Effect of Nano Chelated Iron and Zinc Fertilizers on the Glycyrrhizin Content in Licorice Root (*Glycyrrhiza glabra* L.)

Pages 75-86

M. Vahidi [1], Be. Mohammad Parast [2*] and M. Rasouli [3]

1) Master's degree student, Department of Biology, Faculty of Science, Malair University, Malair, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Malayer University, Malair, Iran.
3) Associate Professor, Department of Horticultural Science Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

*Corresponding author**: bmp2013@yahoo.com**

Received date: 2023.09.12 **Accepted date: 2023.12.20**

Abstract

Licorice root contains an organic compound called glycyrrhizin, which is widely used as a sweetener in the food industry, and has numerous medicinal applications. The aim of this research is to investigate the effect of nano chelated iron and zinc fertilizers on the glycyrrhizin content in the root of licorice. The glycyrrhizin content in the root and leaves of different varieties of licorice was determined using HPLC (High-Performance Liquid Chromatography). The results of glycyrrhizin measurement indicated that nano fertilizers significantly affected the glycyrrhizin content ($P<0.05$). The chromatograms obtained from HPLC showed that, except for the treatments with 8000 mg/L of iron and zinc, other treatments significantly increased the glycyrrhizin content compared to the control sample. According to the results, the highest glycyrrhizin content (4.65 mg/g) was obtained with the treatment of 3000 mg/L iron. The concentrations of 1000 and 5000 mg/L of iron and zinc also increased the glycyrrhizin content compared to the control. The lowest glycyrrhizin content was observed in the treatment with 8000 mg/L of zinc and iron, with an average amount of 3.08 mg/g.

Keywords: Licorice, Glycyrrhizin, Iron and zinc chelate nano-fertilizer and HPLC.

اثر نانو کود کلات آهن و روی بر گلیسیریزین موجود در ریشه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)

شماره صفحات
۸۶-۷۵

مریم وحیدی [۱]، بهروز محمد پرست [۲*] و موسی رسولی [۳]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زیست شناسی دانشکده علوم دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۲) استادیار گروه زیست شناسی دانشکده علوم دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۳) دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

* نویسنده مسئول: **bmp2013@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹

چکیده

ریشهٔ شیرین بیان دارای یک ترکیب آلی به نام گلیسیریزین است و به عنوان شیرین‌کننده در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارد و استفاده های دارویی زیادی نیز از آن به عمل می آید. هدف از این پژوهش، اثر نانو کود کلات آهن و روی بر مقدار گلیسیریزین موجود در ریشه شیرین بیان می باشد. مقدار گلیسیریزین ریشه و برگ واریته های شیرین بیان بوسیله دستگاه HPLC تعیین گردید. نتایج اندازه گیری گلیسیریزین نشان داد که نانو کودها روی مقدار گلیسریزین تاثیر معنی داری ($P<0.05$) گذاشته اند. کروماتوگرام های حاصل از HPLC نشان داد بجز تیمارهای آهن و روی ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر، در سایر تیمارها افزایش مقدار گلیسریزین نسبت به نمونه شاهد معنی‌داری بود. بر طبق نتایج به‌دست آمده بیشترین مقدار گلیسریزین (۴/۶۵mg/g) در تیمار آهن ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد. مقادیر ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر آهن و روی نیز در مقایسه با شاهد باعث افزایش مقدار گلیسریزین شده‌اند. کمترین مقدار گلیسریزین در تیمار روی و آهن ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر با مقدار میانگین ۳/۰۸ mg/g مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: شیرین بیان، گلیسیریزین، نانو کود کلات آهن و روی و HPLC.

