Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.2, Autumn & Winter 2020-21
Research Paper

DOI: 10.22070/hpn.2020.4921.1056

Effect selenium selenite on some quantitative and qualitative characteristics and accumulation of selenium and reduction nitrate accumulation in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.)

Abumoslem Bideshki [1] ***, Mohammad Javad Arvin*** [2*] ***, Ahmad Aien*** [3] ***, Mohammad Reza Hasandokht*** [4] ***, Ahmad khalighi***[5]

1- Ph.D. student, Department of Agriculture and Horticulture, Faculty of Agricultural Sciences and Food Industry, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. abideshki@gmail.com
2- Corresponding Author and Professor of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. arvinsmj@gmail.com
3- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement, Agriculture and Natural Resource Research and Education Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Jiroft, Iran a.aien@areeo.ac.ir
4- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. mrhassan@ut.ac.ir
5- Professor, Department of Crop and Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Food Industry, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. Iran.Khalighiahmad30@gmail.com

Received Date: 2019/11/14 Accepted Date: 2020/10/06

Abstract

Introduction: The potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber is the third most important food crop in the world after rice and wheat for human consumption and makes an important contribution to the diet of people worldwide (Haverkort et al. 2009). Global cultivation area of about 19.35 million hectares in 2014 and annual production of nearly 382 million tons and nearly 5 million tons has been reported in Iran (FAO, 2016). Selenium (Se), as an essential part of human nutrition, plays a significant role in a number of metabolic functions and also shelters plants from several abiotic and biotic stresses (Schiavon et al. 2017). Se can affect the quality of vegetables and fruit. Se spraying has been used to enhance the selenium content in broccoli (Sindelarova et al. 2015), radishes (Schiavon et al. 2016), basil (Mezeyova et al. 2016), tomatoes (Zhu et al. 2016), grapes (Zhu et al. 2017) and other crops (Puccinelli et al. 2017).

Material and methods: Two field experiments were carried out in Jiroft (57 90 E L. 28 13 N Lat., 625 m above sea level), Kerman, Iran, during 2016-17 (October to Jan) and 2017 (Jan to Apr) with Sante cultivar. In Jiroft minimum and maximum temperatures over growing season were 8 and 40 °C, respectively in first season and 8 and 43 ºC, respectively in the second. Relative humidity was 55-60% in every two years. The soil had a sandy-loam texture, and the acidity (pH), electrical conductivity (EC), absorbable potassium, absorbable phosphorus, total nitrogen and selenium content of the soil extract were 7.50, 2.41 ds m-1, 159 mg/l, 8.80 mg/l, 0.03 % and 0.17, respectively (table 1). This study was carried out as a split plot with three replicates. Experimental treatments included foliar application of nitrogen fertilization on 2 level normal (150kg/h) and high nitrogen (300kg/h) and selenium (Se) (0, 15, 30 and 60 mg/l) as sodium selenate (Na2SeO4) 35 days after plant emergence. During the experiment, morphological traits including plant height, plant fresh weight, tuber weight and tuber yield and chemical and biochemical traits including selenium and nitrogen levels, starch, ion leakage and malondialdehyde, chlorophyll content, Catalase enzymes, nitrate reductase and superoxide dismutase, and some amino acids were evaluated.

Results and discussion: The lowest amount of nitrate accumulation and the highest selenium accumulation were obtained from 150 mg/l selenium treatment. The highest yield of the tuber was obtained from 150 mg/l Selenium treatment. Although Se is not yet confirmed as an essential micronutrient in higher plants (Turakainen et al. 2004; Rani et al. 2005), many researchers have already shown that selenium (Se) could increase the tolerance of plants exposed to stressful environments (Djanaguiraman et al. 2005; Djanaguiraman et al. 2010). In the present study, potato plants treated with Se resulted in an increase in shoot fresh weight and tuber yield. Se increases the allocation of phytosimulates to grow tubers, so tubers act as a rich source for carbohydrates and selenium accumulation. They also attributed the positive effect of selenium on potatoes to the antioxidant effects of selenium on the plant's aging delay. They reported that selenium fertilization could improve the nutritional value of potato by increasing the level of organic compounds containing selenium in the tubers.

Conclusion: In general, it was found that increasing nitrogen improves quantitative traits and decreases the quality of potato tubers (increasing tuber nitrate and decreasing amino acids). While selenium increased quantitative traits, it also improved quality traits and increased selenium accumulation and reduced nitrate accumulation in potato tubers. The lowest nitrate accumulation and the highest selenium accumulation were obtained from selenium treatment of 150 mg / l

Keywords: Potato, Selenium, Nitrate, yield, aging delay. They reported that selenium fertilization could improve the nutritional value of potato by increasing the level of organic compounds containing selenium in the tubers.

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، (ص ۷۰- ۵۹)
مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/hpn.2020. 4921.1056

تأثیر سلنیوم بر صفات کمی و کیفی، انباشت سلنیوم و کاهش تجمع نیترات در غده سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

ابومسلم بیدشکی [۱]، محمد جواد آروین [۲*]، احمد آئین [۳]، محمدرضا حسندخت [۴]، احمد خلیقی [۵]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم زراعی و باغی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
abideshki@gmail.com
۲- نویسنده مسئول و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران
arvinsmj@gmail.com
۳- استادیاربخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران
a.aien@areeo.ac.ir
۴- دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
mrhassan@ut.ac.ir
۵- استاد گروه علوم زراعی و باغی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
Khalighiahmad30@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۳ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵**

چکیده

مصرف بی رویه کودهای نیتروژنه در کشور باعث افزایش میزان نیتروژن خاک و افزایش تجمع نیترات در محصولات کشاورزی شده است. از سوی دیگر یکی از مهمترین مشکلات خاکهای ایران کمبود سلنیوم است. از این رو جهت غنی سازی سلنیوم در سیب زمینی و ممانعت از تجمع نیترات در غده آن و همچنین افزایش عملکرد سیب زمینی این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در سالهای ۹۵ و ۹۶ در دو فصل کشت در جیرفت به مرحله اجرا رسید، که در آن تیمار کود نیتروژنه در دو سطح نیتروژن معمول منطقه (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و نیتروژن زیادی (۳۰۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار) ، و تیمار سلنیوم از منبع سدیم سلنات (Na_2SeO_4) در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر در دو فصل کشت بصورت محلولپاشی مورد بررسی قرار گرفت. در پایان مشخص شد که افزایش نیتروژن باعث افزایش صفات کمی و کاهش کیفیت غده سیب زمینی (افزایش میزان نیترات غده و کاهش میزان اسیدهای آمینه) می‌شود. در حالیکه سلنیوم ضمن افزایش صفات کمی ، صفات کیفی را نیز بهبود بخشید و باعث افزایش انباشت سلنیوم (۷ و ۳ برابر به ترتیب در شرایط نیتروژن نرمال و نیتروژن زیادی) و کاهش تجمع نیترات در غده سیب زمینی شد. کمترین میزان تجمع نیترات و بیشترین میزان تجمع سلنیوم از تیمار سلنیوم ۱۵۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد.

