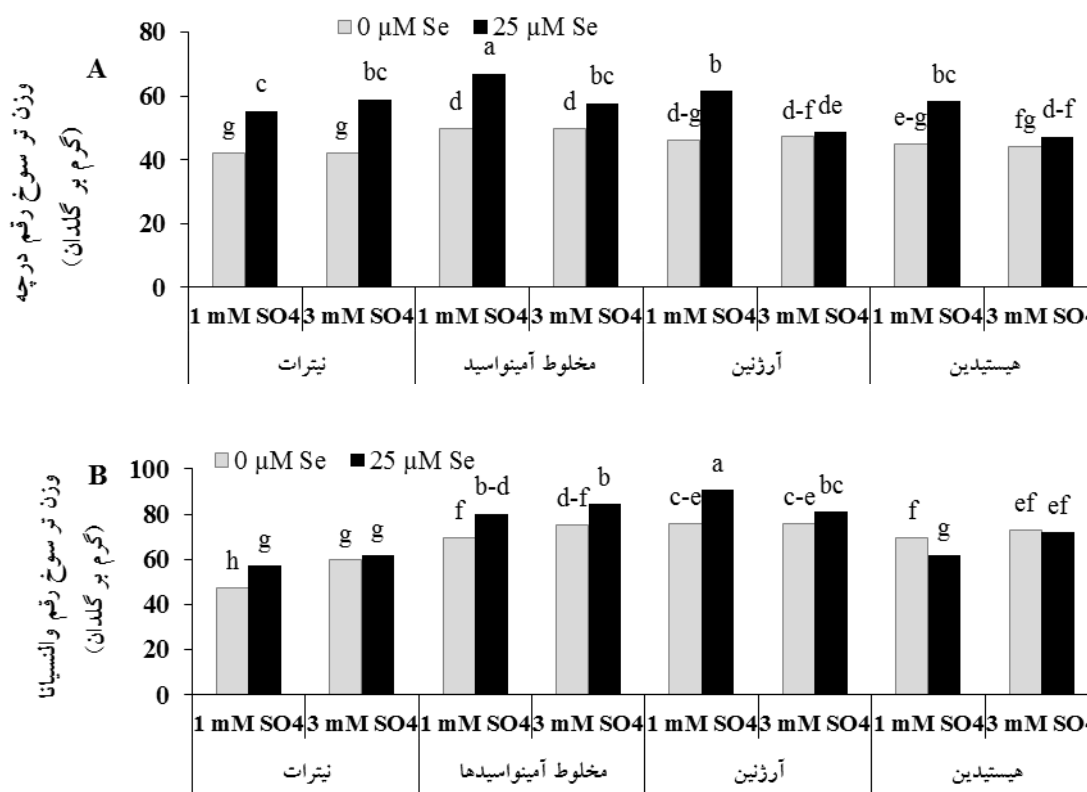
میانگین مربعات رقم درچه (Dorrcheh)						منابع تغییرات
اسیدپروویک	سلنیوم	گوگرد	وزن خشک	وزن تر	آزادی	
۷/۴۴**	۳۱/۷۶ ^{NS}	۴/۴۲**	۲/۹۶**	۱۳۴**	۳	منبع آمینواسید
۷۴/۴۷**	۲۷۶۷**	۱۱/۷۶**	۱/۳۴*	۱۶۱**	۱	سطح گوگرد
۱/۲۲ ^{NS}	۳۷۴۹۲**	۰/۱۴ ^{NS}	۷/۵۶**	۱۴۸۶**	۱	سطح سلنیوم
۸/۸۸**	۵۵/۵*	۱/۰۴**	۱/۸۴**	۴۱/۵**	۳	منبع آمینواسید×سطح گوگرد
۰/۶۷ ^{NS}	۳۱/۷۶ ^{NS}	۰/۱۳۸ ^{NS}	۰/۷۲*	۳۲/۲*	۳	منبع آمینواسید×سطح سلنیوم
۰/۰۳ ^{NS}	۲۷۶۷**	۰/۰۰۰ ^{NS}	۶/۲۹**	۱۶۵**	۱	سطح گوگرد×سطح سلنیوم
۰/۲۴ ^{NS}	۵۵/۵۶*	۰/۲۲۰ ^{NS}	۰/۶۱*	۴۴/۲**	۳	منبع آمینواسید×گوگرد×سلنیوم
۰/۵۲	۱۴/۹۸	۰/۲۱۸	۰/۱۸	۷/۸۳	۳۲	خطای آزمایش
میانگین مربعات رقم والنسیانا (Cebolla Valenciana)						منابع تغییرات
اسیدپروویک	سلنیوم	گوگرد	وزن خشک	وزن تر	آزادی	
۲۵/۱۴**	۴۳/۹۸*	۶/۵۷**	۷/۸۸**	۱۴۲۰**	۳	منبع آمینواسید
۶/۰۳**	۹۶۶**	۱۱/۴۵**	۶/۷۸**	۱۶۹**	۱	سطح گوگرد
۰/۳۲ ^{NS}	۱۶۸۵۰**	۸/۰۸ ^{NS}	۵/۶۱**	۳۵۲**	۱	سطح سلنیوم
۲/۹۱**	۵۰/۱۰**	۰/۸۴*	۴/۶۹**	۱۰۴**	۳	منبع آمینواسید×سطح گوگرد
۱/۰۵ ^{NS}	۴۳/۹۸*	۰/۰۶ ^{NS}	۲/۳۹**	۱۳۵**	۳	منبع آمینواسید×سطح سلنیوم
۳/۸۰**	۹۶۶/۱۵**	۰/۰۲ ^{NS}	۴/۸۰**	۲۶/۹ ^{NS}	۱	سطح گوگرد×سطح سلنیوم
۲/۱۵**	۵۰/۱۰**	۰/۰۹ ^{NS}	۱/۴۵*	۴۰/۳*	۳	منبع آمینواسید×گوگرد×سلنیوم
۰/۴۷	۱۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۴۸	۱۲/۵۲	۳۲	خطای آزمایش

