Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.293590.668419 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۶، شهریور ماه ۱۳۹۹ (ص ۱۵۷۷-۱۵۶۷)

Investigation of Allicin and Flavonoid Variations and Selenium Daily Uptake in Garlic (Allium Sativum L.) By Selenium Fertilizer Treatments and Mycorrhizal Inoculation

ALI CHAMANNEJADIAN[1], MOHAMMAD FEIZIAN[1*], OMIDALI AKBARPOUR[2]
1. Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran.
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
(Received: Dec. 6, 2019- Revised: March. 16, 2020- Accepted: March. 17, 2020)

ABSTRACT

Today, numerous studies are being done to replace chemicals with natural substances in order to reduce synthetic compounds in food. Garlic (Allium sativum L.) is an important bulb vegetable because of its high concentration of allicin, flavonoids and selenium accumulation. This research was carried out to investigate the effects of two levels of mycorrhiza (inoculation and non-inoculated), three levels of selenium (0 as control, 100 and 200 mg/l) on two ecotypes (Ramhormoz and Dezful) in terms of flavonoid, allicin, daily intake of selenium and yield of garlic. The experiment was performed as factorial in the form of completely randomized design. The highest values of flavonoid (27.618 mg/g) and Allicin (5.17 mg/g) were observed in Dezful ecotype and the highest daily selenium uptake (11.08 mg/kg) was observed in Ramhormez ecotype. Mycorrhizal inoculation was significantly and positively correlated with flavonoid and garlic yield at 1% level and with allicin at 5% level, but it was reversed with daily selenium uptake (EDI) at 5 % level. Also, application of selenium fertilizer showed a positive and significant correlation with increasing daily selenium uptake and flavonoids in garlic Bulbs at 1 and 5% levels, respectively. But, it has inverse correlation with allicin content at 1 % level. Dezful ecotype had a better performance in terms of garlic weight and garlic cloves weight and there was a significant difference between two ecotypes at 1 % level. Finally, due to different effects of the treatments, if the purpose is to produce garlic enriched with Se, flavonoid or allicin, a decrease in some nutritional values and a change in ecotype must be accepted.

Keywords: Garlic, Allicin, Flavonoid, Selenium, Mycorrhizal.

* Corresponding Aurhor's Email: Feizian.m@lu.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

بررسی تغییرات آلیسین و فلاونوئید و جذب روزانه سلنیوم در گیاه سیر (*Allium sativum L.*) تحت تأثیر تیمارهای کود سلنیومی و تلقیح میکوریزایی

علی چمن نژادیان[۱]، محمد فیضیان[۱*]، امیدعلی اکبرپور[۳]

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۵- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۲/۲۷)

چکیده

امروزه تحقیقات زیادی برای جایگزینی مواد شیمیایی با مواد طبیعی در راستای کاهش ترکیبات سنتزی در مواد غذایی انجام می‌شود. گیاه سیر به علت داشتن ترکیبات آلیسین، فلاونوئید و قابلیت انباشت سلنیوم، در صنعت غذا و دارو اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق با اعمال تیمارهای کود سلنیوم در سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و تلقیح مایکوریزا آربکسولار در دو سطح بر روی دو اکوتیپ سیر (رامهرمز و دزفول) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی به بررسی تغییر ترکیبات مؤثر و عملکرد سیر پرداخته شد. بیشترین مقادیر فلاونوئید (۲۷/۶۱۸ میلی‌گرم برگرم) و آلیسین (۵/۱۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در اکوتیپ دزفول و بیشترین مقدار جذب روزانه سلنیوم (۱۱/۰۸ میکروگرم بر کیلوگرم در روز) در اکوتیپ رامهرمز مشاهده شد. همزیستی میکوریزا همبستگی مثبت و معنی‌دار با فلاونوئید و وزن پیاز سیر در سطح یک درصد و با آلیسین در سطح پنج درصد به دست آمد. اما با جذب روزانه در سطح پنج درصد عکس شد و همچنین کاربرد کود سلنیوم با افزایش جذب روزانه سلنیوم و فلاونوئید موجود در پیاز سیر به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شد و با مقدار آلیسین همبستگی منفی در سطح یک درصد دارد. اکوتیپ دزفول عملکرد بهتری به لحاظ افزایش عملکرد سیر داشت و اختلاف دو اکوتیپ نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج متفاوت اعمال تیمارها، اگر هدف تولید سیری غنی از هر یک ترکیبات سلنیوم، فلاونوئید و آلیسین باشد، کاهش برخی از ارزش‌های غذایی و تغییر نوع اکوتیپ اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیر، آلیسین، فلاونوئید ، سلنیوم، میکوریزا.

مقدمه

در راستای حذف و یا کاهش ترکیبات شیمیایی و سنتزی در مواد غذایی، تحقیقات زیادی برای یافتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از منابع گیاهی جهت جایگزینی مواد شیمیایی انجام گرفته است (Pokorný, 2007). یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی ترکیبات گوگردی و آنتی اکسیدی خانواده آلیوم می‌باشد (Marrelli *et al.*, 2019). آلیوم‌ها مانند پیاز، سیر و موسیر به دلیل مصرف زیاد در زنجیره غذایی انسان در سطح جهان به خوبی شناخته شده هستند و علاوه بر تنوع استفاده از گیاهان این خانواده در تغذیه، ادویه‌ها و طعم دهنده‌ها، از دیرباز نیز به عنوان گیاه دارویی شناخته می‌شدند، در ایران نیز به لحاظ شرایط جغرافیایی و اقلیمی ظرفیت بالایی برای توسعه اعضای این خانواده وجود دارد. سیر (*Allium sativum* L.) یکی از گیاهان مهم و پرکاربرد این خانواده می‌باشد (Suleria *et al.*, 2015) که سطح زیر کشت آن در ایران حدود ۹۵۸۰ هکتار و عملکرد آن ۹/۶ تن در هکتار است. سیر گیاهی علفی، دائمی و بعد از پیاز دومین و پرمصرف‌ترین گیاه از جنس خانواده آلیوم است (Baghalian *et al.*, 2005) و به دلیل ویژگی‌های درمانی و دارویی همچون کاهش فشار خون، کاهش کلسترل خون، کاهش تجمع آنتی پلاکت‌ها، فعالیت‌های ضد التهابی و فعالیت ضد قارچ، ضد باکتری، ضد ویروسی، آنتی اکسیدان و ضد سرطان در سطح جهان به‌خوبی شناخته شده است (Lawrence and Lawrence, 2011). اغلب این خواص دارویی را به وجود ترکیب گوگردی به نام آلیسین که مهم‌ترین ترکیب گوگردی و آنتی باکتریالی شناخته‌شده درون گیاه سیر می‌باشد، نسبت می دهند (Wallock-Richards *et al.*, 2014).

