

نشریه پژوهشی:

اثر اسموپرایمینگ و محلول پاشی عنصر روی بر اجزای عملکرد و موسیلاژ گل در گیاه دارویی ختمی (*Althaea officinalis* L.)

آزاده پیرمحمدی^۱، علیرضا ابدالی مشهدی^{۲*}، احمد کوچک‌زاده^۳، امین لطفی جلال آبادی^۳ و عبدالرضا سیاهپوش^۳
۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،
ملاثانی، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۳)

چکیده

گیاه ختمی در طب سنتی ایران و صنایع دارویی برای بیماری‌های مختلف، از جمله مشکلات گوارشی، سوزش پوست و سرفه استفاده می‌شود. عنصر روی نقش مهمی در فعالیت‌های متابولیک گیاهان داشته و می‌تواند بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی اثر بگذارد. اسموپرایمینگ بذری می‌تواند به افزایش جوانه‌زنی، خروج از خاک، استقرار و رشد گیاهان در شرایط مزرعه کمک نماید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. عامل اول اسموپرایمینگ بذری با پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در چهار سطح (عدم کاربرد، منفی سه، منفی شش و منفی نه بار) و عامل دوم محلول پاشی روی از منبع سولفات روی در چهار سطح (عدم کاربرد، یک، دو و سه گرم در لیتر) بود. اسموپرایمینگ بر وزن خشک گل و عملکرد موسیلاژ و محلول پاشی روی بر وزن خشک گل، شاخص برداشت گل، تعداد دانه در میوه و عملکرد موسیلاژ اثر معنی‌دار داشتند. برهمکنش اسموپرایمینگ و محلول پاشی عنصر روی بر صفات تعداد گل و میوه در بوته، وزن خشک میوه، عملکرد دانه و درصد موسیلاژ معنی‌دار گردید. محلول پاشی دو گرم در لیتر روی عملکرد موسیلاژ و وزن خشک گل را به ترتیب ۶۷ و ۵۷ درصد نسبت به عدم کاربرد افزایش داد. بالاترین درصد موسیلاژ از عدم کاربرد تیمارها به دست آمد. به‌طور کلی در این آزمایش بیشترین عملکرد گل و موسیلاژ از سطوح میانه تیمارها (دو گرم در لیتر سولفات روی و اسموپرایمینگ منفی شش بار) حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن‌گلیکول، سولفات روی، عملکرد گل، موسیلاژ.

Effect of osmopriming and zinc foliar spraying on yield components and mucilage of flower in Marshmallow (*Althaea officinalis* L.) medicinal plant

Azadeh Pirmohammadi¹, Alireza Abdali Mashhadi^{2*}, Ahmad Koochekzadeh³, Amin Lotf Jalal abadi³ and Abdolreza Siahpoush³

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
(Received: Apr. 07, 2019 - Accepted: Oct. 04, 2020)

ABSTRACT

The marshmallow is used in Iranian traditional medicine and the pharmaceutical industry for various ailments, including digestive problems, skin irritation and coughs. Zinc plays an important role in the metabolic activities of plants and can affect the quantity and quality of medicinal plants. Osmopriming of seeds could be helping to increase germination, coming out of the soil, establishment, and growth of plants in the field conditions. The experiment was carried out as factorial based on a randomized complete blocks design. The first factor was seed osmopriming with polyethylene glycol 6000 at four levels (control, -3, -6 and -9 bar) and the second factor was zinc foliar spraying from zinc sulfate source at four levels (0, 1, 2 and 3 g. l⁻¹). Osmopriming on dry weight of the flowers and mucilage yield and zinc foliar spraying on dry weight of flower, number of seeds per fruit and mucilage yield had a significant effect. Treatments had no significant effect on 1000-seed weight. The interaction of osmopriming and zinc foliar spraying in the traits of the number of flowers and fruits per plant, dry weight of fruit, seed yield and mucilage percentage was significant. Foliar spraying 2 g.l⁻¹ of zinc increased the mucilage yield and the flower dry weight, 46% and 57% compared to the control, respectively. The highest mucilage percentage was obtained from control treatments. Generally, the highest yield of flowers and mucilage was obtained from the middle levels of treatments (2 g. l⁻¹ zinc sulfate and -6 bar osmopriming).

Keywords: Flower yield, mucilage yield, polyethylene glycol, zinc sulfate.

* Corresponding author E-mail: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir

مقدمه

با آشکار شدن عوارض جانبی مضر برخی از داروهای صنعتی رویکرد مردمان جهان به سوی داروهایی با منشأ گیاهی رو به افزایش است. گیاه دارویی ختمی (*Althaea officinalis* L. گیاهی یک‌ساله یا چندساله و خانواده پنیرکیان (Malvaceae) تعلق دارد. تمامی قسمت‌های این گیاه شامل ریشه، ساقه، گل و برگ، دارای خاصیت دارویی است و در طب سنتی نیز کاربرد زیادی دارد (Dehghan et al., 2013). ساقه استوانه‌ای شکل و دارای کرک‌های ریز است و برگ‌های آن دارای سه تا پنج لب دنداندار است که به صورت متناوب روی ساقه قرار می‌گیرند (Lashkari et al., 2019). ریشه‌ها حاوی ۳۵ درصد موسیلاژ، ۳۷ درصد نشاسته، ۱۰ درصد سوکروز، بتائین، فلاونوئید، کومارین، اسیدهای فنولی و اسیدهای چرب است. اندام‌های هوایی این گیاه حاوی موسیلاژ، کربوهیدرات‌ها (گلوکوز، سوکروز)، اسانس، ویتامین C و کاروتن است. دانه گیاه حاوی بیش از ۱۲ درصد روغن، یک درصد فسفولیپید (Eisenman et al., 2013) و ۱۲-۱۰ درصد پکتین (Ciobanu et al., 2019) است. موسیلاژ یک ترکیب پیچیده پلیمری است که بیشتر از کربوهیدرات‌ها با ساختار بسیار زیاد شاخه‌ای تشکیل شده است (Sepulveda et al., 2007). موسیلاژها همچنین دارای گلیکوپروتئین‌ها (Pichler et al., 2012) و مواد دیگر مانند تانن‌ها، ساپونین‌ها و استروئیدها هستند (Gebresamuel & Gebre-Mariam, 2012). در ریشه ختمی ترکیباتی مانند کربوهیدرات‌ها، تریپ‌ها، فیتوسترول‌ها، فلاونوئیدها و دی‌تریپ‌ها نیز یافت شده است (Husain et al., 2019). در داروسازی از موسیلاژها به طور عمده برای قوام‌دهندگی، به‌هم چسبانندگی، بازکنندگی (Disintegrating)، سوسپانسیون‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی، باثبات‌کنندگی و ماده ژل‌کننده (Gelling)، پایداری و رهاکنندگی مهارشده داروها استفاده می‌شود (Deore & Khadabadi, 2008).

