The effect of different levels of phosphorus and zinc spraying on growth properties, oil content and biochemical characteristics of *Securigera securidaca*

Saeideh Mohtashami[1*], Hossein Gholami[2], Askar Ghani[3], Mojahed Kamalizadeh[4]

1 - *Assistant Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, PO BOX 74135-111, Jahrom, Iran. Orcid Id: 0000-0001-6744-9716

2- Former MSc student of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. Orcid Id: 0000-0001-8338-393X

3 - Associate Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, PO BOX 74135-111, Jahrom, Iran. Orcid Id: 0000-0002-0691-4351

4 - Assistant Professor of Plant Breeding, Department of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture, Jahrom University, PO BOX 74135-111, Jahrom, Iran. Orcid Id: 0000-0002-0691-4351

*Corresponding author, E-mail: < mohtashamis@yahoo.com

Introduction

Optimum nutrition of plants and reducing the effect of lack of important nutrients is one of the most effective factors on the production of all plants; so, it is one of the main pillars in improving the quantitative and qualitative attributes of the product. In order to achieve optimal yield with proper nutrition of the plant, each element must be provided to the plant sufficiently, and there must also be a balance between the absorbable amounts of elements in the soil. *Securigera securidaca* is one of the medicinal plants belonging to the Fabaceae family. There are many records about the traditional use of this plant and its seeds. Its seeds have antiparasitic, anticonvulsant, antihypertensive, antiulcer, analgesic, antioxidant, antiviral, antitumor and hypoglycemic effects have been reviewed. Considering the climatic conditions of Iran and its high potential in the production of medicinal plants and its economic justification,; it is very necessary to pay attention to the nutrition of medicinal plants due to their different growth conditions with other crops and its effect on their growth and effective substances.

Materials and methods

In this research, in order to evaluate the response of the Hatchet vetch plant (*Securigera securidaca*) to different levels of phosphorus and zinc foliar application, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with two factors and three replications. The treatments include four levels of phosphorus (0, 50, 100 and 150 kg/h) and three levels of zinc foliar application during the flowering period (no foliar application as a control, foliar application: each two weeks once and once a week). Zinc foliar spraying was done with a concentration of 4 g per liter during before flowering to the formation of the pods (about one month), which was done twice and four times for the two-weekly and once-a-week treatments, respectively. This research was carried out in Mohammad Abad area of Jahrom city located in Fars province. The most important indicators of growth and yield were measured including: shoot number, length of main stem, number of pods per plant, number of seeds per pod, pod length and seed yield. Also, the most important biochemical characteristics of seed extract (flavon and flavonol, total flavonoid, total phenolic compounds, tannin content and antioxidant activity), oil percentage and seed oil yield were also measured.

Results and discussion

Based on the results obtained from the variance analysis of the data, the effect of phosphorus and zinc on all measured traits was significant except for the number of seeds in pods and pod length. The results showed that the application of phosphorus alone was more effective than the combined application of phosphorus and zinc in increasing the number of stems, main stem length, seed yield, oil yield, the amount of flavonoids and antioxidant activity of Hatchet vetch plant seeds. The application of 50 kg of phosphorus increased the number of stems, the length of the main stem, the number of pods per plant, the yield of seeds, amount of phenolic compounds and oil yield of seed. While the use of 100 kg of phosphorus without the use of zinc was more effective in increasing the amount of flavonoid and antioxidant activity. However, the application of zinc was effective in increasing phenolic compounds, tannin content, oil percentage and seed yield. The interaction effect of the treatments showed that the highest seed yield (61.03 g/m^2) was related to 50 kg of phosphorus without zinc foliar spraying, while the lowest amount (32.01 g) was observed in 50 kg of phosphorus and zinc solution once a week treatment. The highest amount of total flavonoid (3.58 mg/g dry weight) was found in the treatment of 100 kg of phosphorus without the application of zinc. While the lowest amount (1.11 and 1.24 mg) was observed in treatments without phosphorus (spraying zinc solution once every two weeks and once a week), respectively. In the treatments of 100 and 150 kg of phosphorus, increasing the frequency of zinc foliar spraying has reduced the amount of phenolic compounds in the seeds of this plant. Although this decrease is not significant statistically. Also, in the control, 50 and 150 kg of phosphorus treatments, increasing the frequency of zinc foliar spraying had no effect on the change of its antioxidant activity, while in the treatment of 100 kg of phosphorus fertilizer, increasing the frequency of zinc foliar spraying decreased the antioxidant activity of the seed extract of this plant.

Conclusion

In general, according to the conditions in this research, despite the differences that were seen in the measured traits in response to the amounts of phosphorus and zinc, the concentration of 50 kg of phosphorus and foliar spraying of zinc once every two weeks, in most of the traits were satisfactory compared to other treatments.

Keywords: Antioxidant activity, Bontalkhe, Oil, Phenolic compounds, Seed

تاثیر سطوح مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر ویژگی‌های رشد، میزان روغن و فاکتورهای بیوشیمیایی گیاه دارویی عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)

سعیده محتشمی[1*]، حسین غلامی[2]، عسکر غنی[3] و مجاهد کمالی‌زاده[4]

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر ویژگی‌های رشد، میزان روغن و فاکتورهای بیوشیمیایی گیاه دارویی عدس‌الملک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح محلول‌پاشی روی در دوره گلدهی (بدون محلول‌پاشی به عنوان شاهد، محلول‌پاشی با غلظت چهار گرم در لیتر: دو هفته یکبار و هفته‌ای یکبار) بودند. مهم‌ترین شاخصه‌های رشد و عملکرد شامل: تعداد ساقه، طول ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در هر غلاف، طول غلاف و عملکرد بذر اندازه‌گیری شد. همچنین مهم‌ترین ویژگی‌های بیوشیمیایی عصاره بذر (فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، ترکیبات فنلی کل، میزان تانن و فعالیت آنتی‌اکسیدانی)، درصد روغن و عملکرد روغن بذر نیز مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد فسفر به تنهایی در افزایش تعداد ساقه، طول ساقه اصلی، عملکرد بذر، عملکرد روغن، میزان فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بذر عدس الملک موثرتر از کاربرد تلفیقی فسفر و روی بود. کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی دو هفته یکبار موجب افزایش تعداد ساقه، طول ساقه اصلی، تعداد غلاف در هر بوته، عملکرد بذر، میزان ترکیبات فنلی و عملکرد روغن شد. در حالی که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی، در افزایش میزان فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی موثرتر بود. با این حال کاربرد روی در افزایش ترکیبات فنلی، میزان تانن، درصد روغن و عملکرد بذر موثر بود. به‌طور کلی با توجه به شرایط موجود در این تحقیق، علیرغم تفاوت‌هایی که در صفات اندازه‌گیری شده در پاسخ به مقادیر فسفر و روی دیده شد، غلظت ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی دو هفته یکبار روی، در بیشتر صفات نتایج رضایت بخشی نسبت به سایر تیمارها داشت.

واژه‌های کلیدی: بن‌تلخه، ترکیبات فنلی، بذر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، روغن

مقدمه

خانواده بقولات (Fabaceae) به عنوان دومین خانواده بزرگ گیاهان دارویی شناخته می‌شود که بیشتر آن‌ها به عنوان داروهای سنتی برای بیماری‌های التهابی مختلف در مناطق مختلف جهان مانند چین، ژاپن، ایران و هند مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از گونه‌های این خانواده علاوه بر استفاده سنتی در طب عامیانه، دارای خواص فیتوشیمیایی مهمی هستند که باعث شده است به‌طور گسترده‌ای به عنوان اجزای اصلی فرآورده‌های دارویی مورد توجه قرار گیرند. در منابع مختلف و زبان‌های محلی با نام‌های عدس‌الملک، ماشک پشت بشقابی، نیام ساتوری، ماشک ساتوری یا بن‌تلخه شناخته می‌شود. عدس الملک با نام علمی (*Securigera securidaca*) یکی از گیاهان دارویی است که به طور گسترده در اروپا، استرالیا و آسیا پراکنش دارد و در ایران