**^{NS} به ترتیب بیانگر معنی دار بودن در سطوح آماری ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و ^{NS} به معنای عدم معنی داری در این سطوح می باشد.

افزایش داد. علاوه بر این، کاربرد آمینواسیدهای مختلف وزن تر سوخ را نسبت به تیمار بدون آمینواسید، به طور معنی داری افزایش داد. افزایش سطح سولفات از ۱ به ۳ میلی مولار در محلول غذایی حاوی مخلوط آمینواسیدها، تأثیر معنی داری بر وزن تر سوخ نداشت، درحالی که 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 میلی مولار سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنات در محلول غذایی حاوی آرژنین مشاهده شد.

کاربرد سلنیوم در سطح ۳ میلی مولار سولفات تأثیر معنی داری بر وزن خشک سوخ نداشت، درحالی که در سطح ۱

میلی مولار در این تیمار، تأثیر معنی داری بر وزن تر سوخ نداشت. بیشترین وزن تر سوخ با کاربرد همزمان سلنیوم و مخلوط آمینواسیدها در سطح ۱ میلی مولار سولفات مشاهده شد. تأثیر تغذیه سلنیوم بر وزن تر سوخ بسته به تیمار آمینواسید و سطح سولفات محلول غذایی متفاوت بود (شکل ۱B). بر خلاف آمینواسید هیستیدین که تغذیه سلنیوم در حضور آن در محلول غذایی حاوی سطح ۱ میلی مولار سولفات، وزن تر سوخ را به طور معنی داری کاهش داد، سایر تیمارها در این سطح سولفات، وزن تر سوخ را به طور معنی داری افزایش دادند (جدول ۲). تغذیه سلنیوم در سطح ۳ میلی مولار سولفات تنها با کاربرد مخلوط آمینواسیدها وزن تر سوخ را به طور معنی داری