اغلب گیاهان در مرحله جوانه‌زنی و استقرار در خاک نسبت به تنش‌های محیطی بسیار حساس هستند. در پرایمینگ هیدراتاسیون دانه تا حدی کنترل شده و اجازه داده می‌شود تا فعالیت‌های متابولیک بذر قبل از جوانه‌زنی ادامه یابد. پرایمینگ بذر باعث بهبود عملکرد

بذر، یکنواختی و استقرار بهتر، افزایش عملکرد در محیط‌های متنوع، تحمل بیشتر نسبت به تنش محیطی و نیز غلبه بر خواب بذر می‌شود. تغییر محتوای آب بذر، تنظیم چرخه سلولی، بهبود ساختار پروتوپلاسم سلول‌ها (ultrastructure)، مدیریت استرس اکسیداتیو و بسیج ذخایر، مهم‌ترین تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی هستند که با پرایمینگ بذر رخ می‌دهند (Raj & Raj, 2019). هدف پرایمینگ کاهش فاصله زمانی کاشت تا جوانه‌زدن و پشتیبانی از بذر در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی در مرحله استقرار گیاهچه‌ای است. هیدروپرایمینگ بذر می‌تواند در گیاهان حاصله محتوای کل کلروفیل و میزان فتوسنتز را افزایش دهد و از این طریق قدرت منبع و فراهمی فتوآسیمیلات‌ها را افزایش داده و در نهایت موجب افزایش عملکرد گردد (Moradi et al., 2008). در آزمایشی بر روی کنف (*Hibiscus cannabinus* L.) از خانواده مالواسه، پرایمینگ بذر با پلی‌اتیلن‌گلیکول باعث افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد گردید (In-Sok et al., 2018). در بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) از دیگر گیاهان خانواده مالواسه نیز پرایمینگ بذر باعث بهبود علائم ناشی از تنش و آسیب‌ها در گیاهچه‌ها شد (Bahadoori et al., 2016).

تغذیه مناسب می‌تواند باعث افزایش کیفیت گیاهان دارویی شود، برای مثال در آزمایشی کاربرد کودهای آلی و میکوریزا باعث افزایش درصد موسیلاژ در گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis*) شد (Shahbazi et al., 2019). در آزمایشی عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن سبب افزایش رشد گیاه و افزایش ترکیبات آروماتیک و اسانس در گیاهان دارویی می‌شوند (Zehtab Salmasi et al., 2008). در کلزا کاربرد روی علاوه بر بالا رفتن عملکرد، غلظت روی و پروتئین در دانه و اندام‌های هوایی را افزایش داده و باعث کیفیت بهتر محصول می‌شود (Baybordi & Mamedov, 2010). در آزمایشی بر روی گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) از خانواده مالواسه کاربرد سولفات روی به صورت معنی‌داری باعث افزایش درصد اسانس، محتوای آنتوسیانین، تعداد دانه در بوته و تعداد میوه در بوته نسبت به شاهد گردید (Fathi & Bahamin, 2018). مصرف ترکیبات حاوی عنصر روی

علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، با ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. فاکتورهای مورد آزمایش اسموپرایمینگ به وسیله پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در چهار سطح (صفر، منفی سه، منفی شش و منفی نه بار) (Yazdani Biuki & Rezvani Moghaddam, 2012) و محلول پاشی روی در چهار سطح (صفر، یک، دو و سه گرم در لیتر) از منبع سولفات روی (Morady *et al.*, 2015) بود. جهت اعمال اسموپرایمینگ، قبل از کاشت، بذرها را به مدت ۱۲ ساعت در محلول (منفی سه، منفی شش و منفی نه بار) پلی اتیلن گلیکول خیسانده و به مدت ۲۴ ساعت هوادهی شدند سپس بذرها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در سایه خشک و سپس کشت گردیدند. برای تهیه غلظت مورد نیاز پلی اتیلن گلیکول از فرمول میشل، کافمن استفاده شد (Michel & Kaufman, 1973) و برای ۳-، ۶- و ۹- بار به ترتیب ۱۵۱/۴۰، ۲۲۳/۶۶ و ۲۷۹/۲۹ گرم پلی اتیلن گلیکول در یک لیتر آب نظر گرفته شد. محلول پاشی روی در دو مرحله (مرحله اول قبل از غنچه دهی و مرحله دوم ۱۰ روز بعد از مرحله اول) اعمال گردید. جهت محلول پاشی ابتدا با استفاده از وزن مولکولی سولفات روی هفت آبه میزان روی مصرفی برای هر کرت محاسبه شد و محلول مورد نظر آماده گردید. سپس جهت کالیبره کردن سم پاش یک لیتر آب در داخل سم پاش ریخته و به عرض یک متر سم پاشی صورت گرفت. با داشتن طول و عرض مسیر سم پاشی، مساحت محاسبه گردید و با داشتن مساحت هر کرت میزان آب مصرفی برای آن محاسبه شد. محلول پاشی در عصر (ساعت ۱۷) جهت جلوگیری از تبخیر و جذب بیشتر و اثرگذاری بهتر توسط گیاه صورت گرفت. ابعاد هر کرت ۳×۳ متر بود. در هر کرت شش جوی و پشته با فاصله ۵۰ سانتی متر ایجاد گردید که بوته ها در وسط پشته با فاصله ۲۵ سانتی متر کشت شدند.