نیز یافت می‌شود و در سالهای اخیر به طور ویژه‌ای مورد توجه و کشت و کار قرار گرفته است (Jamshidzadeh *et al.*, 2018; Mozaffarian, 2003). سوابق متعددی در مورد کاربرد سنتی این گیاه و بذرهایش وجود دارد. پزشکان محلی و طب سنتی استفاده از این بذر را که گنده تلخه نیز می‌نامند، برای درمان فشار خون بالا، کلسترول خون، بهبود زخم، رفلاکس معده، مالاریا، قند خون و برخی بیماری‌های التهابی توصیه کرده‌اند (Behbahani *et al.*, 2013). اسناد قابل توجهی در مورد ارزیابی اثرات دارویی مختلف بذر عدس‌الملک وجود دارد. این بذرها دارای اثرات ضد انگل (Ancolio *et al.*, 2002)، ضد فشار خون و آنتی‌اکسیدان (Garjani *et al.*, 2009)، ضد زخم (Mard *et al.*, 2008)، ضد درد (Shahidi and Pahlevani, 2013)، ضد ویروس (Behbahani *et al.*, 2013)، ضد تومور (Tofighi *et al.*, 2014) و اثرات کاهش‌دهنده قند خون (Minaiyan *et al.*, 2003) می‌باشند. تحقیقات پیشین نشان داده است که عصاره بذر این گیاه، بسیار غنی از فلاونوئید است. علاوه بر این، هیدروکسی کومارین‌ها، فلاون‌ها، تانن‌ها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و کاردنولیدها نیز از عصاره‌های آبی یا اتانولی این گیاه گزارش شده است (Komissarenko and Kovalev, 1987). اخیراً اسیدهای آمینه‌ای مانند آلانین، آرژنین، آسپاراژین، آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، تیروزین و والین در بذرهای آن شناسایی شده است (Sadat-Ebrahimi *et al.*, 2014).

تغذیه مطلوب گیاهان و کاهش اثر کمبود عناصر غذایی مهم، یکی از عوامل بسیار موثر بر تولید همه گیاهان به شمار می‌رود؛ به‌طوری که یکی از ارکان اصلی در ارتقای صفات کمی و کیفی محصول می‌باشد. به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب با تغذیه صحیح گیاه، اولا هر عنصری باید به حد کفایت در اختیار گیاه قرار بگیرد، ثانیا باید بین مقادیر قابل جذب عناصر در خاک توازن برقرار باشد (Mrschner, 2011). فسفر یکی از عناصر مغذی مهم می‌باشد که پس از نیتروژن پر اهمیت‌ترین عنصر در تغذیه گیاهان است (Hammond *et al.*, 2004). فسفر یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است که به دلیل حضور در ساختمان آدنوزین-تری‌فسفات (ATP) نقش زیادی در متابولیسم و رشد گیاه دارد. به دلیل تثبیت توسط یون‌های معدنی نظیر آهن و آلومینیوم در خاک‌های اسیدی و کلسیم و منیزیم در خاک‌های قلیایی، قابلیت جذب آن توسط گیاه به شدت کاهش می‌یابد. کمبود فسفر یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در اغلب خاک‌ها است که این کمبود ناشی از رسوب، تبادل و تغییر شکل فسفر است. به دلیل آهکی بودن خاک‌های اکثر مناطق ایران جذب بسیاری از عناصر غذایی از جمله فسفر با محدودیت روبه‌رو است. از سوی دیگر به دلیل بالا بودن pH این خاک‌ها، تثبیت و تغییر شکل فسفر و اشکال قابل جذب فسفر برای گیاهان کاهش می‌یابد (Kharazmi *et al.*, 2023). به دلیل نقش‌های متعددی که فسفر در متابولیسم گیاهان دارد، کمبود آن موجب کاهش بسیاری از فرایندهای متابولیسمی مانند تقسیم و رشد سلول، فتوسنتز و تنفس می‌شود. در اثر کمبود فسفر رشد بخش‌های هوایی و ریشه گیاهان کند و برگ‌ها کوتاه، نازک و باریک می‌شود. همچنین جلوگیری از رشد سلول برگ، به‌ویژه در هنگام روز، که به علت کاهش میزان هدایت آب در ریشه گیاهان مشاهده می‌شود، در اثر کمبود فسفر رخ می‌دهد (Ticconi and Abel, 2004).

عنصر روی نیز در مقدار کم به عنوان یک ریز مغذی برای رشد مطلوب گیاه در تشکیل و فعالیت هورمون‌های رشد، طویل شدن فاصله گره‌ها، تشکیل کلروپلاست، احیای مواد، سنتزنوکلئوتیدها، تنظیم آب گیاه و نشاسته دانه غلات نقش دارد. روی به عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور برخی آنزیم‌های حیاتی گیاه از جمله کربونیک انیدرازها، دهیدروژنازها، آلکالین فسفاتازها، فسفولیپازها و RNA پلیمرازها در متابولیسم قندها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک، فتوسنتز گیاه و بیوسنتز اکسین به عنوان یک هورمون محرک رشد ایفای نقش می‌کند. درحالی‌که همین عنصر در غلظت‌های بالا به عنوان یک فلز سنگین، موجب اختلالات متابولیکی و در نهایت بازدارندگی رشد در اکثر گونه‌های گیاهی می‌شود (Zare Dehabadi and Asrar, 2009). کمبود روی مهم‌ترین مشکل گیاهان سراسر دنیا از نظر مواد غذایی ریزمغذی به خصوص در کشورهایی که خاک‌های آن‌ها دارای روی قابل دسترس کمی هستند، می‌باشند (Alloway, 2008).کمبود این عنصر، تشکیل دانه و قدرت حیات آن را کاهش می‌دهد. آسیب به ساختمان گرده و تشکیل میوه حتی تا زمانی که گیاهان در زمان گلدهی از دریافت روی محروم شوند نیز مشاهده می‌شود، اما این میزان کمتر از حالتی که گیاهان از ابتدا عنصر روی کمتر دریافت می‌کنند، می‌باشد. رفع کمبود روی در شروع گلدهی، شدت اثرات کمبود روی را بر باروری دانه گرده و تولید دانه کاهش می‌دهد و باعث افزایش تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و قدرت حیات بذر می‌شود (Pandey *et al.*, 2006). در پژوهشی دیگر، با مطالعه تغییرات رشد، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و مقدار

پروتئین با کاربرد عنصر روی در گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus*) تحت تنش شوری، به این نتیجه رسیدند که کاربرد سولفات روی ارتفاع بخش هوایی، عمق ریشه، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی را در همه تیمارهای شوری بهبود می‌بخشد و عنصر روی می‌تواند به‌عنوان پاک‌کننده گونه‌های اکسیژنی واکنش‌گر به‌منظور کاهش آسیب غشاهای زیستی تحت تنش شوری عمل کند (Askari *et al.*, 2015).

