

## بررسی اثر نسبت Ca/Mg بر رشد گونه‌ها/جمعیت‌های سرپنتین و غیرسرپنتین *Pistacia*

نجمه پاکدامن<sup>\*</sup>، مریم افروشه<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان

\* نویسنده مسئول: [pakdaman@pri.ir](mailto:pakdaman@pri.ir)

### چکیده

خاک‌های سرپنتین دارای مجموعه‌ای از شرایط نامناسب برای رشد گیاهان از جمله نسبت پایین کلسیم به منیزیم می‌باشند. باین وجود، تعدادی از گیاهان از جمله بنه (*Pistacia atlantica*) با کسب سازش‌های خاصی می‌توانند در این خاک‌ها رشد کنند. در تحقیق حاضر تأثیر نسبت‌های مختلف (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۲/۵، ۵ و ۱۲/۵) کلسیم به منیزیم بر رشد و همچنین میزان انباشتگی عناصر کلسیم و منیزیم در بخش‌های ریشه‌ای و هوایی گونه/جمعیت سرپنتین *P. atlantica* در مقایسه با گونه‌ها/جمعیت‌های غیر سرپنتین *P. atlantica* و *P. vera* (پسته خوراکی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که گونه/جمعیت سرپنتین *P. atlantica* بیشترین مقاومت را به نسبت‌های پایین کلسیم به منیزیم (۰/۲۵) دارا می‌باشند، در حالی که گونه/جمعیت غیرسرپنتین *P. atlantica* و *P. vera* در نسبت‌های  $1 > (2/5)$  بهترین رشد را داشتند. تفاوت در عملکرد این گیاهان در نسبت‌های مختلف کلسیم به منیزیم را می‌توان به تفاوت در زیستگاه آن‌ها (سرپنتین و غیرسرپنتین) نسبت داد.

کلمات کلیدی: انباشتگی، بخش‌های ریشه‌ای، بخش‌های هوایی، سازگاری، مقاومت

### مقدمه

خاک‌های سرپنتین دارای مجموعه‌ای منحصربه‌فرد از شرایط پراسترس زیستی می‌باشند (Kruckeberg, 2006; Anacker, 2014). از ویژگی‌های نامساعد این خاک‌ها می‌توان به بافت سنگی درشت، ظرفیت نگهداری کم آب، غلظت‌های بالای منیزیم، آهن، سیلیس و فلزات سنگین مختلف مثل نیکل، کروم و کبالت، کمبود شدید عناصر غذایی ضروری مثل کلسیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم، و همچنین نسبت پایین Ca/Mg اشاره کرد (Mleczeck et al., 2011; Bauge et al., 2013). نسبت نامطلوب Ca/Mg یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در خاک‌های سرپنتین می‌باشد که در مطالعات زیادی مورد توجه و تحقیق قرار گرفته است (Palm et al., 2012; Guo et al., 2014). کلسیم و منیزیم از لحاظ شعاع یونی تقریباً مشابه‌اند و به‌وسیله ناقل‌های مشابهی (کانال‌های غیرانتخابی) جذب می‌شوند، اما نیاز گیاه به کلسیم بیشتر از منیزیم می‌باشد. عموماً نسبت  $1 > Ca/Mg$  برای رشد طبیعی گیاهان ضروری است، اما در خاک‌های سرپنتین این نسبت به کمتر از ۱ و حدود ۰/۲۵ کاهش می‌یابد (Venkatesan and Jayaganesh, 2010; Gransee and Fuhrs, 2013; Senbayram et al., 2015). خاک‌های سرپنتین به دلیل دربرگرفتن پوشش گیاهی ویژه و تاکسون‌های نادر، منحصربه‌فرد و به‌شدت سازش یافته، برای مدت طولانی است که مورد توجه گیاه‌شناسان و اکولوژیست‌ها واقع شده‌اند (Roberts and Proctor, 1992; Bani et al., 2013). علی‌رغم وجود نواحی سرپنتین گسترده در مناطق مختلف ایران، پژوهش‌های انجام گرفته در مورد گیاهان این نواحی و اطلاعات مربوطه بسیار اندک می‌باشد لذا در این تحقیق سعی بر آن شد که تأثیر نسبت‌های مختلف Ca/Mg بر رشد گونه/جمعیت سرپنتین *P. atlantica* در مقایسه با گونه/جمعیت غیرسرپنتین *P. atlantica* و گونه زراعی *P. vera* مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