کلمات کلیدی: سیب زمینی، سلنیوم، نیترات، عملکرد، اسید آمینه.

مقدمه

یکی از مشکلات خاکهای ایران کمبود سلنیوم است. سلنیوم در جدول تناوبی عناصر در گروه۶ همراه با اکسیژن و گوگرد قرار گرفته و از نظر خصوصیات فیزیکو شیمیایی بسیار شبیه گوگرد می باشد (Ani, 2008). به همین خاطر درمولکولهایی که گوگرد در ساحتمان آن بکار رفته می تواند با آن رقابت کند. سلنیوم یک عنصر غیر فلز و کمیاب با عدد اتمی آن ۳۴ است. این عنصر بیشتر به صورت ترکیب یافت می‌شود و به صورت خالص کمتر دیده می‌شود(Dhillon and Dhillon, 2003). تا اواسط دهه ۱۹۵۰ همگی سلنیوم را به عنوان یک عنصر سمی (برای حیوانات) می دانستند وخصوصا گیاهانی که در زمینهای غنی از سلنیوم رشد می نمود برای حیواناتی که در این زمینها به چرا می رفتند کشنده می دانستند(Ani, 2008). هرچند مشخص شده بود که سلنیوم یک عنصر ضروری به شمار می آید ولی از آنجا که آستانه بین حد ضروری و حد رسمی دامنه بسیار باریکی داشت استفاده از آن بسیار با احتیاط صورت می گرفت. حدود نیم تا یک بیلیون نفر در سراسر دنیا از کمبود سلنیم رنج می برند. همچنین معدود تحقیقاتی که در ایران انجام شده است نشان می دهد که خاک عمده بخشهای ایران دچار کمبود سلنیوم می باشد (Nazemi *et al*, 2012). سلنیوم به عنوان یک عنصر کمیاب ضروری برای انسان و حیوانات بخاطر حضور در سیستم های دفاع آنتی اکسیدانی و تنظیم تعادل هورمونی به رسمیت شناخته شده (Flohe *et al*. 1973, Rotrucket *et al*. 1973). اگر چه سلنیوم به عنوان یک ریز مغذی برای گیاهان عالی طبقه بندی شده نیست، مطالعات متعدد نشان داده اند Se که در غلظت های پایین تاثیر مفیدی بر روی رشد و افزایش مقاومت گیاهان در برابر انواع تنشها را از طریق فعالیت آنتی اکسیدانی خود دارد (Djanaguiraman *et al*. 2005; Xue and Hartikainen, 2000; Kong *et al*, 2005). گیاهان نقش منحصر به فردی در جذب و انتقال سلنیوم از خاک به زنجیره غذایی دارند. غلظت سلنیوم در محصولات کشاورزی و علوفه بستگی به محتوای سلنیوم در خاک و فراهمی زیستی آن دارد (Sippola, 1979; Yläranta, 1985). عمده پژوهشهای انجام شده در ایران و دنیا به بررسی تاثیرات آنتی اکسیدانی سلنیوم در مواجه با انواع تنشهای محیطی بررسی شده است و کمتر پژوهشی مسئله غنی سازی سلنیوم را مورد برسی قرار داده است. همچنین در آزمایشی دیگر کاربرد ترکیبات روی و سلنیوم باعث افزایش ۱۴ درصدی عملکرد گندم گردید (Gholame *et al*, 2008). بررسی اثر محلول پاشی سلنیوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گندم در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی (قطع آبیاری) نشان داده که کاربرد سلنیم باعث کاهش خسارت ناشی از تنش می شود (Falahat zade et al, 2011). سایر پژوهشگران نشان داده اند که کاربرد سلنیوم باعث افزایش میزان نشاسته و مواد جامد محلول و در نهایت عملکر غده در سیب زمینی می شود (Turakainen, 2004). استفاده از سلنیوم باعث افزایش پروتئین های نیتروژنی و کاهش پروتئین های غیر نیتروژنی در سیب زمینی شده است (Munshi *et al*, 1990). در یک آزمایش دیگر نشان داده شد که محلولپاشی سلنیم با غلظت ۴۰۰ گرم در هکتار باعث افزایش اسید آمینه های ضروری و غیر ضروری در سیب زمینی می گردد (Jezke *et al*, 2011). کاربرد سلنیوم بصورت محلولپاشی جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی و غنی سازی سلنیوم در سیب زمینی(Poggi *et al*, 2000) ، برنج (Chen *et al*, 2002)، کلم بروکلی (Sindelarova *et al*, 2015)، تربچه (Schiavon *et al*, 2016)، ریحان (Mezeyova *et al*, 2016)، گوجه فرنگی (Zhu *et al*, 2016)، انگور (Zhu *et al*, 2017) و بسیاری از محصولات دیگر (Puccinelli *et al*, 2017) نیز استفاده شده است. غنی سازی سلنیوم در سایر سبزیجات و بخصوص سبزیجات برگی نیز استفاده شده است. استفاده از بستر کاشت حاوی سلنیوم در خیار، گوجه و کاهو (Businelli *et al*, 2015) ، استفاده از محلول غذایی حاوی سلنیوم در