با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی کشور و پتانسیل بالای آن در تولید گیاهان دارویی و توجیه اقتصادی آن، توجه به تغذیه گیاهان دارویی با توجه به شرایط رشد متفاوت آن‌ها با سایر گیاهان زراعی و تاثیر آن بر رشد و مواد موثره آن‌ها بسیار ضروری است. با توجه به توسعه کشت گیاه دارویی عدس الملک به طور ویژه در جنوب استان فارس (شهرستان جهرم) و افزایش کاربرد آن جهت مصارف دارویی و همچنین تاثیر مثبت عناصر فسفر و روی بر رشد این گیاه، پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر این عناصر بر رشد و شاخصه‌های عملکرد این گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی پاسخ گیاه دارویی عدس الملک به سطوح مختلف فسفر و روی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در فضای باز انجام شد. فاکتور اول شامل ۴ سطح فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل دارای ۴۶ درصد فسفر به شکل P_2O_5) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی عنصر روی (محلول روی دارای ۸ درصد عنصر روی به صورت کلات EDTA) در دوره گلدهی در سه سطح (بدون محلول‌پاشی به عنوان شاهد، محلول‌پاشی با غلظت چهار میلی‌گرم در لیتر دو هفته یکبار و محلول‌پاشی با غلظت چهار گرم در لیتر هفته‌ای یکبار) بود. در مجموع تعداد ۳۶ کرت آزمایشی (با ابعاد ۱/۵*۱/۵ متر) مورد استفاده قرار گرفت. کود فسفر به صورت کود زیر در زمان کشت بذرها به زمین اضافه شد و در محدوده عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. محلول‌پاشی روی از زمان قبل از گلدهی تا زمان تشکیل غلاف بوته‌ها (حدود یکماه) انجام شد که برای تیمارهای دوهفته یکبار و هفته‌ای یکبار به ترتیب دو و چهار مرتبه انجام شد. این پژوهش در منطقه محمد آباد شهرستان جهرم واقع در استان فارس (۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی، ۱۰۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا) به اجرا درآمد. ویژگی‌های کمی و کیفی خاک منطقه مورد کشت در جدول ۱ ارائه شده است. بذر مورد استفاده، بذر محلی جهرم بود و کشت گیاهان به صورت بهاره در نیمه دوم فروردین انجام شد. در طی رشد گیاهان، انجام عملیات داشت مانند مبارزه با علفهای هرز، آبیاری و غیره برای کلیه تیمارها به صورت یکسان صورت گرفت. برداشت بوته‌ها در مرحله رسیدگی نیام‌ها (قهوه‌ای شدن رنگ آنها) که مصادف با نیمه اول تیرماه بود انجام شد. در هر کرت ۱۲ بوته انتخاب شدند (هر کدام به عنوان یک قرائت) و مهم‌ترین شاخصه‌های رشد و عملکرد شامل: تعداد ساقه، طول ساقه، تعداد کل غلاف در هر بوته، تعداد بذر در هر غلاف، طول غلاف و عملکرد بذر اندازه‌گیری شد. پس از برداشت، غلافهای بوته‌ها به دقت به صورت جداگانه برداشت و در دمای محیط خشک گردید و تمیز کردن و جداسازی بذرها به صورت دستی انجام شد. با توجه به اینکه از بذر این گیاه به عنوان بخش مهم دارویی استفاده می‌گردد مهمترین ویژگی‌های بیوشیمیایی عصاره بذر (فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، ترکیبات فنلی کل، میزان تانن و فعالیت آنتی‌اکسیدانی)، درصد روغن و عملکرد روغن بذر نیز مورد سنجش قرار گرفت.

به منظور اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی بذر، عصاره‌گیری از نمونه‌های بذر با استفاده از حلال متانولی ۷۰ درصد به نسبت ۵ به ۱ (حجمی– وزنی) به روش خیساندن[1] انجام شد (Wojdylo *et al.*, 2007). برای تمامی تیمارها میزان ۵ گرم نمونه بذر،کاملا آسیاب گردید و به لوله فالکون انتقال یافت و سپس میزان ۲۵ میلی‌لیتر حلال به آنها اضافه شد و مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دور ۲۰۰ دور در دقیقه (rpm) قرار داده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیق سانتریفیوژ شدند و قسمت روشناور صاف گردید و به عنوان عصاره جهت انجام آزمایش‌های بعدی در دمای ۲۰– درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میزان فلاون و فلاونول به روش Popova و همکاران (2004) با اندکی تغییر (در صورت نیاز رقیق‌سازی) اندازه‌گیری شد و نتایج به

[1] - Maceration

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و برخی عناصر غذایی موجود در خاک مورد کشت گیاه عدس‌الملک

Table 1. Physicochemical characteristics and some nutritional elements in the soil cultivated with Hatchet vetch plant

اسیدیته Soil pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	رطوبت اشباع خاک Saturated soil moisture (%)	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل استفاده P (mg/kg)	پتاسیم قابل استفاده K (mg/kg)
7.93	0.66	29.44	0.60	5.13	144.86
شن Sand (%)	**سیلت Silt (%)**	**رس Clay (%)**	**بافت خاک Soil texture**	**مواد آلی OM (%)**	**کربنات کلسیم معادل $CaCO_3$**
47	41	12	loam	0.60	73

صورت میلی‌گرم اکی‌والانت کوئرستین در گرم وزن خشک بیان شد (Popova *et al.*, 2004). اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل با استفاده از معرف کلرید آلومینیوم انجام شد و نتایج بر اساس میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن خشک بیان شد (Menichini *et al.*, 2008). محاسبه میزان تانن موجود در عصاره بذرها بر اساس روش اسیدکلریدریک–وانیلین در طول موج ۵۰۰ نانومتر انجام شد و از ترکیب کاتکین[1] به عنوان استاندارد استفاده شد (Broadhurst and Jones, 1978). ترکیبات فنلی کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتئو[2] در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و گالیک اسید به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت (Wojdylo *et al.*, 2007). اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها بر اساس آزمون DPPH[3] با اعمال تغییرات جزئی بر اساس روش Oke و همکاران (2009) انجام شد.

روغن‌گیری از بذور با استفاده از دستگاه سوکسله[4] و حلال نرمال–هگزان انجام شد. محاسبه درصد روغن بر اساس وزن خشک بذرها به صورت وزنی–وزنی بود. عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد بذر در متر مربع (گرم روغن در متر مربع) برای هر تیمار محاسبه شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار جامپ (JMP) نسخه ۸ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی (Tukey) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، تاثیر فسفر و روی بر همه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز تعداد بذر در غلاف و طول غلاف معنی‌دار بود (جدول ۲) که نتایج آن به شرح ذیل می‌باشد:

تعداد ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار اثر متقابل فسفر و روی بر تعداد ساقه بود. در حالی که اثر ساده فسفر و محلول‌پاشی روی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین تعداد ساقه (۷/۲۷) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی و بعد از آن (۶/۷۳) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی دو هفته یکبار روی، مشاهده شد. در حالی که کمترین تعداد ساقه (۵/۲۰) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی یافت شد که با سایر تیمارها در یک گروه قرار داشت (جدول ۳).

طول ساقه اصلی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده و متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر ساده فسفر، بیشترین طول ساقه (۳۷/۱۲ سانتی‌متر) در تیمار ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم فسفر اندازه‌گیری شد و کمترین طول ساقه (۳۴/۱۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم بود. همچنین در بررسی اثر ساده محلول‌پاشی روی بر طول ساقه، بیشترین میزان

[1] - Catechin
[2] -Folin Ciocalteu Sigma-Aldrich
[3] -2,2-diphenylpicrylhydrazyl, Sigma, Aldrich
[4] - Soxhlet

نسخه پیش انتشار

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) تاثیر سطوح مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر شاخص‌های رشد و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه عدس‌الملک

Table 2. Analysis of variance (mean squares) of the effect of different phosphor content and zinc foliar application on growth and yield characteristics of Hatchet vetch plant (*Securigera securidaca*)

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	تعداد ساقه Shoot number	طول ساقه Shoot length	تعداد غلاف Pod number	طول غلاف Pod length	تعداد بذر در غلاف Number of seed per pod	عملکرد بذر Seed yield
بلوک Block	2	0.21	3.70	211.69	0.56	0.95	52.76
فسفر Phosphor	3	0.08ns	17.62*	836.32**	0.15ns	0.22ns	235.48**
روی Zinc	2	0.50ns	26.35**	1024.03**	0.27ns	0.44ns	137.43*
فسفر*روی Phosphor*Zink	6	2.17**	81.37**	3130.59**	0.39ns	1.34ns	523.72**

منبع تغییرات Source of variance	فلاون و فلاونول Flavone and flavonol	فلاونوئید کل Total flavonoid	فنل کل Total phenol	میزان تانن Tannin content	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Block	0.01	0.08	5.19	0.59	2.78	0.19	0.11
فسفر Phosphor	2.05**	2.01**	28.82**	5.44**	106.50**	2.91**	0.67**
روی Zinc	0.44**	1.25**	2.68ns	1.38ns	52.54**	0.30ns	0.21ns
فسفر*روی Phosphor*Zink	0.42**	1.63**	28.04**	4.65**	53.13**	1.89**	1.23**

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

*, ** ns: Significant at 5% and 1% probability level and no significant, respectively.

(۳۷/۵۰ سانتی‌متر) و کمترین میزان (۳۴/۵۴ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمارهای صفر و محلول‌پاشی هفته‌ای یک‌بار روی، مشاهده شد (نتایج مربوط به اثرات ساده گزارش نشده است). بدون در نظر گرفتن اثر ساده تیمارها، بیشترین طول ساقه (۴۲/۱۵ سانتی‌متر) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی اندازه‌گیری شد که با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی در یک گروه قرار داشتند و کمترین طول ساقه (۲۹/۷۸ سانتی‌متر) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر با کاربرد هفته‌ای یکبار روی، مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل روی و فسفر بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۰۷/۲۵) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و کمترین تعداد (۸۴/۴۰) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر مشاهده شد. در بررسی اثر ساده محلول‌پاشی روی، بیشترین تعداد غلاف (۱۰۲/۶۴) در تیمار دو هفته یک‌بار و کمترین میزان (۸۴/۳۱) در تیمار هفته‌ای یک‌بار یافت شد. در بررسی اثرات متقابل فسفر و محلول‌پاشی روی، بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۴۹/۸۸) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی دو هفته یک‌بار روی، اندازه‌گیری شد. در حالی که کمترین میزان (۵۹/۳۲) مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی بود (جدول ۳).