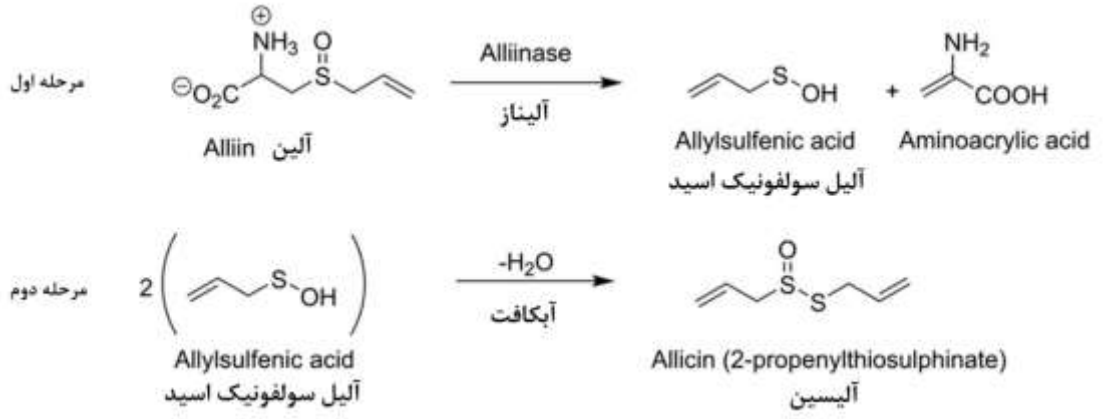
وقتی سیرچه‌ها خورد یا له می‌شوند، به سلول‌های گیاهی آن‌ها آسیب وارد می‌شود که در این زمان آنزیم آلییناز از واکوئول به درون سیتوپلاسم سلول آزاد می‌شود و با تأثیر بر آلین (S-

* نویسنده مسئول: Feizian.m@lu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

allyl-L-cysteine sulfoxide) ترکیب آلیسین (diallylthiosulfinate) را تولید می‌کند (شکل ۱). بر اساس فارماکوپه‌های معتبر، حداقل میزان آلیسین جهت تضمین کیفیت دارویی و اقتصادی سیر، ۴/۵ میلی‌گرم بر گرم توصیه شده است (Suleria *et al.*, 2015) و از سوی دیگر به ازای مصرف هر ۱۰ گرم حبه‌های پیاز سیر تقریباً ۵ میلی‌گرم آلیسین رها می‌شود (Slusarenko *et al.*, 2008). در تحقیقاتی که برخی محققین بر روی تأثیر تیمارهای سلنیومی بر محتوای ترکیبات گوگردی گیاهان پرداختند داشتند، دریافتند که کاربرد سلنیوم باعث کاهش ترکیبات گوگردی گیاهان می‌شود (Poldma *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 1998). Poldma *et al.* (2011) که تحقیق خود را به‌طور خاص بر روی گیاه سیر انجام داده بودند دلیل این تأثیر منفی را جایگزینی سلنیوم به جای گوگرد در ترکیبات گوگردی گیاه سیر عنوان کردند .



شکل ۱- ساختار شیمیایی آلیسین و تشکل آن طی دو مرحله از آلین، در مرحله اول آلین توسط آنزیم آلیناز. فرآیند هیدرولیز به آلیل سولفونیک اسید تبدیل می‌شود و در مرحله دو با از دست دادن آب، خود به خود متراکم شده و آلیسین به دست می‌آید.

سیر علاوه بر ترکیبات گوگردی حاوی مقادیر زیادی آنتی‌اکسیدان‌های قدرتمند نیز می‌باشد که از اهمیت بسیار بالای در صنایع داروسازی برخوردار است (Benkeblia, 2005). خاصیت آنتی‌اکسیدانی سیر را به ترکیبات فنلی به خصوص فلاونوئیدها موجود در آن نسبت می‌دهند (Ghasemi *et al*, 2014). که نقش مهمی در افزایش سلامتی و مقاومت بدن انسان در برابر استرس‌های اکسیداتیو[1] دارند (Pizzino *et al.*, 2017). این ترکیبات هر چند که ترکیباتی مغذی نیستند ولی تأثیر مثبتی بر حفظ سلامتی بدن دارند؛ به طوری که در یک فرد سالم باید میان تولید رادیکال آزاد و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی توازن برقرار باشد و عدم تعادل در میزان تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، تنش اکسیداتیو خوانده می‌شود (Halliwell and Gutteridge, 1990).

فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی با ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی قوی و رباینده‌های رادیکال آزاد می‌توانند به‌عنوان دهنده‌های هیدروژن، عوامل کاهنده، کلات کننده‌های فلزی و خاموش‌کننده‌های اکسیژن منفرد عمل کنند (Huyut *et al.*, 2017). عوامل مختلفی بر مقدار این ترکیبات در گیاه تأثیرگذار است، در تحقیقی دانشمندان دریافتند با محلول‌پاشی سلنیوم مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به‌ویژه فلاونوئید در آفتابگردان افزایش می‌یابد (Jessie *et al*, 2018). در مطالعه‌ی دیگر تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی اکسیدانی در گونه‌های مختلف پیاز (*Allium cepa* L.) به اثبات رسیده است (Mollavali *et al.*, 2015).

سلنیوم[2] (Se) یک ماده معدنی کم مقدار[3] می‌باشد که برای گیاهان عنصری غیرضروری محسوب می‌شود و نقش آن در گیاه به درستی مشخص نشده است اما برای انسان‌ها و حیوانات عنصر ریزمغذی ضروری شناخته شده است (White, 2016). تحقیقات نشان داده که سلنیوم باعث کاهش رشد تومور در محیط آزمایشگاهی می‌شود و باعث حفاظت بدن انسان در برابر برخی سرطان‌های خاص می‌شود و بر اساس پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی[4] (WHO) یک فرد بالغ برای حفظ سلامتی خود نیازمند دریافت روزانه ۵۰ میکروگرم سلنیوم است (Cuderman *et al.*, 2008). مصرف ناکافی سلنیوم (کمتر از ۱۱ میکروگرم در روز) منجر به مشکلات کمبود این عنصر می‌شود و همچنین مصرف زیاد از حد (۳۲۰ تا ۵۰۰ میکروگرم در روز) می‌تواند واکنش‌های

1. Oxidative Stress
2. Selenium
3. Trace mineral
4. World Health Organization

www.SID.ir

Archive of SID

سمیت را موجب شود (Reid *et al.*, 2004).

مقادیر مجاز مصرف روزانه سلنیوم برای دامنه سنی مختلف در جدول (۱) آورده شده است. کمبود سلنیوم به طور مستقیم روی سلامت انسان تأثیر گذاشته و بیش از ۴۰ نوع بیماری مرتبط با کمبود این عنصر مانند، بیماری کشان[1]، سرطان‌های بیماری های قلبی عروقی، کبدی و آب مروارید گزارش شده است (Gupta and Gupta, 2017). منبع اصلی تأمین این عنصر ضروری برای انسان و حیوانات گیاهان می‌باشند (Feng *et al.*, 2013). سیر از گیاهان فوق انباشتگر[2] سلنیوم است و در صورتی که محیط کشت این گیاه دارای سلنیوم به مقدار کافی باشد، می‌توان انتظار به دست آوردن سیر غنی شده از سلنیوم را داشت (White *et al.*, 2004). در تحقیقی دیگر مشخص شد که محلول‌پاشی گیاه سیر با سلنیوم موجب افزایش تعداد حبه‌های بزرگ و همچنین افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدان‌های سیر می‌شود و همچنین محلول سلنیوم باعث افزایش آمینواسیدهای سلنیومی در گیاه سیر می‌شود (Poldma *et al.*, 2011). در مطالعه دیگر محققان با بررسی تأثیر کاربرد همزمان هیومیک اسید و سلنیوم بر گیاه سیر دریافتند کاربرد کمترین سطح سلنیوم باعث بیشترین سطح گوگرد و آلیسین در گیاه سیر شد (Ghasemi *et al*, 2014). Golubkina *et al.* (2019) در تحقیقی به بررسی برهمکنش سلنیوم و میکوریزا در افزایش عملکرد گیاه موسیر که همانند سیر از خانواده آلیوم است، پرداختند و اظهار داشتند که با افزایش جذب سلنیوم، فعالیت و همزیستی قارچ میکوریزا بیشتر شده و با توجه به رابطه آنتاگومیسمی میان گوگرد و سلنیوم می‌توان دلیل کاهش مقدار ترکیبات گوگردی (آلیسین) در این شرایط را به جذب زیاد سلنیوم نسبت داد.

