



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹

صفحه‌های ۴۷۳-۴۶۱

ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد کلات آهن و روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح‌شده

شادی مرادی^۱، جلال خورشیدی^{۲*}، محمدرضا مرشدلو^۳

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۳. استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۰۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۱۴

چکیده

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) کاربردهای زیادی در صنایع دارویی و غذایی دارد. با توجه به نقش مؤثر عناصر ریزمغذی در عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی، تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف کلات آهن (شاهد (صفر)، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) و کلات روی (شاهد (صفر)، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) بر خصوصیات عملکردی و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح‌شده (رقم شوروک شاری) ارزیابی گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه کردستان انجام گرفت. اثر ساده کلات آهن، اثر متقابل کلات آهن و نوع رقم و نیز اثر متقابل کلات آهن، کلات روی و نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌کدام از صفات نداشتند. کلات روی بر اکثر صفات تأثیر معنی‌داری گذاشت، طوری‌که بیش‌ترین محتوای اسانس (۵/۰۶ درصد) و عملکرد اسانس (۳۵/۰۷ لیتر در هکتار) متعلق به تیمار ۳ گرم در لیتر و بیش‌ترین عملکرد بذر (۸۸۴/۲ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار عدم استفاده از کلات روی بود. اثر متقابل کلات آهن و کلات روی تنها بر عرض بذر و اثر متقابل کلات روی و نوع رقم تنها بر تعداد چترک تأثیر معنی‌داری داشتند. رقم تأثیر معنی‌داری بر تعداد چتر در بوته، عملکرد بذر و عملکرد اسانس داشت، طوری‌که بیش‌ترین میانگین صفات مذکور (به‌ترتیب ۲۵/۲۹، ۷۶۵/۲۶ کیلوگرم در هکتار و ۳۴/۲۷ لیتر در هکتار) متعلق به رازیانه بومی بود. از بین تیمارهای کودی اعمال‌شده، تیمار ۳ گرم در لیتر کلات روی به‌تنهایی و از بین دو نوع رازیانه کشت‌شده، رازیانه‌ی بومی برتر شناخته شدند.

کلیدواژه‌ها: چتر، ریزمغذی، شوروک‌شاری، عملکرد اسانس، عملکرد بذر.

Field Evaluation of Iron and Zinc Chelates Foliar Application on Morphological Characteristics, Yield, and Essential Oil Content of Native and Improved Fennel

Shadi Moradi¹, Jalal Khorshidi^{2*}, Mohammad Reza Morshedloo³

1. M.Sc. Student, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

Received: October 6, 2019

Accepted: November 29, 2019

Abstract

Foeniculum vulgare Mill. is one of the medicinal plants, which is widely used in pharmaceutical and food industries. Due to the effective role of micronutrients in the quantitative and qualitative yield of medicinal plants, the effect of foliar application of iron chelate (0, 1.5 and 3 g/L) and zinc chelate (0, 1.5 and 3 g/L) on the functional properties and essential oil content of native and improved (cv. Soroksari) fennel was evaluated. The experiment was conducted as a split-split plot, based on RCB design with three replications during 2018 at the University of Kurdistan. Simple effects of iron chelate, the interaction iron chelate and cultivar, as well as the interaction iron chelate, zinc chelate and cultivar type, had no significant effect on measured traits. Zinc chelate significantly affected most of the studied traits, so that the highest of essential oil content (5.06%) and yield (35.07 L/ha) were belonged to 3 g/L treatment, while the highest seed yield (884.2 kg/ha) was obtained in zero treatment of zinc chelate. The interaction of iron chelate and zinc chelate as well as the interaction of zinc chelate and cultivar had only a significant effect on seed width and number of umbels, respectively. The impact of cultivar had a significant effect, on the number of umbels per plant, seed yield, and essential oil yield, so that the highest average of mentioned traits (25.29, 765.26 kg/ha and 34.27 L/ha, respectively) were belonged to native fennel. Generally, among the fertilizer treatments, 3 g/L zinc chelate and between the two types of fennel, native fennels were recognized as superior.

Keywords: Essential oil yield, micronutrient, seed yield, soroksari, umbel.

۱. مقدمه

رازبانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* Mill. متعلق به تیره چتریان^۱ یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین گیاهان دارویی در جهان می‌باشد (Morady et al., 2015). استفاده و کاربرد زیاد این گیاه در صنایع مختلف دارویی، آرایشی بهداشتی و غذایی بیش‌تر به‌واسطه اسانس باارزشی است که در میوه‌های آن وجود دارد (Darzi et al., 2007). از مهم‌ترین ترکیبات اسانس رازبانه می‌توان به آنتول، استراگول، فنکون و پ-سیمن اشاره کرد (Khorshidi et al., 2009). این گیاه دارای خواص ضدباکتریایی (Diao et al., 2014)، ضدقارچی و ضداکسایشی (Singh et al., 2006) بوده و نیز به‌عنوان طعم‌دهنده در ساخت نان، ترشی، شیرینی و پنیر استفاده می‌گردد (Badgujar et al., 2014).

عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه تحت تأثیر دو فاکتور ژنتیک و محیط است (Khorshidi et al., 2019). استفاده از گونه‌ها و ارقام با عملکرد کمی و کیفی بهتر و نیز فراهم‌نمودن و اعمال مناسب‌ترین شرایط محیطی و به‌زرعی در کشت‌وکار یک گیاه دارویی می‌تواند ما را در دستیابی به مطلوب‌ترین نتیجه یاری نماید. یکی از فاکتورهای بسیار تأثیرگذار بر ویژگی‌های رشدی و محتوی متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی، فاکتور تغذیه است (Najafivafa et al., 2015). گیاهان معمولاً عناصر غذایی موردنیاز خود را از خاک تأمین می‌کنند، ولی برخی مواقع نامساعدبودن شرایط خاک مثل بالا بودن واکنش و یا کمبود عناصر غذایی در خاک، تولیدکننده را وادار می‌سازد که برای جلوگیری از اثر نامطلوب کمبود عناصر غذایی بر گیاه، آنها را به‌صورت محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار دهد (Baloch et al., 2008).