طول غلاف و تعداد بذر در غلاف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده و متقابل تیمارها بر این صفات معنی‌دار نگردید.

عملکرد بذر

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده و متقابل تیمارها بر عملکرد بذر معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر ساده فسفر، بیشترین و کمترین عملکرد بذر (۴۹/۹۲ و ۳۷/۶۳ گرم در متر مربع) به ترتیب در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و شاهد مشاهده شد. همچنین در بررسی اثر ساده محلول‌پاشی روی، بیشترین و کمترین عملکرد بذر (۴۷/۱۴ و ۴۰/۳۹ گرم) به ترتیب در تیمارهای شاهد و کاربرد دو هفته یک‌بار محلول‌پاشی روی، اندازه‌گیری شد. اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد بذر (۶۱/۰۳

گرم در متر مربع) مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون محلول‌پاشی روی بود که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی و تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد دو هفته یک‌بار روی، در یک گروه قرار داشتند. در حالی که کمترین میزان (۳۲/۰۱ گرم) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی هفته‌ای یک‌بار روی، مشاهده شد (شکل ۱). لازم به ذکر است که بین این تیمار و تیمارهای بدون فسفر (بدون محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی دو هفته یکبار)، فسفر ۱۰۰ کیلوگرم (بدون محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی دو هفته یکبار) و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر (محلول‌پاشی هفته‌ای یکبار و محلول‌پاشی دو هفته یکبار روی) اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل ۱).

فلاون‌ها و فلاونول‌ها

نتایج نشان‌دهنده اثرات معنی‌دار ساده و متقابل تیمارها بر این صفت بود (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین میزان فلاون‌ها و فلاونول‌ها (۱/۱۹ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۰/۱۳ میلی‌گرم) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر مشاهده شد. به‌طور کلی با افزایش کاربرد فسفر میزان فلاون‌ها و فلاونول‌ها کاهش یافت. در حالی که در بررسی اثر ساده محلول‌پاشی، مشاهده می‌گردد که بیشترین میزان این ترکیب (۰/۸۴ میلی‌گرم) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۰/۴۹ میلی‌گرم) در تیمار محلول‌پاشی هفته‌ای یک‌بار روی مشاهده شد (نتایج اثرات ساده آورده نشده است). در بررسی اثرات متقابل فسفر و روی، بیشترین میزان (۱/۹۳ میلی‌گرم) در تیمار شاهد (عدم کاربرد فسفر و روی) و کمترین میزان (۰/۰۵ میلی‌گرم) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی مشاهده شد که با برخی تیمارها در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴).

نسخه پیش انتشار

جدول ۳ ـ مقایسه میانگین، اثرات متقابل سطوح مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر برخی شاخصه‌های رشد گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)

Table 4- Mean comparison of interaction effect of different phosphorus level and zinc spraying on some growth properties of Hatchet vetch plant (*Securigera securidaca*)

محلول‌پاشی روی Zn spraying / میزان فسفر Phosphor content	تعداد ساقه Shoot number			طول ساقه اصلی (سانتی‌متر) Length of main shoot (cm)			تعداد غلاف در هر بوته Pod number per plant		
	بدون محلول‌پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	هفته‌ای یکبار Spraying once a week	بدون محلول‌پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	هفته‌ای یکبار Spraying once a week	بدون محلول‌پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	هفته‌ای یکبار Spraying once a week
۰ کیلوگرم 0 Kg	5.33bc	6.20abc	6.53abc	35.29b-e	33.01de	35.90abc	66.75de	106.41bc	98.90bcd
۵۰ کیلوگرم 50 Kg	5.93abc	6.73ab	5.27bc	42.15a	39.13a-d	29.78e	112.57ab	149.88a	59.32e
۱۰۰ کیلوگرم 100 Kg	5.20c	6.60abc	6.37abc	31.27e	32.23e	39.83abc	88.70b-e	81.00b-e	113.18ab
۱۵۰ کیلوگرم 150 Kg	7.27a	5.67bc	5.67bc	41.30ab	34.79cde	35.28b-e	114.07ab	73.27cd	65.86de

حروف متفاوت در هر ستون و در ردیف در رابطه با هر صفت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین مقادیر با توجه به آزمون توکی (P<0.01) هستند.

Means followed by the different letters in each column and row in relation each factor are significantly different at 5% probability level using HSD test

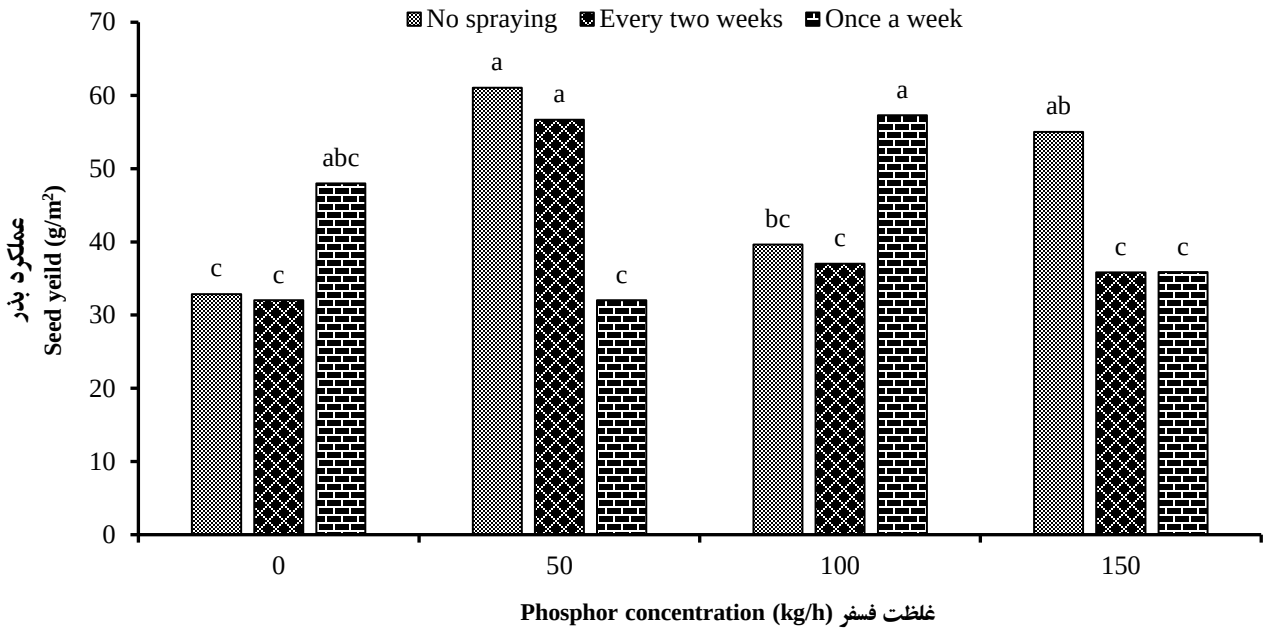
جدول ٤ ـ تاثیر سطوح مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی بذر گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)

Table 5- The effect of different phosphorus concentration and zinc spraying on some biochemical factors of Hatchet vetch plant (*Securigera securidaca*) seed

محلول‌پاشی روی Zn spraying / میزان فسفر Phosphor content	فلاون و فلاونول Flavone and flavonol (mg quercetin/g dry weight)			فلاونوئید کل Total flavonoid (mg quercetin/g dry weight)			میزان تانن Tannin content (mg catechin/g dry weight)		
	بدون محلول‌پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	هفته‌ای یکبار Spraying once a week	بدون محلول‌پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	هفته‌ای یکبار Spraying once a week	بدون محلول‌پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	هفته‌ای یکبار Spraying once a week
۰ کیلوگرم 0 Kg	1.93a	0.76b	0.89b	2.79ab	1.11e	1.24e	8.89abc	7.76bcd	10.52a
۵۰ کیلوگرم 50 Kg	0.65bc	0.84b	0.96b	1.84cde	2.93ab	2.83ab	6.91cd	7.18bcd	8.62a-d
۱۰۰ کیلوگرم 100 Kg	0.73b	0.25d	0.05d	3.58a	2.46bcd	2.46bcd	9.23ab	9.02ab	6.61d
۱۵۰ کیلوگرم 150 Kg	0.05d	0.26cd	0.07d	2.49bc	2.81ab	1.59de	7.55bcd	6.79cd	7.66bcd

حروف متفاوت در هر ستون و در ردیف در رابطه با هر صفت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین مقادیر با توجه به آزمون توکی (P<0.01) هستند.