جدول ۱ – حد مجاز و بالاترین سطح قابل تحمل سلنیوم در گروه سنی متفاوت

گروه سنی	حد مجاز توصیه‌شده (میکروگرم در روز)	بالاترین سطح قابل تحمل (میکروگرم در روز)
۱-۳	۲۰	۹۰
۴-۸	۳۰	۱۵۰
۹-۱۴	۴۰	۲۸۰
> ۱۴	۵۵	۴۰۰
زنان باردار	۶۰	۴۰۰
زنان شیرده	۷۰	۴۰۰

با توجه به اینکه مقدار سلنیوم، آلیسین و ترکیبات فنلی موجود در سیر تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی همچون عوامل اکولوژی و زراعی می‌باشد، در تحقیق حاضر فرض بر این است که سلنیوم به عنوان یک پارامتر مؤثر بر روی ترکیبات گوگردی، آنتی اکسیدان و همچنین قارچ میکوریزا به عنوان یک عامل اصلاح‌کننده خاک می‌توانند تأثیرات مثبت بر آلیسین و فلاونوئید موجود در سیر داشته باشند، بنابراین در این مطالعه به بررسی اثرات سلنیوم و قارچ میکوریزا آربکسولار به عنوان دو تیمار مهم برای افزایش کیفیت و کمیت دو اکوتیپ سیر که سطح بالایی از کشت را در منطقه به خود اختصاص داده‌اند، پرداخته شده است.

مواد وروش‌ها

منطقه اجرای طرح

این تحقیق در شرایط مزرعه در استان خوزستان و در شهرستان رامهرمز با مختصات جغرافیایی زون ۳۹ (X: ۳۶۶۷۳۴۷ Y:۳۹۱۸۳۵) طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد (شکل ۲). شهرستان رامهرمز دارای میانگین ارتفاع ۱۷۹ متر از سطح دریا و دارای آب هوای مرطوب و معتدل می‌باشد. میانگین دمای سالانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد، بارش سالانه آن به مقدار ۳۴۸/۹ میلی‌متر و میزان رطوبت نسبی سالانه ۴۱/۸ درصد است. درجه حرارت آن در طی سال از ۲- درجه تا ۴۹ درجه سانتی‌گراد در نوسان است. بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری به صورت تصادفی صورت گرفت و جهت آماده‌سازی زمین کودهای ازت، فسفات و پتاسیم به ترتیب به میزان ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کود پایه استفاده شد که با توجه به نیاز زیاد گیاه سیر به گوگرد این کودها به‌صورت ترکیبات سولفاته به خاک داده شد. نتیجه تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۲) نشان داده شده است.

1. Keshan disease
2. Hyper-accumulator

www.SID.ir

Archive of SID

کاشت بذر در تاریخ ۴ مهرماه ۱۳۹۶ بافاصله ۱۵ سانتی‌متر در ردیف و فاصله ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌های کشت انجام شد. مایه تلقیح میکوریزا که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بود از ریشه‌های شبدر همزیست با قارچ گلوموس اسر تهیه شد. در هر گرم از ماده تلقیح حدود ۳۰ اسپور قارچ وجود داشت. ماده تلقیح قارچ، به میزان ۱۰ گرم در دو سانتیمتر پایین‌تر از بذر در خاک قرار گرفت. در طی فصل رشد عملیات داشت شامل تنک کردن و وجین علف‌های هرز انجام شد و با توجه به نیاز آبی گیاه و البته بارندگی‌های صورت گرفته، پنج دور آبیاری نیز صورت گرفت که جهت مدیریت آب از بندهای پلاستیکی در وسط جوی و پشته‌ها استفاده شد. جهت اعمال تیمار سلنیوم در دی‌ماه وقتی گیاه به شش برگی رسید، محلول‌پاشی به‌صورت دستی و به‌طوری که تمام گیاه مرطوب شود، به‌وسیله محلول حاصل از سلنات پتاسیم (K_2SeO_4) صورت گرفت.

شکل ۲- محل اجرای پروژه در استان خوزستان شهرستان رامهرمز

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

S mg kg-1	Zn mg kg-1	Cu mg kg-1	Mn mg kg-1	Fe mg kg-1	K mg kg-1	P mg kg-1	T.N.V ٪	pH -	N ٪	OC ٪	Clay ٪	Silt ٪	Sand ٪
۲/۱۲	۰/۹۵	۰/۷	۲/۲۳	۳/۴۵	۶۰۶/۸	۱۸/۴۳	۱۲/۲	۸/۴	۰/۲۶	۱/۲۳	۳۴/۲	۳۹/۶	۲۶/۲

