

## The Effect of Different Levels of Phosphorus and Zinc Spraying on Growth Properties, Oil Content and Biochemical Characteristics of *Securigera securidaca*

S. Mohtashami<sup>1\*</sup>, H. Gholami<sup>2</sup>, A. Ghani<sup>1</sup>, M. Kamalizadeh<sup>3</sup>

1- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran

2- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3- Department of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran

(\*- Corresponding author's Email: [mohtashamis@yahoo.com](mailto:mohtashamis@yahoo.com))

Received: 13-07-2024

Revised: 01-09-2024

Accepted: 12-09-2024

Available Online: 12-09-2024

### How to cite this article:

Mohtashami, S., Gholami, H., Ghani, A., & Kamalizadeh, M. (2025). The effect of different levels of phosphorus and zinc spraying on growth properties, oil content and biochemical characteristics of *Securigera securidaca*. *Journal of Horticultural Science*, 39(1), 123-137. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88891.1362>

### 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 Hatched 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<sup>-1</sup>) 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 Hatched 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 ( $61.03 \text{ g.m}^{-2}$ ) 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 ( $3.58 \text{ mg.g}^{-1}$  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.

## Conclusions

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, Flavonoids, Phenolic compounds, Seed

## مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص. ۱۳۷-۱۲۳

## تأثیر سطوح مختلف فسفر و محلول پاشی روی بر ویژگی‌های رشد، میزان روغن و فاکتورهای بیوشیمیایی گیاه دارویی عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)

سعیده محتشمی<sup>۱\*</sup> - حسین غلامی<sup>۲</sup> - عسکر غنی<sup>۱</sup> - مجاهد کمالی‌زاده<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۲

### چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف فسفر و محلول پاشی روی بر ویژگی‌های رشد، میزان روغن و فاکتورهای بیوشیمیایی گیاه دارویی عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح محلول پاشی روی در دوره گل‌دهی (بدون محلول پاشی به عنوان شاهد، محلول پاشی 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 به‌تنهایی در افزایش تعداد ساقه، طول ساقه اصلی، عملکرد بذر، عملکرد روغن، میزان فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بذر عدس‌الملک مؤثرتر از کاربرد تلفیقی فسفر و روی بود. کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول پاشی دو هفته یک‌بار موجب افزایش تعداد ساقه، طول ساقه اصلی، تعداد غلاف در هر بوته، عملکرد بذر، میزان ترکیبات فنلی و عملکرد روغن شد، درحالی‌که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی، در افزایش میزان فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثرتر بود. با این حال کاربرد روی در افزایش ترکیبات فنلی، میزان تانن، درصد روغن و عملکرد بذر مؤثر 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 محلول پاشی دو هفته یک‌بار روی، در بیشتر صفات نتایج رضایت‌بخشی نسبت به سایر تیمارها داشت.

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

### مقدمه

اصلی فرآورده‌های دارویی مورد توجه قرار گیرند. این گیاه در منابع مختلف و زبان‌های محلی با نام‌های عدس‌الملک، ماشک پشت بشقابی، نیام ساتوری، ماشک ساتوری یا بن‌تلخه شناخته می‌شود. عدس‌الملک با نام علمی *Securigera securidaca*، یکی از گیاهان دارویی است که به‌طور گسترده در اروپا، استرالیا و آسیا پراکنش دارد و در ایران نیز یافت می‌شود و در سال‌های اخیر به‌طور ویژه‌ای مورد توجه و کشت‌وکار قرار گرفته است (Jamshidzadeh et al., 2018; Mozaffarian, )

خانواده بقولات (Fabaceae) به‌عنوان دومین خانواده بزرگ گیاهان دارویی شناخته می‌شود که بیشتر آن‌ها به‌عنوان 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 به‌عنوان اجزاء

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران

۲- بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران

\* نویسنده مسئول: (Email: mohtashamis@yahoo.com)

کمبرود 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 به‌علت کاهش میزان هدایت آب در ریشه گیاهان مشاهده می‌شود، در اثر کمبود فسفر رخ می‌دهد (Ticconi & Abel, 2004).

عنصر روی نیز در مقدار کم به‌عنوان یک ریزمغذی برای رشد مطلوب گیاه، در تشکیل و فعالیت هورمون‌های رشد، طول شدن فاصله گره‌ها، تشکیل کلروپلاست، احیاء مواد، سنتز نوکلئوتیدها، تنظیم آب گیاه و نشاسته دانه غلات نقش دارد. روی به‌عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور برخی از آنزیم‌های حیاتی گیاه از جمله کربونیک انیدرازها، دهیدروژنازها، آلکالین فسفاتازها، فسفولیپازها و RNA پلیمرها در متابولیسم قندها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک، فتوسنتز گیاه و بیوسنتز اکسین به‌عنوان یک هورمون محرک رشد ایفای نقش می‌کند، درحالی‌که همین عنصر در غلظت‌های بالا به‌عنوان یک فلز سنگین، موجب اختلالات متابولیسمی و در نهایت، بازدارندگی رشد در اکثر گونه‌های گیاهی می‌شود (Zare Dehabadi & Asrar, 2009). کمبود روی، مهم‌ترین مشکل گیاهان سراسر دنیا از نظر مواد غذایی ریزمغذی به‌خصوص 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 زمانی‌که 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 نسبت به سایر گیاهان زراعی و تأثیر آن بر رشد و مواد مؤثره آن‌ها بسیار ضروری است. با توجه به توسعه کشت گیاه دارویی عدس‌الملک به‌طور ویژه در جنوب استان فارس