گیاه کاهو فری(Hernandez-Castro *et al*, 2015) و استفاده از سلنیوم بصورت محلولپاشی در گیاه ریحان (Mezeyova et al, 2016) از جمله این تحقیقات می‌باشد. از سوی دیگر مصرف بی رویه کودهای نیتروژنه در کشور باعث افزایش میزان شوری و نیترات خاک و افزایش تجمع نیترات در محصولات کشاورزی شده است (Souri, 2016; Souri *et al*, 2017). یکی از معیارهای سلامت محصولات کشاورزی و به خصوص سبزیجات عدم تجمع نیترات در آن ها می باشد. مصرف نیتروژن به منظور نگهداری حاصلخیزی خاک و تولید محصول ضروری است ولی در صورت استفاده بی رویه از آن در خاک، برای سلامت محیط زیست و سلامت انسان مضر می باشد (Souri, 2016; Souri *et al*, 2017) . در سال های اخیر توجه خاصی به نیترات موجود در غده های سیب‌زمینی مبذول شده است. نیترات برای حیوان یا انسان سمی محسوب نمی‌شود، اما اگر به نیتریت احیا شود نیتریت تولید شده با هموگلوبین خون ترکیب شده و تشکیل مت‌هموگلوبولین را می‌دهد(بیماری مت هموگلوبینمیا) که از ظرفیت انتقال اکسیژن خون می‌کاهد و تحت شرایطی نیتریت با یک سری از اسیدهای آمینه ترکیب و تولید نیتروزآمین را می‌نماید که در ارگانیزم زنده ماده سمی و سرطان زاست. نیترات، نیتریت و آمینهای ثانویه ماده پیش‌ساز نیتروزآمین هستند. آزمایش‌های متعددی در این زمینه صورت گرفته و نشان داده شده که معمولا با استعمال کود نیتروژن غلظت نیترات در برگها، غده‌ها و ساقه‌ها افزایش می یابد. حد مجاز و قابل تحمل نیترات در غدهٔ سیب زمینی ۳۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم در مادهٔ خشک اعلام شده است. هرچند در کشورآلمان نیترات قابل قبول بر اساس وزن تر ۲۰۰ میلی گرم برکیلوگرم می باشد (Santamaria, 2006). میزان نیترات غده‌ها در ارقام زودرس و نیمه زودرس خیلی بیشتر از ارقام دیررس می‌باشد. عامل‌های دیگری همچون تاریخ برداشت و آب و هوای فصل رشد نیز آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد به طوری که آب و هوای بارانی و دمای پائین و برداشت زود هنگام نیترات غده هارا افزایش خواهد داد(Frydecka and Zgorska, 1996). نوع کود نیتروژنه نیز بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات موثر است، بطوریکه با کاربرد فرمهای آلی و یا احیایی نیتروژن از میزان تجمع نیترات در گیاهان به شدت کاسته می شود (Aghayie Noroozlo et al, 2019; Souri and Hatamian, 2019)طی آزمایشی، اعمال ۱۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن خالص در هکتار میزان نیترات غده را تا ۱۷۳-۱۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در وزن‌تر غده افزایش داده بود(Zayats et al., 1994). همچنین طی آزمایشی در سال ۱۹۹۶، میزان نیترات بدون مصرف کود نیتروژن از ۱۲۹/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۲۰۷/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار رسید. در بیشترین سطح نیتروژن میزان نیترات از ۱۹۲/۲ تا ۲۳۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بین ارقام مختلف متفاوت بود(Prosba, 1996). با توجه به مطالب مذکو و همچنین سرانه مصرف بالای سیب زمینی در کشور به نظر می رسد غنی سازی سیب زمینی از طریق محلولپاشی سلنیوم راهی منطقی و مناسب جهت افزایش میزان سلنیوم در غده و در نهایت در بدن انسان می باشد. از این رو انجام این پژوهش جهت بالا بردن میزان سلنیوم در حد بهینه در غده سیب زمینی ضروری به نظر می رسد. از دیگر دلالیلی که ضرورت انجام این پژوهش را بیشتر نمایان می کند ممانعت از تجمع نیترات در غده سیب زمینی و همچنین افزایش عملکرد سیب زمینی می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات (در زمان) در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی و در سه تکرار در منطقه جیرفت در دو سال زراعی ۹۵ و ۹۶ اجرا شد. کرت اصلی کود نیتروژنه در دو سطح نیتروژن معمول (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و نیتروژن زیادی (۳۰۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار) و کرت فرعی شامل

سلنیوم از منبع سدیم سلنات (Na_2SeO_4) در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به صورت محلولپاشی، روی سیب زمینی رقم سانته که در دو فصل انجام گرفت. کشت مزرعه در سال اول پس از نمونه برداری خاک و عملیات دیسک و لولر به شکل کاملا مکانیزه و به صورت دو ردیف بر روی یک پشته و آبیاری مزرعه به صورت قطره ای و نوار تیپ انجام گرفت. طول هر کرت ۸ متر و برای هر کرت ۴ پشته کاشت دو ردیفه (۸ ردیف) در نظر گرفته شد. تیمار کود نیتروژن بصورت مصرف خاکی و با کود نیترات آمونیوم و اوره در طی فصل رشد انجام شد. سلنیوم بصورت محلولپاشی در یک ماه پس از کاشت بوته‌ها انجام شد و دو هفته بعد تکرار گردید. یک ماه پس از اعمال تیمارها عملیات اندازه گیری صفات آغاز شده و تا پایان زمان برداشت ادامه یافت. در اواخر دیماه کشت دوم در زمینی دیگر در مجاورت زمین قبل و عینا مشابه کشت اول انجام شد. همانگونه که قبلا ذکر شد قبل از کاشت از زمین مورد نظر ازعمق ۳۰ سانتی‌متری خاک بصورت زیگزاگ نمونه برداری شده ومصرف کودهای شیمیایی براساس نتایج تجزیه خاک صورت گرفت به این صورت که به خاک در مجموع ۶۰ کیلو گرم فسفر و ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار پتاسیم به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم اضافه گردید. عملیات کاشت غده براساس عرف محل و بر اساس ۵۲ هزار بوته در هکتار انجام گرفت.

ویژگی خاک محل آزمایش

بافت خاک محل آزمایش سبک و لومی شنی بود و از لحاظ املاح و شوری هیچ گونه محدودیتی ندارد. pH خاک محل آزمایش برابر۷/۶ و از نظر میزان سلنیوم () فقیر می‌باشد (Nazemi *et al*, 2012) . نتایج تجزیه خاک که توسط آزمایشگاه خاکشناسی انجام شده در جدول ۱ آمده است. شایان ذکر است که میزان سلنیوم خاک با روش جذب اتمی‌با استفاده از دستگاه Perkin ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد (Frankenberger, 1994).

جدول ۱- ویژگی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil characteristics of the test site

Depth (cm)	pH	soil pattern	% N	(mg/l) P	K (mg/l)	Se (mg/kg)	EC (ds/m)
	7.5	Sandy loam	0.03	8.8	159	0.17	2.41

	Cd	Pb	Fe	Mn	Cu	Zn	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	$HCO3^{-}$	CL^{-}	$SO4^{2-}$
	mg/l						Meq/L					
0-30	0. 017	0. 32	1. 26	2. 08	5. 94	0. 38	2. 4	4. 4	6. 7	2. 8	6	48. 7

جدول ۲- ویژگی آب آبیاری مزرعه
Table 2- Field irrigation water characteristics

(mg/l)								
Na +	Mg 2 +	Ca 2+	SO4 2-	CL -	HCO3 -	Co3 2-	EC (µs)	pH
11. 2	2. 2	5	4. 2	11. 4	2. 8	0	1873	7. 5

صفات اندازه گیری شده و روش اندازه گیری

صفات اندازه گیری شده در برگ

محاسبه میزان نشت یونی

مقدار نشت یونی برای اندازه گیری میزان نفوذپذیری غشای سلولی (میزان آسیب غشای سلولی در پی اعمال تیمار زیادی نیترات) سنجیده می‌شود. میزان نشت یونی با استفاده از روش کایا و همکاران (۲۰۰۲) انجام شد.