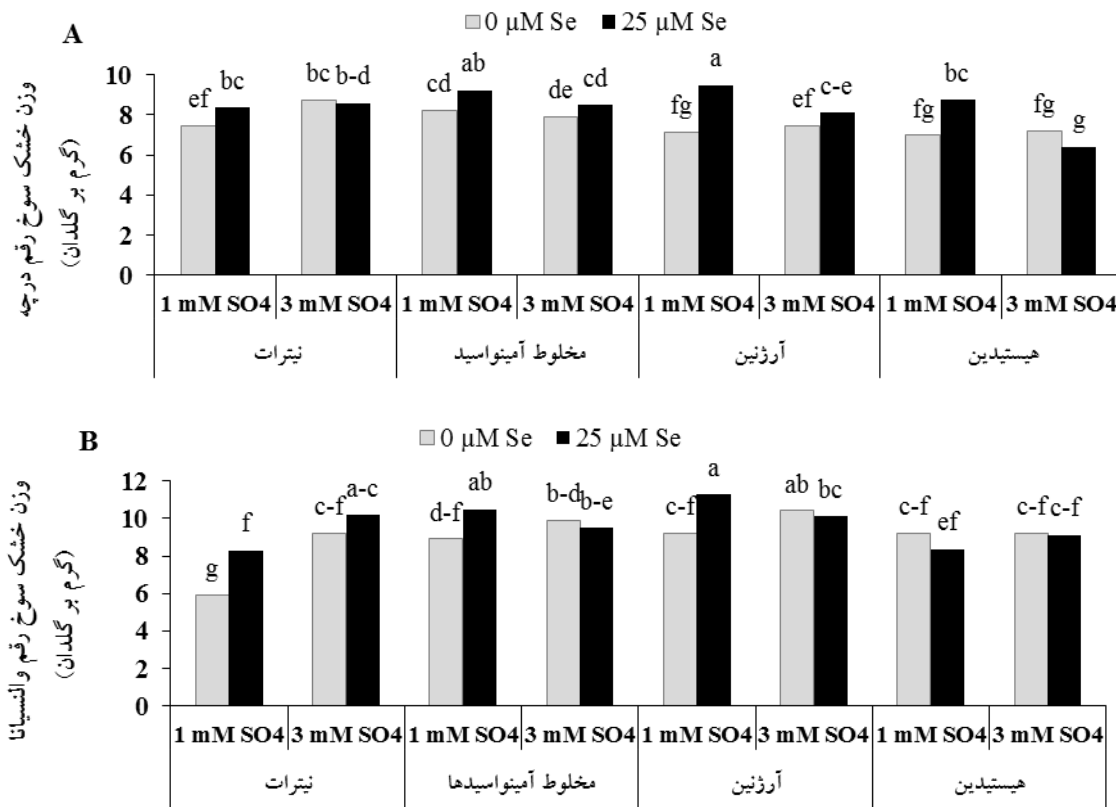
شکل ۱- تأثیر کاربرد سلنیوم و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین وزن تر سوخ پیاز رقم درجه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون LSD می‌باشند.

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 درجه 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 به‌طور معنی‌داری غلظت سلنیوم سوخ را کاهش داد. بیشترین کاهش غلظت سلنیوم در مقایسه با سطح ۱ میلی‌مولار سولفات

میلی‌مولار سولفات در همه تیمارها وزن خشک سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۲A). بیشترین افزایش به ترتیب در حضور آرژنین، هیستیدین و مخلوط آمینواسیدها بود. تاثیر غلظت سولفات محلول غذایی بر وزن خشک سوخ بسته به 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 سلنیوم مشاهده شد و این آمینواسید از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با مخلوط آمینواسیدها در این سطح سولفات و سلنیوم 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 به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۲B). کاربرد سلنیوم در