بذرهای *P. atlantica* از مناطق سرپنتین‌آباده طشک (استان فارس) و غیرسرپنتین فریدون‌شهر (استان اصفهان)، همچنین بذرهای گونه *P. vera* از منطقه غیرسرپنتین رفسنجان (استان کرمان) تهیه شدند. پوسته‌های چرمی و چوبی بذرهای *P. atlantica* جدا و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در محلول ویتاواکس با غلظت ۲ گرم در لیتر ضدعفونی و به همراه ۶ میلی‌لیتر آب مقطر به پتری‌دیش‌های حاوی کاغذ صافی منتقل شدند. پس از ۴ روز، گیاهچه‌ها به گلدان‌های پلاستیکی حاوی پرلیت انتقال یافتند. بذرهای گونه زراعی *P. vera* نیز بعد از جدا کردن پوسته چرمی، به مدت ۱۰ روز در دمای ۴°C و ۲ روز در آب قرار گرفتند و سپس به گلدان‌های مشابه قسمت بالا، منتقل شدند. در هر گلدان ۶ بذر کاشته شد و در نهایت ۳ تکرار برای هر گونه/جمعیت از هر غلظت در نظر گرفته شد. گلدان‌ها در طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و در اتاق کشت قرار داده شدند. یک هفته بعد از کاشت بذر، گیاهچه‌های حاصل به مدت ۲۸ روز با ۲۰٪ محلول‌های غذایی پایه تغییر یافته هوگلند (Parker and Norvell, 1999)، با غلظت‌های متغیر کلسیم (۰/۲، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰ و ۲۵ میلی‌مولار) و مقدار ثابت منیزیم (۲ میلی‌مولار)، تیمار شدند. پس از پایان تیماردهی، گیاهچه‌های موجود در هر گلدان برداشت و به مدت ۳ روز در دمای ۲۲°C در آون خشک شدند و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. مواد خشک گیاهی در نیتریک اسید ۷۰٪ تجزیه گردید و سپس به مدت ۳ ساعت در حمام شنی با دمای ۹۰°C قرار داده شدند. پس از سرد شدن، ۱ تا ۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۷٪ به نمونه‌ها اضافه گردید و دوباره در دمای ۹۰°C قرار داده شدند تا این‌که محلول شفاف به دست آمد. حجم هر نمونه با آب مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و غلظت عناصر کلسیم و منیزیم موجود در این محلول‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (AAS, Shimadzu model 6200) تعیین گردید (Ghasemi et al., 2009).

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (PASW statistics 18) انجام گرفت. آنالیز واریانس یک راهه (ANOVA) برای بررسی تغییرات درون‌گونه‌ای وزن خشک و مقادیر کلسیم و منیزیم در بخش‌های هوایی و ریشه‌ای گیاهان انجام شد و برای پی‌بردن به معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید.