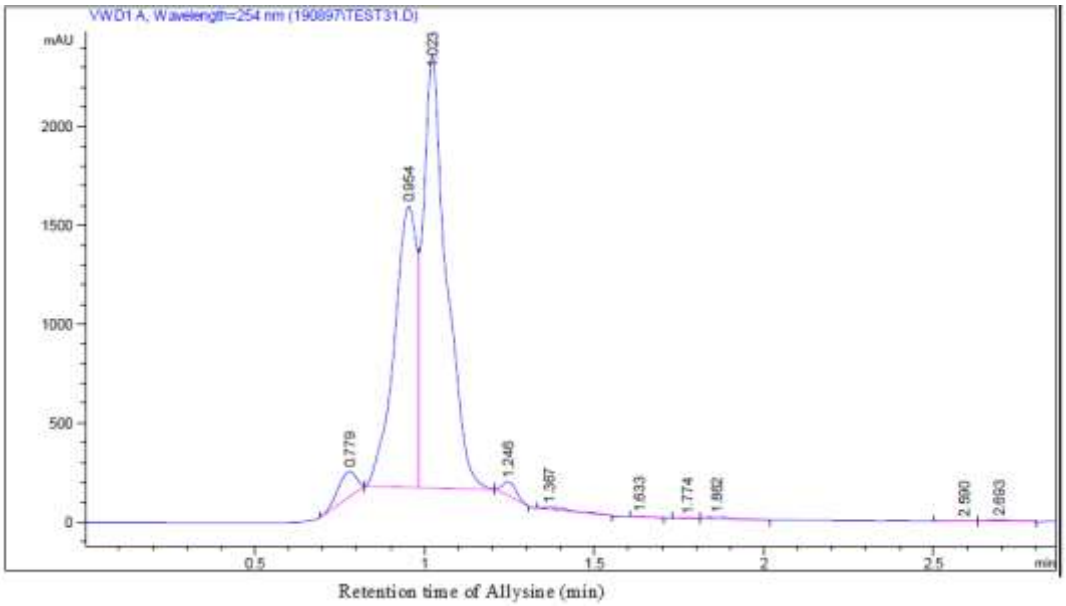
اندازه‌گیری آلیسین

ابتدا هر نمونه سیر در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک شد. سپس نمونه‌های خشک‌شده سیر با آسیاب پودر گردید. حدود نیم گرم سیر پودر شده با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط حلال (متانول: آب) عصاره گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه سونیک شد و سپس با استفاده از سانتریفیوژ، محلول رویی از رسوبات جدا شد. در پایان به دلیل غلظت بالای نمونه‌ها، همه نمونه‌ها تا شش برابر رقیق شدند و سپس ۲۵ میکرولیتر از نمونه به دستگاه تزریق شد. قبل از آنالیز نمونه‌ها، محلول استاندارد در دامنه غلظتی ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به دستگاه تزریق شد و منحنی کالیبراسیون استاندارد برای این محلول‌ها رسم شد. در پایان غلظت آلیسین در نمونه‌های سیر مجهول با استفاده از منحنی کالیبراسیون استاندارد تخمین زده شد. برای استخراج آلیسین از دستگاه HPLC مدل Agilent 1260 Infinity استفاده شد. فاز متحرک آن ترکیبی از ۵۰ درصد متانول و ۵۰ درصد آب با شدت جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه بود. قرائت دستگاه در طول موج ۲۵۴ نانومتر و در درمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با سه بار تزریق ۲۰ میکرولیتر انجام شد (Arzanlou and Bahlooli, 2010). کروماتوگرام HPLC-UV به دست آمده از یکی از تیمارها

www.SID.ir

Archive of SID

جهت اندازه‌گیری آلیسین در شکل (۳) مشاهده می‌شود.



شکل ۳- کروماتوگرام HPLC-UV از عصاره استخراجی از سیر جهت اندازه‌گیری آلیسین

اندازه‌گیری فلاونوئید

جهت اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل، ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از محلول ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول آلومینیم کلراید ۱۰ درصد در اتانول، ۰/۱ میلی‌لیتر از استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به نیم ملی لیتر از عصاره اضافه شد. به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شده و سپس در طول موج ۴۱۵ نانومتر، مقدار جذب مخلوط قرائت شد. در این آزمایش کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد و سپس میزان کل فلاونوئید بر اساس میزان معادل (میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره) ثبت شد (Braca *et al.*, 2002).

اندازه‌گیری سلنیوم

نمونه‌های سیر در سه بار تکرار با آب شسته شد و سپس با فریز درایر خشک و کاملا پودر و هموژن شدند. سپس ۰/۳ گرم از نمونه‌ها در ظرف PTFE قرار گرفت و به آن ۵ میلی‌لیتر HNO_3 اضافه شد. سپس درب تیوب را بسته و به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه بر روی حمام شن حرارت داده شد. در ادامه ۵ میلی‌لیتر از مخلوط ۱:۴ HNO_3 و $HClO_4$ به نمونه اضافه شد و حرارت دادن روی حمام شن زیر انکیباتور به مدت ۳ ساعت تا هضم کامل ادامه پیدا کرد. در نهایت میزان سلنیوم توسط دستگاه جذب اتمی مدل (Agilent technologies 200 series AA) قرائت شد (Juana *et al.*, 1994).

بررسی جذب روزانه سلنیوم

میزان جذب روزانه فلزات از چرخه غذایی تحت تأثیر پارامترهایی همچون میزان فلز موجود در غذای مصرفی، مقدار مصرف ماده غذایی دربر گیرنده فلز مورد نظر و وزن متوسط افراد جامعه مورد مطالعه بستگی دارد. لذا برآورد جذب روزانه سلنیوم[1] (EDI) در مطالعه حاضر به شرح زیر محاسبه شد:

$$EDI = \frac{C \times Cons}{Bw}$$

پارامتر C در این فرمول غلظت سلنیوم اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف سیر می‌باشد و Cons مقدار سرانه مصرف روزانه سیر می‌باشد که بر اساس آمار غیررسمی سازمان غذا و داروی ایران و بررسی میدانی محققین هم تحقیق حدوداً ۱۰ گرم در روز می‌باشد و در نهایت Bw وزن متوسط جوامع مورد مطالعه می‌باشد که به‌طور میانگین ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است (Chamannejadian *et al.*, 2013).

تحلیل آماری

این تحقیق در قالب فاکتوریل و بلوک‌های کامل تصادفی طراحی و اجرا شد و جهت بررسی آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ مورد تجزیه قرار گرفت و بررسی همبستگی با آزمون پیرسون[2] در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد صورت پذیرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۱. Estimate Daily Intake

۲. Pearson

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

میزان آلیسین موجود در سیر

همان‌گونه که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، میزان آلیسین موجود به‌طور معنی‌دار در سطح ($p < ۰/۰۱$) با میزان کاربرد کود سلنیوم دارای رابطه عکس می‌باشد و رابطه مستقیم و معنی‌دار در سطح ($p < ۰/۰۵$) با اعمال تلقیح میکوریزا دارد. دامنه تغییرات این ترکیب گوگردی بین ۲/۴۷۱ تا ۵/۳۲۴ میلی گرم بر میلی‌لیتر در اکوتیپ رامهرمز و ۱/۱۹۷ تا ۴/۸۱۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در اکوتیپ دزفول می‌باشد که میزان بیشتر در هر دو اکوتیپ متعلق به تیمار دارای تلقیح میکوریزا و فاقد سلنیوم بود (شکل‌های ۴ و ۵). مقادیر بیشینه از حد توصیه‌شده و استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۴/۵ میلی‌گرم بر گرم) بیشتر است. کمترین مقدار نیز برای هر دو اکوتیپ در تیمار فاقد تلقیح میکوریزا و با سطح سلنیوم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۳). Poldma *et al.* (2011) بیان کردند که محلول‌پاشی گیاه سیر با سلنیوم موجب کاهش غلظت گوگرد گیاه می‌شود. کاهش میزان گوگرد سیر در تیمارهای سلنیوم نشان می‌دهد که عنصر سلنیوم می‌تواند جایگزین گوگرد در متابولیسم گیاه شود (Poldma *et al.*, 2011). جایگزینی آمینواسیدهای سولفوری توسط آمینواسیدهای سلنیومی مانند سلنومتیونین و سلنوسیستئین می‌تواند واکنش‌های شیمیایی را مختل کند (Spallholz and Hoffman, 2002). گیاهانی که مقاومت بالایی نسبت به تجمع سلنیوم دارند، می‌توانند سلنیوم را در ترکیب آمینواسیدها غیرپروتئینی وارد کنند (Whanger, 2002). طبق اظهار Hlusek *et al.* (2002) سیر بالاترین نیاز به گوگرد را در بین گیاهان پیازی دارد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که کاهش میزان گوگرد گیاه بر اثر افزایش سلنیوم می‌تواند اثر منفی بر رشد گیاه و ترکیبات مؤثر گوگردی سیر مانند آلیسین داشته باشد. هرچند به نظر می‌رسد این اثر منفی در غلظت‌های بیش از اندازه سلنیوم و به دلیل اختلال در کار آمینواسیدهای گوگرددار (سیستئین و متیونین) حاصل شود. با این وجود محققان هیچ اثر منفی در اندازه سیرهای محلول‌پاشی شده با سلنیوم گزارش نکردند (Poldma *et al.*, 2011).