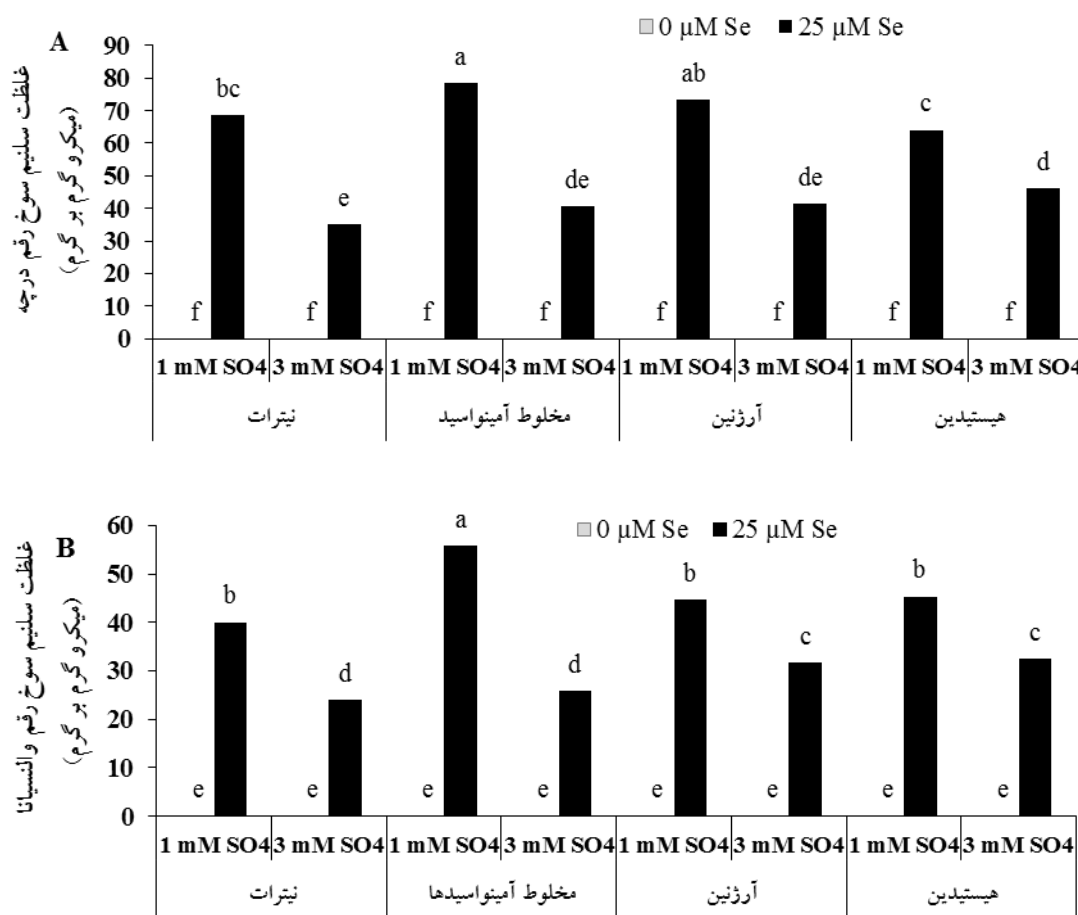


شکل ۲- تأثیر کاربرد سلنیوم و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین وزن خشک سوخ پیاز رقم درجه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون LSD می‌باشند.

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 تأثیر متفاوتی بر غلظت سلنیوم سوخ داشتند. به طوری‌که در سطح ۱ میلی‌مولار سولفات و ۲۵ میکرومولار سلنیوم، تنها مخلوط آمینواسیدها 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 مخلوط آمینواسیدها در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، تأثیر 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

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. علاوه بر این آمینواسیدهای مختلف نیز در دو سطح سولفات تأثیر متفاوتی بر غلظت سلنیوم سوخ داشتند. در سطح ۳ میلی‌مولار سولفات، درحالی‌که هیستیدین غلظت سلنیوم سوخ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، مخلوط آمینواسیدها و آرژنین تأثیر 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.