عناصر ریزمغذی اگرچه به میزان کم مورد نیاز گیاهان هستند، ولی کمبود آنها اختلالات چشم‌گیری در فیزیولوژی و تولید متابولیت‌های گیاه ایجاد می‌کنند (Nemati Lafmejani et al., 2018). در بین عناصر ریزمغذی، آهن و روی از جمله ضروری‌ترین عناصر برای رشدونمو گیاه می‌باشند. آهن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل و فتوستت، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و آنزیم‌های مسیر تنفس نوری و گلیکولات داشته (Marschner, 1995; Brittenham, 1994; Miller et al., 1999; Malakouti & Tehrani, 1995) و عنصر روی نیز در فتوستت، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (Robson, 1993; Srivastava et al., 1997). امروزه کاربرد برگی عناصر ریزمغذی به‌صورت کلاته به‌دلیل جذب آسان‌تر و سریع‌تر توسط گیاه توسعه زیادی پیدا کرده است (Peyvandi et al., 2015). گزارش‌های زیادی مبنی بر نقش مثبت ریز مغذی‌ها به‌ویژه آهن و روی به‌صورت کلات با عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی وجود دارد (Najafivafa et al., 2015; Abdossi & Kazemi, 2015; Moghimi pour et al., 2015; Layeghghighi et al., 2015; Peyvandi et al., 2016). در ارتباط با تأثیر کلات‌های آهن و روی بر رازبانه تا به حال مطالعه‌ای انجام نشده است. در پژوهشی، بیش‌ترین عملکرد دانه رازبانه را با محلول‌پاشی دو گرم در لیتر سولفات آهن و روی به‌دست آورده‌اند (Morady et al., 2015). بیش‌ترین عملکرد دانه در بوته زیره سبز با محلول‌پاشی ۷۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات روی و آهن گزارش شده است (Fazeli et al., 2016). همچنین بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه آنیسون را از بوته‌های محلول‌پاشی شده با چهار گرم در لیتر سولفات روی و شش گرم در لیتر سکوسترین آهن به‌دست آورده‌اند (Nateghi et al., 2015).

1. Apiaceae

ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد کلات آهن و روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح شده

کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه‌ی مذکور در جدول (۱) آمده است. کرت‌های اصلی شامل غلظت‌های مختلف کلات آهن (شاهد (صفر)، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر)، کرت‌های فرعی شامل غلظت‌های مختلف کلات روی (شاهد (عدم محلول‌پاشی)، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) و کرت‌های فرعی شامل رازیانه بومی و اصلاح شده (رقم شوروک شاری) بودند. بذور رازیانه بومی از شرکت پاکان بذر اصفهان و بذور رازیانه اصلاح شده (رقم شوروک شاری) از دانشگاه تربیت مدرس تهیه گردید. کلات‌های آهن و روی از شرکت دانش‌بنیان بیوزر استان مرکزی تهیه شد. کلات آهن حاوی ۱۵ درصد آهن و کلات روی حاوی ۲۱ درصد روی بود. لازم به ذکر است که کلات‌های استفاده شده بر پایه آمینواسید بودند.

بعد از آماده‌سازی زمین در تاریخ ۲۹ اسفند سال ۱۳۹۶، بذور رازیانه‌های بومی و اصلاح شده با فواصل ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف و به عمق تقریبی دو سانتی‌متر کشت شدند (Omidbaigi, 2005). فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت اصلی شامل نه ردیف کشت به طول دو متر بود. بعد از مرحله چهار برگگی و اطمینان از رشد مطلوب گیاهچه‌های هر چاله کشت، عملیات تنک کردن انجام گرفت و در هر چاله یک گیاهچه باقی گذاشته شد. برگ‌پاشی با غلظت‌های مذکور کلات‌های آهن و روی در سه مرحله انجام گرفت (Omidbaigi, 2005).

علاوه بر تغذیه، استفاده از ارقام اصلاح شده گیاهان دارویی در الگوی کشت می‌تواند نقش مؤثری در دستیابی به مطلوب‌ترین عملکرد و کیفیت ماده مؤثره داشته باشد، هرچند در مواردی توده‌های بومی در مقایسه با ارقام اصلاح شده به دلیل سازگاری بیش‌تر با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه نتیجه مطلوب‌تری می‌دهند (Sharifi Ashoorabadi et al., 2007). گزارش‌هایی مبنی بر ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام اصلاح شده گیاهان دارویی و مقایسه آنها با توده‌های محلی از لحاظ میزان تحمل تنش‌های غیرزیستی، عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی ماده مؤثره وجود دارد، که بیانگر توجه روزافزون تولیدکنندگان گیاهان دارویی به ارقام اصلاح شده و بررسی امکان جایگزینی توده‌های محلی با این ارقام در الگوی کشت می‌باشد (Rahmati et al., 2010; Sharifi Ashoorabadi et al., 2007; Farzaneh et al., 2011; Nobahar et al., 2014; Bahmani et al., 2016). با توجه به اهمیت تغذیه و استفاده از ارقام اصلاح شده در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی، در پژوهش حاضر تأثیر کلات‌های آهن و روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح شده (رقم شوروک شاری) مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۷ در مزرعه دوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان با ارتفاع از سطح دریا ۱۴۱۱/۲ متر و مختصات جغرافیایی ۳۵° ۱۵' ۲۸" عرض شمالی و ۴۷° ۰۱' ۲۹" طول شرقی به صورت

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش (مزرعه دوشان)

بافت خاک	نیترژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته (pH)	کربن آلی (%)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)
لومی‌رسی	۰/۱۶	۱۱/۵	۷۹۷	۰/۶۱	۸/۰۲	۱/۵۶	۵/۴	۰/۹۶

بزرگ‌اوری کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹

از بین بردن اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌ها از بوته‌های نواحی مرکزی کرت‌ها انجام گرفت. به این منظور، پنج بوته متعلق به هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب شد و صفات مذکور ارزیابی گردید.