میزان فلاونوئید موجود در سیر

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۳) مشخص شد دامنه تغییرات میزان فلاونوئید در اکوتیپ‌های مختلف متفاوت است. در اکوتیپ رامهرمز حداقل و حداکثر فلاونوئید به ترتیب ۲۱/۷۱۳ و ۲۶/۸۵۰ و در اکوتیپ دزفول به ترتیب ۲۰/۳۸۴ و ۲۷/۶۱۸ میلی گرم در گرم است. البته این تغییرات مقادیر بر اساس عامل اکوتیپ معنی‌دار نیست. در هر دو اکوتیپ کمترین مقدار فلاونوئید در تیمار سلنیوم صفر میلی‌گرم در لیتر و فاقد میکوریزا (شاهد) اتفاق افتاد و بیشترین میزان فلاونوئید در تیمار دارای میکوریزا و سلنیوم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل‌های ۴ و ۵). این نتایج با تحقیق Conversa *et al.* (2019) که به بررسی تأثیر اسپری سلنیوم و همزیستی میکوریزا بر مقدار سلنیوم و آنتی-اکسیدان‌های موجود در مارچوبه سبز (*Asparagus officinalis* L.) پرداختند، شباهت دارد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر عوامل مدیریت زراعی بر فلاونوئید موجود پیاز است؛ به طوری که میزان کاربرد کود سلنیوم به طور معنی‌دار و در سطح ($p < ۰/۰۵$) درصد بر میزان ترکیبات فلاونوئیدی رابطه مستقیم دارد. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق صورت گرفته دیگر که تأثیر کود سلنیوم و مواد هیومیک اسید را بر فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های موجود در سیر مورد بررسی قرار دادند، نیز شباهت دارد (Ghasemi *et al*, 2014). در تحقیق دیگری Golubkina *et al.* (2019) در بررسی تأثیر سلنیوم بیوفورتیزه[1] و تلقیح میکروارگانیسم‌های مفید بر عملکرد، کیفیت و خاصیت آنتی اکسیدانی پیاز موسیر پی بردند که سلنیوم تأثیر بر افزایش فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه دارد. میزان فلاونوئید موجود در سیر با همزیستی میکوریزا به‌طور معنی‌دار در سطح یک درصد (۰۱/ $p <$۰) رابطه مستقیم دارد (جدول ۴). مطالعات مختلف نیز نشان می‌دهد که در نتیجه همزیستی میکوریزا، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی افزایش می‌یابد که البته این مقدار افزایش بستگی به نوع همزیستی، قارچ و گیاه میزبان می‌تواند متفاوت باشد (Evelin *et al.*, 2009). Zhan *et al.* (2018) گزارش کردند که همزیستی قارچ میکوریزا آربکسولار با گیاه ذرت باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه و در نتیجه مقاومت آن به آلودگی عناصر سنگین شده است. همچنین همزیستی میکوریزا آربکسولار باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در گیاه آویشن باغی شد که دلیل این امر، افزایش تجمع ترکیبات فنلی (فنل‌های کل و فلاونوئیدها) همراه با تحریک فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گایاکول پراکسیداز عنوان شده است (Zayova *et al.*, 2018).

میزان سلنیوم موجود در سیر

با توجه به اهمیت سلنیوم در چرخه غذایی و تأثیر آن در سلامتی انسان به بررسی تغییرات آن در سیر و عوامل تأثیرگذار بر آن پرداخته و مشخص شد که در اکوتیپ رامهرمز حداقل و حداکثر

۱. Bio fortification

www.SID.ir

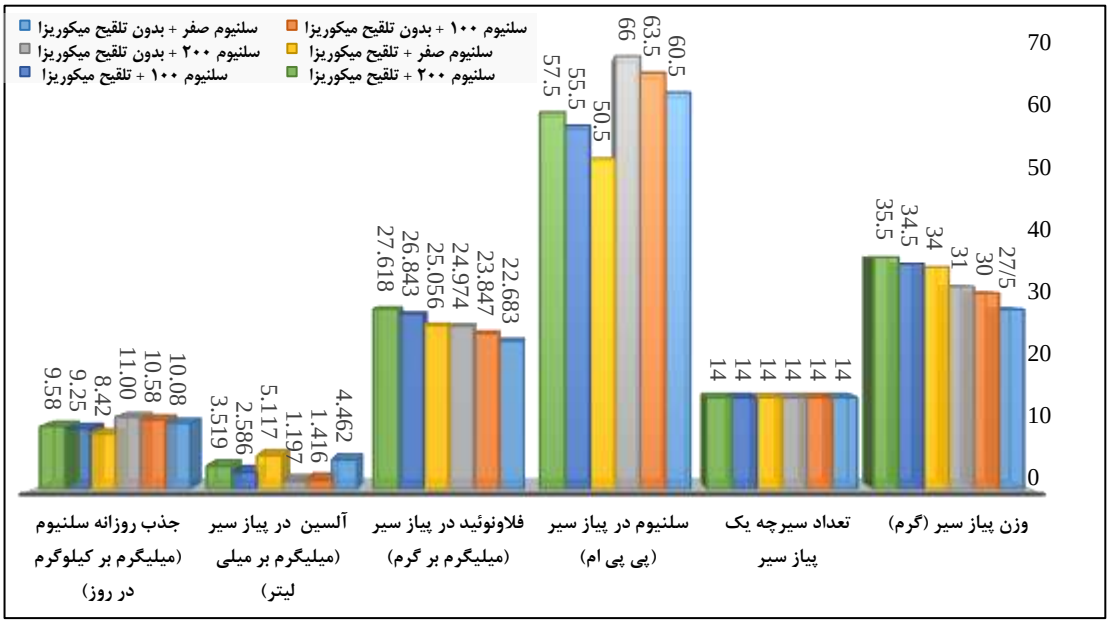
Archive of SID

سلنیوم به ترتیب ۴۸/۵ و ۶۶/۵ و در اکوتیپ دزفول به ترتیب ۵۰/۵ و ۶۶ میکروگرم بر گرم است (جدول ۳). White (2016) تجمع سلنیوم در گیاهان را بررسی کرد و تائید نمود در اکوتیپ-های مختلف مقادیر انباشت می‌تواند متفاوت باشد. همچنین مطابق جدول (۴) کاربرد کود سلنیوم به طور معنی‌دار و در سطح یک درصد ($p < ۰/۰۱$) بر میزان سلنیوم موجود در سیر تأثیر مستقیم دارد و میکوریزا به‌طور معنی‌دار در سطح پنج درصد ($p < ۰/۰۵$) رابطه عکس با آن دارد. با توجه به کاربرد خاکی کودهای پایه به صورت سولفاته، میکوریزا در کلات نمودن و انتقال ترکیبات گوگردی به گیاه مؤثر است. اما نکته مهم که در بسیاری از مطالعات در نظر گرفته نمی‌شود، ضریب جذب روزانه عناصر در بدن انسان است که به اشتباه غلظت عناصر موجود در مواد غذایی را به عنوان میزان جذب در نظر می‌گیرند.