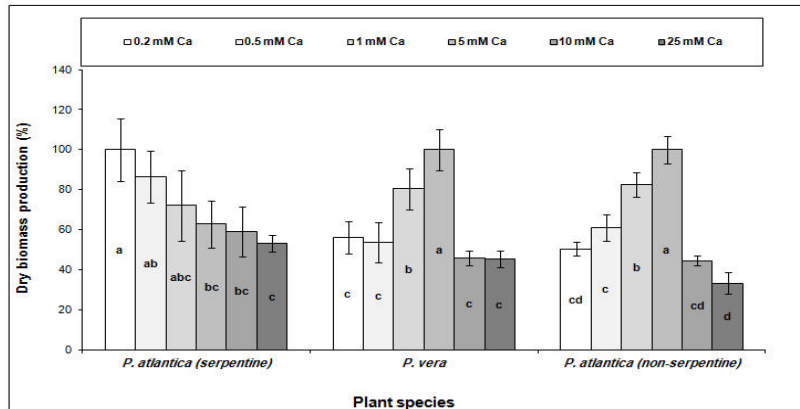
## نتایج و بحث

در گونه سرپنتین *P. atlantica*، بیشترین وزن خشک نسبی (درصد) در غلظت ۰/۲ میلی‌مولار کلسیم در محلول غذایی، مشاهده می‌شود (شکل ۱). وزن خشک نسبی گونه‌ها/جمعیت‌های غیرسرپنتین *P. vera* و *P. atlantica*، با افزایش غلظت کلسیم از ۰/۲ تا ۵ میلی‌مولار در محلول غذایی، به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (شکل ۱). همان‌گونه که نتایج در شکل ۲ نشان می‌دهند افزایش غلظت کلسیم در محیط کشت از ۰/۲ به ۵ و از ۵ به ۱۰ میلی‌مولار موجب افزایش معنی‌دار آن در بخش هوایی گونه سرپنتین *P. atlantica* می‌شود (شکل ۲). در گونه *P. vera* بیشترین مقدار کلسیم در بخش هوایی گیاهانی مشاهده شد که در غلظت ۲۵ میلی‌مولار کلسیم رشد کرده بودند (شکل ۲). افزایش مقدار کلسیم در محیط کشت از ۰/۲ به ۱، ۵، ۱۰ و ۲۵ میلی‌مولار موجب افزایش معنی‌دار غلظت آن در بخش هوایی گیاه غیرسرپنتین *P. atlantica* گردید (شکل ۲). مقدار کلسیم در بخش ریشه‌ای گیاه سرپنتین *P. atlantica* (شکل ۲) در پاسخ به افزایش غلظت آن در محیط کشت از ۰/۵ به ۱ و ۵ میلی‌مولار، به طور معنی‌داری افزایش یافت. در مورد گونه *P. vera*، افزایش غلظت کلسیم از ۰/۲ تا ۱ میلی‌مولار تغییری در مقدار آن در بخش ریشه‌ای ایجاد نمی‌کند. اما با افزایش غلظت کلسیم از ۱ به ۵ و از ۵ به ۱۰ میلی‌مولار موجب افزایش معنی‌دار آن در ریشه‌ها گردید. در گونه غیرسرپنتین *P. atlantica*، بیشترین مقدار کلسیم در بخش ریشه‌ای در غلظت ۲۵ میلی‌مولار این عنصر مشاهده شد (شکل ۲). شکل ۳، مقادیر منیزیم را در بخش‌های هوایی و ریشه‌ای گیاهان رشد یافته در غلظت‌های مختلف کلسیم را نشان می‌دهند. همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت کلسیم در

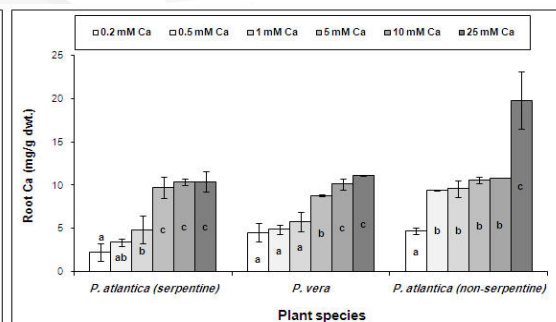
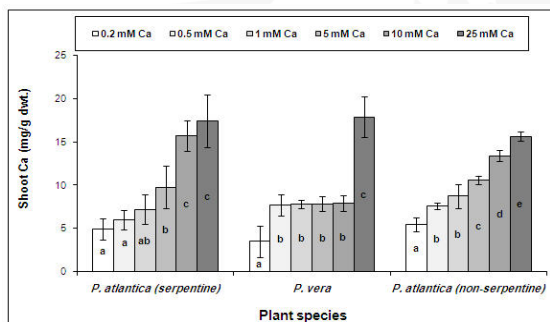
محیط کشت، غلظت منیزیم در بخش‌های هوایی و ریشه‌ای گیاهان سرپنتین و غیرسرپنتین گیاه کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار منیزیم این گیاهان در غلظت ۰/۲ میلی‌مولار کلسیم در محیط کشت مشاهده می‌شود.

