

خود را دارند و از این رو باعث پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Cao *et al.*, 1997)، همچنین از پراکسیداسیون لیپید جلوگیری کرده و باعث افزایش پایداری غشا و سیالیت غشا می‌شوند و از آزاد شدن رادیکال‌های آزاد اکسیژن جلوگیری می‌کنند و باعث مهار واکنش‌های پراکسیداسیون می‌شوند (Kadioglu *et al.*, 2011). در آزمایشی که Farooq و همکاران (۲۰۲۰)، روی ۴ وارته گلرنگ تحت تنش خشکی انجام دادند، بیان کردند فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی کل تمامی وارته‌های مورد آزمایش تحت تنش خشکی افزایش یافت، این یافته‌ها تأیید‌کننده نتایج حاضر در این آزمایش است. در آزمایشات مختلفی کاربرد سلنیوم باعث افزایش محتوای ترکیبات فنلی کل در برگ‌های گیاه ریحان (Skrypnik *et al.*, 2019)، ذرت (Gul *et al.*, 2017) و بادرنجبویه (Habibi *et al.*, 2016) شد. با این حال، لازم به ذکر است که مکانیسم تأثیر سلنیوم بر متابولیسم ثانویه گیاهان هنوز درک نشده است. Zhu و همکاران (۲۰۱۸) همچنین نشان دادند که افزایش سطح فلاونوئیدها در گوجه‌فرنگی توسط تیمار سلنیوم با افزایش بیان تعدادی از ژن‌های موجود در بیوستز این متابولیت‌های ثانویه همراه است. نقش کلسیم نیز با تأثیر بر آنزیم‌های مؤثر در سنتز و اکسیداسیون فنل‌ها مانند فنیل آلانین آمونیلایز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز مشخص شده است. از این طریق عنصر کلسیم در چرخه متابولیسم اسیدهای فنولیک نقش مؤثری دارد (Castaneda *et al.*, 1996).