(2003). سوابق متعددی در مورد کاربرد سنتی این گیاه و بذرهاش 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 از 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 & 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. علاوه‌براین، هیدروکسی کومارین‌ها، فلاون‌ها، تانن‌ها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و کاردنولیدها نیز از عصاره‌های آبی یا اتانولی این گیاه گزارش شده است (Komissarenko & Kovalev, 1987). اخیراً اسیدهای آمینه‌ای مانند آلانین، آرژنین، اسپاراژین، اسید اسپارتیک، اسید گلوتامیک، تیروزین و والین در بذرهاش آن شناسایی شده است (Sadat-Ebrahimi et al., 2014).

تغذیه مطلوب گیاهان و کاهش اثر کمبود عناصر غذایی مهم، یکی از عوامل بسیار مؤثر بر تولید همه گیاهان به‌شمار می‌رود، به‌طوری‌که یکی از ارکان اصلی در ارتقاء صفات کمی و کیفی محصول می‌باشد. به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب با تغذیه صحیح گیاه، اولاً هر عنصری باید به حد کفایت در اختیار گیاه قرار بگیرد، ثانیاً باید بین مقادیر قابل جذب عناصر در خاک توازن برقرار باشد (Mrschner, 2011). فسفر یکی از عناصر مغذی مهم می‌باشد که پس از نیتروژن پراهمیت‌ترین عنصر در تغذیه گیاهان است (Hammond et al., 2004). فسفر یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است که به‌دلیل حضور در ساختمان آدنوزین‌تری فسفات (ATP)، نقش زیادی در متابولیسم و رشد گیاه دارد. به‌دلیل تثبیت توسط یون‌های معدنی نظیر آهن و آلومینیوم در خاک‌های اسیدی و کلسیم و منیزیم در خاک‌های قلیایی، قابلیت جذب آن توسط گیاه به‌شدت 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. به‌دلیل آهکی بودن خاک‌های اکثر مناطق ایران، جذب بسیاری از عناصر غذایی از جمله فسفر با محدودیت روبه‌رو است. از سوی دیگر، به‌دلیل بالا بودن pH این خاک‌ها، تثبیت و تغییر شکل فسفر و اشکال قابل جذب فسفر برای گیاهان کاهش می‌یابد (Kharazmi et al., 2023). به‌دلیل نقش‌های متعددی که فسفر در متابولیسم گیاهان دارد، کمبود آن موجب کاهش بسیاری از فرآیندهای متابولیسمی مانند تقسیم و رشد سلول، فتوسنتز و تنفس می‌شود. در اثر

شد. با توجه به اینکه از بذر این گیاه به‌عنوان بخش مهم دارویی استفاده می‌گردد، مهم‌ترین ویژگی‌های بیوشیمیایی عصاره بذر (فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، ترکیبات فنلی کل، میزان تانن و فعالیت آنتی-اکسیدانی)، درصد روغن و عملکرد روغن بذر نیز مورد سنجش قرار گرفت.

به‌منظور اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی بذر، عصاره‌گیری از نمونه‌های بذر با استفاده از حلال متانولی ۷۰ درصد به نسبت پنج به یک (حجمی-وزنی) به‌روش خیساندن<sup>۱</sup> انجام شد (Wojdylo *et al.*, 2007). برای تمامی تیمارها میزان پنج گرم نمونه بذر، کاملاً 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 قرار داده شد. سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و قسمت روشن‌تر صاف گردید و به‌عنوان عصاره جهت انجام آزمایش‌های بعدی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میزان فلاون و فلاونول به‌روش پوپووا و همکاران (Popova *et al.*, 2004) با اندکی تغییر (در صورت نیاز رقیق‌سازی) اندازه‌گیری شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم اکی‌والانت کوئرستین در گرم وزن خشک بیان شد. اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل با استفاده از معرف آلومینیوم کلرید انجام شد و نتایج براساس میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن خشک بیان شد (Menichini *et al.*, 2008). محاسبه میزان تانن موجود در عصاره بذرها براساس روش اسیدکلریدریک-وانیلین در طول موج ۵۰۰ نانومتر انجام شد و از ترکیب کاتکین<sup>۲</sup> به‌عنوان استاندارد استفاده شد (Broadhurst & Jones, 1978). ترکیبات فنلی کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو<sup>۳</sup> در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و اسید گالیک به‌عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت (Wojdylo *et al.*, 2007). اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها براساس آزمون DPPH<sup>۴</sup> با اعمال تغییرات جزئی براساس روش اک و همکاران (Ok *et al.*, 2009) انجام شد. روغن‌گیری از بذر با استفاده از دستگاه سوکسله<sup>۵</sup> و حلال نرمال-هگزان انجام شد. محاسبه درصد روغن براساس وزن خشک بذرها به‌صورت وزنی-وزنی بود. عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد بذر در مترمربع (گرم روغن در مترمربع) برای هر تیمار محاسبه شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار جامپ (JMP) نسخه هشت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی (Tukey) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