در شرایط استاندارد و در خاک‌های غیرسرپنتین نسبت Ca/Mg حدود ۲ می‌باشد، درحالی‌که این نسبت در خاک‌های سرپنتین به ۰/۲۵ کاهش می‌یابد و اغلب عامل اصلی در محدود کردن رشد گیاهان است (Palm *et al.*, 2012). باین‌وجود، برخی گیاهان با به‌کارگیری مکانیسم‌های ناشناخته، نسبت به عدم تعادل کلسیم و منیزیم در خاک‌های سرپنتین سازش یافته‌اند (Rajakaruna *et al.*, 2003; Asemaneh *et al.*, 2007; ghasemi and Ghadeian; 2009; Ghasemi *et al.*, 2015). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که همزمان با افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی، تولید وزن خشک گونه سرپنتین *P. atlantica* کاهش یافت. درحالی‌که حداکثر رشد گونه‌ها/جمعیت‌های غیرسرپنتین *P. vera* و *P. atlantica* در غلظت ۵ میلی‌مولار کلسیم، مشاهده شد. این تفاوت در پاسخ‌های رشد، نشان دهنده حساسیت‌های مختلف گیاهان سرپنتین و غیرسرپنتین و در غلظت‌های کم کلسیم می‌باشد (Tyndall and Hull, 1999; Asemaneh *et al.*, 2007; Ghasemi *et al.*, 2015).

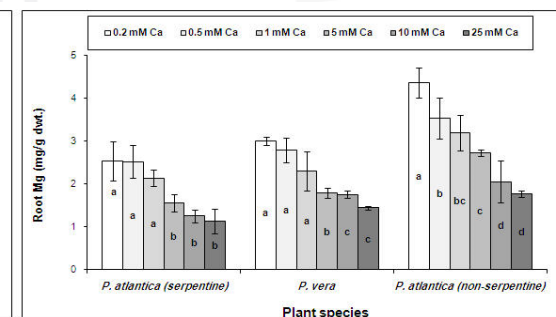
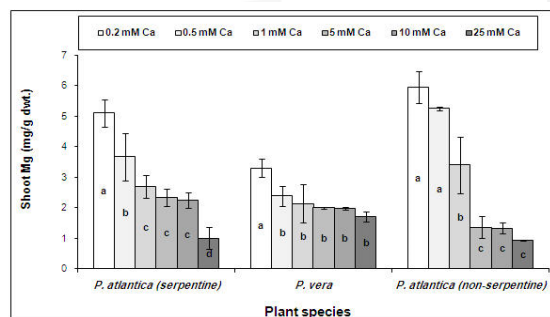
با افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی، مقدار کلسیم بافت‌های گیاهی افزایش و مقدار منیزیم آن‌ها کاهش یافت. که این مطلب نشان دهنده اثرات آنتاگونیستی کلسیم و منیزیم در جذب و انتقال توسط گیاهان می‌باشد. همچنین احتمال می‌رود که کاهش رشد در غلظت‌های بالای کلسیم در محلول غذایی، بیشتر به دلیل افزایش استرس اسمزی باشد تا سمیت کلسیم (Springer *et al.*, 2007). به‌طورکلی در بررسی اثر نسبت کلسیم به منیزیم بر میزان رشد گیاهان، تفاوت چندانی در نحوه توزیع کلسیم و منیزیم در بافت‌های ریشه‌ای و هوایی بین گونه‌ها/جمعیت‌های سرپنتین و غیرسرپنتین مشاهده نمی‌شود. مشابه چنین نتایجی تحقیق Ghasemi و Ghaderian (2009) در مورد جمعیت‌های سرپنتین و غیرسرپنتین *Alyssum inflatum* رشد یافته در نسبت‌های مختلف Ca/Mg نیز گزارش شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که گیاهان سرپنتین و غیرسرپنتین مکانیسم‌های مشابهی را در جذب کلسیم و جذب یا دفع منیزیم به‌کار می‌گیرند. دلیل عملکرد (رشد) بهتر گیاهان سرپنتین در شرایط تنش را می‌توان به این مطلب نسبت داد که احتمالاً قسمت عمده کلسیم بخش هوایی در سیتوزول، که محل انجام فرایندهای متابولیکی مختلف می‌باشد، قرار دارد. درحالی‌که در گیاهان غیرسرپنتین قسمت عمده کلسیم به واکوئل‌ها و یا آپوپلاست اختصاص می‌یابد و مقدار کمی در سیتوزول باقی می‌ماند. مطالعات Bradshaw (2005) نشان داد که جهش‌یافته‌های *cax1* گیاه *Arabidopsis thaliana* که عملکرد آنتی‌پورتر کلسیم-پروتون (CAX1) خود را از دست داده بودند، برخلاف گیاهان وحشی خود توانستند در خاک‌های سرپنتین باقی بمانند و به رشد خود ادامه دهند. این توانایی جهش‌یافته‌ها ناشی از عدم حضور این آنتی‌پورتر و در نتیجه حفظ هموستازی کلسیم می‌باشد. براساس این مدل فیزیولوژیکی که اخیراً برای مکانیسم مقاومت گیاهان سرپنتین به نسبت‌های نامطلوب کلسیم به منیزیم پیشنهاد شده است (Bradshaw, 2005)، گمان می‌رود که فعالیت این آنتی‌پورتر کلسیم در گیاهان سرپنتین در قیاس با گونه‌های غیرسرپنتین کاهش نسبی یافته است که حاصل آن مقاومت در برابر تنش نسبت‌های نامطلوب Ca/Mg می‌باشد.