اسانس‌گیری از بذور با روش تقطیر با آب به‌کمک دستگاه کلونجر انجام گرفت. به این منظور ۵۰ گرم بذر را توسط خردکن خانگی به‌خوبی خرد کرده و با ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کرده و عملیات اسانس‌گیری از آن به‌مدت سه ساعت انجام گرفت. پس از اتمام مدت مذکور، درصد حجمی وزنی اسانس محاسبه گردید و اسانس استحصال‌شده از دستگاه خارج و پس از آبگیری توسط سولفات سدیم خشک در شیشه‌های مخصوص فویل‌پیچی شده و در یخچال با دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند (Khorshidi et al., 2009). عملکرد اسانس برحسب لیتر در هکتار براساس درصد اسانس به‌دست‌آمده از ۵۰ گرم بذر و عملکرد بذر در واحد هکتار محاسبه شد. در نهایت آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱، رسم نمودارها توسط Excel و مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار غلظت‌های مختلف کلات روی بر صفات تعداد ساقه فرعی، تعداد چتر، عملکرد بذر و عملکرد اسانس در سطح یک درصد و تعداد چترک، وزن اندام هوایی و درصد اسانس در سطح پنج درصد بود. غلظت‌های مختلف کلات آهن به تنهایی، اثر متقابل آهن و رقم و نیز اثر متقابل سه‌گانه آهن، روی و رقم تأثیر معنی‌داری بر هیچ کدام از صفات اندازه‌گیری‌شده نداشتند. در بین صفات اندازه‌گیری‌شده، تنها عرض بذر تحت تأثیر اثر متقابل آهن و روی قرار

مرحله اول: ظهور ساقه گل‌دهنده (۱۰۰ روز پس از کشت بذور)، مرحله دوم: شروع گلدهی (۱۱۷ روز پس از کشت بذور) و مرحله سوم: شروع تشکیل میوه‌ها (۱۳۶ روز پس از کشت بذور). لازم به ذکر است که دستگاه مورد استفاده قبل از محلول‌پاشی کالیبره شده و میزان محلول مورد استفاده در هر بار محلول‌پاشی ۲۰۰۰ لیتر در هکتار بود. ضمن عملیات محلول‌پاشی برای جلوگیری از انتقال ذرات محلول از یک کرت فرعی به کرت فرعی مجاور و ایجاد خطا در آزمایش، در حد فاصل بین کرت‌های فرعی صفحات مقوایی بزرگ قرار داده شد. در طول دوره رشد گیاهان عملیات‌های آبیاری، وجین و سله‌شکنی به‌طور منظم به‌صورت هفتگی انجام گرفت.

پس از پایان دوره رشد گیاه (اواخر مردادماه)، خصوصیات از قبیل ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی، تعداد چتر و تعداد چترک در هر چتر اندازه‌گیری شد. پس از رسیدن بذور به مرحله سبز رسیده، برداشت تدریجی چترها انجام گرفت. چترهای برداشت‌شده در سایه خشک شده و سپس عملیات جداسازی و بوجاری بذور انجام گرفت و خصوصیات مثل طول بذر، عرض بذر، وزن هزاردانه و عملکرد بذر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری طول و عرض بذور توسط کولیس دیجیتال با دقت صدم میلی‌متر انجام گرفت. پس از برداشت تمام چترها، بوته‌ها از زمین خارج شده و صفاتی از قبیل وزن اندام هوایی، طول ریشه و وزن خشک ریشه ارزیابی گردید. برای اندازه‌گیری طول و وزن خشک ریشه‌ها، بوته‌ها با دقت توسط بیل از خاک خارج شده و پس از جداکردن خاک از ریشه، طول آن از محل یقه گیاه تا انتهای ریشه توسط خط‌کش اندازه‌گیری گردید. سپس ریشه‌ها به‌مدت سه شبانه‌روز در آن با دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و پس از مدت مذکور، وزن خشک آنها توسط ترازوی دیجیتال به‌دست آمد. لازم به ذکر است که برای

نقش مهمی ایفا می‌کند (Said Al-Ahl & Mahmoud, 2010). روی موجب تحریک تولید هورمون اکسین و کلروفیل شده و برای سنتز پروتئین، DNA و RNA ضروری است. از آنجایی که کلروفیل در فتوسنتز و هورمون اکسین در تقسیم و طول‌شدن سلولی و در نهایت رشد گیاه تأثیر دارند، لذا تغذیه گیاه با این عنصر می‌تواند نقش مهمی در افزایش رشد و بیوماس گیاه داشته باشد (Nahed & Balbaa, 2007).

عنصر روی در تجمع آسیملات‌ها در مراحل انتهایی رشد دانه‌ها و در نتیجه تشکیل دانه‌هایی با ماده خشک بیش‌تر و سنگین‌تر نقش مؤثری دارد (Nateghi *et al.*, 2015). عناصر ریزمغذی با تأثیر مثبت در افزایش جذب عناصری مثل نیتروژن موجب افزایش وزن هزاردانه می‌گردند (Mahler & Westerman, 2003). افزایش وزن هزاردانه تحت تأثیر تغذیه با عنصر روی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Tabatabaeian *et al.*, 2009; Bybordi & Mamedov, 2010).

عناصر ریزمغذی با تأثیر بر جذب و انتقال عناصر موردنیاز گیاه، موجب تغییر در متابولیسم، رشدونمو گیاه و افزایش تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه می‌گردند (Yadegari, 2015).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میانگین تعداد ساقه فرعی (۱۰/۰۲)، تعداد چتر در بوته (۲۷/۹۴)، وزن اندام هوایی تک بوته (۳۸/۱۹ گرم)، وزن هزاردانه (۱۳/۳۸ گرم) و درصد اسانس (۵/۰۶ درصد) متعلق به تیمار سه گرم در لیتر کلات روی بود. البته لازم به ذکر است که تعداد چتر و وزن اندام هوایی تیمار سه گرم در لیتر کلات روی با تیمار صفر کلات روی اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین اختلاف بین تیمار سه گرم در لیتر کلات روی با تیمار ۱/۵ گرم در لیتر کلات روی از لحاظ درصد اسانس معنی‌دار نبود (جدول ۳).