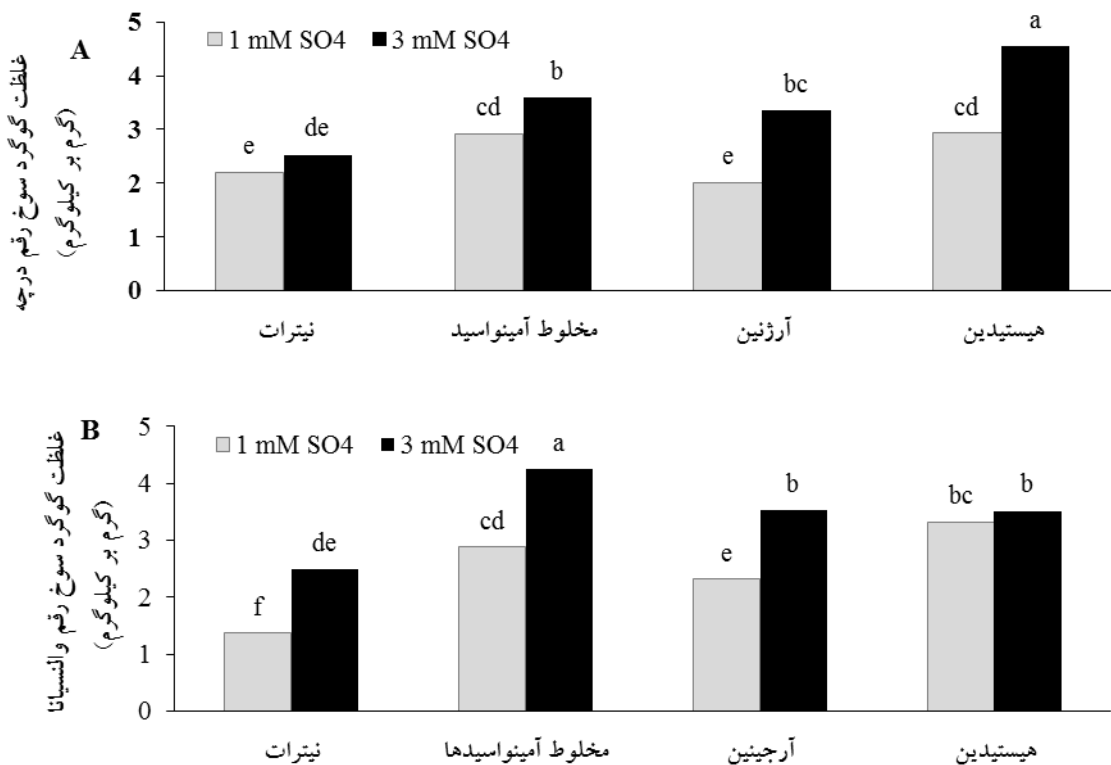
غلظت سلنیوم سوخ رقم والنسیانا پیازهایی که در محلول غذایی بدون تیمار سلنیوم رشد کرده بودند کم‌تر از حد قابل تشخیص برای دستگاه جذب اتمی بود و تیمارهای مختلف از این لحاظ، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۳B).



شکل ۳- تأثیر کاربرد سلنات و آمینواسیدهای مختلف بر میانگین غلظت سلنیوم سوخ پیاز رقم درجه (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 درجه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اما کاربرد سلنیوم داری بر غلظت گوگرد سوخ نداشت (جدول ۲). 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 معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۴A). 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 (۴/۵ گرم بر کیلوگرم) با کاربرد هیستیدین در سطح ۳ آرژنین و هیستیدین، از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با هم

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). 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 معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۴A). 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 (۴/۵ گرم بر کیلوگرم) با کاربرد هیستیدین در سطح ۳