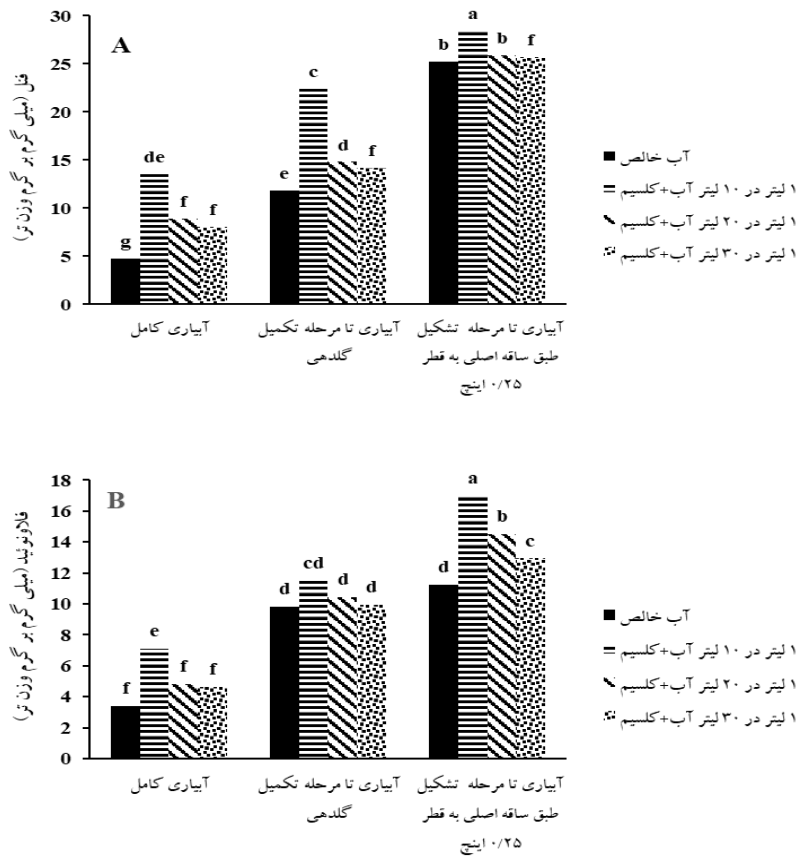
کربوهیدرات‌های محلول کل

تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول معنی‌دار بود

محتوای فنل تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد و محتوای فلاونوئید در اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان فنل (۲۸/۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و فلاونوئید (۱۷/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ توأم با محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد آلی به مقدار ۱ لیتر در ۱۰ لیتر آب + کلسیم و کمترین میزان فنل (۴/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و فلاونوئید (۳/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار آبیاری کامل توأم با محلول‌پاشی آب خالص به دست آمد، محتوای فنل و فلاونوئید به ترتیب ۸۳ و ۷۹ درصد در طی تنش خشکی افزایش یافته است (شکل ۵). محتوای فنلی کل در دانه‌های روغنی برای پایداری اکسیداتیو اسیدهای چرب اشباع‌نشده چندگانه روغن‌ها و همچنین، نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار مهم است (Ali *et al.*, 2013). محققان بیان کردند ترکیبات فنلی با دادن الکترون به آنزیم‌های نوع پراکسیداز و سم‌زدایی آب‌اکسیژنه تولیدشده در سلول‌ها به‌عنوان نوعی آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند (Sakihama *et al.*, 2002)، این ترکیبات در گیاهان دارای ساختار شیمیایی خاصی هستند که سلول‌ها را در برابر تنش‌های اکسیداتیو از طریق کلات کردن فلزات و اتصال با رادیکال‌های آزاد به همراه پراکسیداسیون کمتر چربی‌ها محافظت می‌کنند (Michalak, 2006). فلاونوئیدها از انواع آنتی‌اکسیدان‌هایی هستند که قابلیت انتقال یک پروتون موجود در حلقه

در هنگام تنش خشکی گیاهانی که از مکانیسم تحمل به تنش استفاده می‌کنند، با افزایش مواد تنظیم‌کننده اسمزی (مانند پرولین و کربوهیدرات) در سلول با تنش کم‌آبی مقابله می‌کنند، زیرا افزایش قندهای محلول می‌تواند به‌عنوان ترکیبات اسمزی و همچنین، به‌عنوان حفاظت‌کننده‌های اسمزی عمل کنند که در نهایت سبب ثبات پروتئین‌ها و غشاء می‌شوند (Kafi et al., 2010).

(جدول ۲). بیشترین مقدار کربوهیدرات (۰/۹۵) میکرومول گلوکز بر گرم وزن تر) در تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ توأم با محلول پاشی تنظیم‌کننده رشد آلی به مقدار ۱ لیتر در ۱۰ لیتر آب + کلسیم و کمترین میزان آن (۰/۱۹) میکرومول گلوکز بر گرم وزن تر) در تیمار آبیاری کامل توأم با محلول پاشی آب خالص به دست آمد، افزایش کربوهیدرات به میزان ۸۰ درصد در طی تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۵- اثر برهم کنش تنش خشکی و محلول پاشی بر محتوای فلاونوئید (الف) و فنل (ب). حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

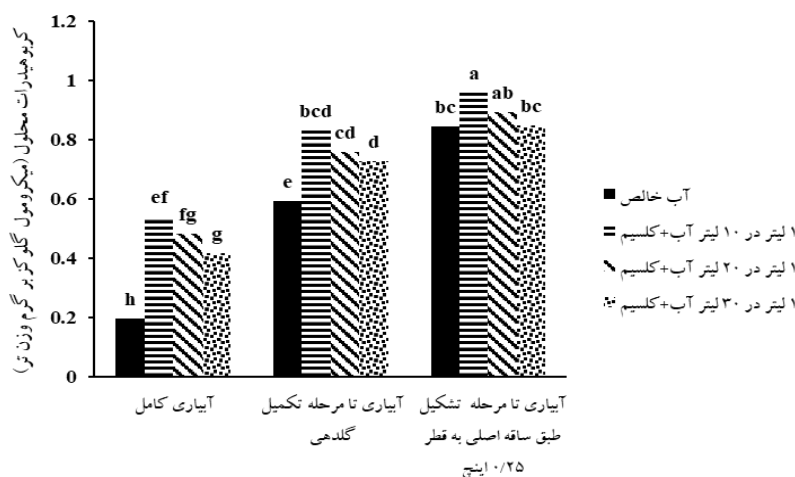
Fig 5- Interaction effect of drought stress and foliar application on flavonoid (A) and Phenol (B) content. Same letters indicate no significant differences with Duncan test.