(شهرستان چهرم) و افزایش کاربرد آن جهت مصارف دارویی و همچنین تأثیر مثبت عناصر فسفر و روی بر رشد این گیاه، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر این عناصر بر رشد و شاخصه‌های عملکرد این گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی پاسخ گیاه دارویی عدس‌الملک به سطوح مختلف فسفر و روی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در فضای باز انجام شد. فاکتور اول شامل چهار سطح فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل دارای ۴۶ درصد فسفر به‌شکل  $P_2O_5$ ) و فاکتور دوم شامل محلول پاشی عنصر روی (محلول روی هشت درصد عنصر روی به‌صورت کلات EDTA) در دوره گل‌دهی در سه سطح (بدون محلول پاشی به‌عنوان شاهد، محلول پاشی با غلظت چهار گرم در لیتر دو هفته یک‌بار و محلول پاشی با غلظت چهار گرم در لیتر هفته‌ای یک‌بار) بود. در مجموع، تعداد ۳۶ کرت آزمایشی (با ابعاد  $1/5 \times 1/5$  متر) مورد استفاده قرار گرفت. کود فسفر به‌صورت کود زیر در زمان کشت بذرها به زمین اضافه شد و در محدوده عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. محلول پاشی روی از زمان قبل از گل‌دهی تا زمان تشکیل غلاف بوته‌ها (حدود یک ماه) انجام شد که برای تیمارهای دو هفته یک‌بار و هفته‌ای یک‌بار به‌ترتیب دو و چهار مرتبه انجام شد. این پژوهش در منطقه محمد آباد شهرستان چهرم 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 ارائه شده است. بذر مورد استفاده، بذر محلی چهرم بود و کشت گیاهان به‌صورت 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 به‌صورت 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 (هرکدام به‌عنوان 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 به‌دقت به‌صورت جداگانه برداشت و در دمای محیط خشک گردید و تمیز کردن و جداسازی بذرها به‌صورت دستی انجام

4- 2, 2- diphenylpicrylhydrazyl, Sigma, Aldrich  
5- Soxhlet

1- Maceration  
2- Catechin  
3- Folin Ciocalteu Sigma-Aldrich

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و برخی عناصر غذایی موجود در خاک مورد کشت گیاه عدس‌الملک

Table 1- Physicochemical characteristics and some nutritional elements in the soil cultivated with Hatched vetch plant					
اسیدیته Soil pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	رطوبت اشباع خاک Saturated soil moisture (%)	نیترژن کل N (%)	فسفر قابل استفاده P (mg.kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل استفاده K (mg.kg <sup>-1</sup> )
7.93	0.66	29.44	0.60	5.13	144.86
شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil texture	مواد آلی Organic materials (%)	کلسیم کربنات معادل CaCO <sub>3</sub>
47	41	12	loam	0.60	73

## نتایج و بحث

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

### تعداد ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار اثر متقابل فسفر و روی بر تعداد ساقه بود، درحالی‌که 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، درحالی‌که 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

براساس 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 (۳۷/۵۰ سانتی‌متر) و کمترین (۳۴/۵۴ سانتی‌متر) به‌ترتیب 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) نیز در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر با کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی مشاهده شد (جدول ۳).

### تعداد غلاف در بوته

براساس 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، درحالی‌که 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

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

### عملکرد بذر

براساس 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 مترمربع) به‌ترتیب 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) به‌ترتیب 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 مترمربع) مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد 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، درحالی‌که 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 محلول پاشی روی و محلول پاشی دو هفته یکبار)، فسفر ۱۰۰ کیلوگرم (بدون محلول پاشی روی و محلول پاشی دو هفته یکبار) و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر (محلول پاشی هفته‌ای یکبار و محلول پاشی دو هفته یکبار روی) اختلاف معنی داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل ۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مختلف فسفر و محلول پاشی روی بر شاخص‌های رشد و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه عدس‌الملک

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

منبع تغییرات S.O.V	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×Zinc	6	2.17**	81.37**	3130.59**	0.39ns	1.34ns	523.72**

منبع تغییرات S.O.V	فلاون و فلاونول Flavone and flavonol	فلاونوئید کل Total flavonoid	فنل کل Total phenol	میزان تانن Tannin content	فعالیت آنتی-اکسیدانی 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×Zinc	0.42**	1.63**	28.04**	4.65**	53.13**	1.89**	1.23**

ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری.