باعث افزایش عملکرد کاپیتول و غلظت روی در بایونه آلمانی (Gretjovsky *et al.*, 2006)، افزایش تعداد انشعابات ساقه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک زیره سبز (El-Sawi & Mohamed, 2002)، افزایش خصوصیات کمی و کیفی در گیاهان دارویی مانند نعناع فلفلی، رزماری و مریم گلی (Nahed & Balbaa, 2007) و افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، شاخص برداشت و اجزای عملکرد در کنجد گردید (Saeidi, 2008). در آزمایشی بر روی بامیه بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد در حالتی به دست آمد که روی (سولفات روی) به همراه بُور (اسید بوریک) مصرف شد (Akbar *et al.*, 2019). در جای ترش نیز بالاترین عملکرد کمی و کیفی از کاربرد توأم روی و آهن به دست آمد (Alizade Moradi & Asgharipour, 2018). بنا به گزارشی در گیاه اسفزه بیشترین تعداد دانه در سنبله از محلول پاشی روی و آهن به دست آمد (Ramroudi *et al.*, 2011). همچنین در آزمایشی با برطرف شدن کمبود روی در گیاه اسفزه میزان عملکرد دانه و درصد موسیلاژ افزایش یافت (Rahimi *et al.*, 2009). موسیلاژ یک ترکیب پلیمری از کربوهیدراتها است و عنصر روی از نزدیک در متابولیسم ریبوزومی و RNA که منجر به تحریک تشکیل کربوهیدراتها، پروتئینها و DNA در سلولهای گیاهی می شود درگیر است (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2012) در نتیجه رفع کمبود روی می تواند منجر به افزایش سنتز موسیلاژ منجر شود. از آنجایی که سطح وسیعی از خاکهای ایران دچار تنش کم آبی و شوری و نیز کمبود عنصر مهم روی هستند این آزمایش به منظور ارزیابی اثر اسموپرایمینگ و عنصر روی بر عملکرد گیاه دارویی ختمی و محتوای موسیلاژ آن اجرا گردید.

مواد و روشها

این آزمایش در یازدهم آذر سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار در در مزرعه پژوهشی دانشگاه

جدول ۱. ویژگیهای نمونه خاک محل اجرای آزمایش.

Table 1. Physical and chemical soil characteristics.

Soil depth	Soil texture	EC (dS.m ⁻¹)	pH	O.M (%)	N (%)	P (mg.Kg ⁻¹)	K (mg.Kg ⁻¹)	Zn (mg.Kg ⁻¹)	Fe (mg.Kg ⁻¹)
0-30 cm	SiCL	7.35	7.8	1.2	0.026	18.2	129	1.71	13

فاصله بین کرت‌های آزمایشی ۵۰ سانتی‌متر و بین تکرارها دو متر بود. بذر مورد استفاده توده محلی اهواز و عمق کاشت ۱/۵ سانتی‌متر بود. در هنگام نمونه‌برداری پشته‌های یک و شش و نیز نیم متر ابتدا و انتهای هر پشته به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. آبیاری نیز متناسب با نیاز گیاه و رطوبت خاک انجام گرفت. وجین علف‌های هرز در طول فصل رشد در صورت نیاز به صورت دستی انجام گرفت. نتایج تجزیه نمونه خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. اگر مقدار روی کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد حتما در بیشتر گیاهان و بین ۰/۵ تا ۱/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در بعضی از گیاهان کمبود روی ظاهر می‌شود (Shahbazi & Besharati, 2013)

$$HI (\%) = (Y/BY) \times 100 \quad (1)$$

ولی حد مطلوب این عنصر تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیز گزارش شده است (Asgari et al. 2014). برداشت پس از رسیدگی بوته‌های گل ختمی در تاریخ ۹۶/۳/۲۷ از سطح یک مترمربع با در نظر گرفتن اثر حاشیه انجام شد. برای اندازه‌گیری تعداد گل در بوته، در هر کرت یک متر مربع از خطوط کاشت در نظر گرفته شد و از زمانی که گیاه به مرحله‌ی گل‌دهی رفت (نیمه اول فروردین تا نیمه دوم خردادماه) گل‌ها برداشت و شمارش شد و با تقسیم تعداد جمع‌ی گل‌ها بر تعداد بوته، میانگین تعداد گل در هر بوته مشخص گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک گل یک متر مربع از ردیف کاشت را در هر کرت در نظر گرفته و به طور مدام با جداکردن گل‌ها و قرار دادن قرار دادن آن‌ها در آون با دمای ۴۰-۳۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت وزن خشک گل‌ها با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱) اندازه‌گیری شد. درصد ماده خشک گل از حاصلضرب وزن خشک گل در عدد ۱۰۰ تقسیم بر وزن تر گل محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه از هر کرت میوه‌های هفت بوته را جدا نموده و با ترازوی دیجیتال وزن و سپس میانگین وزن میوه‌های بوته‌ها به عنوان وزن خشک میوه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد میوه در بوته، هفت بوته را در هر کرت انتخاب و تعداد میوه‌های آن‌ها شمارش و سپس میانگین تعداد میوه در بوته‌ها به عنوان تعداد میوه در بوته در نظر گرفته شد. جهت محاسبه تعداد دانه در

میوه از هر کرت ۱۰ میوه جدا شده و دانه‌های آن‌ها خارج گشته و سپس میانگین دانه‌های میوه‌ها به عنوان تعداد دانه در میوه برای هر کرت محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه دو نمونه ۵۰۰ عددی بذر گل ختمی به صورت تصادفی انتخاب و در صورتی که اختلاف وزن دو نمونه کمتر از ۶ درصد بود از مجموع آن‌ها وزن هزار دانه محاسبه گردید. در پایان فصل رشد و پس از اتمام نمونه‌برداری‌ها با استفاده از رابطه (۱)، شاخص برداشت گل ختمی محاسبه شد.

(۱) $HI (\%) = (Y/BY) \times 100$

که در آن HI شاخص برداشت و Y و BY به ترتیب عملکرد ماده خشک گل و عملکرد بیولوژیک گیاه است.

برای اندازه‌گیری درصد موسیلاژ از روش استخراج گرم استفاده شد. در این روش مقدار پنج گرم از پودر آسیاب شده گل ختمی، در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اسیدی (pH=۳/۷) در هاون ساییده گردید. سپس در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اسیدی جوشانده و مخلوط شد. پس از جداسازی مواد زائد، محلول باقی‌مانده سانتریفوژ شد و با جداسازی مواد ته‌نشین شده، ۴ برابر حجم محلول باقی‌مانده اتانول ۹۶ درصد اضافه گردید. محلول مذکور برای رسوب موسیلاژ به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری و سپس به وسیله کاغذ صافی واتمن نمره یک، قیف بوختر و شیر خلأ جداسازی و پس از خشک نمودن اندازه‌گیری گردید (Patumi et al., 1990; Karawya et al., 1980). پس از تعیین عملکرد گل و درصد موسیلاژ گل، عملکرد موسیلاژ از حاصلضرب عملکرد گل و درصد موسیلاژ گل محاسبه شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS9.3 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تعداد گل در بوته تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش اسموپرایمینگ × محلول پاشی قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اسموپرایمینگ × محلول پاشی (جدول ۴) نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد گل