بیش‌ترین میانگین عرض بذر (۲/۷۲ میلی‌متر) متعلق به بوته‌هایی بود که با سه گرم در لیتر کلات‌های آهن و روی محلول‌پاشی شده بودند. البته تیمار مذکور با سایر تیمارها غیر از تیمار شاهد (غلظت صفر کلات روی و آهن) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

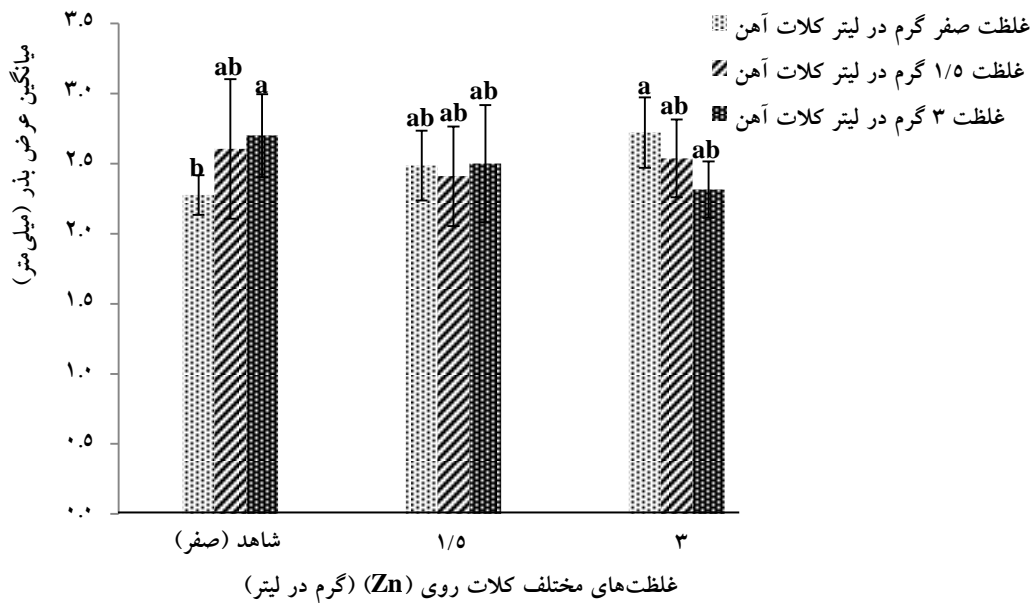
عنصر روی از مهم‌ترین ریز مغذی‌ها است که نقش حیاتی در فعالیت و تشکیل آنزیم‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی دارد (Babaeian *et al.*, 2012). این عنصر در سوخت‌وساز کربن، تولید و تجمع کربوهیدرات‌ها، حذف رادیکال‌های آزاد سلولی و در نهایت افزایش بیوماس گیاه

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی از صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر اثر ساده غلظت‌های مختلف کلات روی (Zn)

۳	غلظت کلات روی (Zn) (گرم در لیتر)		صفت اندازه‌گیری شده
	۱/۵	شاهد (صفر)	
۱۰/۰۲ ± ۱/۱۱ a	۸/۵۰ ± ۱/۱۷ b	۸/۷۴ ± ۱/۲۶ b	تعداد ساقه فرعی اولیه
۲۷/۹۴ ± ۹/۵۱ a	۱۸/۶۵ ± ۷/۵۰ b	۲۲/۴۸ ± ۷/۸۷ ab	تعداد چتر
۳۸/۱۹ ± ۹/۵۸ a	۲۷/۳۵ ± ۸/۹۷ b	۳۶/۴۳ ± ۱۳/۳۹ a	وزن اندام‌های هوایی (g)
۱۳/۳۸ ± ۱/۹۷ a	۱۱/۸۳ ± ۲/۶۴ b	۱۱/۵۵ ± ۲/۰۹ b	وزن هزاردانه (g)
۶۹۸/۰۳ ± ۱۲۴/۲۴ b	۵۳۴/۶ ± ۱۲۲/۴۷ c	۸۸۴/۲ ± ۲۶۶/۷۶ a	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)
۵/۰۶ ± ۰/۹۳ a	۴/۵۸ ± ۰/۸۲ ab	۴/۲۲ ± ۰/۸۱ b	محتوی اسانس بذر (درصد حجمی / وزنی)
۳۵/۰۷ ± ۸/۳۰ a	۲۴/۱ ± ۵/۷۵ b	۳۶/۷۳ ± ۱۱/۰۱ a	عملکرد اسانس (لیتر در هکتار)

میانگین‌های مربوط به هر ردیف که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

ارزیابی مزرعهای کاربرد کلات آهن و روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح شده



شکل ۱. مقایسه میانگین عرض بذر تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کلات روی و کلات آهن.

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

عناصر مؤثر در رشد، نمو، متابولیسم و فرایندهای فیتوشیمیایی گیاهان و از طرفی دیگر به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در غلظت‌های بالای این عنصر بیان شده است. در پژوهشی تأثیر غلظت‌های مختلف نانو کلات روی (صفر، ۰/۵ و ۱/۵ گرم در لیتر) بر محتوای اسانس ریحان مقدس^۱ مورد ارزیابی قرار گرفته و مشاهده شد که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد اسانس به ترتیب با بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت نانوکلات روی به دست آمد (Moghimipour et al., 2017). مطالعات زیاد دیگری نیز نقش مثبت عنصر روی در تولید و تجمع اسانس را گزارش نموده‌اند (Misra et al., 2005; Akhtar et al., 2009; Misra & Sharma, 1991).

بیش‌ترین میانگین عملکرد بذر (۸۸۴/۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار صفر کلات روی به دست آمد و بیش‌ترین

کربوهیدرات‌ها منبع انرژی برای سنتز ترپن‌ها هستند و ترپن‌ها از اجزای اصلی اسانس‌های گیاهی به شمار می‌روند. براساس این نکته که عنصر روی در فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها نقش کلیدی دارد، می‌توان گفت که عنصر مذکور از عناصر ضروری در تولید و تجمع اسانس‌ها است (Said Al-Ahl & Mahmoud, 2010). در مطالعه‌ای تأثیر غلظت‌های مختلف عنصر روی (صفر، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در لیتر) بر ویژگی‌های عملکردی و محتوای اسانس گیاهان دارویی گل گاوزبان اروپایی، آویشن باغی و گل همیشه‌بهار مورد ارزیابی قرار گرفته و گزارش شد که بیش‌ترین درصد اسانس گیاهان مذکور با غلظت ۰/۴ گرم در لیتر روی به دست آمد و افزایش غلظت روی به ۰/۶ گرم در لیتر موجب کاهش درصد اسانس گردید (Yadegari, 2015). دلیل به دست آمدن نتیجه مذکور، نقش مثبت عنصر روی در جذب و انتقال