در این تحقیق در کنار میزان عناصر در تیمارهای مختلف، میزان جذب روزانه نیز اندازه‌گیری شد و در اکوتیپ رامهرمز و دزفول دامنه این تغییرات به ترتیب ۱۱/۰۸-۸/۰۸ و ۸/۴۲-۱۱ میکروگرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۳). در حالی که بالاترین غلظت سلنیوم در پیاز سیر و به دنبال آن میزان جذب روزانه در هر دو اکوتیپ در تیمار بدون میکوریزا و سلنیوم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل‌های ۴ و ۵). همچنین با در نظرگرفتن جذب روزانه و مطابقت حد مجاز توصیه‌شده (میکروگرم در روز) برای رده‌های مختلف سنی (جدول ۱) مشاهده می‌شود که در تمام تیمارها با مصرف روزانه ۱۰ گرم، هیچ مشکلی برای تمام رده‌های سنی به وجود نمی‌آید و حد مجاز توصیه‌شده رعایت شده است. بررسی مقادیر جذب روزانه سلنیوم در تیمارهای مختلف نشان داد (جدول ۳) که تنها یک تیمار است که با مصرف ۱۰ گرم (سرانه مصرف روزانه سیر در ایران) از آن، حداقل سلنیوم توصیه شده برای جذب روزانه تأمین می‌شود (۱۱ میکروگرم در روز) و برای کفایت در جذب سلنیوم در تیمارهای دیگر حتماً در کنار مصرف سیر باید مکمل‌های غذایی حاوی سلنیوم نیز استفاده شود.

بررسی عملکرد گیاه سیر

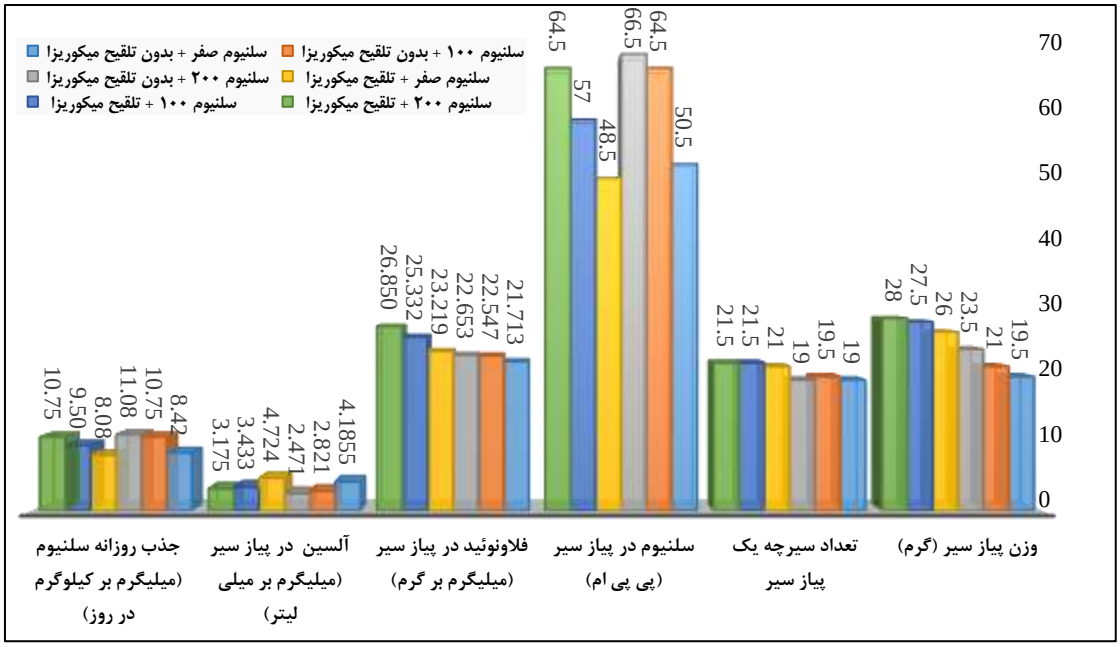
با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۴) مشخص شد که وزن پیاز سیر، تعداد سیرچه‌ها (به جز اکوتیپ دزفول) و متوسط وزن سیرچه‌ها تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده تغییر می‌کنند؛ به طوری که وزن پیاز سیر همبستگی مستقیم و معنی‌دار در سطح پنج ($p < ۰/۰۵$) با تلقیح میکوریزا دارد. مطالعات بسیاری بر تأثیر مثبت همزیستی میکوریزا در افزایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گیاهان گزارش شده است (Zayova, *et al*., 2018, Zhan, *et al*., 2018, Varma, *et al*., 2012, and Evelin, *et al*., 2009). اعمال تیمار کود سلنیوم همبستگی مستقیم با وزن پیاز سیر، تعداد سیرچه و وزن متوسط یک سیرچه داشت اما این ارتباط در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار نشد. نقش اکوتیپ در افزایش وزن پیاز سیر و همبستگی آن با این پارامتر در سطح یک درصد ($p < ۰/۰۱$) معنی‌دار شد که دلیل آن نیز اختلاف وزن ژنتیکی بیشتر اکوتیپ دزفول نسبت به اکوتیپ رامهرمز می‌باشد. نکته‌ای که در خصوص اکوتیپ دزفول باید اشاره شود، عدم تغییر تعداد سیرچه‌ها در تیمارهای مختلف است که با توجه به بررسی وزن متوسط سیرچه‌ها، تاثیر تیمارها در این اکوتیپ نیز مشخص شد و دامنه تغییرات وزن متوسط سیرچه‌ها بین ۲/۱۴ تا ۲/۵۴ گرم بدست آمد (جدول ۳).



شکل ۴ - نمودار میانگین متغیرها بر اساس تیمارهای سلنیوم و میکوریزا در اکوتیپ دزفول

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ - نمودار میانگین متغیرها بر اساس تیمارهای سلنیوم و میکوریزا در اکوتیپ رامهرمز

جدول ۳- میانگین مقادیر برخی خصوصیات اندازه‌گیری‌شده سیر تحت تیمار سلنیوم و میکوریزا در دو اکوتیپ رامهرمز و دزفول