خشکی نشان داده شد، این نتایج با یافته‌های محققان پیشین که افزایش محتوای کربوهیدرات را در طی

در آزمایش حاضر تجمع کربوهیدرات به‌عنوان یکی از راهکارهای تحمل گیاه در شرایط تنش

دیسموتاز، پراکسیداز و همچنین، تجمع قندهای محلول در آب در برگ‌های گیاه ترشک دارد. Karimi (۲۰۲۰) در آزمایشی به منظور تأثیر تغذیه ابتدای فصل کلسیم و روی بر عملکرد، محتوای قند و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی و انگور بیان داشتند، محتوای قندهای محلول کل در تاک‌های تیمار شده توسط سولفات کلسیم و سولفات روی روند افزایشی نشان داد، به طوری که در تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم یک درصد به مقدار بیشینه رسید.

تنش خشکی بر گیاه گلرنگ (Chavoushi *et al.*, 2019; Rahmani *et al.*, 2019) گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد. Simojoki (۲۰۰۳) با کاربرد سلنیوم در کاهو نتیجه گرفت که افزایش رشد گیاه احتمالاً به علت تأثیرات مثبت سلنیوم بر اندام‌های هوایی از جمله افزایش تولید و تجمع کربوهیدرات است. در آزمایش دیگری تحت تنش شوری Kong و همکاران (۲۰۰۵)، گزارش کردند که در غلظت‌های کم (۵-۱ میکرومولار)، سلنیوم تمایل به تحریک رشد، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید



شکل ۶- اثر برهم کنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر کربوهیدرات‌های محلول کل. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

Fig 6- Interaction effect of drought stress and foliar application on total soluble carbohydrates. Same letters indicate no significant differences with Duncan test.

آبیاری کامل توأم با محلول‌پاشی آب خالص به دست آمد، بر اساس نتایج مقدار پروتئین ۵۲ درصد در اثر متقابل تنش و محلول‌پاشی افزایش یافت (شکل ۷). املاح آلی مانند پروتئین‌های محلول می‌توانند گیاهان را در شرایط تنش از طریق تنظیم اسمزی، کاهش گونه‌های فعال اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS)، تثبیت ساختار غشا محافظت کنند و به ویژگی‌های ساختاری پروتئین‌ها و آنزیم‌ها کمک

پروتئین محلول

محتوای پروتئین تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار پروتئین (۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ توأم با محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد آلی به مقدار ۱ لیتر در ۱۰ لیتر آب + کلسیم و کمترین میزان آن (۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار

تنش خشکی می‌تواند از تحریک رشد مشاهده شده توسط سلنیوم حمایت نموده و نشان‌دهنده تحریک متابولیسم ازت در کنار تحریک متابولیسم کربن در گیاهان تحت تیمار سلنیوم باشد. Khademi و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایشی بر گیاه گلرنگ بیان کردند، محلول پاشی سلنیوم باعث افزایش درصد پروتئین در این گیاه شد و بیشترین میزان پروتئین از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم حاصل شد که با نتایج حاصل از این آزمایش هم‌خوانی دارد. نتایج محققان دیگر در گیاه باقلا نشان‌دهنده افزایش میزان پروتئین برگ با کاربرد تیمار سلنیوم بود و بیشترین میزان پروتئین از تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم حاصل شد (Moussa and Ahmed, 2010). در مطالعه Madanipour و همکاران (۲۰۱۷) بر دو رقم سویا در شرایط کم آبیاری گزارش کردند، تنش خشکی بر میزان پروتئین دانه اثر گذاشته و به کاهش این صفت منجر شده است. از طرفی محلول پاشی سیلیکات کلسیم بر رقم L17 باعث افزایش عملکرد پروتئین شد.