\*, \*\*, ns: Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

### میزان فلاونوئید کل

نتایج تجزیه واریانس، بیانگر معنی دار بودن اثرات ساده و متقابل فسفر و روی بر میزان فلاونوئید کل عصاره بذر گیاه عدس‌الملک بود (جدول ۲)، به طوری که بیشترین میزان فلاونوئید (۲/۸۳ میلی‌گرم) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و کمترین میزان (۱/۷۱ میلی‌گرم) در 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 محلول پاشی عنصر روی نیز بیشترین میزان (۲/۶۸ میلی‌گرم) در شاهد و کمترین میزان (۲/۰۳ میلی‌گرم) در تیمار کاربرد هفته-ای 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 (محلول پاشی دو هفته یکبار و هفته‌ای یکبار روی) مشاهده شد (جدول ۴).

### فلاون‌ها و فلاونول‌ها

نتایج نشان دهنده اثرات معنی دار ساده و متقابل تیمارها بر این صفت بود (جدول ۲)، به طوری که بیشترین میزان فلاون‌ها و فلاونول‌ها (۱/۱۹ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک) در شاهد و کمترین میزان (۰/۱۳ میلی‌گرم) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر مشاهده شد. به طور کلی، با افزایش کاربرد فسفر، میزان فلاون‌ها و فلاونول‌ها کاهش یافت، در حالی که در بررسی اثر ساده محلول پاشی، مشاهده می‌گردد که بیشترین میزان این ترکیب (۰/۸۴ میلی‌گرم) در شاهد و کمترین میزان (۰/۴۹ میلی‌گرم) در تیمار محلول پاشی هفته‌ای یکبار روی مشاهده شد (نتایج اثرات ساده آورده نشده است). در بررسی اثرات متقابل فسفر و روی، بیشترین میزان (۱/۹۳ میلی‌گرم) در 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).

جدول ۳- اثرات متقابل سطوح مختلف فسفر × محلول پاشی روی بر برخی شاخصه‌های رشد گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)  
 Table 3- The interaction effect of different phosphorus level and zinc spraying on some growth properties of Hatched vetch plant (*Securigera securidaca*)

میزان فسفر Phosphor content	تعداد ساقه Shoot number		طول ساقه اصلی Length of main shoot (cm)		تعداد غلاف در هر بوته Pod number per plant	
	بدون محلول پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	بدون محلول پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	بدون محلول پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks
۰ کیلوگرم 0 Kg	5.33bc*	6.20abc	35.29b-e	33.01de	66.75de	106.41bc
۵۰ کیلوگرم 50 Kg	5.93abc	6.73ab	42.15a	39.13a-d	112.57ab	149.88a
۱۰۰ کیلوگرم 100 Kg	5.20c	6.60abc	31.27e	32.23e	88.70b-e	81.00b-e
۱۵۰ کیلوگرم 150 Kg	7.27a	5.67bc	41.30ab	34.79cde	114.07ab	73.27cd

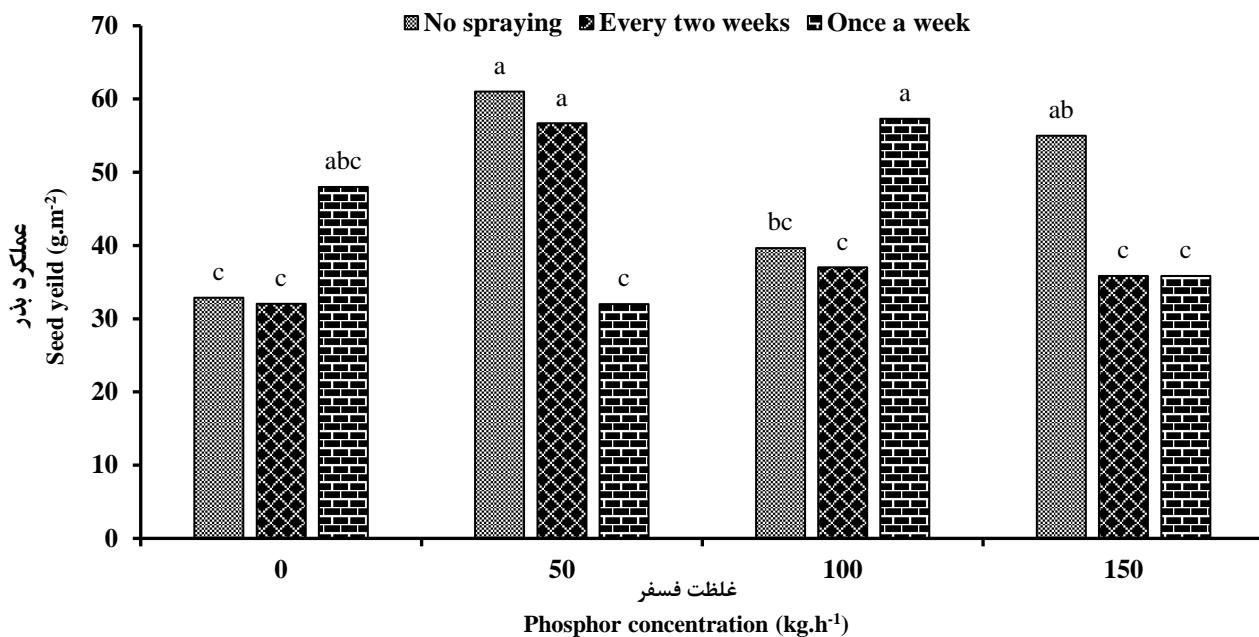
\* Means followed by the different letters in each column and row in relation each factor are significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