مقدمه

قرن هاست که فرآورده های طبیعی به عنوان دارو مصرف شده و منشأ اولیه حدود نیمی از داروها نیز مواد طبیعی هستند (Azarm & Nadali, 1991). در کشور های در حال توسعه که طب سنتی نقش مهمی در حفظ سلامت مردم دارد گیاه ن منبع عمده تأمین داروها می باشند (Samsam Shariat, 2003). گزارش شده است که بسیاری از گونه های گیاهی به دلیل وجود چندین جزء فعال زیستی مانند گلیکوزیدها، ساپونین ها، فلاونوئیدها، استروئیدها، تانن ها، آلکالوئیدها و ترپن ها فعالیت دارویی دارند (Beshbishy *et al*., 2019; Batiha *et al*., 2019 a; Batiha *et al*., 2019 b). تا به امروز، گیاهان دارویی به عنوان منبع مهمی برای کشف مولکول های دارویی جدید که می توانند برای درمان بیماری های جدی مورد استفاده قرار گیرند، ثبت شده اند (Beshbishy *et al*., 2019; Batiha *et al*., 2020). شیرین بیان با نام علمی.L *Glycyrrhiza glabra* گیاهی است چندساله و از خانواده بقولاتFabaceae می باشد. معمولاً به عنوان شیرین بیان، چوب شیرین یا مولایتی شناخته می شود که بومی اوراسیا، شمال آفریقا و غرب آسیا است (Shah *et al*., 2018). جنس شیرین بیان در دنیا دارای ۲۰ گونه و در ایران دارای ۳ گونه است (Karimi 2002). بسیاری از گونه های شیرین بیان شناسایی شده اند که مهم ترین آنها گونه *گلابرا*[۱]، می باشد (Akhundzadeh 2000) ریزوم ها و ریشه ها مهمترین بخش های دارویی شیرین بیان هستند و سابقه مصرف دارویی آن به چند هزار سال قبل برمی گردد (Rasouli, 2001; Sawant *et al*., 2016) با توجه به اطلاعات موجود نخستین منابعی که به صورت مدون اشاراتی به خواص طبی این گیاه نموده اند کتب چینی می باشد. همچنین یونانیان درقرن های ۳ و ۴ قبل از میلاد بر خواص درمانی شیرین بیان واقف بوده اند. از شناخته شده ترین خواص درمانی شیرین بیان مصرف آن در درمان زخم معده است (Evans *et al*., 2002). گزارش شده است ریشه شیرین بیان به تنهایی یا همراه با گیاهان دیگر برای درمان بسیاری از اختلالات دستگاه گوارش (مانند زخم معده، هیپردیپسی، نفخ و قولنج)، اختلالات دستگاه تنفسی، مانند سرفه، آسم، ورم لوزه و گلودرد، صرع، تب، ناتوانی جنسی، فلج، روماتیسم، لوکوره، پسوریازیس، سرطان پروستات، مالاریا، بیماری های هموراژیک و زردی استفاده می شود (Sawant *et al*., 2016). از خواص دیگر می توان به مواردی نظیر ضدتب، ضدالتهاب (Divsalar & Sravany 2003) درمان گاستریت مزمن، نارسایی غدد فوق کلیوی (Tajbakhsh & Sattari, 1972) دیابت، ضد ویروس، ضد باکتری و محرک سیستم ایمنی اشاره نمود. علاوه بر این، می توان از آن به عنوان طعم دهنده غذا و نوشیدنی استفاده کرد و به محصولات تنباکوی طعم دهنده اضافه کرد (Sawant *et al*., 2016). آنچه ارزش درمانی این گیاه را بالا برده است تنوع مواد شیمیایی موجود در ریشه آن و نادر بودن مواد سنتزی جایگزین می باشد. مواد مؤثره شیرین بیان بیشتر جزء دسته ساپونین گلیکوزیدها می باشد. گلیسیریزین از مواد اصلی شیرین بیان است و استفاده از آن مخصوصا ریشه شیرین بیان که این ماده در

[۱] Glabra

آن یافت می شود بین مردم رو به افزایش می باشد (Samsam Shariat, 2003). اسید گلیسریزیک است ۵۰ بار از شکر شیرین تر می باشد و مقدار آن با توجه به شرایط محیطی و واریته ی گیاه بین ۵ تا ۲۰ درصد وزن تر می باشد (Wang, 1995). از هیدرولیز اسید گلیسریزیک دو مولکول اسید گلوکورونیک و یک مولکول اسید گلیسرتیک به دست می آید. گلیسریزین نمک های پتاسیم، کلسیم و منیزیم اسید گلیسریزیک می باشد. گلیسریزین یک ساپونین تری ترپنوئیدی پنج حلقه ای است (Omidbaigi, 2005). نانوتکنولوژی انقلابی واقعی در کشاورزی ایجاد کرده است. استفاده از نانو کودها در دهه اخیر منجر به افزایش بهره وری، کاهش هزینه های تولید و همچنین افزایش پایداری تولید به دلیل کاهش تنش های زیستی و غیرزیستی شده است (Kashyap *et al*., 2016, 2017). حلالیت بیشتر نسبت به سایر کودهای غیر نانویی مشابه از ویژگی های مهم این کودها است (Ahmadian *et al*., 2021). امروزه انواع مختلفی از ترکیبات آهن مانند سولفات آهن و اکسید آهن به طور معمول در سراسر جهان استفاده می شود (Fakharzadeh *et al*., 2020). صورت هایی از آهن که می تواند توسط ریشه گیاهان جذب شود یونها یا نمک های آلی کمپلکس و کلاته ها می باشد (Hossein Abadi *et al*., 2011). در بین این ترکیبات، کلات های آهن سرعت جذب بالاتری را نشان داده اند (Fakharzadeh *et al*., 2020). نانو کود کلاته آهن بر خلاف سایر کودهای کلات آهن فاقد هورمونهای مصنوعی می باشد (Rasouli *et al*., 2013). استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارآیی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می شود (Naderi & Danesh Shahraki, 2011). کودهای نانوکپسوله با استفاده از نانوذرات می تواند باعث کنترل یا تاخیر در جذب ریزمغذیهای موجود در گیاه شده و ضمن جذب راحت تر، تاثیرپذیری بیشتری بر میزان تولید می گذارد (Rasouli *et al*., 2013). مزایای استفاده از نانو کود کلات آهن عبارتند از : افزایش متابولیسم گیاهان و جذب بیشتر و موثرتر عناصر و کودهای اصلی و همچنین رساندن هدفمند عناصر ریز مغذی به بافتهای مشخص گیاهان می باشد. امروزه با استفاده از فناوری نانو و نانو کودهای کلات آهن و سایر عناصر پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاهان فرصت های جدیدی را به منظور افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش متابولیتهای ثانویه موجود در گیاهان می توان گشود (Chinnamuthu & Murugesa, 2009). در چندین مطالعه، تأثیر مثبت استفاده از نانو کود آهن کلات بر کیفیت و کمیت محصول نشان داده شده است (Fakharzadeh *et al*., 2020). ترکیبات ثانویه موجود در شیرین بیان القاپذیر است. به این معنا که میتوان با استفاده از محرک های زیستی و غیر زیستی شرایط تنشی بر گیاه تحمیل کرد تا گیاه در پاسخ به تنش و در مقام دفاع به تولید هر چه بیشتر این ترکیبات مبادرت کند. نانو کلات آهن و روی یکی از این محرک های غیر زیستی است. خاصیت رهایش تدریجی نانو کود کلات آهن جهت استفاده بهینه گیاه از مواد مغذی و نانو بودن کمپلکس باعث تحرک بیشتر آن در خاک و گیاه شده و در نتیجه بهترین بهره وری را خواهد داشت. ساختار آلی سنتتیک نانو کود کاملا سازگار با محیط زیست بوده و علاوه بر افزایش ترکیبات آلی خاک می تواند شکل های کم محلول آهن و سایر عناصر ریز مغذی را به فرم قابل دسترس