مربع نسبت به شاهد گردید (Rostami et al., 2019). عنصر روی به عنوان یک کوفاکتور با بیش ۳۰۰ پروتئین همراه است (Palmgren et al., 2008) و فراهمی آن نقش مهمی در افزایش تولید ولی در بیشتر موارد حد فاصل میان غلظت مطلوب و غلظت سمی عناصر ریزمغذی اندک است و با افزایش غلظت به تدریج اثر سمی آن‌ها ظاهر می‌گردد. عمومی‌ترین نتیجه غلظت‌های سمی عنصر روی در سلول‌ها تولید بیش از حد گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر است که می‌تواند باعث تنش اکسیداتیو گردیده و منجر به پراکسیداسیون لیپیدها، آسیب رسیدن به غشاءها، DNA، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها شود. (Jian et al., 2019). همچنین سمیت عنصر روی باعث کلروز در برگ‌های جوان می‌شود که این بعثت تداخل عنصر روی با آهن و منیزیم بواسطه شعاع یونی مشابه‌شان است. از دیگر اثرات سمی عنصر روی، کاهش محتوای آب بافت و تغییر غلظت فسفر و منیزیم در بافت‌های گیاه است (Marschner, 1995). بنابراین شاید غلظت‌های بالاتر از دو گرم در لیتر اثر سمی و کاهنده بر عملکرد گیاه ختمی داشته است. در تیمار اسموپرایمینگ، بیشترین وزن خشک گل مربوط به تیمار اسموپرایمینگ منفی شش بار (۱۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین وزن خشک گل مربوط به تیمار اسموپرایمینگ منفی سه بار (۱۴۴۲ کیلوگرم در هکتار) بود که ۲۹ درصد اختلاف داشتند. اختصاص ماده خشک بیشتر به بخش اقتصادی گیاه (گل) یک روند مثبت است. واکنش یک گیاه به اسموپرایمینگ بذر تحت تأثیر برآیند عوامل زیستی و غیر زیستی مانند دمای محیط و سطوح شوری خاک می‌تواند متغییر باشد. در این ارتباط حتی خصوصیات مورفولوژیک و اندازه بذر نیز موثر هستند. در این آزمایش با توجه به شرایط اقلیمی منطقه بهترین وزن خشک گل در سطح منفی شش بار حاصل شد که این شاید بازخورد استقرار بهتر گیاه در شرایط اولیه رشد تحت تأثیر تیمار مذکور است. تیمار اسموپرایمینگ و محلول‌پاشی روی و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد ماده خشک گل نداشت (جدول ۲). شاید علت معنی‌دار نشدن این صفت به دلیل آن باشد که سطوح

در بوته به ترتیب مربوط به ترکیب تیماری عدم کاربرد اسموپرایمینگ × محلول‌پاشی یک گرم در لیتر روی و ترکیب تیماری عدم کاربرد اسموپرایمینگ × عدم محلول‌پاشی (شاهد) روی بود. این که کمترین و بیشترین تعداد گل در بوته در دو سطح متوالی عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی یک گرم در لیتر روی مشاهده گردید (جدول ۴) نشان دهنده نقش مهم و مثبت عنصر روی بر تعداد گل در بوته است. اثر مفید عنصر روی در فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژی گیاه منجر به بالا رفتن میزان فتوسنتز و تولید اسیمیلات‌ها در گیاه می‌شود، بنا بر این فراهمی مواد در منبع (برگ‌ها) می‌تواند تعداد بیشتری از مقاصد زایشی (مانند گل‌ها) را تغذیه نماید و تعداد گل‌ها در بوته افزایش یابد. در گل جعفری افریقایی (*Tagetes erecta* L. (Shah et al., 2015) و همیشه بهار (Yadegari & Alaycan, 2012) نیز محلول‌پاشی روی باعث افزایش تعداد گل در بوته شده است. در کل روند مشاهده در مقایسه میانگین برهمکنش‌ها نشان‌دهنده آن بود که سطوح میانی محلول‌پاشی روی اثر بخشی بیشتری در افزایش تعداد گل در بوته داشتند. اثر اصلی اسموپرایمینگ و روی بر وزن خشک گل معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارها (جدول ۳) نشان داد که در تیمار محلول‌پاشی روی بیشترین وزن خشک گل مربوط به تیمار دو گرم در لیتر روی (۱۸۶۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین وزن خشک گل مربوط به تیمار عدم کاربرد روی (۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار) بود که تفاوت ۴۶ درصدی را نشان داد. افزایش معنی‌دار وزن خشک گل در سطوح میانی محلول‌پاشی (۱ و ۲ گرم در لیتر) نسبت به عدم محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان دهنده اثر افزایش‌دهنده عنصر روی بر این صفت است. در آزمایشی محلول‌پاشی عنصر روی در گل جعفری افریقایی (*Tagetes erecta* L.) باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک تک گل (۲۵/۸ درصد)، عملکرد گل در بوته (۳۴/۰ درصد) و عملکرد گل در واحد سطح (۳۳/۹ درصد) نسبت به شاهد گردید (Chaudhary et al., 2019). در زعفران نیز محلول‌پاشی عنصر روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک کلاله و تعداد گل در متر

روی و اسموپرایمینگ اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن بذر، تعداد روز تا غنچه‌دهی و گل‌دهی نداشت (نتایج منتشر نشده)، شاید تعداد گل‌هایی که تبدیل به میوه شده باشند بر وزن خشک میوه و عملکرد دانه تأثیر گذاشته باشد برای مثال در ترکیب تیماری اسموپرایمینگ منفی نه بار \times محلول‌پاشی دو گرم در لیتر که بیشترین وزن خشک میوه و عملکرد دانه را داشته است (جدول ۴)، $69/54$ درصد گل‌ها تبدیل به میوه و دانه شده‌اند در حالی که در ترکیب تیماری اسموپرایمینگ منفی شش بار \times محلول‌پاشی دو گرم در لیتر که کمترین وزن خشک میوه و عملکرد دانه را داشته است (جدول ۴)، $50/49$ درصد گل‌ها به میوه تبدیل گردیدند که 19 درصد کمتر از ترکیب تیماری مذکور بود. بنابر این احتمال می‌رود که اسموپرایمینگ بذر به واسطه نقش مثبتی که در تعداد گل‌های تبدیل شده به میوه دارد بتواند بر عملکرد میوه و دانه اثر بگذارد. البته در کل عنصر روی نقش مهمی بر اجزای عملکرد دانه داشت. برهمکنش اسموپرایمینگ و محلول‌پاشی روی (جدول ۴) بر صفت تعداد میوه در بوته نشان دهنده آن است که در اکثریت نسبی ترکیبات تیماری آزمایش، وجود عنصر روی اثر مثبت بر تعداد میوه در بوته داشت. افزایش مشاهده شد که عنصر روی وجود نداشت. افزایش تعداد دانه در میوه ناشی از محلول‌پاشی روی به اثر مفید این عنصر بر فیزیولوژی گیاه باز می‌گردد. محلول‌پاشی روی می‌تواند باعث افزایش اسیمیلات در گیاه گردد و این موضوع منجر به تجمع ماده خشک بیشتر در پیکر گیاه می‌شود و در پی آن مقدار مواد ذخیره شده در مخازن ثانویه بیشتر گردیده و هنگام تشکیل و پر شدن دانه‌ها طی فرآیند انتقال مجدد، مواد بیشتری به دانه‌ها اختصاص می‌یابد که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Gupta, 1975). به‌طور کلی عنصر روی به علت نقش‌های متعدد و زیادی که در فیزیولوژی گیاه دارد در صورت رفع کمبود آن می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود اما این عنصر همانند سایر عناصر ریزمغذی در شرایط بیش‌بود می‌تواند باعث بروز اثر سمی در گیاه شود.