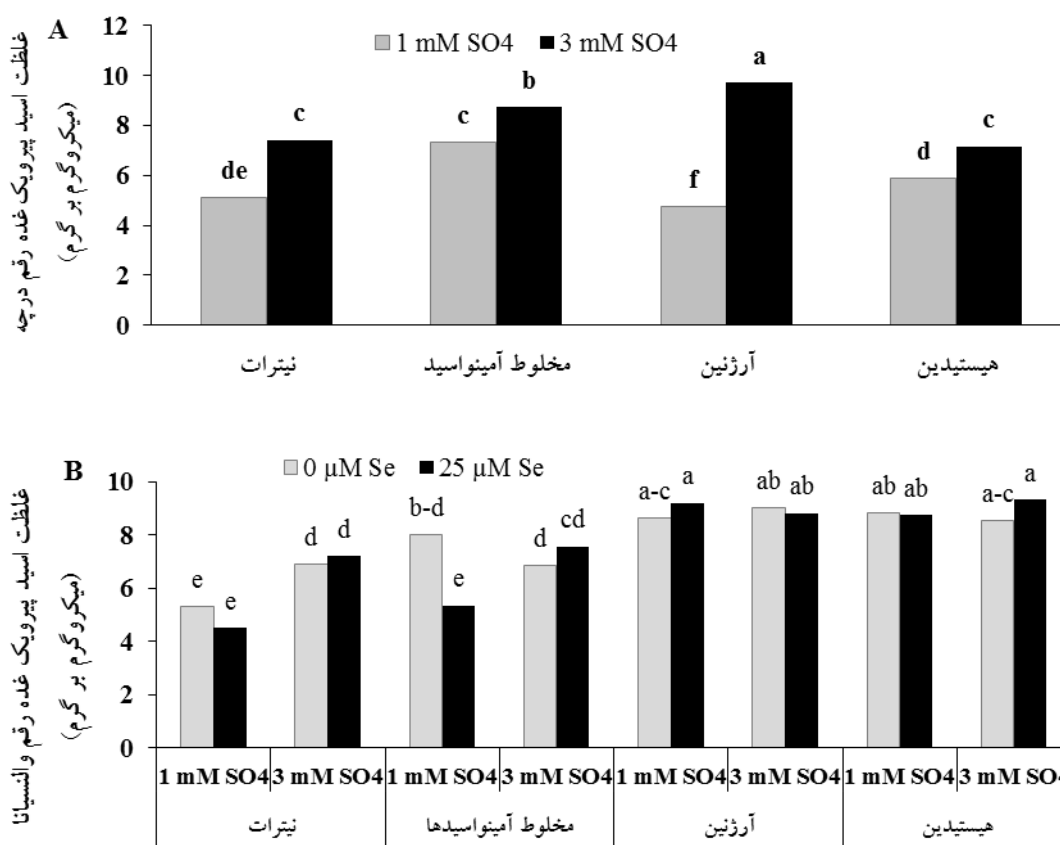
شکل ۴- تأثیر آمینواسیدهای مختلف بر میانگین غلظت گوگرد سوخ پیاز رقم درچه (A) و رقم والنسیانا (B) در سطوح مختلف سولفات. حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح پنج درصد آزمون LSD می باشند.

را به طور معنی داری کاهش داد، اما در محلول غذایی حاوی آرژنین و هیستیدین تأثیر معنی داری بر غلظت اسیدپروویک سوخ نداشت و این دو آمینواسید از این نظر اختلاف معنی داری با هم نداشتند (شکل ۵B). در سطح ۳ میلی مولار سولفات، کاربرد سلنیوم در محلول غذایی در همه تیمارها تأثیر معنی داری بر غلظت اسیدپروویک سوخ نداشت. آمینواسیدهای مختلف نیز تأثیر متفاوتی بر غلظت اسید پروویک سوخ داشتند. آمینواسیدهای آرژنین و هیستیدین غلظت اسیدپروویک سوخ را در هر دو سطح سولفات نسبت به تیمار بدون آمینواسید افزایش دادند، اما کاربرد مخلوط آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون بسته به سطح سولفات و سلنیوم محلول غذایی، تأثیر متفاوتی بر غلظت اسیدپروویک سوخ داشت. در سطح ۱ میلی مولار سولفات مخلوط آمینواسیدها، تنها در شرایط بدون سلنیوم، غلظت اسید پروویک سوخ را به طور معنی داری افزایش داد، در حالی که در غلظت ۳ میلی مولار سولفات، اختلاف معنی داری با تیمار بدون

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 اسیدپروویک سوخ: نتایج نشان داد که کاربرد سلنیوم تأثیر معنی داری بر غلظت اسیدپروویک سوخ رقم درچه نداشت (جدول ۲). در سطح ۱ میلی مولار سولفات، مخلوط آمینواسیدها غلظت اسیدپروویک سوخ را افزایش داد، اما آمینواسیدهای آرژنین و هیستیدین نسبت به تیمار بدون آمینواسید، تأثیر معنی داری بر غلظت اسیدپروویک سوخ نداشتند (شکل ۵A). در سطح ۳ میلی مولار سولفات، مخلوط آمینواسیدها و آرژنین غلظت اسیدپروویک سوخ را به طور معنی داری افزایش دادند، در حالی که کاربرد هیستیدین اختلاف معنی داری با تیمار بدون آمینواسید ایجاد نکرد.