اسیدهای آمینه

برای اندازه گیری اسیدهای امینه از روش precolumn derivatization با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) استفاده شد (Biddlingmeyer *et al.* , 1984).

کلروفیل

استخراج و سنجش کلروفیل میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل (b+a) با روش (Lichtenthaler, 1987) با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد.

سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز

سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز با کمک استخراج عصاره گیاهی انجام شد. برای استخراج عصاره‌ی گیاهی از روش Kang و Saltiveit (۲۰۰۲) استفاده شد سپس برای سنجش فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) از روش (Dazy *et al.* , 2008) استفاده شد.

مالون دی آلدهید

برای اندازه گیری میزان پراکسیداسیون چربی‌ها از روش Heath و Packer (۱۹۶۸) استفاده گردید.

نیترات ردوکتاز

فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز بر اساس روش پیشنهادی استوارت و همکاران (۱۹۷۲) در غده اندازه‌گیری شد.

صفات اندازه گیری شده در غده

نشاسته

نمونه‌های سیب زمینی را به وسیله دستگاه خردکن کاملا خرد کرده، سپس به میزان ۳ برابر وزن پالپ با آب مخلوط شده، ۲۰ ml محلول متا بی سولفیت ۰/۱ درصد اضافه نموده و به وسیله پارچه توری صاف گردید. پس از دو فاز شدن محلول، توسط کاغذ صافی و قیف بوخنر نشاسته جدا گردید. نشاسته به دست آمده چندین بار با آب شسته شده و نهایتاً در 30°C خشک شد.

سلنیوم

سلنیوم در نمونه‌های گیاهی با روش اسپکترومتری جذب اتمی‌الکترومال مورد بررسی قرار گرفت (Ekholm، 1997).

محاسبات آماری

درپایان به منظور آنالیزآماری از نرم افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵٪ و با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت.

نتایج

با توجه به اینکه اثر متقابل سال و نیتروژن و سلنیوم بر صفات اندازه گیری شده معنی دار نبود میانگین صفات در طی دو سال مورد بررسی آماری قرار گرفت (جدول ۴). بطوریکه نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد اثر متقابل تیمار نیتروژن و سلنیوم بر صفات میزان نشاسته، میزان نیترات ردوکتاز، کلروفیل، پرولین، سوپراکسید دیسموتاز، انباشت سلنیوم، تجمع نیترات و نشت یونی معنی دار شد. بطوریکه در شرایط نیتروژن نرمال کاربرد سلنیوم ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بیشترین تاثیر مثبت را داشت و نسبت به شاهد خود باعث افزایش میزان نشاسته (۱۱٪)،میزان نیترات ردوکتاز(۴۲٪)، کلروفیل (۷٪)، پرولین (۱۱٪)، سوپراکسید دیسموتاز (۱۸٪)، انباشت سلنیوم (بیش از ۷ برابر) و کاهش میزان تجمع نیترات (۱۸٪) و کاهش

نشت یونی (۹٪) گردید (جدول ۵). همچنین در شرایط نیتروژن زیادی نیز تیمار سلنیوم ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بیشترین تاثیر مثبت را داشت و نسبت به شاهد خود باعث افزایش میزان نشاسته (۱۱٪)، کلروفیل (۱۰٪)، پرولین (۲۹٪)، سوپراکسید دیسموتاز (۱۶٪)، تجمع سلنیوم (بیش از ۳ برابر) و کاهش میزان تجمع نیترات (۳۵٪) و کاهش نشت یونی(۲۶٪) گردید(جدول ۴). اثر سلنیوم نیز بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر بوته، تعداد غده و عملکرد نهایی غده، میزان مالون دی آلدئید، اسیدهای آمینه گلایسین، ایزولوسین، والین، متیونین و آلانین و آنزیم کاتالاز معنی دارشد. و کاربرد سلنیوم ۱۵۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش ارتفاع بوته (۱۱٪)، وزن تر بوته (۷٪)، تعداد غده (۱۱٪) و عملکرد نهایی غده (۱۶٪)، اسیدهای آمینه گلایسین (۲۷٪)، ایزولوسین (۱۰٪)، والین (۱۶٪)، متیونین (۲۷٪) و آلانین (۲۰٪) و آنزیم کاتالاز (۱۰۴٪) و کاهش میزان مالون دی آلدئید (۲۲٪)گردید (جدول ۶) . همچنین اثر تیمار کود نیتروژنه نیز بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر بوته، تعداد غده و عملکرد نهایی غده، میزان مالون دی آلدئید و آنزیم کاتالاز معنی دارشد. و کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص باعث افزایش ارتفاع بوته (۸٪)، وزن تر بوته (۱۳٪)، تعداد غده (۱۱۱٪) و عملکرد نهایی غده (۱۸٪)، و آنزیم کاتالاز (۱۱۰٪) و مالون دی آلدئید (۴۱٪) و کاهش میزان اسیدهای آمینه گلایسین (۶٪)، ایزولوسین (۷٪)، والین (۳٪)، متیونین (۴٪) و آلانین (۹٪) گردید (جدول ۷).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در سیب زمینی

Table 3- Analysis of variance of traits measured in potatoe

منابع تغییرات S.O.V	df	Tuber number	Yield	Plant height	Plant fresh weight	Electrolyte leakage	Nitrate content	Selenium content	Starch content	Chlorophyll content
block	2	14.26^{ns}	211.95^{ns}	180.35^{ns}	8873.75^{ns}	38.62^{ns}	24.11^{ns}	2.58^{ns}	125.83^{ns}	32.09ns
Year (Y)	1	28.29^{ns}	552.50^{ns}	311.97^{ns}	16808.32^{ns}	260.68^{ns}	186.48^{ns}	0.14^{ns}	28.09^{ns}	4.78ns
block*Y	2	0.89	1.31	4.89	4941.99	85.39	1493.61	23.95	8.31	18.17
Nitrogen(N)	1	2.21^{*}	50.08^{**}	67.52^{**}	37475.36^{**}	397.67^{*}	918364.57^{**}	0.05^{ns}	442.14^{**}	2.54**
Y*N	1	0.04^{ns}	20.63^{ns}	0.54^{ns}	561.15^{ns}	57.90^{ns}	690.46^{ns}	0.001^{ns}	16.50^{ns}	0.63ns
Selenium(Se)	3	2.96^{**}	2.93^{**}	20.13^{*}	575.64^{**}	19.93^{**}	18163.42^{**}	99.58^{**}	19.63^{*}	0.37*
Y*Se	3	0.70^{ns}	9.68^{ns}	1.54^{ns}	195.11^{ns}	1.63^{ns}	861.10^{ns}	0.001^{ns}	0.42^{ns}	0.70ns
N*Se	3	1.14^{ns}	9.42^{ns}	16.19^{ns}	525.15^{ns}	5.84^{**}	8341.64^{**}	0.97^{**}	7.51^{*}	0.72*
Y*N*Se	3	0.86^{ns}	12.31^{ns}	2.05^{ns}	137.05^{ns}	3.65^{ns}	722.90^{ns}	0.001^{ns}	0.15^{ns}	0.80ns
Error	28	0.67	4.89	12.36	6356.11	30.59	558.20	0.14	0.93	0.43
%CV	-	10.94	14.42	7.74	12.19	20.03	7.91	11.89	5.66	6.69