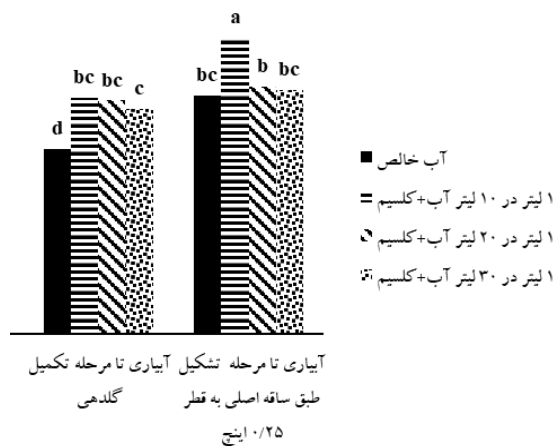
شکل ۷- اثر برهم‌کنش تنش خشکی و محلول پاشی بر پروتئین محلول. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

Fig 7- Interaction effect of drought stress and foliar application on soluble protein. Same letters indicate no significant differences with Duncan test.

تبیجه گیری کلی

تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فنل و فلاونوئید شد. همچنین، محتوای کربوهیدرات و پروتئین در طی تنش خشکی افزایش یافتند. در بین تیمارهای تنش، آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر

کند (Farooq *et al.*, 2009). نتایج آزمایشی که Wei و همکاران (۲۰۲۰) به منظور مطالعه بر متابولیسم، مسیرها و ژن‌های مرتبط با تحمل به تنش خشکی در گلرنگ انجام دادند، بیانگر این مطلب بود که مقدار پروتئین محلول هر دو واریته گلرنگ مورد آزمایش در شرایط تنش خشکی افزایش یافت که تأییدکننده نتایج حاضر است، همچنین، Amini و همکاران (۲۰۱۴) در آزمایشی بر واریته‌های گلرنگ تحت تنش خشکی گزارش کردند، محتوای پروتئین واریته‌های مورد آزمایش تحت تنش خشکی افزایش یافت. تاکنون سازوکار تأثیر سلنیوم بر سنتز پروتئین‌ها به‌طور کامل مشخص نشده است، اما محققان پیشنهاد کردند که ممکن است یکی از علل آن افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز باشد. در آزمایشی که Hajiboland و همکاران (۲۰۱۵) به‌منظور بررسی تأثیر تیمار سلنیوم بر تحمل تنش خشکی در گیاه کلزا انجام دادند، مقدار پروتئین برگ تحت تأثیر تیمار سلنیوم به صورت معنی‌داری افزایش یافت. آنها اظهار داشتند که افزایش مقدار پروتئین‌های گیاهان در شرایط



می‌توان گفت کاربرد سلنیوم و کلسیم در شرایط تنش خشکی با فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدانی و غیر آنزیمی اثرات مضر تنش را در گیاه کاهش داده و باعث تحمل گیاه در شرایط تنش می‌شود.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه IR-UOZ-GR-2904 دانشگاه زابل تأمین شده است.

References

- Ali, Q., Anwar, F., Ashraf, M., Saari, N. and Perveen, R. (2013) Ameliorating effects of exogenously applied proline on seed composition, seed oil quality and oil antioxidant activity of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *International Journal of Molecular Sciences* 14(1): 818-835.
- Amini, H., Arzani, A. and Karami, M. (2014) Effect of water deficiency on seed quality and physiological traits of different safflower genotypes. *Turkish Journal of Biology* 38(2): 271-282.
- Apel, K. and Hirt, H. (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology* 55: 373-399.
- Asada, K. (2006) Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. *Plant Physiology* 141(2): 391-396.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Al-Qurainy, F. and Foolad, M. R. (2011) Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advances in Agronomy* 111: 249-296.
- Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72(1-2): 248-254.
- Beers, G. R. and Sizer, I. W. (1952) A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *Biology Chemistry* 195(1): 133-140.
- Bybordi, A. (2016) Effect of zeolite, selenium and silicon on yield, yield components and some physiological traits of canola under salt stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 14(1): 154-170 (In Persian).
- Cao, G., Sofic, E. and Prior, R. L. (1997) Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free Radical Biology and Medicine* 22(5): 749-760.
- Castañeda, P. and Pérez, L. M. (1996) Calcium ions promote the response of Citrus limon against fungal elicitors or wounding. *Phytochemistry* 42(3): 595-598.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis* 10(3): 178-182.
- Chavoushi, M., Najafi, F., Salimi, A. and Angaji, S. A. (2019) Improvement in drought stress tolerance of safflower during