1. *Ocimum sanctum*

و محتوای ماده مؤثره گیاهان دارویی را گزارش شده، که به نظر می‌رسد این تأثیرپذیری بسته به نوع گیاه، نوع آهن مورد استفاده، روش تغذیه‌ای، مرحله رشدی گیاه و غلظت استفاده شده آهن متفاوت باشد. در پژوهشی تأثیر غلظت‌های مختلف سولفات آهن (صفر، ۰/۷، ۰/۱۴ و ۰/۲ گرم در لیتر) بر ویژگی‌های عملکردی زیره سبز مورد ارزیابی قرار گرفته و دریافتند که صفت وزن هزاردانه تحت تأثیر محلول‌پاشی سولفات آهن قرار نگرفت و صفات ارتفاع، تعداد شاخه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد چترک، تعداد دانه و عملکرد دانه نه تنها افزایش نیافتند، بلکه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش نشان دادند (Fazeli Kakhki et al., 2016). در پژوهشی تأثیر غلظت‌های مختلف سولفات آهن (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) بر ویژگی‌های رشدی و محتوای اسانس رازیانه مورد ارزیابی قرار گرفته و گزارش شده که تعداد چتر و چترک، وزن هزاردانه، عملکرد بذر و اسانس تحت تأثیر معنی‌دار غلظت‌های به‌کاررفته قرار گرفتند، ولی صفات تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در چترک تحت تأثیر واقع نشدند (Morady et al., 2015). در پژوهش دیگری، تأثیر سطوح مختلف آهن (صفر، ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر) بر ویژگی‌های رشدی و محتوای اسانس آنیسون مطالعه شده و گزارش نمودند که غلظت‌های آهن به‌کاررفته توانست تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و اسانس داشته باشد، ولی قطر ساقه تغییر معنی‌داری نداشت (Pirzad et al., 2013). هم‌چنین افزایش معنی‌دار ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان تحت تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن گزارش شده است (Moghadam et al., 2015). آهن به‌دلیل نقشی که در ساختمان کلروفیل و فتوسنتز دارد، سبب افزایش رشد گیاه و افزایش تولید

عملکرد اسانس (۳۶/۷۳ لیتر در هکتار) متعلق به تیمار صفر کلات روی بود که البته با تیمار سه گرم در لیتر کلات روی اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). هرچند که بیش‌ترین تعداد چتر، وزن هزاردانه و درصد اسانس متعلق به تیمار سه گرم در لیتر کلات روی بود، ولی بیش‌ترین عملکرد بذر و عملکرد اسانس از تیمار صفر کلات روی به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد که تنها دلیل احتمالی به‌دست‌آمدن این نتیجه، تشکیل میوه بیش‌تر در تیمار صفر کلات روی باشد. نقش مؤثر و مثبت عنصر روی در افزایش تشکیل میوه در مطالعات زیادی گزارش شده است (Fallah Moafi et al., 2017; Ahmed et al., 2002; Pandey et al., 2006; Hipps & Davies, 2001; Tuna et al., 2002; Nateghi et al., 2015)، ولی از آنجایی‌که میزان نیاز و حساسیت گونه‌های گیاهی به عنصر روی متفاوت است (Marschner, 1995)، لذا ممکن است غلظت‌های استفاده‌شده در این پژوهش بیش‌تر از حد نیاز گیاه رازیانه بوده و همین امر موجب کاهش تشکیل میوه در غلظت‌های بالای این عنصر باشد. هم‌چنان‌که در گیاه آنیسون به این نتیجه رسیده‌اند که محلول‌پاشی عنصر روی تا غلظت دو گرم در لیتر موجب افزایش تعداد میوه در بوته گردید ولی افزایش غلظت به بالاتر از دو گرم در لیتر تعداد میوه در بوته را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. دست‌یابی به نتیجه مذکور را به برهم‌خوردن تعادل عناصر غذایی و در نهایت کاهش عملکرد گیاه در اثر افزایش غلظت عنصر روی نسبت داده‌اند (Nateghi et al., 2015).

همان‌طور که نتایج نشان داد غلظت‌های مختلف آهن تأثیر معنی‌داری بر هیچ کدام از صفات اندازه‌گیری شده نداشت. در مطالعاتی تأثیرپذیری مثبت، برخی دیگر عدم تأثیرپذیری و حتی در مواردی تأثیرپذیری منفی محلول‌پاشی آهن را بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد

ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد کلات آهن و روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح شده

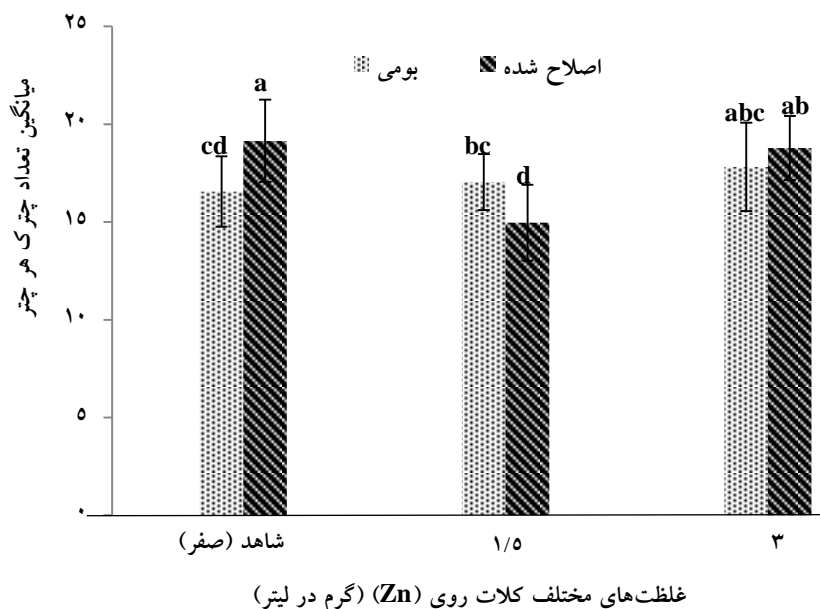
اصلاح شده (به ترتیب ۲۰/۷۵، ۶۴۵/۹ کیلوگرم در هکتار و ۲۹/۶۷ لیتر در هکتار) بود (شکل ۳).