علامتهای **، * و ns به ترتیب معرف معنی دار در سطح ۱ درصد، معنی دار در سطح ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف میباشد.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در سیب زمینی

Table 3- Analysis of variance of traits measured in potatoe

منابع تغییرات S.O.V	Df	Proline	Alanine	Methionine	Isoleucine	Glycine	Valine	malondialdehyde	Catalase	Superoxide dismutase	Nitrate reductase
block	2	0.02^{ns}	1.35^{ns}	0.01^{ns}	0.20^{ns}	0.50^{ns}	7.87^{ns}	0.05^{ns}	0.33^{ns}	26.72^{ns}	4.44^{ns}
Year (Y)	1	0.09^{ns}	0.00^{ns}	0.04^{ns}	0.01^{ns}	0.04^{ns}	0.03^{ns}	0.06^{ns}	3.06^{ns}	16.96^{ns}	4.01^{ns}
block*Y	2	0.12	3.52	0.08	0.01	0.15	9.16	0.25	57.78	7.65	32.38^{**}
Nitrogen (N)	1	2.12^{**}	0.33^{**}	0.03^{ns}	1.60^{*}	3.21^{*}	6.83^{*}	44.47^{**}	2.75^{*}	0.13^{ns}	56.23^{**}
Y*N	1	0.06^{ns}	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.09^{ns}	0.12^{ns}	0.45^{ns}	0.02^{ns}	0.24^{ns}	7.06^{ns}	4.69^{ns}
Selenium(Se)	3	0.46^{*}	2.05^{**}	0.24^{**}	0.28^{*}	0.89^{**}	1.14^{*}	0.05^{**}	0.96^{**}	0.43^{**}	1.04^{**}
Y*Se	3	0.01^{ns}	0.05^{ns}	0.001^{ns}	0.02^{ns}	0.12^{ns}	0.18^{ns}	0.03^{ns}	0.29^{ns}	0.25^{ns}	0.29^{ns}
N*Se	3	0.14^{**}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.09^{ns}	0.01^{ns}	0.68^{ns}	0.001^{ns}	1.01^{ns}	0.20^{**}	6.91^{**}
Y*N*Se	3	0.001^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.001^{ns}	0.10^{ns}	0.21^{ns}	0.04^{ns}	0.04^{ns}	0.25^{ns}	0.28^{ns}
Error	28	0.01	0.05	0.01	0.05	0.06	1.53	0.02	4.62	0.63	0.48
%CV	-	6.43	8.84	11.11	7.34	9.61	18.29	6.11	17.41	9.57	7.45

علامتهای **، * و ns به ترتیب معرف معنی دار در سطح ۱ درصد، معنی دار در سطح ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف میباشد.

جدول ۴- برهمکنش نیتروژن و سلنیوم بر صفات اندازه گیری شده در سیب زمینی

Table4- Interaction of nitrogen and selenium on measured traits in potato

N (kg/h)	Se (mg/l)	Electrolit leakage (%)	Nitrate content (mg/kg)	Selenium content (mg/gdw)	Starch content (%)	Proline (mg/gdw)	Nitrate reductase (µg nitrite/gfw hour)	Chlorophyll content (mg/gfw)	Superoxide dismutase (U/mg protein)
150	0	25.28^{bc}	359.27^{c}	1.10^{d}	18.55c	2.13^{c}	8.34^{d}	9.11c	7.66^{c}
	50	23.41^{c}	345.22^{cd}	5.50^{c}	19.19^{bc}	2.44^{b}	10.10^{cd}	9.30^{bc}	7.73^{bc}
	100	21.28^{c}	339.12^{cd}	7.29^{ab}	22.05^{a}	2.53^{ab}	11.23^{c}	9.72^{bc}	7.79^{bc}
	150	21.18^{c}	325.20^{d}	8.18^{a}	20.68^{b}	2.53^{ab}	11.87^{c}	9.72^{bc}	8.48^{abc}
300	0	36.83^{a}	614.86^{a}	1.82^{d}	12.68^{e}	2.05^{c}	12.35^{bc}	9.93^{bc}	8.06^{bc}
	50	30.67^{b}	500.20^{b}	5.29^{c}	13.68^{de}	2.30^{bc}	13.23^{b}	10.54^{abc}	8.70^{abc}
	100	25.24^{bc}	487.05^{bc}	6.17^{bc}	13.74^{de}	2.55^{ab}	15.34^{ab}	11.80^{a}	8.98^{ab}
	150	24.11^{bc}	453.27^{bc}	6.24^{bc}	14.08^{d}	2.65^{a}	16.89^{a}	10.98^{ab}	9.38^{a}

جدول ۵- اثر سلنیوم بر صفات اندازه گیری شده در سیب زمینی

Table 5. Effect of selenium on measured traits in potatoes

Se (mg/l)	Tuber number	Yield (ton/ha)	Plant high (cm)	Plant fresh weight (g fwt)	Alanine (mg/g fwt)	Methionine (mg/g fwt)	Isoleucine (mg/g fwt)	Glycine (mg/g fwt)	Valine (mg/g fwt)	Catalase (ΔOD/g fwt in)	malondialdehyde (nmol/cm)
0	6.99^{b}	29.79^{c}	45.33^{b}	618.28^{b}	2.04^{b}	1.02^{b}	2.89^{c}	2.24^{c}	3.95^{b}	12.49^{a}	2.78^{a}
50	7.46^{ab}	32.77^{b}	43.54^{b}	653.32^{b}	2.73^{ab}	1.25^{ab}	3.11^{b}	2.61^{b}	4.37^{a}	12.40^{b}	2.23^{b}
100	7.50^{ab}	33.90^{ab}	46.00^{ab}	685.21^{ab}	2.92^{a}	1.31^{a}	3.25^{a}	2.80a	4.64^{a}	11.98^{b}	2.21^{c}
150	7.78^{a}	34.58^{a}	50.51^{a}	699.83^{a}	2.89^{a}	1.30^{a}	3.18a	2.84a	4.57^{a}	12.98^{a}	2.16^{c}