شکل ۱: تأثیر افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی بر وزن خشک نسبی (به صورت درصدی از حداکثر رشد) گونه‌ها/جمعیت‌های سرپنتین *P. atlantica* و غیرسرپنتین *P. vera* و *P. atlantica* مقادیر میانگین وزن خشک نسبی سه تکرار  $\pm$  انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن اثر تیمار بر وزن خشک نسبی در هر گونه/جمعیت با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند ( $P < 0.05$ ).



شکل ۲: تغییر در غلظت کلسیم بخش‌های هوایی (نمودار چپ) و ریشه‌ای (نمودار راست) گونه‌ها/جمعیت‌های سرپنتین *P. atlantica* و غیرسرپنتین *P. vera* و *P. atlantica* در پاسخ به افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی. مقادیر میانگین سه تکرار  $\pm$  انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن اثر تیمار بر میانگین میزان انباشتگی کلسیم در بخش‌های هوایی در هر گونه/جمعیت با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند ( $P < 0.05$ ).



شکل ۳: تغییر در غلظت منیزیم بخش‌های هوایی (نمودار چپ) و ریشه‌ای (نمودار راست) گونه‌ها/جمعیت‌های سرپنتین *P. atlantica* و غیرسرپنتین *P. vera* و *P. atlantica* در پاسخ به افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی. مقادیر میانگین سه تکرار  $\pm$  انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن اثر تیمار بر میانگین میزان انباشتگی منیزیم در بخش‌های هوایی در هر گونه/جمعیت با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند ( $P < 0.05$ ).