Means followed by the different letters in each column and row in relation each factor are significantly different at 5% probability level using HSD test



شکل ۱- اثر متقابل مقادیر مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر عملکرد بذر گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)

Figure 1. Interaction effect of different phosphorus level and zinc spraying on some properties of Hatchet vetch plant seed (*Securigera securidaca*)

میزان فلاونوئید کل

نتایج تجزیه واریانس، بیانگر معنی‌دار بودن اثرات ساده و متقابل فسفر و روی بر میزان فلاونوئید کل عصاره بذر گیاه عدس الملک بود (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین میزان فلاونوئید (۲/۸۳ میلی‌گرم) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و کمترین میزان (۱/۷۱ میلی‌گرم) در تیمار شاهد یافت شد. نتایج نشان داد که با افزایش کاربرد فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم میزان فلاونوئیدها افزایش و سپس تا حدودی کاهش یافت. در رابطه با محلول‌پاشی عنصر روی نیز بیشترین میزان (۲/۶۸ میلی‌گرم) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۲/۰۳ میلی‌گرم) در تیمار کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی، مشاهده شده که با تیمار دو هفته یک‌بار در یک گروه قرار داشتند. در بررسی اثر متقابل فسفر و روی مشاهده می‌گردد که بیشترین میزان فلاونوئید کل (۳/۵۸ میلی‌گرم) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی، یافت شد. در حالی که کمترین میزان (۱/۱۱ و ۱/۲۴ میلی‌گرم) به ترتیب در تیمارهای بدون فسفر (محلول‌پاشی دو هفته یک‌بار و هفته‌ای یک‌بار روی) مشاهده شد (جدول ۴).

میزان تانن

در بررسی اثر ساده و متقابل تیمارها، نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار اثر ساده فسفر و اثر متقابل فسفر و روی بود. در حالی که اثر ساده محلول‌پاشی روی معنی‌دار نگردید (جدول ۲). بیشترین میزان تانن (۹/۰۵ میلی‌گرم کاتکین بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۷/۳۳ میلی‌گرم) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر اندازه‌گیری شد. نتایج بیانگر کاهش میزان تانن در پی افزایش کاربرد فسفر بود. همچنین در بررسی اثر متقابل تیمارها، بیشترین میزان تانن (۱۰/۵۲ میلی‌گرم) در تیمار محلول‌پاشی هفته‌ای یک‌بار روی بدون کاربرد فسفر مشاهده شد. در حالی که

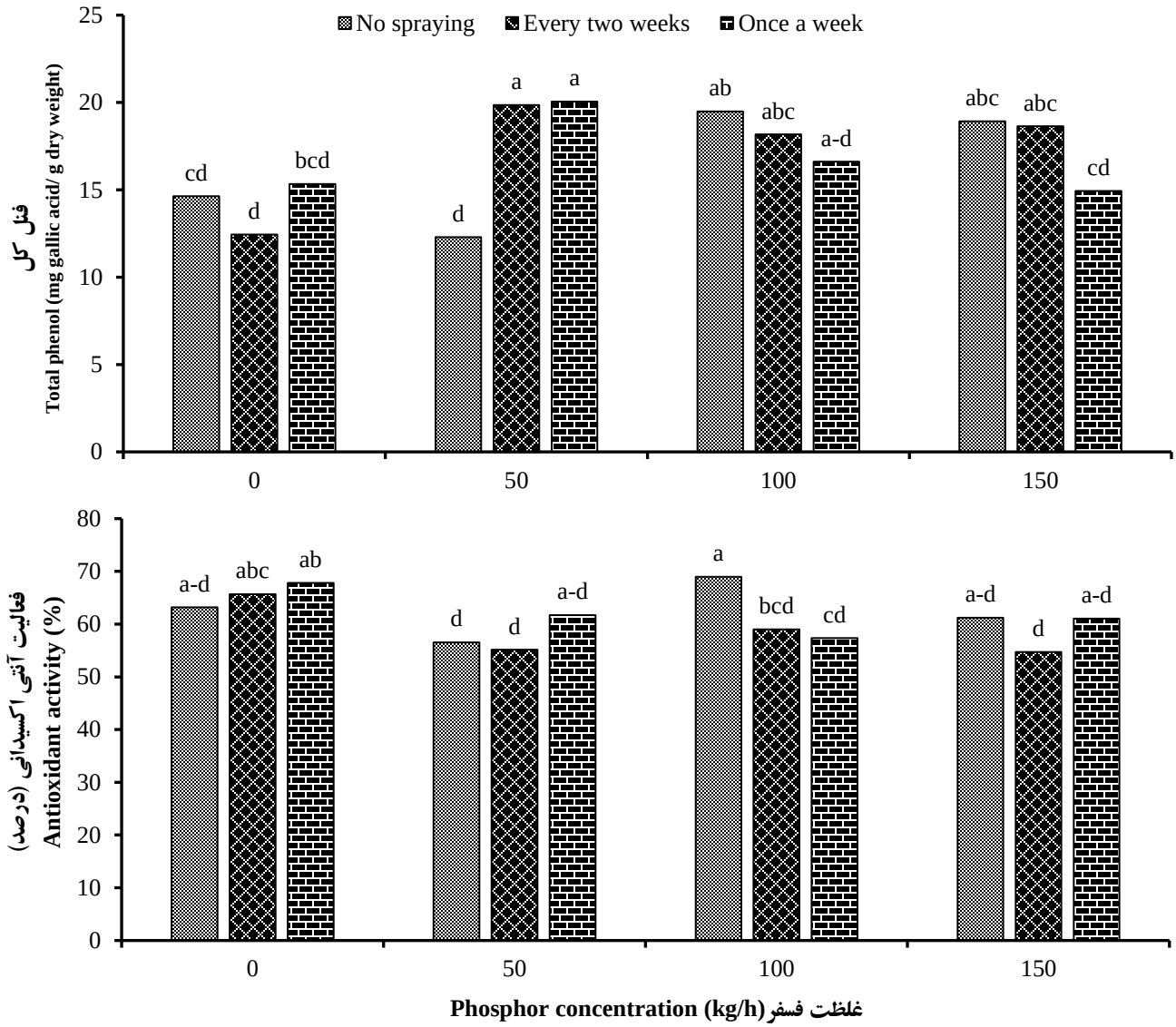
کمترین میزان (۶/۶۱ میلی‌گرم) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی هفته‌ای یک‌بار روی، اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

ترکیبات فنلی کل

در بررسی نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده فسفر و اثر متقابل فسفر و روی معنی‌دار بود. در حالی که اثر ساده محلول‌پاشی روی، معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۱۸/۰۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر مشاهده شد که با تیمارهای ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم تفاوت معنی‌داری نداشت. در حالی که کمترین میزان (۱۴/۱۳ میلی‌گرم) مربوط به تیمار شاهد بود. در بررسی اثر متقابل فسفر و محلول‌پاشی روی، بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۲۰/۰۶ میلی‌گرم) در تیمارهای ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی هفته‌ای یکبار و دو هفته یک‌بار رویاندازه‌گیری شد. کمترین میزان ترکیبات فنلی (۱۲/۲۹ میلی‌گرم) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی، مشاهده شد که با تیمار محلول‌پاشی دو هفته یک‌بار روی بدون کاربرد فسفر در یک گروه قرار داشت (شکل ۲). با دقت در شکل ۲ مشاهده می‌گردد که در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر، افزایش دفعات محلول‌پاشی روی باعث کاهش میزان ترکیبات فنلی در بذر این گیاه شده است. گرچه این میزان کاهش از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده و متقابل فسفر و روی، بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بذر عدس‌الملک معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر ساده سطوح مختلف فسفر نشان دادکه بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۶۵/۵۴ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم اختلاف معنی‌داری نداشتند در حالی که کمترین میزان (۵۷/۸۰ درصد) مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفر بود. همچنین کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۵۸/۶۳ درصد) در تیمار محلول‌پاشی دوهفته یک‌بار مشاهده شد و بین دو سطح دیگر (شاهد و محلول‌پاشی هفته‌ای یک‌بار) اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت. در بررسی اثرات متقابل تیمارها مشاهده می‌شود که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۶۸/۹۹ درصد) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر بدون محلول‌پاشی روی مشاهده شد و کمترین میزان (۵۴/۷۳ درصد) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد دو هفته یک‌بار روی و بعد از آن تیمارهای ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی دوهفته یک‌بار اندازه‌گیری شد (شکل ۲). در تیمارهای شاهد، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر، افزایش دفعات محلول‌پاشی روی تاثیری بر تغییر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن نداشت در حالی که در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر، افزایش دفعات محلول‌پاشی روی باعث کاهش فعالیت آنتی-اکسیدانی عصاره بذر گیاه عدس‌الملک شده است (شکل ۲).