جدول ۶- اثر نیتروژن بر صفات اندازه گیری شده در سیب زمینی
Table 6. Effect of nitrogen on measured traits in potatoes

N (kg/h)	Tuber number	Yield (ton/ha)	Plant high (cm)	Plant fresh weight (gr)	Alanine (mg/g)	Methionine (mg/g)	Isoleucine (mg/g)	Glycine (mg/g)	Valine (mg/g)	Catalase (ΔOD/g fwt in)	Malondialdehyde (nmol/cm)
150	8.11	32. 01	46.98	618.27	3.09	1.34	3.55	3.39	5.33	12.72	2.17
300	8.99	37.98	50.59	725.95	2.82	1.28	3.32	3. 18	5.16	13.94	3.06

بحث

در پژوهش حاضر مشخص شد که کاربرد سلنیوم ضمن افزایش ارتفاع بوته، باعث افزایش وزن تر بوته نیز می گردید. به نظر میرسد که تاثیر مثبت سلنیوم بر وزن تر بوته بعلت سنتز کلروفیل، تثبیت کربن، سنتز و هیدرولیز نشاسته و تحریک تقسیم سلولی ناشی از کاربرد سلنیوم در سلول‌های مریستمی‌باشد. صفاریزدی و همکاران (۲۰۱۲) نیز ، افزایش تعداد برگ و وزن تر و خشک بوته سبزی اسفناج را در سطوح پایین سلنیوم گزارش نمودند.

در این پژوهش اگر چه اثر متقابل کود نیتروژنه و سلنیوم بر عملکرد نهایی معنی دار نشد اما اثر نیتروژن و اثر سلنیوم به تنهایی بر عملکرد نهایی معنی دار بود و کاربرد سلنیوم ۱۵۰ میلی گرم در لیتر ۱۵ درصد و تیمار نیتروزن زیادی (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز ۱۸ درصد عملکرد سیب زمینی را افزایش داد. عملکرد سیب زمینی تابعی از تعداد غده در بوته، متوسط وزن غده و تعداد بوته در واحد سطح می‌باشد. با توجه به نقش نیتروژن در توسعه اندام‌های گیاه به خصوص غده‌ها و با عنایت به اثر این عنصر در افزایش فتوسنتز (Souri and Dehnavard, 2018)، در نهایت افزایش اندازه غده‌ها را در پی داشت. بنظر می‌رسد عمده ترین دلیل افزایش عملکرد سیب زمینی در آزمایش حاضر، به اثرات آنتی اکسیدانی Se و همچنین تاثیر آن بر میزان فتوسنتز گیاه مربوط باشد. بر اساس نتایج مطالعات قبلی، افزایش رشد گیاهان تحت تیمار با Se با کاهش پراکسیداسیون لیپید همراه با افزایش فعالیت GSH-Px همراه بوده است (Djanaguiraman et al. 2005). توراکاینین (۲۰۰۴) گزارش کرد در گیاهان سیب زمینی که با سلنیوم تیمار شدند، عملکرد غده بیشتری حاصل شد.

نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که با کاربرد ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم در شرایط نیتروژن نرمال ۱۸ و در شرایط نیتروژن زیادی ۲۹ درصد میزان نشاسته را افزایش داد. به نظر می‌رسد که کاربرد سلنیوم باعث حفظ کربوهیدراتها در ریشه‌ها و غده‌ها می‌گردد و مانع از انتقال آنها به سایر اندام‌های گیاه می‌گردد و از این طریق باعث تجمع و انباشت کربوهیدراتها و نشاسته در غده‌ها و استولون‌ها می‌گردد (Turakainen, 2007).

یافته های این پژوهش نشان داد که در پی استفاده از سلنیوم میزان کلروفیل گیاه افزایش پیدا کرد. به طوریکه تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم موثرتر از سایر تیمارهای سلنیوم بود و در مقایسه با شاهد در شرایط نیتروژن نرمال ۷ و در شرایط نیتروژن زیادی ۱۹ درصد میزان کلروفیل را افزایش داد (جدول ۴). سلنیوم احتمالا از نقش تنظیمی‌در سنتز کلروفیل برخوردار است که شاید حاصل برهمکنش سلنیوم و آنزیم‌های حاوی سولفیدرئیل از جمله ۵-آمینو لولینیک اسید دهیدراتاز و پورفوبیلینوژن د- آمیناز باشد ((Padmarja et al. , 1990). از سوی دیگر ثابت شده است سلنیوم بر افزایش جذب منیزیم و آهن توسط گیاه تاثیرگذار است (صفاریزدی و همکاران، ۲۰۱۲)، که در نتیجه آن باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ گیاهان می شود. مشابه نتایج این پژوهش در گیاه اسفناج نیز نیز دیده شده است (صفاریزدی و همکاران، ۲۰۱۲).

در پی استفاده از سلنیوم در شرایط نیتروژن نرمال و نیتروژن زیادی به ترتیب ۹ و ۲۶ درصد میزان تجمع

نیترات کاهش پیدا کرد (جدول ۴). به نظر می‌رسد سلنیوم از طریق افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها از جمله آنزیم نیترات ردوکتاز (جدول ۴) باعث احیا بخشی از نیترات موجود در بوته سیب زمینی شده و از این طریق باعث کاهش تجمع نیترات در غده سیب زمینی می‌گردد.

با افزایش استفاده از نیتروژن در این تحقیق میزان تجمع نیترات در غده سیب زمینی نیز به بیش از ۷۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴). افزایش نیتروژن در خاک در نهایت باعث افزایش و تجمع نیتروژن به صورت نیترات در غده سیب زمینی می‌گردد.