- vegetative growth by exogenous application of salicylic acid and sodium nitroprusside. *Industrial Crops and Products* 134: 168-176.
- Cosgrove, D. J. (2016) Plant cell wall extensibility: connecting plant cell growth with cell wall structure, mechanics, and the action of wall-modifying enzymes. *Journal of Experimental Botany* 67(2): 463-476.
- Dadnia, M. (2018) Wheat Response (*Triticum aestivum* L.) to selenium under normal irrigation and water deficit conditions. *Journal of Crop Ecophysiology* 12(45): 21-36 (In Persian).
- Dawood, M. G. and Sadak, M. S. (2014) Physiological role of glycinebetaine in alleviating the deleterious effects of drought stress on canola plants (*Brassica napus* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research* 3(4): 943-954.
- Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., Sheeba, J. A. and Bangarusamy, U. (2005) Selenium—an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil* 272(1): 77-86.
- Farooq, A., Bukhari, S. A., Akram, N. A., Ashraf, M., Wijaya, L., Alyemeni, M. N. and Ahmad, P. (2020) Exogenously applied ascorbic acid-mediated changes in osmoprotection and oxidative defense system enhanced water stress tolerance in different cultivars of safflower (*Carthamus tinctorious* L.). *Plants* 9(1): 104.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A. and Basra, S. M. A. (2009) Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy of Sustainable Development* 29: 185-212.
- Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavy, S. A. M., Reza Zadeh, A. R. and Heshmati, S. (2011) Effect of iron application on enzymatic activity, grain yield and oil content of safflower under water deficit conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 13(3): 452-465 (In Persian).
- Gapper, C. and Dolan, L. (2006) Control of plant development by reactive oxygen species. *Plant Physiology* 141(2): 341-345.
- Gul, H., Kinza, S., Shinwari, Z. K. and Hamayun, M. (2017) Effect of selenium on the biochemistry of *Zea mays* under salt stress. *Pakistan Journal of Botany* 49(SI): 25-32.
- Habibi, G., Ghorbanzade, P. and Abedini, M. (2016) Effects of selenium application on physiological parameters of *Melissa officinalis* L. plants. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 32(4): 698-715 (In Persian).
- Hajiboland, R., Keyvanfar, N., Joudmand, A., Rezaee, H. and Yousefnejad, M. (2015) Effect of selenium treatment on drought tolerance of canola plants. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 27(4): 557-568 (In Persian).
- Hamidi moghaddam, R., Sirousmehr, A. and Ghanbari, A. (2021) Effect of sodium selenate, titanium dioxide and organic growth regulator on some physiological traits, yield and percentage oil of safflower under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology* 12(4): 1-18 (In Persian).
- Hediye Sekmen, A., Türkan, İ. and Takio, S. (2007) Differential responses of antioxidative enzymes and lipid peroxidation to salt stress in salt-tolerant *Plantago maritima* and salt-sensitive *Plantago media*. *Physiologia Plantarum* 131(3): 399-411.
- Hosseini Tafreshi, S. A., Aghaei, P. and Toghyani, M. A. (2019) Effect of calcium pretreatment on antioxidant enzymes activity of tomato under salinity stress in hydroponic condition. *Iranian National Plant Physiology Conference, Yazd, Iran.* (In Persian).
- Janovitz-Klapp, A. H., Richard, F. C., Goupy, P. M. and Nicolas, J. J. (1990) Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38(4): 926-931.