در برخی موارد میزان عملکرد و تحمل تنش‌های زیستی و غیرزیستی توده‌های بومی بیش‌تر از ارقام اصلاح شده است. چراکه ارقام اصلاح شده لزوماً در تمام شرایط اقلیمی و ادافیکی پاسخ یکسانی از خود نشان نمی‌دهند. در پژوهشی تأثیر نوع توده (یکتا، وحشی و برزک) بر محتوای اسانس و پروتئین رازیانه بررسی شده و مشاهده کردند که نوع توده تأثیر معنی‌داری در محتوای اسانس و پروتئین این گیاه نداشت (Barzegar et al., 2013).

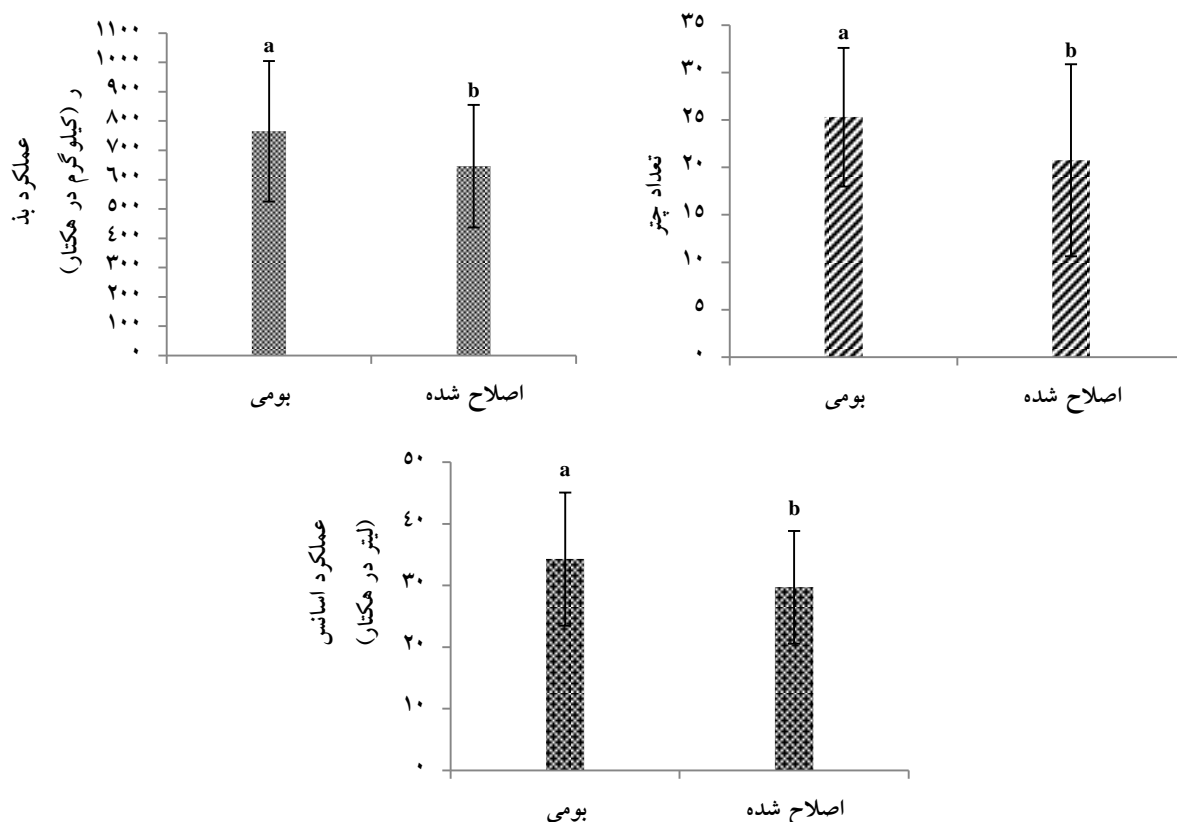
نتایج ارزیابی تأثیر سطوح مختلف شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی توده بومی و رقم اصلاح شده (آلمان) رازیانه نشان داد که شوری تأثیر منفی کم‌تری بر شاخص‌های جوانه‌زنی توده بومی داشت (Sharifi Ashoorabadi et al., 2007).

ترکیبات آروماتیکی و اسانس‌ها می‌گردد (El-Wahab & Mohamad, 2008). کربوهیدرات‌ها از پیش‌ماده‌های اسانس‌ها بوده و از آنجایی که آهن نقش مهمی در فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها دارد، لذا نقش آهن در سنتز اسانس‌ها اهمیت بالایی دارد (Misra et al., 2006).

تعداد چترک رازیانه بومی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کلات روی قرار نگرفت، ولی صفت مذکور در رازیانه اصلاح شده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کلات روی واقع شد، طوری که بیش‌ترین میانگین تعداد چترک رازیانه اصلاح شده (۱۹/۱۵) در تیمار صفر کلات روی و کم‌ترین تعداد چترک (۱۴/۹۶) متعلق به تیمار ۱/۵ گرم در لیتر کلات روی بود (شکل ۲). میانگین تعداد چترک، عملکرد بذر و عملکرد اسانس رازیانه بومی (به ترتیب ۲۵/۲۹، ۷۶۵/۲۶ کیلوگرم در هکتار و ۳۴/۲۷ لیتر در هکتار) بیش‌تر از میانگین این صفات در رازیانه



شکل ۲. مقایسه میانگین تعداد چترک رازیانه‌ی بومی و اصلاح شده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کلات روی (Zn). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۳. مقایسه میانگین تعداد چتر، عملکرد بذر و عملکرد اسانس رازیانه بومی و اصلاح شده تحت تأثیر اثر ساده نوع رقم

محتوای اسانس رازیانه نداشت ولی اغلب صفات مذکور تحت تأثیر معنی‌دار کلات روی قرار گرفتند. به نظر می‌رسد استفاده از کلات روی در کشت و کار رازیانه جهت بهبود خصوصیات عملکردی و محتوای اسانس رازیانه مفیدتر از کلات آهن باشد. رازیانه بومی در مقایسه با رازیانه اصلاح شده عملکرد و محتوای اسانس بیش‌تری تولید نمود که می‌تواند به دلیل سازگاری بیش‌تر آن با شرایط آب‌وهوایی ایران باشد. در مجموع می‌توان گفت که پاسخ ارقام اصلاح شده به شرایط محیطی و زراعی در مقایسه با توده‌های بومی لزوماً بهتر نبوده و ممکن است توده‌های بومی مطلوب‌تر تشخیص داده شوند.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

مقایسه ویژگی‌های جوانه‌زنی توده بومی و دو رقم گیاه دارویی گل گندم (Ball blue و Ball junge) تحت تنش شوری نشان داد که توده بومی از لحاظ شاخص‌های جوانه‌زنی تحت شرایط شوری حد واسط دو رقم مذکور بود (Farzaneh et al., 2011). در پژوهشی دیگر عملکرد، میزان اسانس و درصد کامازولن سه رقم بابونه (Persov، Bodgold و توده محلی شیراز) با هم مقایسه شده و مشاهده کردند که از لحاظ صفات مذکور، ارقام Persov و Bodgold برتر از توده‌ی محلی شیراز بودند (Farhoudi & Makezadeh Tafti, 2013).