تغذیه سلنیوم در سطح ۱ میلی مولار سولفات در حضور مخلوط آمینواسیدها، غلظت اسیدپروویک سوخ رقم والنسیانا



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

محللول 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، گلوکاتایون تشکیل می‌شود که عامل اصلی تندی پیاز می‌باشد (Coolong, 2003). تغییر در غلظت سیستئین و گلوکاتایون 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 استیل‌سیرین را به عنوان پیش ماده تولید سیستئین و گلوکاتایون افزایش داده و پتانسیل گیاه برای جذب سلنات و سولفات را افزایش دهد

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

بحث

هدف از غنی‌سازی محصولات کشاورزی 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 ویژگی‌های 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

جذب و احیای سولفات داشته است، درحالی که در غلظت ۱ میلی مولار سولفات، جذب و احیای سلنات سوخ را در این رقم بیشتر افزایش داده است. کاربرد آرژنین، غلظت گوگرد سوخ را نیز، به طور معنی داری افزایش داد. این افزایش غلظت، موجب بیشترین افزایش غلظت اسیدپروویک سوخ با افزایش سطح سولفات محلول غذایی در رقم درجه شد. در این رابطه، Josefsson (۱۹۷۰) بیان داشت که کاربرد همزمان منبع نیتروژن و گوگرد می تواند غلظت آمینواسیدهای سیستمین و متیونین را در داخل گیاه افزایش دهد. افزایش غلظت سیستمین به عنوان پیش ماده تولید ترکیبات طعم دهنده پیاز می تواند غلظت اسید پروویک 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 میلی مولار سولفات، تأثیر آرژنین بر افزایش جذب سولفات نسبت به هیستیدین، کم تر 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، علاوه بر تغذیه گوگرد، منبع نیتروژن نیز می تواند فعالیت آنزیم های مسیر احیای سولفات را تحت تأثیر قرار دهد (Coolong, 2003). در این رابطه، Suter و همکاران (۱۹۸۴) نشان دادند که کاربرد آرژنین در محلول غذایی، فعالیت آنزیم آدنوزین-۵-فسفوسولفات ریداکتاز 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 می کند که در فرایند تولید سیستمین اهمیت دارد.

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

(Brunold and Suter, 1984). در مطالعه حاضر، برهم کنش سولفات و سلنات در حضور آمینواسیدهای مختلف بر ویژگی های کمی و کیفی دو رقم پیاز بررسی شد. به طور کلی نتایج نشان داد که تغذیه سلنیوم تأثیری بر غلظت گوگرد سوخ دو رقم پیاز نداشت، درحالی که 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 (۲۰۰۴) بیان داشتند که جذب سلنات و سولفات از طریق ناقل های سولفات، می تواند 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 ناقل های غشایی سولفات رقابت داشته و غالباً جذب سلنات در حضور سولفات کاهش می یابد. آمینواسید های مختلف نیز، با تأثیر بر جذب سولفات و سلنات از محلول غذایی، آسیمیلایون 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 درجه، پس از کاربرد هیستیدین در سطح ۳ میلی مولار سولفات مشاهده شد، اما کاربرد این آمینواسید نسبت به سایر آمینواسیدها تأثیر کم تری بر غلظت سلنیوم، اسید پروویک و عملکرد سوخ رقم درجه داشت. بنابراین، احتمالاً با وجود این که کاربرد این آمینواسید در سطح ۳ میلی مولار سولفات با تأثیر بر غلظت کل آمینواسیدها، تولید استیل سرین و پتانسیل گیاه برای جذب سلنات و سولفات را افزایش داده است، تأثیر آن بر احیای سولفات و سلنات جذب شده و شرکت آن ها در ساختار ترکیبات آلی به منظور افزایش رشد و تندی پیاز رقم درجه، کم تر از مخلوط آمینواسیدها و آرژنین بوده است.