و مفید برای گیاه تبدیل کند و پایداری نانو کمپلکس در بازه pH وسیع ۱۱ >pH> ۳ یعنی عمل کردن این نانوکود در اسیدی ترین تا قلیایی ترین محیط ها و خاک ها می‌باشد (Rasouli *et al*., 2013). روی نیز سبب فعال سازی آنزیم های ضروری، تولید هورمون های رشد از جمله اکسین می گردد. افزایش تولید کلروفیل، تنفس، تنظیم رشد و تسریع بلوغ از تاثیرات این عنصر می باشد. روی به تشکیل کربوهیدراتها، افزایش پروتئین و تحرک تشکیل بذر به گیاه کمک می کند. Rizwan *et al* (2019) نشان داد که کاربرد نانو کود روی باعث افزایش رشد، محتوای کلروفیل، ویژگی های تبادل گاز و غلظت روی در دانه گندم و همچنین کاهش تنش اکسیداتیو[۲] شد. فرآورده‌های حاصل از متابولیسم ثانویه گیاهی جزو گرانبهاترین ترکیب شیمیایی گیاهی هستند که این ترکیبات شیمیایی زمانی که گیاه در معرض تنش‌ها قرار می گیرد، تولید می شوند. هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر نانو کود کلات آهن و روی بر میزان گلیسیریزین موجود در ریشه گیاه شیرین بیان در شرایط کشت گلدانی و مزرعه ای بود.

مواد و روش ها

در این تحقیق اثر نانو کود کلات آهن و روی بر میزان گلیسیریزین موجود در ریشه گیاه شیرین بیان مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در مزرعه ای در نزدیکی شهرستان صحنه استان کرمانشاه بین ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۴درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و۶ دقیقه تا ۴۷ درجه و۵۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ، ارتفاع ۱۳۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. بعد از آماده سازی گلدان ها، در هر یک از گلدان ها خاک تا ارتفاع ۲۰ سانتی متر ریخته شد و سپس ریزوم گیاهان ۳ تا ۴ ساله پس از خروج از خاک به قطعات ۱۵ تا ۲۵ سانتی متری تقسیم (در هر گلدان ۲-۳ ریزوم کشت گردید) و روی آن ها به میزان حداقل ۱۵ سانتی متر خاک پر شد. پس از کاشت بلافاصله آبیاری گلدان ها صورت گرفت. بعد از سبز شدن گیاه تیمار آن با نانو کلات آهن خریداری شده از شرکت خضرا با غلظتهای ۱۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر در سه نوبت تا قبل از گلدهی صورت گرفت. مصرف خاکی بهینه نانو کود کلات آهن به شکل چالکود و سپس آبیاری با روش معمول به این صورت که مقدار مورد نیاز در چند نقطه یا در دایره ای اطراف گیاه چالکود شد. این روش باعث می شود که کود بعد از حل شدن در آب آبیاری از حد ریشه پایین تر نرود و تمام مقدار داده شده جذب گیاه شود. همچنین تیمار گیاه با نانوکود کلات روی ۱۲ درصد خریداری شده از شرکت خضرا تحت غلظتهای ۱۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر در دو نوبت بعد از سبز شدن گیاه تا قبل از گلدهی بود. سپس در اواسط آبان ماه گیاه را از گلدانها خارج کرده ریشه و برگ را از هم جدا کرده و در دمای ۲۰- درجه نگهداری شد و سپس سنجش میزان گلیسیریزین صورت گرفت.