فاکتورهای آزمایش در آن حد بالا نبوده‌اند تا بتوانند اثر معنی‌دار بر درصد وزن خشک گل داشته باشند و یا ممکن است این صفت به سختی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار بگیرد. در آزمایشی بر روی گل بنفشه (*Viola cornuta*) کاربرد نانو فسفر و اسید سالیسیلیک بر صفت درصد ماده خشک گل اثر معنی‌دار نداشت (Ghorbani et al., 2016). تیمار محلول‌پاشی روی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گل داشت (جدول ۲). اثر مثبت سطوح متوسط محلول‌پاشی روی بر شاخص برداشت گل در مقایسه با عدم محلول‌پاشی روی (جدول ۳) شاید به طور مستقیم بعثت افزایش تعداد گل در بوته (جدول ۴) و به دنبال آن افزایش عملکرد وزن خشک گل (جدول ۳) باشد که باعث افزایش نسبت محصول اقتصادی گیاه (گل) به عملکرد بیولوژیک گردیده است. در گیاه انیسون (*Pimpinella anisum L.*) نیز تغذیه برگی با عنصر روی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت گردید (Pirzad & Barin, 2018). برهمکنش اسموپرایمینگ \times محلول‌پاشی بر صفت وزن خشک میوه معنی‌دار گشت (جدول ۲). در برهمکنش محلول‌پاشی روی و اسموپرایمینگ دو صفت وزن خشک میوه و عملکرد دانه به طور نسبی روندی مشابه را نشان دادند و هر دو صفت بیشترین و کمترین نتایج به دست آمده به ترتیب مربوط به ترکیب‌های تیماری اسموپرایمینگ منفی نه بار \times محلول‌پاشی دو گرم در لیتر روی و اسموپرایمینگ منفی شش بار \times محلول‌پاشی دو گرم در لیتر روی بود. در هر دو ترکیب تیماری مذکور محلول‌پاشی دو گرم در لیتر مشترک و تفاوت در دو سطوح منفی شش و نه بار اسموپرایمینگ بود. این موضوع نشان دهنده نقش مهم اسموپرایمینگ بذر در افزایش عملکرد است. اثر بخشی اسموپرایمینگ بسته به نوع پیش تیمار بذر، غلظت و نوع ترکیبات مورد استفاده و نیز شرایط اقلیمی منطقه کاشت به‌ویژه شرایط خاک در مقیاس میکرو و ماکروکلیما متفاوت است. با توجه به شور و سدیمی خاک محل آزمایش (جدول ۱) بالاترین سطح اسموپرایمینگ (منفی نه بار) بیشترین وزن خشک میوه و عملکرد دانه را دارا بود. با توجه به اینکه اثر اصلی و برهمکنش محلول‌پاشی

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر اسموپرایمینگ و روی بر برخی صفات ختمی.

Table 2. Results of variance analysis effect of osmopriming and Zn on some of marshmallow traits.

Sources of variation	df	Mean of squares										
		Flowers per plant	Flowers dry weight	Flowers dry matter percentage	Flower harvest index	Fruits dry weight	Fruits per plant	Seeds per fruit	1000- seed weight	Seed yield	Mucilage percentage	Mucilage yield
Block	3	254 ^{ns}	2079 ^{ns}	2.89 ^{ns}	6.035 ^{**}	13709 [*]	201 [*]	7.56 ^{ns}	0.51 ^{ns}	185845 ^{**}	2.68 [*]	8.13 ^{ns}
Priming	3	526 ^{**}	13178 [*]	2.71 ^{ns}	1.150 ^{ns}	4376 ^{ns}	67.2 ^{ns}	4.43 ^{ns}	0.61 ^{ns}	59143 ^{ns}	3.72 ^{**}	57.6 [*]
Zn	3	638 ^{**}	24565 ^{**}	5.92 ^{ns}	1.752 [*]	6369 ^{ns}	45.4 ^{ns}	19.49 [*]	0.84 ^{ns}	26995 ^{ns}	0.29 ^{ns}	111 ^{**}
Priming × Zn	9	285 ^{**}	4991 ^{ns}	4.96 ^{ns}	0.946 ^{ns}	9141 [*]	147 [*]	2.04 ^{ns}	2.07 ^{ns}	78651 [*]	2.80 ^{**}	23.2 ^{ns}
Error	9	99.5	3574	6.49	0.579	4008	59.6	5.97	2.28	29764	0.87	14.0
C.V. (%)	-	20.9	26.0	10.7	22.6	23.1	22.6	8.1	11.8	20.2	16.4	28.7

ns, *, **, به ترتیب نبود تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل اسموپرایمینگ و روی بر وزن خشک گل، شاخص برداشت گل و تعداد دانه در میوه ختمی.
Table 3. Means comparison interaction effect of osmopriming and Zn on dry flower weight, flower harvesting index and seed number per fruit in marshmallow.

Treatment	Treatment levels	Flowers dry weight (kg.ha ⁻¹)	Flowers dry matter percentage	Flowers Harvest index (%)	Seeds per Fruit	Mucilage yield (kg.ha ⁻¹)	1000- seed weight (g)
Priming	control	1667 ^{ab}	23.1 ^a	24.7 ^a	30.5 ^a	14.1 ^a	12.6 ^a
	-3 bar	1442 ^b	24.1 ^a	23.5 ^a	29.5 ^a	10.3 ^b	12.6 ^a
	-6 bar	1865 ^a	23.6 ^a	25.5 ^a	30.6 ^a	14.5 ^a	13.0 ^a
	-9 bar	1453 ^b	23.5 ^a	20.8 ^a	29.7 ^a	13.1 ^a	12.9 ^a
Zn	control	1273 ^b	23.0 ^a	21.0 ^b	28.9 ^c	9.92 ^b	12.9 ^a
	1 g.l ⁻¹	1795 ^a	24.3 ^a	23.7 ^{ab}	31.3 ^a	14.7 ^a	12.6 ^a
	2 g.l ⁻¹	1864 ^a	23.8 ^a	26.5 ^a	29.4 ^{bc}	15.6 ^a	12.5 ^a
	3 g.l ⁻¹	1496 ^b	23.2 ^a	22.7 ^b	30.7 ^{ab}	11.7 ^b	13.0 ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشابه دارند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوتی معنی دار ندارند.