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت‌های مورد استفاده کلات آهن تأثیر معنی‌داری بر صفات عملکردی و

۶. منابع

- Abdossi, V., & Kazemi, M. (2015). Effect of nano-iron chelate on chemical composition and antimicrobial properties of *Carum copticum* L. essential oil and its main terpenes from Iran. *Bangladesh Journal of Botany*, 44(4), 537-542. DOI:10.3329/bjb.v44i4.38567
- Ahmed, F.F., Darwish, O.H., Gobara, A.A., & Ali, A.H. (2002). Physiological studies on the effect of ascorbic and citric acids in combined with some micronutrients on "Flame Seedless" grape vines. *Journal of Agricultural Research and Development*, 22(1), 105-114.
- Akhtar, N., Sarker, A.M., Akhter, M.H., & Nada, M. (2009). Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. *Soil Science Journal*, 44(1), 125-130. DOI:10.3329/bjsir.v44i1.2721
- Babaeian, M., Esmaeilian, Y., Tavassoli, A., & Asgharzade, A. (2012). Efficacy of different iron, zinc and magnesium fertilizers on yield and yield components of barley. *African Journal of Microbiology Research*, 6(28), 5754-5756. DOI:10.5897/AJMR11.1638
- Badgujar, Sh.B., Patel, V.V., & Bandivdekar, A.H. (2014). *Foeniculum vulgare* Mill: A review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. *BioMed Research International*, 1-32. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/842674>. DOI:10.1155/2014/842674
- Bahmani, K., Izadi Darbandi, A., & Akbari, A. (2016). Development of drought tolerant synthetic cultivars of fennel and their assessment under normal and drought conditions at stage after flowering. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 24(1), 29-41. (In Persian). DOI:10.22092/ijrfpbgr.2016.106165
- Baloch, Q.B., Chachar, Q.I., & Tareen, M.N. (2008). Effect of foliar application of macro and micronutrients on production of green chilies (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural Technology*, 4(2), 177-184.
- Barzegar, M., Afshari, H., Borhan, N., Laei, Gh., & Zadehbagheri, M. (2013). The Effect of planting date and symbiotic Mycorrhiza fungi on physiological characteristics and active ingredients of three medicinal plants cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) endemic to Iran. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 1(2), 64-75. (In Persian)
- Brittenham, G.M. (1994). New advances in iron metabolism iron deficiency and iron overload. *Current Opinion in Hematology*, 1, 101-106.
- Bybordi, A., & Mamedov, G. (2010). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 21-30. DOI:10.15835/nsb213560
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., & Sefidkon, F. (2007). Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4), 276-292. (In Persian)
- Diao, W.R., Hu, Q.P., Zhang, H., & Xu, J.G. (2014). Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Food Control*, 35, 109-116. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.06.056
- El-Wahab, A., & Mohamad, A. (2008). Effect of some trace elements on growth, yield and chemical constituents of *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(6), 717-724.
- Fallah Moafi, S., Sharafi, Y., Rezaei, A., & Fotokian, M.H. (2017). Effects of zinc foliar spray on pollen tube growth in pistils of some apple cultivars crosses. *The Plant Production*, 40(3), 1-15. (In Persian). DOI:10.22055/ppd.2017.15498.1253
- Farhoudi, R., & Makezadeh Tafti, M. (2013). Evaluation of drought stress effect on growth, yield, essential oil and chamazulene percentage of three chamomile (*Matricaria recutita* L.) cultivars in Khuzestan condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(4), 735-741. (In Persian). DOI:10.22067/gsc.v10i4.20384
- Farzaneh, A., Ebadi, M.T., Nemati, S.H., & Arouiee, H. (2011). Evaluation of germination factors of two improved cultivars and one Iranian landrace of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) under salt stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(1), 161-172. (In Persian). DOI:10.22092/ijmapr.2011.6653
- Fazeli Kakhki, S.F., Nabati, J., Emami, M., & Alavikia, A. (2016). Evaluation morphological and yield components of cumin plant (*Cuminum cyminum* L.) to micro nutrients. *Journal of Plant Process and Function*, 5(17), 41-52. (In Persian)
- Hipps, N.A., & Davies, M.J. (2001). Effects of foliar