اندازه گیری گلیسیریزین موجود در عصاره شیرین بیان

عصاره گیری

با استفاده از روش اصلاح شده روسین ریشه ها به قطعات کوچک تقسیم شدند و به مدت یک هفته در آون و در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد، کاملاً خشک گردیدند .ریشه‌های خشک شده توسط آسیاب برقی پودر گردیدند و از الک با قطر منافذ ۰/۷ میلیمتر عبور داده شدند. بر اساس روش اصلاح شده روسین به ۵ گرم پودر عصاره شیرین بیان آب مقطر ۸۰ درجه سانتی گراد افزوده شد و مخلوط پس از هم زدن کامل و حل کردن پودر، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط نگهداری شد تا سرد گردد. به این محلول قطره قطره اسید سولفوریک غلیظ ۱ به ۱ حجمی حجمی اضافه شد تا اسید گلیسیریزیک به تدریج رسوب نماید. پس از جدا کردن آب بخش فوقانی رسوب و با هدف حذف باقی مانده اسید چند بار شستشوی آن با آب صورت گرفت. در نهایت رسوب به دست آمده در مقدار اندکی اتانول مطلق حل شده و به پلیت منتقل شد و در آون ۴۰ درجه سانتی گراد خشک شد و برای تعیین خلوص به دستگاه HPLC تزریق شد (AOAC, 2002).

دستگاه HPLC

پس از آماده سازی عصاره با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا(HPLC) مدل Sykam و پمپ مدل $S_{۲۱۰۰}$ ترکیبات تشکیل دهنده عصاره مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت. قبل از نمونه گذاری، ستون با آب دیونیزه حاوی ۱۵ درصد استو نیتریل شستشو شد. شیب HPLC به صورت زیر بود. آب محتوی (۰/۱٪ اسید فسفریک) استو نیتریل v/v ۹۷:۳ (۳-۵ دقیقه)، ۹۷:۳ تا ۸۲:۱۸ (۳-۳۰ دقیقه) سپس ۲۰ میکرو لیتر نمونه به آرامی به داخل ستون (mm , ۳, ۵ Mm C۱۸ ODS-ODS-۴/۶ *۲۵۰mm) تزریق گردید. سپس ستون به مدت ۳۰ دقیقه دوباره متعادل شد که این عمل با استفاده از آب محتوی(۰/۱٪ اسید فسفریک) استو نیتریل v/v ۹۷:۳ قبل از تزریق بعدی انجام شد. عمل جدا سازی در۳۵ درجه سانتی گراد انجام گرفت. عمل شناسایی به طور همزمان در چهار طول موج متفاوت انجام شد که عبارتند از:nm ۲۵۴، ۲۳۰ nm، ۲۸۰ nm و ۳۲۰ nm .

تهیه محلول استاندارد گلیسیریزین

محلول استاندارد گلیسیریزین از شرکت مدرن شیمی نوین ایرانیان تهیه شد و از آن به عنوان استاندارد استفاده شد. به این صورت که یک میلی گرم آن در یک میلی لیتر حل شده و سپس ۲۰ میکرو لیتر آن به دستگاه تزریق گردید و مساحت زیر نمودار آن سنجش و ثبت شد.

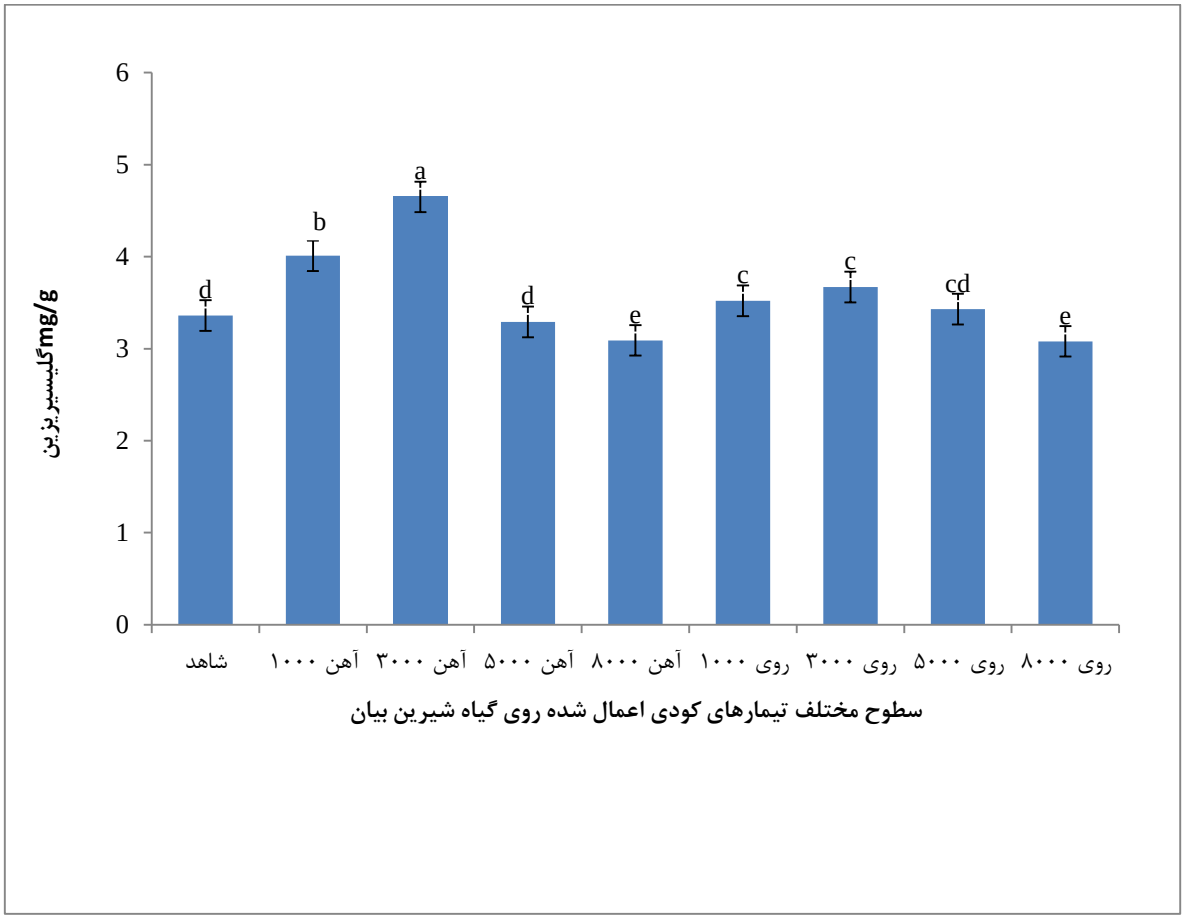
تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش بر اساس طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه

۹/۱ و Excel نسخه ۲۰۱۲ انجام گردید و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ($p\leq 0.05$) انجام شد.

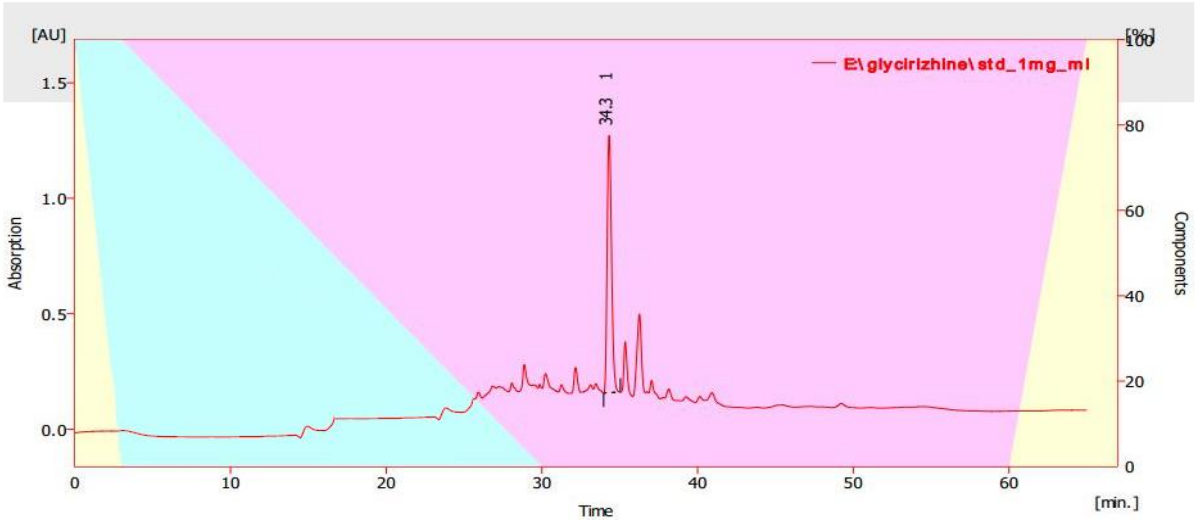
نتایج و بحث

نمودار ۱ که حاصل تجزیه و تحلیل کروماتوگرام های HPLC می باشد نشان دهنده روند تغییر در محتوای گلیسیریزین ریشه در گیاه شیرین بیان تحت تاثیر نانو کود کلات آهن و روی می باشد. نتایج نشان داد که نانو کودها روی مقدار گلیسریزین تاثیر گذاشته اند. کروماتوگرامها حاصل از HPLC نمایان می سازد بجز تیمارهای آهن و روی ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر در سایر تیمارها نسبت به نمونه شاهد مقدار گلیسریزین دارای افزایش معنی داری بود. نتایج همچنین نشان می دهد که بیشترین مقدار گلیسریزین (۴/۶۵mg/g) در تیمار آهن ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد (نمودار ۱). مقادیر ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر آهن و روی نیز در مقایسه با شاهد باعث افزایش مقدار گلیسریزین شده اند (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴). کمترین مقدار گلیسریزین در تیمار روی و آهن ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر با مقدار میانگین ۳/۰۸ mg/g مشاهده گردید.