- Jovanović, S. V., Kukavica, B., Vidović, M., Morina, F. and Menckhoff, L. (2018) Class III peroxidases: functions, localization and redox regulation of isoenzymes (Eds. Gupta, D. K., Corpas, F. J. and Palma. J. M) 269-300. In *Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants*. Springer, Cham.
- Kadioglu, A., Saruhan, N., Sağlam, A., Terzi, R. and Acet, T. (2011) Exogenous salicylic acid alleviates effects of long-term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. *Plant Growth Regulation* 64(1): 27-37.
- Kafi, M., Borzooe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. (2012) *Physiology of environmental stresses in plants*. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran (In Persian).
- Kafi, M., Borzooe, M., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. (2010) *Physiology of environmental stresses in plants*. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Karimi, R. (2020) The effect of early season nutrition of calcium and zinc on yield, sugar content and enzymatic and non-enzymatic antioxidant capacity of grape. *Iranian Journal of Plant Biology* 12(1): 1-22. (In Persian).
- Kavas, M., Baloğlu, M. C., Akca, O., Köse, F. S. and Gökçay, D. (2013) Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. *Turkish Journal of Biology* 37(4): 491-498.
- Khademi, B., Shaibani, H. and Borzou, A. (2015) Effect of foliar application of selenium on quality traits and enzyme activities of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under different soil moisture regimes stress in Varamin region. *Agronomic Research in Semi Desert Regions* 12(3): 183-196 (In Persian).
- Khattab, H. (2004) Metabolic and oxidative responses associated with exposure of *Eruca sativa* (Rocket) plants to different levels of selenium. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 1101-1106.
- Khosrowshahi, Z. T., Ghassemi-Golezani, K., Salehi-Lisar, S. Y. and Motafakkerzad, R. (2020) Changes in antioxidants and leaf pigments of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) affected by exogenous spermine under water deficit. *Biologia Futura* 71(3): 313-321.
- Kohli, S. K., Khanna, K., Bhardwaj, R., Abd-Allah, E. F., Ahmad, P. and Corpas, F. J. (2019) Assessment of subcellular ROS and NO metabolism in higher plants: multifunctional signaling molecules. *Antioxidants* 8(12): 641.
- Kong, L., Wang, M. and Bi, D. (2005) Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress. *Plant Growth Regulation* 45(2): 155-163.
- Kwak, J. M., Nguyen, V. and Schroeder, J. I. (2006) The role of reactive oxygen species in hormonal responses. *Plant Physiology* 141(2): 323-329.
- Li, Z., Peng, Y. and Ma, X. (2013) Different response on drought tolerance and post-drought recovery between the small-leaved and the large leafed white clover (*Trifolium repens* L.) associated with antioxidative enzyme protection and lignin metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum* 35: 213-222.
- Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A. and Di Tommaso, T. (2007) Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L.. *Agricultural Water Management* 92(1-2): 73-80.
- Madanipour, E., Asilan, K. S. and Mansourifar, S. (2017) The effect of hexaconazole, penconazole and calcium silicate on the quantitative and qualitative traits of two varieties of soybean under water deficit conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 48(2): 377-388 (In Persian).
- Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M. and Sharifi, M. (2013) Effect of chitosan on safflower (*Carthamus*

- tinctorius* L.) seed germination and antioxidant enzymes activity under water stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 26(3): 352-365 (In Persian).
- Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. Second edition, Institute of Plant Nutrition, University of Hohenheim, Germany.
- McDonald, S., Prenzler, P. D., Antolovich, M. and Robards, K. (2001) Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry* 73(1): 73-84.
- Michalak, A. (2006) Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish Journal of Environmental Studies* 15(4): 523-530.
- Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7(9): 405-410.
- Moaveni, P. and Kheiri, T. (2011) TiO₂ nano particles affected on maize (*Zea mays* L.). In: 2nd International Conference on Agricultural and Animal Science (Vol. 22, pp. 160-163). Singapore: IACSIT Press.
- Mosavi, S., Bijanzadeh, E., Zinati, Z. and Barati, V. (2020) Evaluation of photosynthetic pigments, antioxidant enzyme activity and seed yield of safflower cultivars under cutting off irrigation. *Journal of Crops Improvement* 22(4): 571-586 (In Persian).
- Mostafavi, S., Asadi-Gharneh, H. A. and Miransari, M. (2019) The phytochemical variability of fatty acids in basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) affected by genotype and geographical differences. *Food Chemistry* 276: 700-706.
- Moussa, H. R. and Ahmed, A. E. F. M. (2010) Protective role of selenium on development and physiological responses of *Vicia faba*. *International Journal of Vegetable Science* 16(2): 174-183.
- Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidases in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology* 22: 867-880.
- Nojavan, A. M. and Khorshidi, M. (2006) An investigation of vanillin imposed oxidative stress in corn (*Zea mays* L.) and the activities of antioxidative enzymes. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9: 34-38.
- Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S. A. and Masouleh, E. H. (2019) Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. *International Journal of Plant Production* 13(4): 297-308.
- Ramos, S. J., Faquin, V., Guilherme, L. R. G., Castro, E. M., Ávila, F. W., Carvalho, G. S. and Oliveira, C. (2010) Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant, Soil and Environment* 56(12): 584-588.
- Rios, J. J., Blasco, B., Cervilla, L. M., Rosales, M. A., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L. and Ruiz, J. M. (2009) Production and detoxification of H₂O₂ in lettuce plants exposed to selenium. *Annals of Applied Biology* 154(1): 107-116.
- Rios, J. J., Rosales, M. A., Blasco, B., Cervilla, L. M., Romero, L. and Ruiz, J. M. (2008) Biofortification of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. *Scientia Horticulturae* 116(3): 248-255.
- Sakihama, Y., Cohen, M. F., Grace, S. C. and Yamasaki, H. (2002) Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology* 177(1): 67-80.
- Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamoi, M., Miyagawa, Y., Takeda, T., Yabuta, Y. and Yoshimura, K. (2002) Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. *Journal of Experimental Botany* 53(372): 1305-1319.
- Sheligl, H. Q. (1986) The utilization of organic acids by chlorella in the light. *Planta Journal* 47: 510-526.