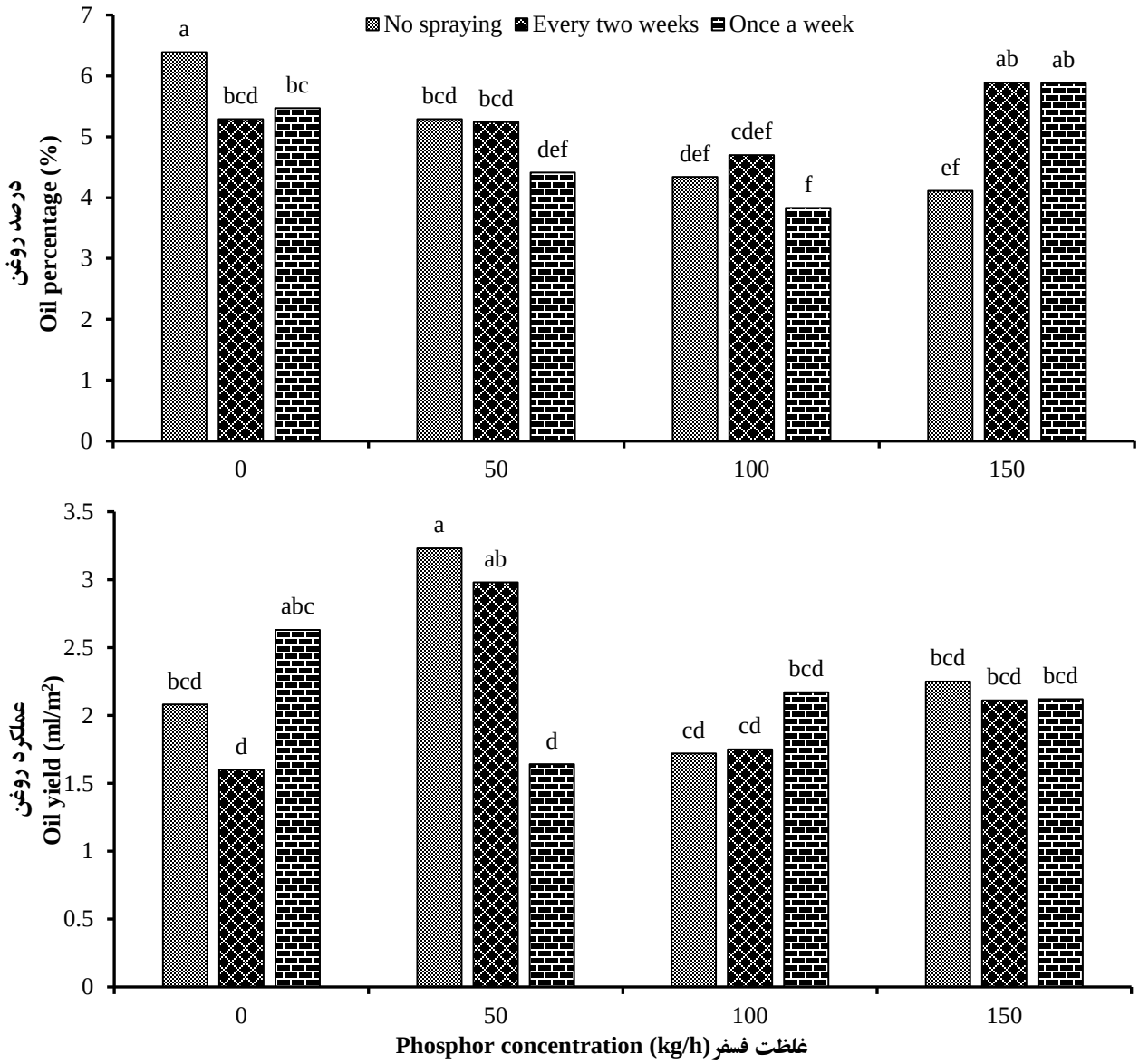


شکل ۲- تغییرات میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بذر گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*) تحت تاثیر مقادیر مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی

Figure 2. Changes in phenolic compounds and antioxidant activity of Hatchet vetch plant (*Securigera securidaca*) seed affected by different phosphorus level and zinc spraying

درصد روغن و عملکرد روغن

گرچه میزان روغن بذر این گیاه به مقدار کم می‌باشد (کمتر از ۱۰ درصد) ولی به دلیل ارزش دارویی می‌تواند حائز اهمیت باشد. در تحقیقات انجام شده به روغن بذر این گیاه کمتر توجه شده است. در رابطه با این دو صفت، نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن اثر ساده فسفر و اثرات متقابل فسفر و روی بود. در حالی که اثر ساده روی معنی‌دار نبود (جدول ۲).



شکل ۳- اثر متقابل مقادیر مختلف فسفر و محلول‌پاشی روی بر درصد و عملکرد روغن بذر گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)

Figure 1. Interaction effect of different phosphorus level and zinc spraying on oil percentage and oil yield of Hatchet vetch plant (*Securigera securidaca*)

در بررسی اثر ساده فسفر بر میزان روغن، بیشترین میزان (۵/۶۲ درصد حجمی–وزنی) مربوط به تیمار شاهد (بدون کاربرد فسفر) بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر نداشت.

نتایج مربوط به اثرات متقابل تیمارها در ارتباط با درصد روغن نشان داد که بیشترین میزان روغن (۶/۳۹ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی دو هفته یک‌بار و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر با کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی، اختلاف معنی‌داری نداشت. در حالی که کمترین میزان (۳/۸۳ درصد) در تیمار ۱۰۰

کیلوگرم فسفر و کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی، مشاهده شد (شکل ۳). اثر ساده سطوح فسفر نشان داد که بیشترین میزان عملکرد روغن (۲/۵۴ میلی‌لیتر در متر مربع) مربوط به سطح کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر بود و سایر تیمارها در یک گروه قرار داشتند. نتایج اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد روغن (۳/۲۳ میلی‌لیتر) در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون محلول‌پاشی روی، اندازه‌گیری شد که با تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد دو هفته یک‌بار روی، اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد روغن (۱/۴۱ درصد) نیز در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی، مشاهده شد که با تیمار عدم کاربرد فسفر و کاربرد دو هفته یک‌بار روی، در یک گروه قرار داشت (شکل ۳). در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر، محلول‌پاشی روی چه به صورت دو هفته یک‌بار و یا هفته‌ای یکبار تاثیر آماری معنی‌داری بر عملکرد روغن بذر گیاه عدس‌الملک نداشته است (شکل ۳).