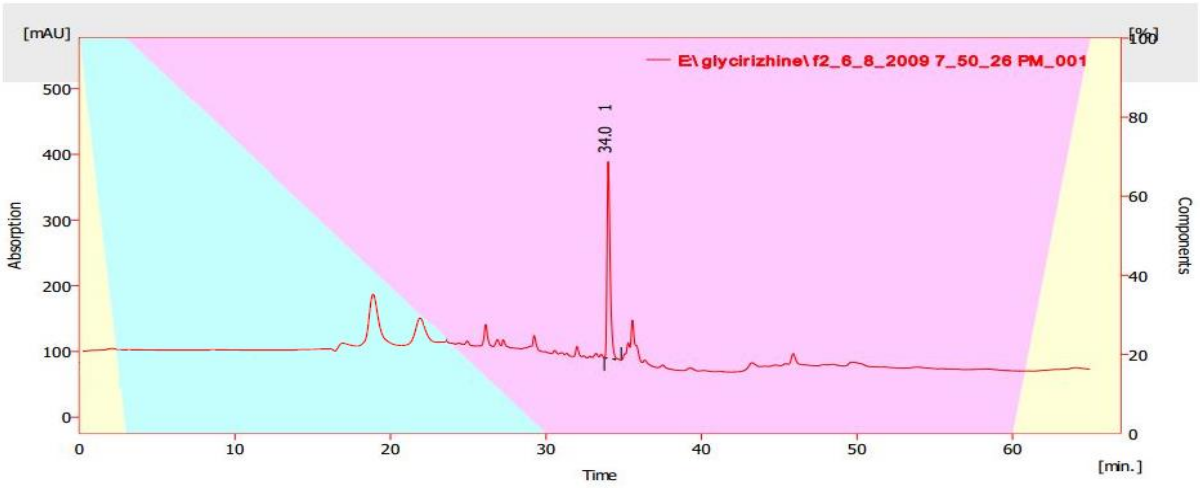
نمودار ۱: اثر تیمارهای کودی مختلف بر میزان گلیسیریزین گیاه شیرین‌بیان. مقادیر نشان داده شده میانگین ۳ تکرار±SE (انحراف معیار) می باشد. حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت‌ها و حروف یکسان نشان دهنده بی معنی بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq ۰/۰۱$ است.

Chart 1- The effect of different fertilizer treatments on glycyrrhizin content of licorice plant. The values shown are the mean of 3 replicates ± SE (standard deviation). Different letters indicate the significance of the differences and the same letters indicate the non-significance of the differences at the level of $p \leq 0.01$.



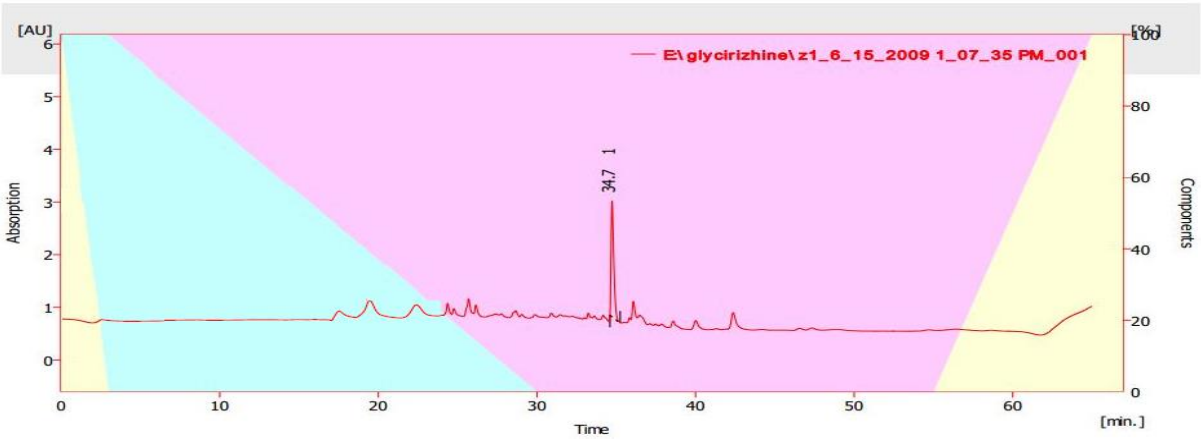
شکل ۱: کروماتوگرام HPLC گلیسیریزین ریشه شیرین بیان در شاهد

Figure 1- HPLC chromatogram of glycyrrhizin of licorice root in control



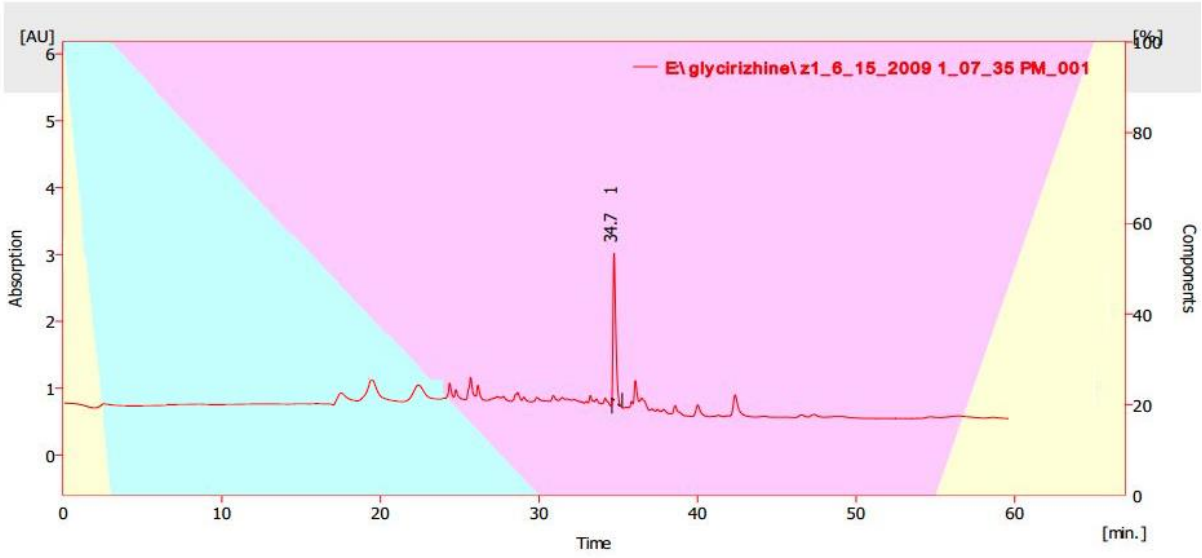
شکل ۲: کروماتوگرام HPLC گلیسیریزین ریشه شیرین بیان تحت تیمار آهن ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر

Figure 2- HPLC chromatogram of glycyrrhizin of licorice root treated with Fe at 3000 mg/l



شکل ۳: کروماتوگرام HPLC گلیسیریزین ریشه شیرین بیان تحت تیمار آهن ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر

Figure 3- HPLC chromatogram of glycyrrhizin of licorice root treated with Fe at 5000 mg/l



شکل ۴: کروماتوگرام HPLC گلیسیریزین ریشه شیرین بیان تحت تیمار روی ۱۰۰۰ میلی گرم درلیتر
Figure 4- HPLC chromatogram of glycyrrhizin of licorice root treated with zinc at 1000 mg/l

نتایج بدست آمده نشان داد که سطوح مختلف نانو کود کلات آهن و روی تاثیر بسیار معنی داری بر میزان گلیسیریزین ریشه داشت و گلیسیریزین در همه تیمارها بجز آهن ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر و روی ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. بخشی از پاسخ‌های دفاعی گیاهان در مقابل تنش های زیستی وغیر زیستی به شکل تولید متابولیت‌های ثانویه است. این مسیرهای دفاعی را می‌توان از طریق محرک ها القا و فعال کرد. درک مکانیسم اثر الیسیتورها و استفاده صحیح از آنها، بطوریکه در ضمن داشتن اثرات قابل توجه بر تولید متابولیت‌های ثانویه، کمترین اثر منفی را بر فاکتورهای حیاتی گیاه داشته باشند، ضروری است. ترکیبات فنولی در شرایط مطلوب محیطی نیز در سلول‌های گیاهی سنتز می‌شوند اما تنش‌های محیطی مختلف مقدار آن‌ها را در سلول تغییر می‌دهند (Kliebenstein, 2004). فعالیت سیستم های آنتی اکسیدانی و پیام رسانی شبکه ای پیام تنش در سطح سلول و در مجموعه کل ساختار گیاه سبب تاثیر بر الگوی بیان ژنی والقای ژن های ویژه ای می گردد. از این گروه می توان القای ژن های مسیر تولید متابولیت های ثانویه را نام برد. حاصل عملکرد آنزیم ها و پروتئین های این مسیر، تولید و انباشت متابولیت هایی است که به خودی خود برای حیات گیاه نیاز اولیه به شمار نمی آیند ولی به دلیل ویژگی های شیمیایی خود در حفاظت گیاه در برابر دیگر تنش ها همچون خوره شدن، حمله میکروارگانیسم ها و از سویی در انتقال پیام تنش بین گیاهی (آللوپاتی) درون گونه ای نقش دارند.

نتیجه گیری کلی

در این مطالعه اثر نانو کود کلات آهن و روی بر گلیسیریزین موجود در ریشه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)

بررسی شد. سطوح مختلف نانو کود بجز تیمار۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر کلات آهن و روی تاثیر بسیار معنی داری بر افزایش میزان گلیسیریزین ریشه داشت. تنوع و جایگاه مقداری این ترکیبات وابسته به نوع، شدت و زمان در معرض تنش بودن گیاه می باشد از آنجایی که گیاه شیرین بیان دارای متابولیتهای ثانویه با ارزشی است، تاثیر نانو کلات آهن و روی می‌تواند القاگر مناسبی در راستای افزایش بازده این فرآوردهای ارزشمند و هدایت الگوی طبیعی آن به سوی کارایی بهینه تر دارویی آن باشد. با توجه به کمبود منابع و تحقیقات کمی که در زمینه کودهای تهیه شده با فناوری نانو انجام شده تحقیقات و بررسی های بیشتری در این زمینه توصیه می گردد.

منابع

Ahmadian, K., Jalilian, J., Pirzad, A., (2021). Nano-fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation, Agricultural Water Management, 244, 106544. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106544.

Akhundzadeh, S. (2000). Encyclopedia of Iranian Medicinal plants. Institue of medicinal plants. Jahad-e Daneshgahi, 213p.

AOAC. (2002). Association of Official Analytical Chemists,Official method 982.19 .

Atal,Ck;Kapur.(1998). cultivation and utilization of medicinal plant.Jamu/tawi-india

Azarm, T., Nadali F., (1991). Hematology: principles and procedures, 5th ed, translated: Brown, B. Isfahan University of Medical Sciences. 866 p. (In Persian)

Batiha G.E.S., Beshbishy A.A., Tayebwa D.S., Adeyemi O.S., Yokoyama N., Igarashi I. (2019b). Anti-piroplasmic potential of the methanolic *Peganum harmala* seeds and ethanolic *Artemisia absinthium* leaf extracts. J. Protoz. Res. 29:8–25.