اکوتیپ	تیمار	آلیسین در پیاز سیر (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	فلاونوئید در سیر (میلی گرم بر گرم)	سلنیوم در سیر (میکروگرم بر گرم)	جذب روزانه سلنیوم (میکروگرم بر روز کیلوگرم)	وزن پیاز سیر (گرم)	وزن سیرچه (گرم)	تعداد سیرچه‌ها در یک پیاز
رامهرمز	سلنیوم صفر میکوریزا صفر	۴/۱۹^{B}	۲۱/۷۱^{E}	۵۰/۵^{D}	۸/۴۲^{D}	۱۹/۵^{F}	۱/۰۳^{D}	۱۹/۰^{D}
	سلنیوم ۱۰۰ میکوریزا صفر	۲/۸۲^{E}	۲۲/۵۴^{DE}	۶۴/۵^{B}	۱۰/۷۵^{B}	۲۱/۰^{E}	۱/۰۸^{C}	۱۹/۵^{C}
	سلنیوم ۲۰۰ میکوریزا صفر	۲/۴۷^{F}	۲۲/۶۵^{D}	۶۶/۵^{A}	۱۱/۰۸^{A}	۲۳/۵^{D}	۱/۲۴^{B}	۱۹/۰^{D}
	سلنیوم صفر تلقیح میکوریزا	۴/۷۲^{A}	۲۳/۲۲^{C}	۴۸/۵^{E}	۸/۰۸^{E}	۲۶/۰^{C}	۱/۲۴^{B}	۲۱/۰^{B}
	سلنیوم ۱۰۰ تلقیح میکوریزا	۳/۴۳^{C}	۲۵/۳۳^{B}	۵۷/۰^{C}	۹/۵۰^{C}	۲۷/۰^{B}	۱/۲۸^{AB}	۲۱/۵^{A}
	سلنیوم ۲۰۰ تلقیح میکوریزا	۳/۱۸^{D}	۲۶/۸۵^{A}	۶۴/۵^{B}	۱۰/۷۵^{B}	۲۸/۰^{A}	۱/۳۰^{A}	۲۱/۵^{A}
دزفول	سلنیوم صفر میکوریزا صفر	۴/۴۶^{B}	۲۲/۶۸^{F}	۶۰/۵^{C}	۱۰/۰۸^{C}	۳۲/۰^{C}	۲/۲۹^{C}	۱۴/۰^{A}
	سلنیوم ۱۰۰ میکوریزا صفر	۱/۴۲^{EF}	۲۳/۸۵^{E}	۶۳/۵^{B}	۱۰/۵۸^{B}	۳۰/۲^{D}	۲/۱۴^{E}	۱۴/۰^{A}
	سلنیوم ۲۰۰ میکوریزا صفر	۱/۲۰^{F}	۲۴/۹۷^{D}	۶۶/۰^{A}	۱۱/۰۰^{A}	۳۱/۸^{CD}	۲/۲۱^{D}	۱۴/۰^{A}
	سلنیوم صفر تلقیح میکوریزا	۵/۱۸^{A}	۲۵/۰۶^{C}	۵۰/۵^{F}	۸/۴۲^{F}	۳۴/۱^{BC}	۲/۴۳^{BC}	۱۴/۰^{A}
	سلنیوم ۱۰۰ تلقیح میکوریزا	۲/۵۹^{D}	۲۶/۸۴^{B}	۵۵/۵^{E}	۹/۲۵^{E}	۳۴/۵^{B}	۲/۴۶^{B}	۱۴/۰^{A}
	سلنیوم ۲۰۰ تلقیح میکوریزا	۳/۵۲^{C}	۲۷/۶۹^{A}	۵۷/۵^{D}	۹/۵۸^{D}	۳۵/۵^{A}	۲/۵۴^{A}	۱۴/۰^{A}

جدول ۴- نتایج تحلیل ضریب همبستگی اسپیرمن میان تیمارهای اعمال‌شده با خصوصیات اندازه‌گیری‌شده گیاه سیر

تیمار	آلیسین در سیر (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	فلاونوئید در سیر (میلی‌گرم بر گرم)	سلنیوم در سیر (میکروگرم بر گرم)	وزن پیاز سیر (گرم)	تعداد سیرچه‌ها	میانگین وزن سیرچه (گرم)	جذب روزانه سلنیوم (میکروگرم بر کیلوگرم در روز)
میکوریزا	۰/۴۲۱*	۰/۷۳۰**	-۰/۵۰۱*	۰/۵۴۷**	۰/۱۶۸^{ns}	۰/۲۳۰^{ns}	-۰/۵۰۱*
سلنیوم	-۰/۶۹۸**	۰/۵۱۱*	۰/۷۱۹**	۰/۲۲۳^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۱۱۲^{ns}	۰/۷۱۹**
اکوتیپ	-۰/۱۷۶^{ns}	۰/۳۸۵	۰/۰۲۶^{ns}	۰/۷۷۹**	۰/۹۶۷**	۰/۹۵۵**	۰/۰۲۶^{ns}

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات آلیسین، فلاونوئید و جذب روزانه سلنیوم در گیاه سیر تحت تأثیر تیمارهای کود سلنیومی و تلقیح میکوریزا انجام شد. نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که جذب روزانه سلنیوم، ترکیبات گوگردی آلیسین و فلاونوئید به عنوان ترکیبات مهم که در سلامتی انسان نقش دارند، تحت تأثیر عوامل زراعی هستند؛ به‌گونه‌ای که همزیستی میکوریزا و کاربرد کودهای سلنیومی باعث افزایش جذب روزانه سلنیوم، فلاونویئد و عملکرد در دو اکوتیپ مورد مطالعه سیر شد و از طرف دیگر اختلاف میان مقادیر این ترکیبات در دو اکوتیپ نشان‌دهنده تأثیر عوامل اکولوژیک نیز می‌باشد. از همبستگی منفی (عکس) کاربرد کود سلنیوم با آلیسین می‌توان نتیجه گرفت که داشتن سیر رامهرمز و دزفول با شرایط ایده‌آل (محصولی غنی از سلنیوم با جذب روزانه بالا (بیشتر از ۱۱ میکروگرم در روز)، آلیسین در حد استاندارد (۴/۵ میلی‌گرم بر گرم) و فلاونوئید زیاد) امکان‌پذیر نیست و اگر هدف تولید سیر غنی‌شده از سلنیوم و فلاونوئید باشد، کاهش برخی از ارزش‌های غذایی مانند آلیسین اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی، اگر سیر غنی از آلیسین هدف تولید باشد و غنی‌سازی سلنیوم هدف تولید نباشد، با کاهش هزینه‌های زراعی در اکوتیپ‌های مورد تحقیق می‌توان محصولی را به دست آورد که دارای غلظت بالای ترکیبات آلیسین باشد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت در صورتی‌که هدف تولید، سیری با غلظت بالای یک از ترکیبات سلنیوم، فلاونوئید و آلیسین باشد، کاهش برخی از ارزش‌های غذایی و تغییر نوع اکوتیپ اجتناب‌ناپذیر می‌باشد و باید مدیریت زراعی و انتخاب اکوتیپ‌ها را بر اساس هدف تولید، تعریف و برنامه‌ریزی‌کرد.

سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه دکترا می‌باشد که در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان انجام گرفته است. بدین وسیله از حمایت‌های به‌عمل آماده گروه علوم خاک و همکاری مسئولین محترم آزمایشگاه مرکزی این دانشگاه تشکر می‌شود.

REFERENCES

Arzanlou, M., Bohlooli, S. (2010). Introducing of green garlic plant as a new source of allicin. *Food Chemistry*, 6, 12–15.

Baghalian, K., Ziaei, S. A., Naghavi, M.R., Naghdiabadi, H., and khalighi, A. (2005). Evalution of allicin contant and botanical traits in Iranian garlic (Allium sativum L.) echotypes. *Sci. hort*,103, 155-166.