بحث و نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، کاربرد فسفر به تنهایی در افزایش تعداد ساقه، طول ساقه اصلی، عملکرد بذر، عملکرد روغن، میزان فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بذر عدس‌الملک موثرتر از کاربرد تلفیقی فسفر و روی بود. کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر موجب افزایش تعداد ساقه، طول ساقه اصلی، تعداد غلاف در هر بوته، عملکرد بذر، میزان ترکیبات فنلی و عملکرد روغن شد. در حالی که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی، در افزایش میزان فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی موثرتر بود. با این حال محلول‌پاشی روی در افزایش میزان ترکیبات فنلی، میزان تانن، درصد روغن و تا حدودی عملکرد بذر موثر بود. تاثیر مثبت روی و فسفر در افزایش عملکرد گیاهان مختلف از جمله سویا (Mehdiniya Afra *et al.*, 2014; Mehdiniya Afra and Manavi Amri, 2015)، سیب‌زمینی (Motalebifard, 2017)، گندم (Feiziasl and Valizadeh, 2004) و ذرت (Ronaghi *et al.*, 2002) گزارش شده است. همچنین گزارش‌هایی مبنی بر کودپذیری ارقام مختلف گیاهان وجود دارد که نه تنها بیانگر تفاوت در نیاز کودی بین گیاهان مختلف می‌باشد بلکه تفاوت در نیاز کودی ارقام یک گیاه را نیز نشان می‌دهد (Feiziasl and Valizadeh, 2004). بر اساس تحقیقات انجام شده، غلظت‌های ۲۰۰ میکرومولار و بالاتر عنصر روی، سبب کاهش وزن تر، سطح برگ و سایر شاخص‌های رشد در لوبیا شده است (Vassilev *et al.*, 2011). در تایید نتایج بدست آمده، بررسی تاثیر روی بر رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی دو گیاه *Abelmoschus esculentus* و *Cyamopsis tetragonolobus* نشان داد، روی تا غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به صورت ماده غذایی عمل و رشد را تحریک می‌کند ولی در غلظت‌های بالاتر به‌طور معکوس عمل می‌کند و رشد را کاهش می‌دهد (Mangal *et al.*, 2013). بر اساس مطالعات انجام شده، میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان ریحان تیمار شده با روی افزایش یافت و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به عنوان غلظت بهینه انتخاب شد (Azizian-Shermeh *et al.*, 2018). افزایش میزان فنل‌ها بر اثر روی، نشان‌دهنده نقش مهم این ترکیبات در پاسخ گیاه ریحان به تنش ناشی از عنصر روی برای انجام سازوکارهای سم‌زدایی است. تجمع ترکیبات فنلی ناشی از تنش عنصر روی، در برگ‌های گونه‌های مختلف گیاه بید و چای (*Camellia sinensis*) نیز مشاهده شده است (Mukhopadhyay *et al.*, 2013; Borowiak *et al.*, 2015). بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق زارع ده‌آبادی و اسرار (۲۰۰۹) محتوای ترکیبات فنلی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌های برگ، مقدار پروتئین کل و میزان مالون‌دی‌آلدهید به عنوان شاخص پراکسیداسیون پروتئین‌های

غشایی در برگ‌ها با افزایش غلظت روی در محلول غذایی نسبت به گیاه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌رغم نقش حیاتی در ساختار و راه‌اندازی بسیاری از فرایندهای متابولیکی گیاه، تجمع بالای این فلز در سیتوزول سلول‌ها از طریق اختلال در عملکرد طبیعی سلول‌ها و مهار فرآیند تنفس و واکنش‌های انرژی‌خواه مرتبط با رشد سلول می‌تواند سبب کاهش رشد و نمو ایده‌آل گیاهان شود. گزارش‌هایی وجود دارد که یون‌های فلزی سنگین پس از ورود به گیاه تا زمان القای تشکیل فیتوکلاتین‌ها در اثر فیتوکلاتین‌سنتتاز در سیتوزول سلول‌ها باقی می‌مانند و این تجمع بالای فلز در سیتوزول باعث مهار برخی از فرایندهای متابولیسمی می‌شود (Bonnet *et al.*, 2000). برخی از محققان معتقدند، فلز روی از طریق تاثیر بر میزان جذب و جابجایی عناصر ضروری و نیز اثر بر میزان فعالیت برخی از آنزیم‌ها در جایگاه عملکردشان موجب اختلال در متابولیسم گیاه می‌شود (Zare Dehabadi and Asrar, 2009). بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، با افزایش مصرف فسفر، نیاز گیاه به روی، برای صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد بذر و عملکرد روغن بذر بیشتر می‌شود.

اثرات متقابل دو عنصر غذایی می‌تواند مثبت یا منفی باشد. بیشترین عملکرد زمانی بدست می‌آید که تعادل مناسبی بین عناصر غذایی و سایر عوامل موثر در رشد برقرار باشد. فسفر و روی جزء عناصری هستند که اثرات متقابل آن‌ها در گیاهان مختلفی بررسی شده است. یکی از دلایل اثرات متقابل منفی، وجود رابطه ناهمسازی بین دو عنصر می‌باشد. وجود همبستگی منفی در قابلیت جذب و رابطه ناهمسازی بین فسفر و روی در خاک همواره مورد تایید پژوهش‌گران قرار گرفته‌است. بیشتر پژوهش‌گران بر این باورند که جذب روی در گیاه، با افزایش مقدار فسفر در خاک، کاهش می‌یابد. گروهی عکس این مطلب را درست می‌پندارند و شماری نیز برهمکنش مزبور را ناچیز دانسته و دیگر عوامل موثر در رشد را در نسبت جذب فسفر و روی موثر می‌شمارند (Mehdiniya Afra *et al.*, 2014). برخی از مطالعات نشان داده است که مقدار زیاد فسفر بر روی بعضی از فرایندهای متابولیکی عنصر روی، در سلول‌های گیاه تاثیر می‌گذارد و کاهش ساخت بعضی از ترکیبات اسیدهای آلی که عامل انتقال دهنده روی در گیاه می‌باشد می‌تواند به عنوان دلیلی برای اثرات متقابل فسفر بر روی در سطوح بالای فسفر باشد، که در حضور فسفر زیاد، انتقال دهنده‌های روی در گیاه غیرفعال می‌گردند و با افزایش میزان فسفر ساخت آنزیم‌هایی که روی در آن دخالت دارد متوقف می‌گردد (Kumar *et al.*, 2021). انتقال روی از ریشه گیاه به اندام هوایی با غلظت بالایی از فسفر کاهش می‌یابد، بنابراین روی، در ریشه انباشته شده یا جذب آن توسط ریشه کاهش می‌یابد. غلظت روی در شاخساره گیاهان با اثر واکنش رشد القایی کاهش می‌یابد (اثر رقیق‌سازی). به این معنی که با افزایش رشد گیاه، میزان جذب روی در گیاه افزایش می‌یابد اما غلظت آن در بافت‌های گیاه کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر آن عنصر در بافت‌های گیاهی رقیق می‌شود. نقص متابولیسم در سلول‌های گیاهی به عدم تعادل روی و فسفر مربوط می‌شود، بنابراین با افزایش غلظت فسفر، وظایف روی در موقعیت‌های خاص در سلول‌ها مختل می‌شود (Mousavi, 2011).در غیاب یا غلظت کم روی، جذب و انتقال فسفر در اندام هوایی افزایش و غلظت آن در برگ افزایش یافته و در نتیجه باعث ایجاد سمیت در گیاه می‌شود. این افزایش تنها با کمبود روی رخ می‌دهد و در سایر کمبودهای ریز مغذی مشاهده نشده است. به این معنی که کمبود روی باعث افزایش نفوذپذیری غشای پلاسمایی ریشه در مقایسه با فسفر می‌شود (Mousavi, 2011).

به‌طور کلی با توجه به شرایط موجود در این تحقیق، علیرغم تفاوت‌هایی که در صفات اندازه‌گیری شده در پاسخ به مقادیر فسفر و روی دیده شد، غلظت ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول‌پاشی دو هفته یکبار روی، در بیشتر صفات نتایج رضایت بخشی نسبت به سایر تیمارها داشت.

سپاسگزاری: نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت محترم آموزشی و پژوهشی دانشگاه جهرم جهت تامین برخی از هزینه‌های این پژوهش تشکر به عمل آورند.