جدول ۴- تاثیر سطوح مختلف فسفر و محلول پاشی روی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی پندر گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*)  
 Table 4- The effect of different phosphorus concentration and zinc spraying on some biochemical factors of Hatched vetch plant (*Securigera securidaca*) seed

میزان فسفر Phosphor content	فلاون و فلاونول Flavone and flavonol (mg quercetin.g <sup>-1</sup> dry weight)		فلاونوئید کل Total flavonoid (mg quercetin.g <sup>-1</sup> dry weight)		تانی تانین Tannin content (mg catechin.g <sup>-1</sup> dry weight)	
	بدون محلول پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	بدون محلول پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks	بدون محلول پاشی No spraying	دو هفته یکبار Spraying every two weeks
۰ کیلوگرم 0 kg	1.93a*	0.76b	2.79ab	1.11e	8.89abc	7.76bcd
۵۰ کیلوگرم 50 kg	0.65bc	0.84b	1.84cde	2.93ab	6.91cd	7.18bcd
۱۰۰ کیلوگرم 100 kg	0.73b	0.25d	3.58a	2.46bcd	9.23ab	9.02ab
۱۵۰ کیلوگرم 150 kg	0.05d	0.26cd	2.49bc	2.81ab	7.55bcd	6.79cd

\* Means followed by the different letters in each column and row in relation each factor are significantly different at 5% of probability level using Tukey test.





شکل ۱- اثر متقابل مقادیر مختلف فسفر × محلول پاشی روی بر عملکرد بذر گیاه عدس الملک (*Securigera securidaca*)

Figure 1- The interaction effect of different phosphorus level × zinc spraying on some properties of Hatched vetch plant seed (*Securigera securidaca*) (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

ترکیبات فنلی (۱۲/۲۹ میلی گرم) نیز در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون کاربرد روی، مشاهده شد که با تیمار محلول پاشی 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 محلول پاشی روی باعث کاهش میزان ترکیبات فنلی در بذر این گیاه شده است، گرچه این میزان کاهش از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

#### فعالیت آنتی‌اکسیدانی

براساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده و متقابل فسفر و روی، بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بذر عدس-الملک معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر ساده سطوح مختلف فسفر نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۶۵/۵۴ درصد) مربوط به شاهد بود که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم اختلاف معنی‌داری نداشتند، درحالی‌که کمترین میزان (۵۷/۸۰ درصد) مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفر بود. همچنین کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۵۸/۶۳ درصد) در تیمار محلول پاشی دو هفته یکبار مشاهده شد و بین دو سطح دیگر (شاهد و محلول پاشی 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 محلول پاشی روی مشاهده شد و کمترین میزان (۵۴/۷۳ درصد) نیز در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد دو هفته یکبار