In each column, the means with a common letter are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل اسموپرایمینگ و روی بر برخی صفات ختمی.

Table 4. Mean comparison interaction effect of osmopriming and Zn on some traits of marshmallow.

Priming	Zn	Flowers per plant	Fruits dry weight (kg.ha ⁻¹)	Fruits per plant	Seed yield (kg.ha ⁻¹)	Mucilage percentage
No application	control	30.7 ⁱ	1537 ^{cde}	30.7 ^{bcd}	719 ^{cd}	7.21 ^a
	1 g.l ⁻¹	63.8 ^a	2003 ^{abcde}	40.5 ^{ab}	876 ^{bcd}	5.67 ^{bcd}
	2 g.l ⁻¹	58.2 ^{ab}	2024 ^{abcde}	42.3 ^a	797 ^{bcd}	4.95 ^{cde}
	3 g.l ⁻¹	40.1 ^{ef}	1724 ^{cde}	27.5 ^d	759 ^{bcd}	5.35 ^{bcd}
-3 bar	control	43.7 ^{cdet}	1710 ^{cde}	29.1 ^{cd}	782 ^{bcd}	4.11 ^c
	1 g.l ⁻¹	39.4 ^{ef}	1881 ^{bcd}	32.7 ^{abcd}	795 ^{bcd}	4.87 ^{de}
	2 g.l ⁻¹	48.3 ^{bcde}	2006 ^{abcde}	31.8 ^{abcd}	982 ^{ab}	5.35 ^{bcd}
	3 g.l ⁻¹	41.4 ^{def}	1692 ^{cde}	32.6 ^{abcd}	799 ^{bcd}	5.75 ^{bcd}
-6 bar	control	52.1 ^{abcde}	2151 ^{abcd}	39.8 ^{abc}	882 ^{bcd}	6.40 ^{ab}
	1 g.l ⁻¹	58.0 ^{ab}	2403 ^{ab}	38.9 ^{abc}	986 ^{ab}	6.06 ^{abcd}
	2 g.l ⁻¹	54.4 ^{abcd}	1524 ^{de}	27.5 ^d	644 ^d	5.92 ^{abcd}
	3 g.l ⁻¹	57.7 ^{abc}	2195 ^{abc}	38.5 ^{abc}	873 ^{bcd}	4.80 ^{de}
-9 bar	control	31.2 ⁱ	1452 ^c	27.2 ^d	836 ^{bcd}	5.51 ^{bcd}
	1 g.l ⁻¹	39.9 ^{ef}	1790 ^{bcd}	29.7 ^{bcd}	791 ^{bcd}	6.58 ^{ab}
	2 g.l ⁻¹	56.1 ^{abc}	2512 ^a	39.0 ^{abc}	1187 ^a	6.36 ^{ab}
	3 g.l ⁻¹	47.2 ^{bcd}	2044 ^{abcde}	37.5 ^{abcd}	924 ^{bc}	6.21 ^{abc}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشابه دارند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوتی معنی دار ندارند.

In each column, the means with a common letter are not significantly different at 5% probability level.

دارد، منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل میوه و دانه می‌شود و کمبود روی، تشکیل دانه و قدرت حیات آن را کاهش می‌دهد (Yang *et al.*, 2009). بنا بر گزارشی محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله غنچه‌دهی گیاه گلرنگ منجر به افزایش معنی‌داری عملکرد دانه و ماده خشک گردید (Ghofrani Maghsud *et al.*, 2014).

همچنین با توجه به نقش اساسی عنصر روی در بیوسنتز هورمون اکسین، کاربرد روی می‌تواند تعداد سلول‌های گیاهی را افزایش داده و در نتیجه ماده خشک بیشتری تولید و در دانه‌ها به عنوان مخزن ذخیره گردد. پی‌آمد چنین روندی افزایش عملکرد و اجزای عملکرد است. عنصر روی در سنتز پروتئین لوله‌گرده شرکت

معنی‌دار نشدن اثر تیمارهای آزمایش بر صفت وزن هزار دانه شاید نشان دهنده آن باشد که این صفت بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی گیاه است. در آزمایشی سطوح مختلف کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ختمی نداشت (Sadeghi *et al.*, 2014). همچنین در زیره سبز اسموپرایمینگ با پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت (Rahimi, 2012). بالاترین درصد موسیلاژ از ترکیب تیماری عدم کاربرد اسموپرایمینگ × عدم محلول‌پاشی روی به دست آمد (جدول ۴). در اغلب موارد متابولیت‌های ثانوی نقش دفاعی برای گیاهان ایفا می‌نمایند و در بسیاری از گیاهان دارویی تنش‌های زیستی و غیر زیستی باعث افزایش محتوای این ترکیبات در گیاه می‌شود، بنابراین شاید در شرایط عدم کاربرد اسموپرایمینگ و محلول‌پاشی عنصر روی، تنش‌های بیشتر بر گیاه وارد آمده و مقدار موسیلاژ افزایش یافته است. در روند کلی و به طور نسبی با کاربرد اسموپرایمینگ و محلول‌پاشی روی از درصد موسیلاژ کاسته شده است. عملکرد موسیلاژ به طور مستقیم از عملکرد وزن خشک گیاه و درصد موسیلاژ تأثیر می‌پذیرد. مقایسه میانگین اثر اصلی اسموپرایمینگ (جدول ۳) نشان داد کم‌ترین عملکرد موسیلاژ در سطح منفی سه بار مشاهده گردید و میان سه سطح دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقایسه میانگین اثر اصلی محلول‌پاشی روی (جدول ۳) مشخص شد که دو سطح میانی (یک و دو گرم در لیتر) بیشترین و عدم کاربرد و سطح سه گرم در لیتر کمترین عملکرد موسیلاژ را دارند. در گیاه اسفرزه (*Plantago ovata*) نیز با محلول‌پاشی روی، عملکرد موسیلاژ نسبت به شاهد افزایش یافت (Ramroudi *et al.*, 2011). احتمال دارد محلول‌پاشی روی از طریق افزایش تعداد گل در بوته و به دنبال آن بالا رفتن وزن خشک گل، عملکرد موسیلاژ را افزایش داده باشد. در آزمایشی بر روی گیاه دارویی گاو زبان (*Borago officinalis* L.) علت اصلی بالا بودن عملکرد موسیلاژ در تیمارها، به تعداد زیاد سرشاخه‌های گل‌دار و بالا بودن درصد موسیلاژ تحت تاثیر تیمار نسبت داد (Karami *et al.*, 2011). در این آزمایش در حالی که بالاترین درصد موسیلاژ از عدم کاربرد عنصر روی و عدم