تأثیر آرژنین بر جذب و احیای سولفات و سلنات در رقم درجه، با هیستیدین متفاوت بود. نتایج نشان داد که کاربرد آرژنین در سطح ۳ میلی مولار سولفات، تأثیر بیشتری بر افزایش

نیتروژن، در سطح رونویسی ژن‌های مربوط به ناقل‌های سولفات و آنزیم‌های مسیر احیای نترات 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 درجه 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 اسیدپروویک سوخ پیاز را کاهش دهد. همچنین، Ng و Anderson (۱۹۷۸) علت کاهش غلظت اسید پروویک پس از کوددهی سلنیوم را رقابت سلنید (Se^{2-}) و سولفید برای پیوند با آنزیم سیستئین‌سینتاز و ممانعت از تشکیل سیستئین دانستند. کاربرد مخلوط آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون، عملکرد سوخ رقم والنسیانا را نیز به‌طور 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.

آرژنین و هیستیدین، در هر دو سطح سولفات، غلظت گوگرد و اسیدپروویک 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 درجه پس از کاربرد این تیمار می‌تواند 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 (۱۹۸۴) 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 گلیسین به ترتیب ۸/۶۶، ۷/۳، ۶/۷۳ و ۶/۲۹ درصد از کل آمینواسیدهای این محلول را تشکیل داده‌اند، بنابراین این مخلوط آمینواسیدها، می‌تواند با تأثیر بر مسیر احیای نترات، غلظت کل آمینواسیدها و به دنبال آن، غلظت آمینواسید سرین را به‌طور مستقیم و غیر مستقیم افزایش دهد. در مطالعه‌ای Leonard و Padgett (۱۹۹۳) نیز نشان دادند که با کاربرد گلوتامین و گلیسین در محیط کشت ذرت حاوی نترات، نرخ جذب این آمینواسیدها افزایش یافته است. علاوه بر این، کاربرد مخلوط آمینواسیدها می‌تواند به‌طور مستقیم، غلظت سیستئین و به‌طور غیر مستقیم غلظت استیل سرین، سیستئین و گلوکوتایون 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 مؤثر بر رونویسی ژن‌های مربوط به ناقل‌های جذب سولفات و سلنات (Hirai et al., 2003) و آنزیم‌های مؤثر 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

نتیجه گیری

به‌طور کلی 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 به دلیل تفاوت در مکانیزم تنظیم جذب و احیای سلنات و سولفات در

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., 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.

The effect of sulfate and extracted amino acids from blood powder on selenium enrichment, yield and pungency of onion tuber

Mohsen Mobini¹, Amir Hossein Khoshgoftarmanesh¹, Somayeh Ghasemi^{2*}

¹Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

²Department of Soil Science, College of Natural Resources and Agriculture, Yazd University

(Received: 02/04/2016, Accepted: 24/04/2017)

Abstract

Selenium (Se) is known as an essential nutrient for human health. More than 15% of world population suffers Se deficiency mainly due to consumption of poor Se food crops. Bio fortification has been introduced as a sustainable and cost-effective approach to combat Se deficiency in the food chain. In this study, the effect of selenite (SeO_4^{2-}), sulphate, and certain amino acids on yield and bulb selenium concentration with the aim of Bio fortification programs was investigated. Two onion cultivars (*Allium cepa* L., cvs. Dorrcheh and Cebolla Valenciana) were grown in nutrient solutions in which 20% of nitrate was replaced with arginine, histidine, or mixed amino acids extracted from blood powder and exposed to two levels of sulfate (1 and 3 mM) and two levels of selenate (0 and 25 μM). Application of different amino acid treatments in the presence of selenite and sulphate increased yield of onion bulb. This increase was greater in Valenciana compared with Dorrcheh. In both onion cultivars, the highest Se and sulfate concentration was observed at the mixed blood powder-extracted amino acid treatment. Selenium nutrition at the level of 1 mM sulfate and in the presence of amino acids mixture, created the highest concentration of Se in the Valenciana ($55.8 \mu\text{g g}^{-1}$). Increasing Se level had no effect on the sulphate concentration of both onion cultivars while increasing of sulphate concentration in the nutrient solution caused a reduction in Se uptake. Increasing sulfate concentration increased pyrovic acid concentration of both onion cultivars but addition of Se, reduced concentration of pyrovic acid in Valenciana exposed to 1 mM sulfate treatment by 15%.

Keywords: Amino acid, Biofortification, Blood powder, Onion Selenium, Sulfate.

*Corresponding author: s.ghasemi@yazd.ac.ir