#### میزان تانن

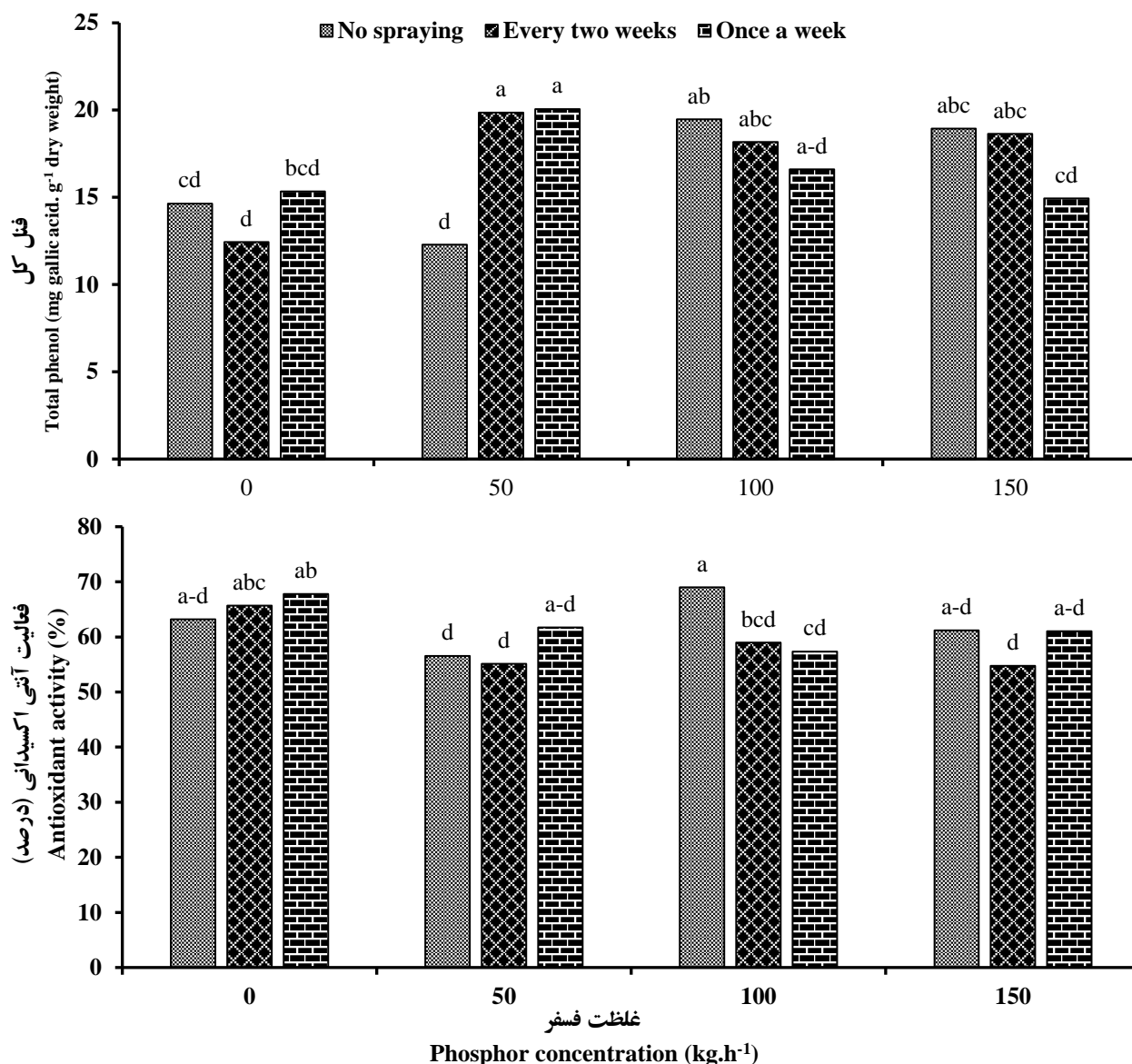
در بررسی اثر ساده و متقابل تیمارها، نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی-دار اثر ساده فسفر و اثر متقابل فسفر و روی بود، درحالی‌که اثر ساده محلول پاشی روی معنی‌دار نگردید (جدول ۲). بیشترین میزان تانن (۹/۰۵ میلی گرم کاتکین بر گرم وزن خشک) در شاهد و کمترین میزان (۷/۳۳ میلی گرم) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر اندازه‌گیری شد. نتایج بیانگر کاهش میزان تانن در پی افزایش کاربرد فسفر بود. همچنین در بررسی اثر متقابل تیمارها، بیشترین میزان تانن (۱۰/۵۲ میلی گرم) در تیمار محلول پاشی هفته‌ای یکبار روی بدون کاربرد فسفر مشاهده شد. درحالی‌که کمترین میزان (۶/۶۱ میلی گرم) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و محلول پاشی 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، درحالی‌که اثر ساده محلول پاشی روی، معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۱۸/۰۹ میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر مشاهده شد که با تیمارهای ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم تفاوت معنی‌داری نداشت، درحالی‌که کمترین میزان (۱۴/۱۳ میلی گرم) مربوط به شاهد بود. در بررسی اثر متقابل فسفر و محلول پاشی روی، بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۲۰/۰۶ میلی گرم) در تیمارهای ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول پاشی هفته‌ای یکبار و دو هفته یکبار روی اندازه‌گیری شد. کمترین میزان

۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر، افزایش دفعات محلول پاشی روی باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بذر گیاه عدس‌الملک شده است (شکل ۲).

روی و بعد از آن تیمارهای ۵۰ کیلوگرم فسفر بدون محلول پاشی روی و محلول پاشی دو هفته یکبار اندازه‌گیری شد (شکل ۲). در تیمارهای شاهد، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر، افزایش دفعات محلول پاشی روی تأثیری بر تغییر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن نداشت، درحالی‌که در تیمار