## منابع

- Anacker, B.L. 2014. The nature of serpentine endemism. *American Journal of Botany*; 101: 219-224.
- Asemaneh, T., Ghaderian, S.M. and Baker, A.J.M. 2007. Responses to Mg/Ca balance in an Iranian serpentine endemic plant, *Cleome heratensis* (Capparaceae) and a related non-serpentine species, *C. foliolosa*. *Plant and Soil*; 293: 49-59.
- Bani, A., Imeri, A., Echevarria, G., Pavlova, D., Reeves, R.D., Morel, J.L. and Sulce, S. 2013. Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Albania. *Fresenius Environmental Bulletin*; 22: 1792-1801.
- Bauge, S.M.Y., Lavkulich, L.M. and Schreier, H.E. 2013. Serpentine affected soils and the formation of magnesium phosphates (struvite). *Canadian Journal of Soil Science*; 93: 161-172.
- Bradshaw, H.D. 2005. Mutations in CAX1 produce phenotypes characteristic of plants tolerant to serpentine soils. *New Phytologist*; 167: 81-88.
- Ghasemi, R. and Ghaderian, S.M. 2009. Responses of two populations of an Iranian nickel-hyperaccumulating serpentine plant, *Alyssum inflatum* Nyar., to substrate Ca/Mg quotient and nickel. *Environmental and Experimental Botany*; 67: 260-268.
- Ghasemi, R., Ghaderian, S.M. and Kramer, U. 2009. Interference of nickel with copper and iron homeostasis contributes to metal toxicity symptoms in the nickel hyperaccumulator plant *Alyssum inflatum*. *New Phytologist*; 184: 566-580.
- Ghasemi, R., Zare Chavoshi, Z., Boyd, R.S. and Rajakaruna, N. 2015. Calcium : magnesium ratio affects environmental stress sensitivity in the serpentine-endemic *Alyssum inflatum* (Brassicaceae). *Australian Journal of Botany*; 63: 39-46.
- Granssee, A. and Fuhrs, H. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*; 368: 5-21.
- Guo, W., Cing, Y., Hussain, N., Wang, Y., Zhongli, L., Jiang, L., Liang, Z. and Chen, K. 2014. The remodeling of seedling development in response to long-term magnesium toxicity and regulation by ABA-DELLA signaling in Arabidopsis. *Plant Cell Physiology*; 55: 1713-1726.
- Kruckeberg, A.R. 2006. Introduction to California soils and plants: serpentine, vernal pools, and other geobotanical wonders. University of California Press, California. 296 pp.
- Mleczeck, M., Kozłowska, M., Kaczmarek, Z., Chadzinikolau, T. and Golinski, P. 2011. Influence of Ca/Mg ratio on phytoextraction properties of *Salix viminalis* L. The effectiveness of Cd, Cu, Pb, and Zn bioaccumulation and plant growth. *International Journal of Phytoremediation*; 14: 75-88.
- Palm, E.R., Brady, K. and Van Volkenburgh, E. 2012. Serpentine tolerance in *Mimulus guttatus* does not rely on exclusion of magnesium. *Functional Plant Biology*; 39: 679-688.
- Parker, D.R. and Norvell, W.A. 1999. Advances in solution culture methods for plant mineral nutrition research. *Advances in Agronomy*; 65: 151-213.
- Rajakaruna, N., Siddigi, M.Y., Whitton, J., Bohm, B.A. and Glassm, A.D.M. 2003. Differential responses to  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  in two edaphic races of the *Lasthenia californica* (Asteraceae) complex: a case for parallel evolution of physiological traits. *New Phytologist*; 157: 93-103.
- Roberts, B.A. and Proctor, J. 1992. The ecology of areas with serpentinized rocks: a world view. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 427 pp.
- Schat, H., Vooijs R. and E. Kuiper. 1996. Identical major gene loci for heavy metal tolerances that have independently evolved in different local populations and subspecies of *Silene vulgaris*. *Evolution*; 50: 1888-1895.
- Senbayram, M., Geanssee, A., Wahle, V. and Thiel, H. 2015. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant-soil continuum. *Crop and Pasture Science*; 66: 1219-1229.
- Springer, Y.P., Hardcastle, B.A. and Gilbert, G.S. 2007. Soil calcium and plant disease in serpentine ecosystems: a test of the pathogen refuge hypothesis. *Oecologia*; 151: 10-21.
- Tyndall, R.W. and Hull, J.C. 1999. Vegetation, flora, and plant physiological ecology of serpentine barrens of eastern North America. In: Savanna, barrens, and rock outcrop plant communities of North America, pp. 67-82. eds. R.C. Anderson, J.C. Fralish and J.M. Baskin. Cambridge University Press, Cambridge.
- Venkatesan, S. and Jayaganesh, S. 2010. Characterisation of magnesium toxicity, its influence on amino acid synthesis pathway and biochemical parameters of tea. *Research Journal of Phytochemistry*; 4: 67-77.

## Evaluation Of The Effect Of Ca/Mg Quotient On The Growth Of Serpentine And Non-Serpentine Species/Populations Of *Pistacia*

Najmeh Pakdaman<sup>\*1</sup>, Maryam Afrousheh<sup>1</sup>

Pistachio Research Center, Horticulture Sciences Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

<sup>\*</sup>Corresponding Author: [pakdaman@pri.ir](mailto:pakdaman@pri.ir)

### Abstract

Serpentine soils contain a set of undesirable conditions for plant growth and development as low calcium per magnesium quotient. Despite of these unfavorable conditions, some plants such as *Pistacia atlantica* by using adaptive mechanisms can grow on serpentine soils. In the current research, the effect of different calcium per magnesium quotients (0.1, 0.25, 0.5, 2.5, 5 and 12.5) was studied on the plant growth and elemental accumulation by serpentine species/ population of *P. atlantica* (Abadeh-Tashk) compared to non serpentine species/ population of *P. atlantica* (Fereidoun Shahr) and *P. vera* (the edible pistachio). The results indicated serpentine species/ population of *P. atlantica* had the best growth on the low calcium per magnesium quotient (0.25), while the non serpentine species/ population of *P. vera* and *P. atlantica* had the best growth on quotients > 1. (2.5). Diverse response of these plants can be related to their different habitats (serpentine and non serpentine soils).

**Key words:** accumulation, compatibility, roots, shoots, tolerance

IrHC 2017  
T e h r a n - I r a n