- Skrypnik, L., Novikova, A. and Tokupova, E. (2019) Improvement of phenolic compounds, essential oil content and antioxidant properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on type and concentration of selenium application. *Plants* 8(11): 458-471.
- Stoeckle, D., Thellmann, M. and Vermeer, J. E. (2018) Breakout-lateral root emergence in *Arabidopsis thaliana*. *Current Opinion in Plant Biology* 41: 67-72.
- Tanaka, D. L., Rivaland, N. B., Bergman, J. W. and Johnson, B. L. (2002) A description of safflower plant development stages. United States Department of Agriculture. North Dakota, Report 2.
- Thippeswamy, M., Rajasreelatha, V., Haleshi, C. and Sudhakar, C. (2021) Modulation of cell components and specific isoforms of antioxidant enzymes in safflower under water stress and recovery. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 17(1): 94-105.
- Thipyapong, P., Melkonian, J., Wolfe, D. W. and Steffens, J. C. (2004) Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. *Plant Science* 167(4): 693-703.
- Trebst, A. and Depka, B. (1995) Polyphenol oxidase and photosynthesis research. *Photosynthesis Research* 46(1): 41-44.
- Trewavas, A. and Knight, M. (1994) Mechanical signaling, calcium and plant form. *Signals and signal transduction pathways in plants* (Ed. Palme, K) 93-105. Springer- Science+Business Media, Berlin.
- Wei, B., Hou, K., Zhang, H., Wang, X. and Wu, W. (2020) Integrating transcriptomics and metabolomics to studies key metabolism, pathways and candidate genes associated with drought-tolerance in *Carthamus tinctorius* L. under drought stress. *Industrial Crops and Products* 151: 112465.
- Xu, C., Li, X. and Zhang, L. (2013) The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Zoysia japonica* under drought conditions. *PloS One* 8(7): e68214.
- Xu, J., Yang, F., Chen, L., Hu, Y. and Hu, Q. (2003) Effect of selenium on increasing the antioxidant activity of tea leaves harvested during the early spring tea producing season. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(4): 1081-1084.
- Xue, T., Hartikainen, H. and Piironen, V. (2001) Antioxidative and growth-promoting effect of selenium in senescing lettuce. *Plant and Soil* 237: 55-61.
- Zafari, M., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S. and Sedghi, M. (2020) Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) biochemical properties, yield, and oil content affected by 24-epibrassinosteroid and genotype under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68(22): 6040-6047.
- Zamani, S., Naderi, M. R., Soleymani, A. and Nasiri, B. M. (2020) Sunflower (*Helianthus annuus* L.) biochemical properties and seed components affected by potassium fertilization under drought conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 190: 110017.
- Zhu, Z., Zhang, Y., Liu, J., Chen, Y. and Zhang, X. (2018) Exploring the effects of selenium treatment on the nutritional quality of tomato fruit. *Food Chemistry* 252: 9-15.