- zinc applications at different times in the growing season on tissue zinc concentrations, fruit set, yield and grade out of culinary 10 apple trees. *IV International Symposium on Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Crops*, 30 October, Penticton, Canada. DOI:10.17660/ActaHortic.2001.564.16
- Khorshidi, J., Fakhr Tabatabaei, M., Omidbaigi, R., & Sefidkon, F. (2009). Effect of densities of planting on yield and essential oil components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill var. soroksary). *Journal of Agricultural Science*, 1(1), 152-157. DOI:10.5539/jas.v1n1p152
- Khorshidi, J., Shokrpour, M., & Nazeri, V. (2019). Influence of some climatic and soil conditions on essential oil quantity and quality of different *Thymus daenensis* Celak subsp. *daenensis* ecotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(1), 13-23. (In Persian). DOI:10.22059/ijhs.2017.227727.1187
- Layeghhaghighi, M., Hassanpour Asil, M., & Abbaszadeh, B. (2016). Effect of nano chelated iron on essential oil percentage and essential oil compounds of *Rosa damascena* Mill. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(1), 138-147. (In Persian). DOI:10.22092/ijmapr.2016.106143
- Mahler, R.L., & Westermann, T. (2003). Essential plant micro nutrient. *Journal of Agriculture Research*, 71(3), 591-600.
- Malakouti, M. J., & Tehrani, M.M. (1999). *Effect of micronutrients application on yield and quality of agricultural products*. Tarbiat Modares University Press, Tehran. Iran. 300p. (In Persian)
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. London, England. 889p. DOI:10.1016/B978-0-12-473542-2.X5000-7
- Miller, G.W., Huang, L.J., Welkie, G.I.N., & Pushmik, J.C. (1995). *Iron nutrition in soils and plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherland. 401p. DOI:10.1007/978-94-011-0503-3
- Misra, A., & Sharma, S. (1991). Critical Zn concentration for essential oil yield and menthol concentration of Japanese mint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 29(3), 261-263. DOI:10.1007/BF01052394
- Misra, A., Dwivedi, S., Srivastava, A.K., Tewari, D.K., Khan, A., & Kumar, R. (2006). Low iron stress nutrition for evaluation of Fe-efficient genotype physiology, photosynthesis, and essential monoterpene oil(s) yield of *Ocimum sanctum*. *Photosyntetica*, 44(3), 474-477. DOI:10.1007/s11099-006-0054-1
- Misra, A., Srivastava, A.K., Srivastava, N.K., & Khan, A. (2005). Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments and biochemical changes in essential monoterpene oil(s) of *Pelargonium graveolens*. *Photosynthetica*, 43(1), 153-155. DOI:10.1007/s11099-005-3155-3
- Moghadam, E., Mahmoodi Sourestani, M., Farrokhian Firozi, A., Ramazani, Z., & Eskandari, F. (2015). The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil. *Journal of Crop Improvement*, 17(3), 595-606. (In Persian). DOI:10.22059/jci.2015.54372
- Moghimpour, Z., Mahmoodi Sourestani, M., Alemzadeh Ansari, N., & Ramezani, Z. (2015). The influence of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on morphological traits of holy basil (*Ocimum sanctum*). *Journal of Plant Production*, 38(3), 41-53. (In Persian). DOI:10.22055/ppd.2015.11446
- Moghimpour, Z., Mahmoodi Sourestani, M., Alemzadeh Ansari, N., & Ramezani, Z. (2017). The effect of foliar application of zinc on essential oil content and composition of holy basil (*Ocimum sanctum*) at first and second harvests. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(2), 449-458. DOI:10.1080/0972060X.2017.1284609
- Morady, S., Pouryoucef, M., & Andalibi, B. (2015). Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on yield, yield components, and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(5), 753-762. (In Persian). DOI:10.22092/ijmapr.2015.103612
- Nahed, G.A., & Balbaa, L.K. (2007). Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea*. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(11), 1479-1481.
- Najafivafa, Z., Falahi, N., Zare, M., Nadi Bohlooli, S., & Sirousmehr, A. (2015). The effects of different levels of using zinc nano chelated fertilizers and humic acid on growth parameters and on some quality and quantity characteristics of medicinal plants of savory. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4(6), 56-67.
- Nateghi, Sh., Pirzad, A., & Darvishzadeh, R. (2015). Effect of fe and zn micro nutrients on yield and yield components of *Pimpinella anisum* L.

- Journal of Horticulture Science*, 29(1), 37-46. (In Persian). DOI:10.22067/jhorts4.v0i0.48438
- Nemati Lafmejani, Z., Ashraf Jafari, A., Moradi, P., & Ladan Moghadam, A. (2018). Impact of foliar application of copper sulphate and copper nanoparticles on some morpho-physiological traits and essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Herba Polonica Journal*, 64(2), 13-24. DOI:10.2478/hepo-2018-0006
- Nobahar, A., Mostafavi Rad, M., & Ghazi Pirkouhi, M. (2014). Effect of planting pattern and plant density on quantitative and qualitative yield in two basil (*Ocimum basilicum* L.) medicinal plants. *Journal of Crop Production*, 7(1), 63-77. (In Persian).
- Omidbaigi, R. (2005). *Production and processing of medicinal plants*. Astan Quds Razavi Press. Mashhad, Iran. 438p. (In Persian).
- Pandey, N., Pathak, G.C., & Sharma, C.P. (2006). Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 1(20), 89-96. DOI:10.1016/j.jtemb.2005.09.006
- Peyvandi, M., Parandeh, H., & Mirza, M. (2015). Comparison of nano Fe and Fe chelate fertilizers on the quality and the quantity of *Ocimum basilicum* L. essential oil. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2), 185-193. (In Persian). DOI:10.22092/ijmapr.2015.101458
- Pirzad, A.R., Tousi, P., & Darvishzadeh, R. (2013). Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(1), 12-23. (In Persian).
- Rahmati, M., Azizi, M., Ebadi, M.T., & Hasanzadeh Khayyat, M. (2010). Study on the effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazulene contents of chamomile (*Matricaria recutita* cv. Germania (diploid)) flowers. *Journal of Horticulture Science*, 24(1), 29-37. (In Persian). DOI:10.22067/jhorts4.v1389i1.3641
- Robson, A.D. (1993). *Zinc in soils and plants*. Springer. Dordrecht, Netherland. 208p. DOI:10.1007/978-94-011-0878-2
- Said Al-Ahl, H., & Mahmoud, A. (2010). Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum*) under salt stress. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(1), 97-111.
- Sharifi Ashoorabadi, E., Mohebbi, H.R., Maleki, J., & Monem, R. (2007). The study of the effects of salinity on germination of introduced and native seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in different conditions. *Plant and Ecosystem*, 3(10), 71-85. (In Persian).
- Singh, G., Maurya, S., De Lampasona, M.P., & Catalan, C. (2006). Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. *Food Control*, 17, 745-752. DOI:10.1016/j.foodcont.2005.03.010
- Srivastava, N.K., Misra, A., & Sharma, S. (1997). Effect of zinc deficiency on net photosynthetic rate, 14C partition, and oil accumulation in leaves of peppermint. *Photosynthetica*, 33(1), 71-79. DOI:10.1023/A:1022127305883
- Tabatabaeian, J., Bakhshande, M., & Gharine, M. (2009). *The effect of different levels of zinc sulfate on yield and yield component of three wheat cultivars under water deficit conditions*. Ph.D. Thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University. Iran. (In Persian).
- Tuna, A. L., Burun, B., Yokas, I., & Coban, E. (2002). The effects of heavy metals on pollen germination and pollen tube length in the tobacco plant. *Turkish Journal of Biology*, 26(2), 109-113.
- Yadegari, M. (2015). Foliar application of micronutrients on essential oils of borago, thyme and marigold. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(4), 949-964. DOI:10.4067/S0718-95162015005000066