کاربرد پرایمینگ به دست آمد (جدول ۴)، اما از سوی دیگر بالاترین عملکرد موسیلاژ از کاربرد عنصر روی حاصل شد (جدول ۳)، زیرا بالاترین عملکرد گل خشک (زیست‌توده حاوی موسیلاژ) نیز از کاربرد عنصر روی منتج شد (جدول ۳). به عبارت دیگر، افزایش عملکرد گل خشک تحت تاثیر کاربرد عنصر روی به اندازه‌ای بالا بوده است که نه تنها جبران کاهش درصد موسیلاژ گل‌ها را نموده بلکه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد موسیلاژ گردیده است. به‌طور کلی همیشه افزایش درصد متابولیت ثانویه به منزله افزایش عملکرد متابولیت ثانویه در واحد سطح نیست و ممکن است درصد متابولیت ثانویه تحت تاثیر عوامل زیستی و غیر زیستی بالا رفته ولی در جهت دیگر عملکرد متابولیت ثانویه کاهش یابد. تنش می‌تواند درصد متابولیت ثانویه را افزایش ولی در عین حال زیست‌توده حاوی متابولیت ثانویه را کاهش دهد. در موارد متعددی میان کمیت و کیفیت در محصولات باغی-زراعی رابطه عکس وجود دارد، بنابراین همیشه نمی‌توان انتظار داشت تیمارهایی که دارای بالاترین درصد متابولیت ثانویه هستند دارای بالاترین عملکرد متابولیت ثانویه در واحد سطح نیز باشند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج مطالعه‌ی حاضر کاربرد سطوح متوسط اسموپرایمینگ و روی در اکثر صفات مورد بررسی سبب بهبود خصوصیات کمی و کیفی در گیاه دارویی ختمی شد. در کل محلول‌پاشی دو گرم در لیتر روی نسبت به عدم کاربرد روی، ۵۷/۸ درصد عملکرد موسیلاژ و ۴۶ درصد عملکرد وزن خشک گل را افزایش داد. بالاترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری محلول‌پاشی دو گرم در لیتر روی و اسموپرایمینگ منفی نه بار بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد تیمارها ۶۵ درصد افزایش نشان داد. در آینده برای ارزیابی بیشتر و دقیق‌تر نیاز به تکرار آزمایش و سطوح بیشتری از فاکتورها است.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به جهت فراهم‌ساختن امکان اجرای این آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Akbar, S., Ara, N., Noman Khan, M., Sattar, S., Ali, R., Khan, R., Zeb, D. & Zeb, A. (2019). Effect of biofertilizer, zinc and boron on growth and yield of okra under the agro climatic conditions of Swat. *Pure and Applied Biology*, 8(2), 1136-1149.
2. Alizade Moradi, M. & Asgharipour, M.R. (2018). Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant to planting date and micronutrient spraying in alley cropping. *Applied field Crops Research*, 31(2), 92-118. (In Farsi).
3. Asgari, H., Motesharezadeh, B., Savaghebi, G.R. & Hadiyan, J. (2014). Effect of copper and zinc on concentration and uptake of micronutrient (Cu, Zn, Fe and Mn) and macronutrient (phosphorus) in savory at greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center*, 5(3), 95-111. (In Farsi).
4. Bahadoori, S., Esmailpour B., Heidari, M., Khorramdel, S., Shiekhzadeh, P., Tavakoli-hour, N. & Ghanbari, A. (2016). Effects of seed priming with plant growth regulators on physiological and biochemical characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under low temperature stress. *Journal of Plant Process and Function*, 5(17), 145-156. (In Farsi).
5. Baybordi, A. & Mamedov, G. (2010). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 94-103.
6. Chaudhary, A., Mishra, A., Bola, P.K., Nagar, K.K. & Chaudhary, P. (2019). Effect of foliar application of zinc and salicylic acid on flowering and yield of African marigold cv. Pusa Narangi. *Horflora Research Spectrum*, 4(4), 351-355.
7. Ciobanu, M., Pirvu, L., Paun, G., Savin, S., Albu, B.G., Munteanu, C., Cusu, J.P., Atkinson, I., Culita, D.C., Petcu, G. & Parvulescu, V. (2019). Parvulescu, development of a new (bio) hybrid matrix based on *Althaea officinalis* and *Betonica officinalis* extracts loaded into mesoporous silica nanoparticles for bioactive compounds with therapeutic applications. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 51(1), 605-613.
8. Dehghan, A., Dashti, H. & Baghizadeh, A. (2013). Antibacterial effect of ethanol extract (*Althaea Officinalis*) on *Streptococcus pyogenes* compared with prevalent antibiotics *in vitro*. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 12 (6), 461-474. (In Farsi).
9. Deore, S.L. & Khadabadi, S.S. (2008). Standardisation and pharmaceutical evaluation of Chlorophytum borivilianum mucilage. *Rasayan Journal of Chemistry*, 1(4), 887-892.
10. Eisenman, S. W., Zaurov D. E. & Struwe, L. (2013). *Medicinal plants of central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan*. Springer Science and Business Media.
11. El-Sawi, S. A. & Mohamed, M. A. (2002). Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. *Food Chemistry*, 77(1), 75-80.
12. Fathi, A. & Bahamin, S. (2018). The effect of irrigation levels and foliar application (zinc, humic acid and salicylic acid) on growth characteristics, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(3), 661-674.
13. Gebresamuel, N. & Gebre-Mariam, T. (2012). Comparative physico-chemical characterization of the mucilages of two cactus pears (*Opuntia spp.*) obtained from Mekelle, Northern Ethiopia. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 3, 79-86.
14. Ghofrani Maghsud, S., Mobasser, H. R. & Fanaei, H. R. (2014). Effect of foliar application and time foliar application microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. *Journal of Novel Applied Science*, 3(4), 396-399.
15. Ghorbani, N., Moradi, H. Akbarpour, V. & Ghasemnejad, A. (2016). Effect of salicylic acid hormone on violet (*Viola cornuta*) ornamental and phytochemical attributes under phosphorus Nano-fertilizer. *Journal of Plant Process and Function*, 4 (14), 139-150.
16. Grejtovsky, A., Markusova, K. & Eliasova, A. (2006). The response of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) plants to soil zinc supply. *Plant, Soil and Environment*, 52(1), 1-7.
17. Gupta, U. S. (1975). *Physiological aspects of dryland farming*. Oxford and IBH. New Delhi.
18. Husain, M., Wadud, A., Hamiduddin, Sofi, G., Perveen, S. & Hafeez, K.A. (2019). Physicochemical standardization of mucilage obtained from *Althaea officinalis* Linn-Root. *Pharmacognosy Magazine*, 15(62), 155-161.
19. In-Sok, L., Chan-Ho, K., Suk-Ju, K. & Young-Eun, N. (2018). Effects of PEG priming and fungicide treatment on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) seed germination. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 8(5), 278-289.
20. Jian, L., Bai, X., Zhang, H., Song, X. & Li, Z. (2019). Promotion of growth and metal accumulation of alfalfa by coinoculation with Sinorhizobium and *Agrobacterium* under copper and zinc stress. *PeerJ*, 7, e6875.
21. Karami, A., Sepehri, A., Hamzei, J. & Salimi, G. (2011). Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. *Plant Production Technology*, 3 (1), 37-50. (In Farsi)