Benkeblia, N. (2005). Free-radical scavenging capacity and antioxidant properties of some selected onions (Allium cepa L.) and garlic (Allium sativum L.) extracts. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 753–759.

Braca, A., Sortino, C. Politi, M. Morelli I. and Mendez, J. (2002) Antioxidant activity of flavonoids from Licania licaniaeflora. *Journal of Ethnopharmacology*, 79, 379-381.

Chamannejadian, A., Sayyad, G., Moezzi, A., and Jahangiri, A. (2013). Evaluation of estimated daily intake (EDI) of cadmium and lead for rice (Oryza sativa L.) in calcareous soils. Iranian J. Environ. Health Sci. Eng, 10 (28), 1-5.

Conversa, G., Lazzizera, C., Chiaravalle A. E., Miedico, O., Bonasia, A., La Rotonda, P., Elia, Antonio. (2019). Selenium fern application and arbuscular mycorrhizal fungi soil inoculation enhance Se content and antioxidant properties of green asparagus (Asparagus officinalis L.) spears, Scientia Horticulturae, 252, 176-191.

Cuderman, P., Kreft, I., Germ, M., Kovacevic, M. and Stibilj, V. (2008). Selenium species in selenium-enriched and drought-exposed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9114-9120.

Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review. *Annals of Botany*,104. 1263–1280.

Feng, R., Wei, C. and Tu, S. (2013). The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, 87, 58-68.

Ghasemi, K., Bolandnazara, S., Tabatabaeia, S.J., Pirdashtib, H., Arzanlouc, M., Ebrahimzadehd, M. A., and Fathid, H. (2014). Antioxidant properties of garlic as affected by selenium and humic acid treatments. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(3), 173–181. http://dx.doi.org/10.1080/01140671.2014.991743

Golubkina, N. A., Nadezhkin, S.M., Agafonov, A.F., Kosheleva, O.V., Molchanova, A.V., Russo, G., Cuciniello, A., Caruso, G. (2019). Seed oil content, fatty acids composition and antioxidant properties as affected by genotype in *Allium cepa* L. and perennial onion species. *Adv. Hort. Sci*, 29, 199–206.

Gupta, M., and Gupta, S. (2017). An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-14. doi: 10.3389/fpls.2016.02074

Halliwell, B., and Gutteridge, J. M. (1990). The antioxidants of human extracellular fluids. *Arch Biochem Biophys*, 280(1), 1-8.

Hlusek, J., Richter, R. and Rigerova, L. (2002). Sulphur in the nutrition and fertilization of vegetables. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 11, 1383-1390.

Huyut, Z., Beydemir, ¸S., Gülçin, I. (2017). Antioxidant and Antiradical Properties of Selected Flavonoids

www.SID.ir

Archive of SID

and Phenolic Compounds. *Biochem. Res. Int.*, 2017, 1-10. https://doi.org/10.1155/2017/7616791

Jessie Rebecca, A., Surendra Babu, P., Chandini Patnaik, M. (2018). Effect of Sulphur and Selenium on Yield, Selenium Content and Antioxidant Properties in Sunflower (Helianthus annuus L.), Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci., 7(04): 283-289.

Juana, P., Miguel, N., Herminia, L. & Maria, C. L. (1994). Determination of Selenium Levels in vegetables and Fruits by Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 42 (12), 2848–2851.

Lawrence, R., and Lawrence, K. (2011). Antioxidant activity of garlic essential oil (Allium sativum) grown in north Indian plains. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1, 51–54.

Liu, C., Cooper, R.J., Bowman, D.C., (1998). Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of creeping bentgrass, *Hortscience*, 33, 1023–1025.

Marrelli, M., Amodeo, V., Statti, G., & Conforti, F. (2019). Biological properties and bioactive components of Allium cepa L.: Focus on potential benefits in the treatment of obesity and related comorbidities. *Molecules*, *24*(1), 119.

Mollavali, M., Bolandnazar, S., Nazemieh, H., Zare, F., Aliasgharzad, N. (2015). The effect of mycorrhizal fungi on antioxidant activity of various cultivars of onion (Allium cepa L), Int J Biosci, 6:66–79.

Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M.P., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., and Bitto, A. (2017). Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxid. Med. Cell. Longev*, 2017, 1–13. https://doi.org/10.1155/2017/8416763

Pokorný, J. (2007). Are natural antioxidants better – and safer – than synthetic antioxidants? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(8), 883-883.

Poldma, P., Tonutare, T., Viitak, A., Luik, A. and Moor, U. (2011). Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size and antioxidant properties of garlic (Allium sativum). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 5498-5503.

Reid, M. E., Stratton, M. S., Lillico, A. J., Fakih, M., Natarajan, R., Clark, L. C. and Marshal, J. R. (2004). A report of high-dose selenium supplementation: response and toxicities. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18, 69-74.

Slusarenko, A. J., Patel, A., & Portz, D. (2008). Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study. In *Sustainable disease management in a European context* (pp. 313-322). Springer, Dordrecht.

Spallholz, J. E. and Hoffman, D. J. 2002. Selenium toxicity: cause and effects in aquatic birds. *Aquatic Toxicology*, 57: 27-37.

Suleria, H. A. R., Butt, M. S., Khalid, N., Sultan, S., Raza, A., Aleem, Abbas, M., and Abbas M. (2015). Garlic (Allium sativum): diet based therapy of 21st century-a review. *Asian Pacific journal of tropical disease*, 5(4), 271-278.

Varma, A., Bakshi, M., Lou, B., Hartmann, A. and Oelmueller, R. (2012). Piriformospora indica: A novel plant growth-promoting mycorrhizal fungus. *Agric. Res*., 1, 117-131

Wallock-Richards, D., Doherty, C. J., Doherty, L., Clarke, D. J., Place, M., Govan, J. R. W.,and Campopiano, D. J. (2014). Garlic Revisited: Antimicrobial Activity of Allicin-Containing Garlic Extracts against Burkholderia cepacia Complex. *PLOS ONE*, 9(12), 1-13. doi:10.1371/journal.pone.0112726.

Whanger, P. D. (2002). Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *Journal of the American Collage and Nutrition*, 21, 223-232.

White, P. J. (2016). Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany*, 117(2), 217–235. doi:10.1093/aob/mcv180,

White, P. J., Bowen, H. C., Parmaguru, P., Fritz, M., Spracklen, W. P., Spidy, R. E., Meachamn, M. C., Mead, A., Harriman, M., Trueman, L. J., Smith, B. M., Thomas, B. and Broadley, M. R. (2004). Interactions between selenium and sulphur nutrition in Astragalus thaliana. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1927-1937.

Zayova, E., Stancheva, I., Geneva, M., Hristozkova, M., Dimitrova, L., Petrova, M., Sichanova, M., Salamon, I., Mudroncekova, S. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance antioxidant capacity of in vitro propagated garden thyme (Thymus vulgaris L.). *Symbiosis*, 74(3), 177–187.

Zhan, F., Li, B., Jiang, M., Yue, X., He, Y., Xia, Y. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance antioxidant defense in the leaves and the retention of heavy metals in the roots of maize. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(24), 24338- 24347.

www.SID.ir