در پی کاربرد سلنیوم در شرایط نیتروژن نرمال و نیتروژن زیادی به ترتیب ۸ و ۶ برابر میزان سلنیوم افزایش یافت. سلنیوم علاوه بر افزایش میزان تجمع سلنیوم در گیاهان از طریق افزایش اسیدلینولئیک و کاهش اولئیک اسید باعث افزایش کیفیت محصول نیز می گردد (Song et al, 2015). نشان داده شده است که در پی محلول پاشی سیب زمینی با سلنیوم حدود ۶۶ درصد سلنیوم ذخیره شده در غده‌ها بصورت سلنیوم آلی است (پرتئین‌های محلول و اسیدهای آمینه) (Turakainen, 2007). در سایر آزمایشها نیز نشان داده شده است که که سلنیوم باعث افزایش عمر پس از برداشت محصولات، کاهش فعالیت اتیلن و تاخیر پیری محصولات می گردد (Zhu et al, 2016; Zhu et al, 2017). غنی سازی سلنیوم در سایر سبزیجات و بخصوص سبزیجات برگی نیز آزمایش شده است. استفاده از بستر کاشت حاوی سلنیوم در خیار، گوجه و کاهو (Businelli et al, 2015) ، استفاده از محلول غذایی حاوی سلنیوم در گیاه کاهو فری(Hernandez-Castro et al, 2015) و استفاده از سلنیوم بصورت محلولپاشی در گیاه ریحان (Mezeyova et al, 2016) از جمله این تحقیقات می‌باشد. محلولپاشی با تیمار ۱۰۰گرم بر هکتار سلنیوم، میزان تجمع سلنیوم در غده سیب زمینی بیش از چهار برابر افزایش داد که به نتایج این پژوهش نزدیک است (Poggi et al, 2000).

در این پژوهش سه اسید آمینه ضروری والین، متیونین و ایزو لوسین و سه اسید آمینه غیر ضروری پرولین، گلایسین و آلانین مورد ارزیابی قرار گرفت که مهمترین اسیدهای آمینه موجود در سیب زمینی می‌باشد. اثر سلنیوم بر کلیه اسید های آمینه معنی دار شد و با افزایش میزان سلنیوم میزان اسید های آمینه نیر افزایش یافت، در حالیکه نیتروژن علیرغم اینکه اثر معنی داری بر میزان اسیدهای آمینه داشت ولی با افزایش میزان نیتروژن از میزان اسیدهای آمینه کاسته شد (جدول ۶). نیتروژن جذب شده توسط گیاه به صورت آمید در می‌آید و آمید با ترکیبات اسیدی ترکیب شده و تولید اسیدآمینه می‌کند (Hassandokht, 2007). نیتروژن مانند سایر عناصر، توسط آوندهای چوب به برگ‌ها منتقل و در آنجا از طریق یک واکنش متابولیکی به ترکیبات آلی (آمینو اسیدها) تبدیل شده و در نهایت این ترکیبات از طریق آوندهای آبکش در سایر بخش‌های گیاه (همچنین در ریشه) توزیع می‌گردند (Marschner, 2011; hatamian et al., 2020). مکانیزم تاثیر سلنیوم بر افزایش اسیدهای آمینه تاکنون مشخص نشده است ولی ممکن است با تاثیرات آنتی اکسیدانیی سلنیوم در گیاهان مرتبط باشد (Poggi et al, 2000).

غلظتهای مختلف سلنیوم در این پژوهش، تاثیرات متفاوتی بر آنزیم کاتالاز داشتند به طوری که غلظتهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم باعث کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شده ولی غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر آن باعث افزایش فعالیت این آنزیم گردید (جدول ۴). همچنین سلنیوم در شرایط نیتروژن نرمال و نیتروژن زیادی باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به ترتیب به میزان ۱۱و ۱۶ درصد گردید (جدول ۴). با وجود اینکه در آزمایش حاضر زیادی نیتروژن میزان کاتالاز را کاهش داده است سلنیوم این روند را تحت تاثیر قرار داده و موجب افزایش این آنزیم در برگ شد و این می‌تواند به عنوان یک معیار مهم در زراعت تلقی شود. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Gill and Meelu, 2008).

منابع

Aghayie Noroozlo, Y., Souri, M.K., and Delshad, M., 2019. Stimulation Effects of Foliar Applied Glycine and Glutamine Amino Acids on Lettuce Growth. Open Agriculture, 4(1), pp.164-172.

Ani, M.2008. Selenium Bioavailability and Its Biological Significance, 5th Iranian Nutrition Congress, Tehran, Iranian Nutrition Association.

Biddlinmeyr, B.A., 1984. Rapid analysis of amino acids using precolumn derivatizatin .*J.Chromatography* 336, 93-104.

Businelli, D., D'Amato, R., Onofri, A., Tedeschini, E., Tei, F., 2015. Se enrichment of cucumber (*Cucumis sativus* L.), lettuce (*Lactuca sativa* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L. Karst) through fortification in pre-transplanting. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 2015 197: 697–704.

Chen, L., Yang, F., Xu, J., Hu, Y., Hu, Q., Zhang, Y., Pan, G., 2002. Determination of selenium concentration of rice in China and effect of fertilization of selenite and selenate on selenium content of rice. *J. Agric. Food Chem* 50: 5128–5130.

Dazy, M., Jung, V., Ferard, J., and Masfaraud, J., 2008. Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. *Chemosphere* 74: 57-63.

Dhillon, K.S., and Dhillon S.K., 2003. Distribution and management of seleniferous soils. In Advances in Agronomy, Volume 79. D.L. Sparks (ed.). Academic Press, San Diego, USA. Pp. 119−185.

Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Sheeba, A., and Bangarusamy, U. 2005. Selenium - an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil* 272: 77−86.

Ekholm, P. 1997. Effects of selenium supplemented commercial fertilizers on food selenium contents and selenium intake in Finland. PhD thesis, University of Helsinki, Finland.

Falahatzadeh, A., Habibi, D., Paknejad, F., Pazaki, A. And Ilikai, M. 2011. Investigation of the effect of selenium foliar application on yield and yield components of two wheat cultivars under full irrigation and drought stress conditions. Iranian Plants and ecosystems. 7 (26): 115-137.

Flohe, L., Günzler, W.A., and Schock, H.H., 1973. Glutathione peroxidase: A selenoenzyme. FEBSLetters 32: 132−134.

Frankenberger, W.T., Selenium in the environment: CRC Press.

Frydecka M. A., and Zegorska. K., 1996. Factors affecting the content of nitrates in potato tubers. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*. No. 47,:111-125

Gholami, M., Sajedi, N. A., and Gomarian, M., 2012. The effect of application of superabsorbent polymer, zinc and selenium compounds on yield and yield components of durum wheat. Iranian New agricultural findings. 7 (1): 69-81.

Gill, H. S., and Meelu, O. P., 2008. Studies on the substitution of inorganic fertilizers with Azospirillum rates on wheat yield. *Fert. Res*. 25: 255-62.

Hartikainen, H., Xue, T., and Piironen, V., 2000. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant and Soil* 225: 193−200.

Hassandokht, R., 2007. Greenhouse Management. Tehran: Salsabil Publications. 376 pages.

Hatamian, M., Rezaei Nejad, A., Kafi, M., Souri, M.K. and Shahbazi, K., 2020. Nitrate improves hackberry seedling growth under cadmium application. Heliyon, 6(1), p.e03247.