22. Karawya, M. S., Wassel, G. M., Baghdadi, H. H. & Ammar, N. M. (1980). Mucilagenous contents of certain Egyptian plants. *Planta Medica*, 38(1), 73-78.
23. Lashkari, M., Mahmoodi, S., Alikhani, H. & Sayyari Zohan, M. (2021). Effect of *Pseudomonas fluorescence* strains and humic acid on some morphological and physiological characteristics of marshmallow (*Althea officinalis* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(3), 617-632. (In Farsi).
24. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
25. Michel, B. & Kaufman, M.R. (1973). The osmotic potential of PEG 6000. *Plant Physiology*, 51(5), 914-916.
26. Moradi Dezfuli, P., Sharifzadeh, F., Bankesaz, A. & Janmohammadi, M. (2008). Effect of priming treatment and sowing date on synchronization of developmental stages and yield of maize inbred lines for hybrid seed production. *Electronic Journal of Crop Production*, 1(4), 79-98. (In Farsi).
27. Morady, S., Pouryousef, M. & Andalibi, B. (2015). Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on yield, yield components, and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(5), 753-762. (In Farsi).
28. Nahed, G. A. & Balbaa, L. K. (2007). Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(11), 1479- 1489.
29. Palmgren, M. G., Clemens, S., Williams, L. E., Kramer, U., Borg, S., Schjorring, J. K. & Sanders, D. (2008). Zinc biofortification of cereals: problems and solutions. *Trends in Plant Science*, 13(9), 464-473.
30. Patumi, M., Fontanazza, G., Baldoni, L. & Brambilla, I. (1990). Determination of some precursors of lipid biosynthesis in olive fruits during ripening. *Acta Horticulturae*, 286(1), 199-202.
31. Pichler, T., Young, K. & Alcantar, N. (2012). Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. *Water Science and Technology*, 12(2), 179-186.
32. Pirzad, A. & Barin, M. (2018). Iron and zinc interaction on leaf nutrients and the essential oil of *Pimpinella anisum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 8(4), 2507-2515.
33. Rahimi, A. (2012). Effect of osmopriming and irrigation regime on yield quantity and essential oil content of cumin (*Cuminum cuminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(1), 131-141. (In Farsi).
34. Rahimi, A. R., Mashayekhi, K., Hemmati, K. & Dordipour, E. (2009). Effect of salicylic acid and mineral nutrition on fruit yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Plant Production Research*, 16(4), 149-156. (In Farsi).
35. Raj, A.B. & Raj, S.K. (2019). Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(1), 227-234.
36. Ramroudi, M., Keykha Jaleh, M., Galavi, M., Seghatolesalami, M. J. & Baradran, R. (2011). The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yields of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). *Agroecology*, 3(2), 219-226. (In Farsi).
37. Rostami, M., Mirzaei Talarposhti, R., Mohammadi, H. & Scott Demyan, M. (2019): Morpho-physiological response of saffron (*Crocus Sativus* L.) to particle size and rates of zinc fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(10), 1250-1257.
38. Sadeghi, A. A., Bakhsh Kelarestaghi, K. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2014). The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Althea officinalis* L.). *Agroecology*, 6(1), 42-50. (In Farsi).
39. Saeidi, G. (2008). Effect of some macro and micronutrients on seed yield and other agronomic traits of Sesame in Isfahan. *Journal of Water and Soil Science*, 12(45), 379-390. (In Farsi).
40. Sepulveda, E., Saenz, C., Aliaga, E. & Aceituno, C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*, 68(4), 534-545.
41. Shah, S. T., Ullah, S., Khan, N., Sajid, M., Rab, A., Amin, N. U., Iqbal, A., Iqbal, M., Haq, S. U., Rahman, S., Shah, F. A. & Rawan, S. (2015). Effect of zinc as a foliar spray on growth and flower production of marigold (*Tagetes erecta* L.). *Academia Journal of Agricultural Research*, 4(3), 140-144.
42. Shahbazi, H. & Besharati, H. (2013). Overview of agricultural soil fertility status of Iran. *Journal of Land Management*, 1(1), 1-15. (In Farsi)
43. Shahbazi, Z., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M. & Farajee, H. (2019). The effect of organic fertilizer and mycorrhizal fungus on morphological characteristics, shoot biomass and mucilage of borage (*Borago officinalis*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3), 561-570. (in Farsi).
44. Yadegari, M. & Alayean, N. (2012). Effect of micronutrients foliar application on some yield traits in marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Crop Production Research*, 4 (1), 75-84. (In Farsi).
45. Yang, M., Shl, L., Fang, S., Lu, J. W. & Wang, Y. H. (2009). Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on grain yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere*, 19(1), 53-59.
46. Yazdani Biuki, R. & Rezvani Moghaddam, P. (2012). Germination characteristics of marshmallow (*Althea officinalis* L.) as influenced by drought and salinity stress. *Iranian Journal of Field Crops Research* 10(1), 1-10. (In Farsi).

47. Zehtab Salmasi, S., Heidari, F. & Alyari, H. (2008). Effects of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Plant Science Research*, 1(1), 24-26.
48. Zehtab-Salmasi, S., Behrouznajhad, S. & Ghassemi-Golezani, K. (2012). Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of psyllium at different stages of maturity. In: *Proceedings of International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences*, 11-12 August, Phuket, Thailand, pp. 63-65.