Batiha G.E.S., Beshbishy A.A., Tayebwa D.S., Shaheen M.H., Yokoyama N., Igarashi I. (2019a). Inhibitory effects of *Syzygium aromaticum* and *Camellia sinensis* methanolic extracts on the growth of *Babesia* and *Theileria* parasites. Ticks Tick. Borne Dis. 10:949–958. doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.04.016.

Batiha G.-S., Alkazmi L.M., Wasef L.G., Beshbishy A.M., Nadwa E.H., Rashwan E.K. (2020). Syzygium aromaticum L. (Myrtaceae): Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities. Biomolecules. 10:202. doi: 10.3390/biom10020202.

Beshbishy A.M., Batiha G.E.S., Adeyemi O.S., Yokoyama N., Igarashi I. (2019). Inhibitory effects of methanolic *Olea europaea* and acetonic *Acacia laeta* on the growth of *Babesia* and *Theileria*. Asian Pac. J. Trop. Med.12:425–434.

Chinnamuthu, C.R and Murugesa Boopathi, P. (2009). Nanotechnology and Agroecosystem, Madras Agricultural Journal, 96(1-6): 17-3.

Divsalar, C. and Sravany, R. (2003). Electrophoretic profile of albumin, alpha 1, alpha 2, beta and gamma globulins in serum dependent and opioid compounds. Journal of Lorestan University of Medical Sciences. Vol: 9, 15PP.

Evans, W.C., Trease, G.E. and Evans, D. (2002). Trease and Evans Pharmacognosy. W.B. Saunders, 585p.

Fakharzadeh, S., Hafizi, M., Baghaei, M.A. *et al*. (2020). Using Nanochelating Technology for Biofortification and Yield Increase in Rice. Sci Rep 10, 4351 https://doi.org/10.1038/s41598-020-60189-x

Hossein Abadi, h. Tagawi, T. s. Askari Sarcheshmeh, M.A. Solgi, M. (2011). Studying the effects of foliar spraying of vinegar and iron on the vegetative growth and quality characteristics of the white quince grape variety. The first national conference of grapes and raisins. (In Persian)

Karimi, H. (2002). Iranian Vegetable Glossary. Pharcham Press, Vol. 1. 1200p.

Kashyap, P.L., Kumar, S., Srivastava, A.K., 2017. Nanodiagnostics for plant pathogens. Environ. Chem. Lett. 15, 7–13. https://doi.org/10.1007/s10311-016-0580-4.

Kashyap, P.L., Rai, P., Sharma, S., Chakdar, H., Kumar, S., Pandiyan, K., Srivastava, A.K., (2016). Nanotechnology for the detection and diagnosis of plant pathogens 253–276. https://doi.org/10.1007/978–3-319–39306-3_8.

Kliebenstein..**D.J, (2004)** Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through Arabidopsis thaliana tinged glasses. Plant Cell Environ, 27: 675-684.

Naderi, M., Danesh Shahraki, A. (2011). The use of nano technology in optimizing the formulation of chemical fertilizers, Nano Technology Monthly, Volume 4, Number 165, Pages 20-22. (In Persian)

Omidbaigi R. (2005). Production and Processing of Medical Plants. Mashhad, Behnashr Co.; pp267-75 [Persian].

Rasouli, A. (2001). Clinical anesthesia. Jafari Publications, Tehran, 119 p. (In Persian)

Rasouli, M. Khodabakhshzadeh, S. Afzoni, Kh. Ahmadi Ghora Jili, Y. (2013). Investigating the applications and effects of nanofertilizers in the optimal production of agricultural products, National Conference on Soil and Sustainable Agriculture. The first national conference on nanotechnology advantages and applications. (In Persian)

Rizwan, M., Ali, S., Ali, B., Adrees, M., Arshad, M., Hussain, A., Zia ur Rehman, M., Waris, A.A., (2019). Zinc and iron oxide nanoparticles improved the plant growth and reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat. Chemosphere 214, 269–277. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.120.

Samsam Shariat, h. (2003). Analysis and identification of herbal medicinal substances (translation), Rozbahan Publishing House, Tehran, 264 pages. (In Persian)

Sawant B.S., Alawe J.R., Rasal K.V. (2016). Pharmacognostic study of *Glycyrrhiza glabra* Linn-a review. Inter. Ayurv. Med. J., 4 (10): 3188- 3193.

Shah S.L., Wahid F., Khan N., Farooq U., Shah A.J., Tareen S., Ahmad F., Khan T. Inhibitory effects of *Glycyrrhiza glabra* and its major constituent Glycyrrhizin on inflammation-associated corneal neovascularization. Evid. Based Complement. Alternate. Med. 2018; 2018:8. doi: 10.1155/2018/8438101.

Tajbakhsh, h. Sattari, M. (1972). Breeding of laboratory animals and their diseases. University of Tehran, 218p. (In Persian)

Wang, Zh., Nishioka, M., Kurosaki, Y., Nakayama, T. (1995). Gastrointestinal absorption characteristics of glycyrrhizin from Glycyrrhiza extract.Biological and pharmaceutical Bulletin 18: 1238-41.