Heath, R.L., and Packer, L., 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives in Biochemistry and Biophysics* 125:189–198.

Hernandez Castro, E., Trejo Tellez, L., Gomez Merino, F., Rodriguez Mendoza, M., Sanchez Garcia, P., and Robledo Paz, A., 2015. Bioaccumulation of iron, selenium, nitrate, and proteins in chard shoots. *J. Soil Sci. Plant Nutr* 15: 694–710.

Jezek, P., Hlusek, J., Losak, T., Juzl, M., Elzner, P., Kracmar, S. and Bunka. F., 2011. Effect of foliar application of selenium on the content of selected amino acid in potato tubers (*solanum tuberosum* L.). *Plant Soil Environ* 57 (7): 315-320.

Kang, H. M. and Saltiveit, M. E., 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling (leaves and roots) and differentially affected by salicylic acid. *Physiologia Plantarum* 115: 577-576.

Kaya, C., Kirank. H., Higges D., and Satali. K., 2002. Sulementary calcim enhances Plant growth Fruit in Strawberry cultivars growth at high (NaCl) salinity. *J. Sci Hort.* 93: 65-74.

Kong, L., Wang, M., and Bi. D., 2005. Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress. *J. Plant Growth Regulation* 45: 155−163.

Lichtenthaler, H. K., 1987. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Method Enzym*. 148: 350-382.

Mercurio, M., 2007. Cut Rose Cultivation Around the World. Netherlands: Shreurs.

Mezeyova, I., Hegedusova, A., Andrejiova, A., Hegedus, O., Golian, M., 2016. Phytomass and content of essential oils in Ocimum basilicum after foliar treatment with selenium. *J. Int. Sci. Publ* 4: 19–27.

Munshi, C.B., Combs, G.F., and Mondy. N.I., 1990. Effect of selenium on the nitrogenous constituents of the potato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38: 2000-2002.

Nazemi L., Nazmara Sh., Eshraghyan M.R., Nasseri S., Djafarian K., Yunesian M., Sereshti H., Moameni, A., and Shahtaheri S.J., 2012. Selenium status in soil, water and essential crops. *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering* 9:11-12.

Padmaja, K., Prasad, D. D., and Prasad, A. R., 1990. Selenium as a novel regulator of porphyrin biosynthesis in germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus vulgaris*). *International Journal of Biochemistry* 22: 441-446.

Pennanen, A., Xue, T., and Hartikainen, H., 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany* 76: 66−76.

Poggi, V., Arcioni, A., Filippini, P., and Giorgio Pifferi, P., 2000. Foliar Application of Selenite and Selenate to Potato (*Solanum tuberosum*): Effect of a Ligand Agent on Selenium Content of Tubers. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4749−4751.

Prosba, B.U., 1996. The effect of nitrogen rates and planting dates on nitrate content in potato tubers. *Biuletyn – instytutu – Ziemnika*. 46: 73 – 81 .

Puccinelli, M., Malorgio,F. and B . Pezzarossa .2017. Selenium Enrichment of Horticultural Crops. Molecules, 22: 1-22.

Rotruck, J.T., Pope, A.H., Ganthe, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G. and W.G. Hoekstra., 1973. Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 179: 588−590.

Safaryazdi, A. , Lahoti M. , and ganjali A. 2012. Effect of different concentrations of selenium on plant physiological characteristics of spinach Spinacia oleraceae. Journal of Horticultural Science, 26 (3): 292-300.

Santamaria P., 2006. Nitrate in vegetables.toxicity content intake and EC regulation. *Journal of the Science* of Food and Agriculture. 86: 10-17.

Schiavon, M., Berto, C., Malagoli, M., Trentin, A., Sambo, P., Dall'Acqua, S., Pilon-Smits, E. A .H. Selenium Biofortification in Radish Enhances Nutritional Quality via Accumulation of Methyl-Selenocysteine and Promotion of Transcripts and Metabolites Related to Glucosinolates, Phenolics, and Amino Acids. Front. *Plant Sci.* 7: 1371.

Schiavon, M., Pilon- Smits, E. A. H., 2017. Selenium Biofortification and Phytoremediation Phytotechnologies: A Review. *J. Environ. Qual*. 46: 10.

Sindelarova, K., Szakova, J., Tremlova, J., Mestek, O., Praus, L., Kana, A., Najmanova, J., and Tlustos, P., 2015. The response of broccoli (*Brassica oleracea convar*) varieties on foliar application of selenium: uptake, translocation, and speciation. *Food Addit. Contam. Part A. Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess*. 32: 2027–38.

Sippola, J., 1979. Selenium content of soils and timothy (Phleum pratense L.) in Finland. *AnnalesAgriculturae Fenniae* 18: 182−187.

Song, Y.R., Jiang, X.G., Peng, S.F., Li, F.C., Liu, J., Chen, D., 2015. Effect of selenium content on the quality and functional components of selenium-riched Camellia oleifera oil. J. Chin. Inst. Food Sci. *Technol*. 15: 142–149.

Souri, M.K. and Dehnavard, S., 2018. Tomato plant growth, leaf nutrient concentrations and fruit quality under nitrogen foliar applications. Advances in Horticultural Science, 32(1), 41-47.

Souri, M.K., 2016. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. Open Agriculture, 1: 118-123.

Souri, M.K., and Hatamian, M. 2019. Aminochelates in plant nutrition; a review. J of Plant Nutrition, 42 (1): 67-78.

Souri, M.K., Sooraki, F.Y. and Moghadamyar, M., 2017. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. Hortic. Environ. Biotechnol., 58(6), pp.530-536.

Turakainen, M., Hartikainen, H., and Seppänen. M. M., 2004. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and concentrations of soluble sugars and starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 5378−5382.

Xue, T., and Hartikainen. H., 2000. Association of antioxidative enzymes with synergistic effect ofselenium and UV irradiation in enhancing plant growth. Agriculture and Food Science in Finland 9: 177−186.

Yläranta, T., 1985. Increasing the selenium content of cereals and grass crops in Finland. Academic dissertation, Agricultural Research Centre, Institute of Soil Science, Jokioinen. Yliopistopaino, Helsinki. 72 p.

Zayats, P.I., Shuglya, Z.M., and Rybak. A.R., 1994. Fertilizer rates, yield and contents in potato tubers. *Vestsi Akademii Agrarnykh Navuk Belarusi*. 1: 61-65, 124-125.

Zhu, Z., Chen, Y., Shi, G., Zhang, X.,2017. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. *Food Chem*. 219: 179–184.

Zhu, Z., Chen, Y., Zhang, X., Li, M., 2016. Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 198: 304–310.