منابع:

1. Alloway, B.J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition (2th ed.). Brussels: International zinc association (IZA), 136p.
2. Ancolio, C., Azas, N., Mahiou, V., Ollivier, E., Di Giorgio, C., Keita, A., Timon-David, P., & Balansard, G. (2002). Antimalarial activity of extracts and alkaloids isolated from six plants used in traditional medicine in Mali and Sao Tome. *Phytotherapy Research*, *16*(7), 646-649. https://doi.org/10.1002/ptr.1025
3. Askary, M., Amini, F., & Hosseinpour L. (2016). Study of variability in growth, antioxidant defense system and protein content by zinc element application in periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don.) under salinity stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *32*(1), 35-46. http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2016.106135
4. Azizian-Shermeh, O., Einali A., & Valizadeh J. (2018). Physiological and biochemical responses of basil (*Ocimum basilicum*) seedlings to different concentrations of zinc. *Iranian Journal of Plant Biology*, *10*(2), 35-56. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22108/IJPB.2018.105679.1043
5. Behbahani, M., Shanehsazzadeh, M., Shokoohinia, Y., & Soltani, M. (2013). Evaluation of anti-herpetic activity of methanol seed extract and fractions of *Securigera securidaca* in vitro. *Journal of Antivirals & Antiretrovirals*, *5*(4), 72-76. https://doi.org/10.4172/jaa.100006
6. Bonnet, M., Camares, O., & Veisseire, P. (2000). Effect of Zinc and influence of *Acremonium Lolli* on growth parameters, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity of ryegrass. *Experimental Botany*, *51*(346), 945-953. https://doi.org/10.1093/jxb/51.346.945

7. Borowiak, K., Gasecka, M., Mleczek, M., Dabrowski, J., Chadzinikolau, T., Magdziak, Z., Golinski, P., Rutkowski, P., & Kozubik, T. (2015). Photosynthetic activity in relation to chlorophylls, carbohydrates, phenolics and growth of a hybrid *Salix purpurea* × triandra × viminalis 2 at various Zn concentrations. *Acta Physiologiae Plantarum, 37*(8), 155. https://doi.org/10.1007/s11738-015-1904-x
8. Broadhurst, R.B., & Jones, W.T. (1978). Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *Journal of the Science of Food and Agriculture 29* (9), 788–794. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740290908
9. Feiziasl, V., & Valizadeh, Gh. (2004). Effects of phosphorus and zinc fertilizer applications on nutrient concentrations in plant and grain yield in cv. Sardari "*Triticum aestivum*" under dryland conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *6*(3), 223- 235. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.15625540.1383.6.3.5.4
10. Garjani, A., Fathiazad, F., Zakheri, A., Akbari, NA., Azarmie, Y., Fakhrjoo, A., Andalib, S., & Maleki-Dizaji, N. (2009). The effect of total extract of *Securigera securidaca* L. seeds on serum lipid profiles, antioxidant status, and vascular function in hypercholesterolemic rats. *Journal of Ethnopharmacology, 126*(3), 525-532. https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.09.003
11. Hammond, J.P., Broadley, M.R., & White, P.J. (2004). Genetic responses to phosphorus deficiency. *Annals of Botany*, *94*(3), 323-332. https://doi.org/10.1093/aob/mch156
12. Jamshidzadeh, A., Pasdaran, A., Heidari, R., & Hamedi, A. (2018). Pharmacognostic and Anti-Inflammatory Properties of *Securigera securidaca* Seeds and Seed Oil. *Research Journal of Pharmacognosy (RJP), 5*(3), 31-39. https://doi.org/10.22127/RJP.2018.64870
13. Kharazmi, M., Mohammadkhani, N., & Servati, M. (2023). Effect of phosphorus deficiency on growth properties and essential oil of *Salvia officinalis* L. and *Mentha aquatica* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)36*(1), 1-15. https://doi.org/20.1001.1.23832592.1402.36.1.1.2
14. Komissarenko, AN., & Kovalev VN. (1987). Hydroxycoumarins and flavones of *Securigera securidaca*. *Chemistry of Natural Compounds, 23*(2): 252. https://doi.org/10.1007/BF00598775

15. Kumar, S., Kumar, S., & Mohapatra T. (2021). Interaction Between Macro- and Micro-Nutrients in Plants. *Frontiers in Plant Science, 12*, 1-9. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.665583
16. Mangal, M., Agarwal, M., & Bhargava, D. (2013). Effect of cadmium and zinc on growth and biochemical parameters of selected vegetables. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *2*,106-114. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087582
17. Mard, S., Bahari, Z., Eshaghi, N., & Farbood, Y. (2008). Antiulcerogenic effect of *Securigera securidaca* L. seed extract on various experimental gastric ulcer models in rats. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 11*(23), 2619-2623. https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.2619.2623
18. Mehdiniya Afra, J., & Manavi Amri, SS. (2015). The effects of interaction between the elements phosphorus and zinc are some traits of soybean cultivars of Sari. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture, 11*(4), 309-315. (In Persian with English abstract).
19. Mehdiniya Afra, J., Gholizadeh, AL., Mahmoudi, M., Mobasser, HR., & Manavi Amri SS. (2014). Response of two soybeans varieties (Glycine max L.) to phosphorous and zinc. *Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4*(1),89-108. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.23221267.1393.4.1.5.9
20. Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti G., Di Cindi, B., Houghton, P.J., & Menichini, F. (2009). The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. Habanero. *Food Chemistry, 114*, 553-560. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.086
21. Minaiyan, M., Moattar, F., & Vali, A. (2003). Effect of *Securigera securidaca* seeds on blood glucose level of normal and diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2*(1): 151-156. https://doi.org/10.22037/ijps.v2.39738
22. Motalebifard, R. (2017). Effects of Zinc and Phosphorus Levels on Yield, Nutrients Uptake and Zinc Recovery and Agronomic Efficiency in Potato. *Journal of Water and Soil, 31*(3), 886-899. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JSW.V31I3.54513
23. Mousavi, SR., Galavi, M., & Rezaei, M. (2012). The interaction of zinc with other elements in plants: a review. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4*(24), 1881-1884.

24. Mozaffarian, V. (2003). *A Dictionary of Iranian Plant names*. Third edition. Farhang Moaser Publishers, Tehran, Iran. 671p.
25. Mrschner, H. (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
26. Mukhopadhyay, M.S., Das, A., Subba, P., Bantawa, P., Sarkar, B., Ghosh, P. & Mondal, TK. (2013). Structural, physiological, and biochemical profiling of tea plants under zinc stress. *Biologia Plantarum, 57*, 474-480. https://doi.org/10.1007/s10535-012-0300-2
27. Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S., & Altundag, S. (2009). Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* ten. *Food Chemistry, 112*, 874-879. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.061
28. 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 20*, 89-96. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.09.006
29. Popova, M., Bankova, V., Butovska, D., Petkov, V., Nikolova-Damyanova, B., Sabatini, A.G., Marcazzan, G.L., & Bogdanov, S. (2004). Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. *Phytochemistry Analysis, 15*, 235-240. https://doi.org/10.1002/pca.777
30. Ronaghi, A., Adhami, E., & Karimian, N. (2002). Effect of Phosphorus and Zinc on the Growth and Chemical Composition of Corn. *Journal of Water and Soil Science, 6*(1), 105-119. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.24763594.1381.6.1.2.9
31. Sadat-Ebrahimi, S., Mir, M.H., Amin, G., & Hajimehdipoor, H. (2014). Identification of amino acids in *Securigera securidaca*, a popular medicinal herb in Iranian folk medicine. *Research Journal of Pharmacognosy 1*(1), 23-26.
32. Shahidi, S., & Pahlevani, P. (2013). Antinociceptive effects of an extract of *Securigera securidaca* and their mechanisms in mice. *Neurophysiology, 45*(1), 34-38.
33. Ticconi, C.A., & Abel, S. (2004). Short on phosphate: plant surveillance and counter measures. *Trends in Plant Science 9*, 548-555. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.09.003
34. Tofighi, Z., Asgharian, P., Goodarzi, S., Hadjiakhoondi, A., Ostad, S., & Yassa N. 2014. Potent cytotoxic flavonoids from Iranian *Securigera securidaca*. *Medicinal Chemistry Research 23*(4), 1718-1724. https://doi.org/10.1007/s00044-013-0773-3

35. Vassilev, A., Nikolova, A., Koleva, L., & Lidon, F. (2011). Effect of excess zinc on growth and photosynthetic performance of young bean plants. *Journal of Phytology, 3*, 58-62.
36. Wojdylo, A., Oszmianski, J., & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. *Food Chemistry, 1005*: 940-949. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038
37. Zare Dehabadi, S., & Asrar, Z. (2009). Effect of excess zinc on the concentration of some mineral element and antioxidant responses of spearmint (*Mentha spicata* L.). Iranian *Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24*(4): 530-540. (In Persian with English abstract).