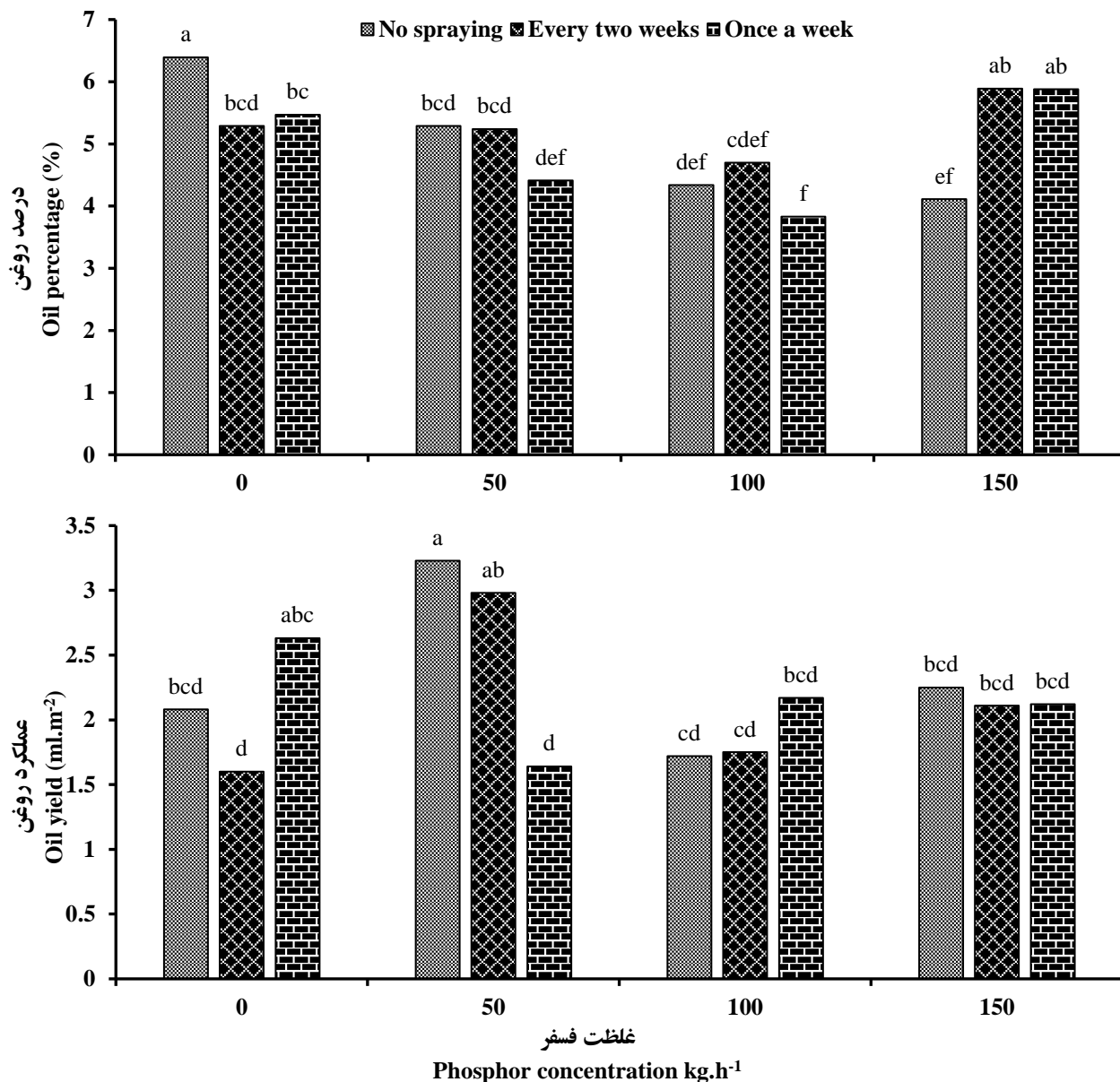
شکل ۲- تغییرات میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بذر گیاه عدس‌الملک (*Securigera securidaca*) تحت تأثیر مقادیر مختلف فسفر و محلول پاشی روی

Figure 2- The changes in phenolic compounds and antioxidant activity of Hatched vetch plant (*Securigera securidaca*) seed affected by different phosphorus level and zinc spraying (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

تحقیقات انجام‌شده 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، درحالی‌که اثر ساده روی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

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



شکل ۳- اثر متقابل مقادیر مختلف فسفر × محلول پاشی روی بر درصد و عملکرد روغن بذر گیاه عدس الملک (*Securigera securidaca*)  
 Figure 3- The interaction effect of different phosphorus level × zinc spraying on the oil percentage and oil yield of Hatched vetch plant (*Securigera securidaca*) (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

سطوح فسفر نشان داد که بیشترین میزان عملکرد روغن (۲/۵۴ میلی-لیتر در مترمربع) 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 محلول پاشی 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 بررسی اثر ساده فسفر بر میزان روغن، بیشترین میزان (۵/۶۲ درصد حجمی-وزنی) مربوط به 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 شاهد مشاهده شد که با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول پاشی دو هفته یک‌بار و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر با کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی، اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که کمترین میزان (۳/۸۳ درصد) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و کاربرد هفته‌ای یک‌بار روی، مشاهده شد (شکل ۳).

کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر، محلول پاشی روی چه به صورت دو هفته یکبار و یا هفته‌ای یکبار تأثیر آماری معنی‌داری بر عملکرد روغن بذر گیاه عدس‌الملک نداشته است (شکل ۳).

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست 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 مؤثرتر 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 مؤثرتر بود. باین‌حال محلول پاشی روی در افزایش میزان ترکیبات فنلی، میزان تانن، درصد روغن و تا حدودی عملکرد بذر مؤثر بود. تأثیر مثبت روی و فسفر در افزایش عملکرد گیاهان مختلف از جمله سویا (*Glycine max* L.) (Mehdiniya & Afra & Manavi Amri, 2015)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) (Motalebifard, 2017)، گندم (*Triticum aestivum*) (Feiziasl & Valizadeh, 2004) و ذرت (*Zea mays* L.) (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 & Valizadeh, 2004). براساس تحقیقات انجام شده، غلظت‌های ۲۰۰ میکرومولار و بالاتر عنصر روی، سبب کاهش وزن تر، سطح برگ و سایر شاخص‌های رشد در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شده است (Vassilev et al., 2011). در تأیید نتایج به دست آمده، بررسی تأثیر 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 به طور معکوس عمل می‌کند و رشد را کاهش می‌دهد (Mangal et al., 2013). براساس مطالعات انجام شده، میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum* L.) 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

(*Salix purpurea*) و چای (*Camellia sinensis*) نیز مشاهده شده است (Mukhopadhyay et al., 2013; Borowiak et al., 2015). براساس نتایج به دست آمده از تحقیق زارع ده‌آبادی و اسرار (Zare & Dehabadi & Asrar, 2009) محتوای ترکیبات فنلی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌های برگ، مقدار پروتئین کل و میزان مالون-دی‌آلدهید به عنوان شاخص پراکسیداسیون پروتئین‌های غشایی در برگ‌ها با افزایش غلظت روی در محلول غذایی نسبت به گیاه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. به رغم نقش حیاتی در ساختار و راه-اندازی بسیاری از فرآیندهای 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 القاء تشکیل فیتوکلاتین‌ها در اثر فیتوکلاتین سنتتاز در سیتوزول سلول‌ها باقی می‌ماند و این تجمع بالای فلز در سیتوزول باعث مهار برخی از فرآیندهای متابولیسمی می‌شود (Bonnet et al., 2000). برخی از محققان معتقدند، فلز روی از طریق تأثیر 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 & Asrar, 2009). براساس نتایج به دست 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 به دست می‌آید که تعادل مناسبی بین عناصر غذایی و سایر عوامل مؤثر 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 تأیید پژوهش‌گران قرار گرفته است. اکثر پژوهشگران بر این باورند که جذب روی در گیاه، با افزایش مقدار فسفر در خاک، کاهش می‌یابد. گروهی نیز عکس این مطلب را درست می‌پندارند ولی شماری نیز برهم‌کنش مزبور را ناچیز دانسته و دیگر عوامل مؤثر در رشد را بر نسبت جذب فسفر و روی مؤثر می‌شمارند (Mehdiniya Afra et al., 2014). برخی از مطالعات نشان داده است که مقدار زیاد فسفر بر بعضی از فرآیندهای متابولیکی عنصر روی، در سلول‌های گیاه تأثیر می‌گذارد و کاهش ساخت بعضی از ترکیبات اسیدهای آلی که عامل انتقال‌دهنده روی در گیاه می‌باشد، می‌تواند به عنوان دلیلی برای اثرات متقابل فسفر بر روی در سطوح بالای فسفر باشد، که در حضور فسفر زیاد، انتقال‌دهنده‌های روی در گیاه غیرفعال

کمبودهای ریزمغذی مشاهده نشده است. به این معنی که کمبود روی باعث افزایش نفوذپذیری غشاء 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 مشاهده شد، غلظت ۵۰ کیلوگرم فسفر و محلول پاشی دو هفته یکبار روی، در بیشتر صفات نتایج رضایت‌بخشی نسبت به سایر تیمارها داشت.

### سپاسگزاری

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

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

### References

- Alloway, B.J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition (2th Ed.). Brussels: International zinc association (IZA), 136 p.
- 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>
- 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. (in Persian with English abstract). <http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2016.106135>
- 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>
- Behbahani, M., Shانهsazzadeh, 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 and Antiretrovirals*, 5(4), 72-76. <https://doi.org/10.4172/jaa.100006>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- Garjani, A., Fathiazad, F., Zakheri, A., Akbari, N.A., 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>
- 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., & Hamed, 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. (in Persian with English abstract). <https://dori.net/dor/20.1001.1.23832592.1402.36.1.1.2>
14. Komissarenko, A.N., & Kovalev, V.N. (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, S.S. (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, A.L., Mahmoudi, M., Mobasser, H.R., & Manavi Amri S.S. (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://dori.net/dor/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, S.R., 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. 671 p.
25. Mrschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd Edition, Academic Press, London, UK, 651p. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
26. Mukhopadhyay, M.S., Das, A., Subba, P., Bantawa, P., Sarkar, B., Ghosh, P., & Mondal, T.K. (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://dori.net/dor/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).