شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/idaj.2019.123944.240

ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و سیلیسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بالنگوی شهری در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

دیبا شیخی سنندجی[۱]، علیرضا پیرزاد[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، *گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی*، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، *ایران*

۲- *گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران*

چکیده

به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی دو عنصر روی و سیلسیم بر برخی صفات کمی و کیفی بالنگوی شهری (توده محلی ارومیه)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه انجام شد. دو محیط دیم و آبیاری‌تکمیلی به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی عناصر روی، سیلیسیم و عدم مصرف محلول (شاهد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. اثر اصلی تیمارهای محیط، محلول‌پاشی و برهم‌کنش آنها برای اکثر صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. بیشترین مقادیر کلروفیل، کارتنوئید، پتاسیم و روی برای هر دو محیط در محلول‌پاشی روی به دست آمدند. بیشترین میزان کربوهیدرات محلول، فسفر، سیلیسیم برای هر دو محیط در محلول‌پاشی سیلیسیم مشاهده شد. محتوی آب برگ برای محلول پاشی عناصر روی و سیلیسیم در هر دو شرایط تنش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بیشترین درصد موسیلاژ به محلول‌پاشی سیلیسیم و شرایط دیم تعلق داشت. بیشترین میزان روغن دانه در محلول‌پاشی روی تحت شرایط دیم حاصل شد. مقادیرعملکرد دانه توده بالنگوی شهری در هر دو شرایط دیم و آبیاری برای محلول‌پاشی روی (به ترتیب ۶۱۳/۳ و ۶۸۸/۳ کیلوگرم در هکتار) و سیلیسیم (به ترتیب ۶۵۷/۳ و ۶۶۸/۷ کیلوگرم در هکتار) برتر از عدم محلول‌پاشی بود.

واژه‌های کلیدی: بالنگوی شهری، خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی، موسیلاژ، روغن دانه

* نگارنده مسئول: *a.pirzad@urmia.ac.ir* تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۷

مقدمه

گونه‌های گیاهی موجود در خانواده نعناعیان[1] به سبب گستردگی دامنه اکولوژیکی آن‌ها در اقلیم‌های متنوع، مصارف تغذیه‌ای، دارویی و وجود ترکیبات معطر در صنایع آرایشی و بهداشتی از اهمیت زیادی برخوردار هستند (اوزونی و همکاران، ۱۳۸۶). در بین گونه‌های این خانواده، بالنگوی شهری[2] گیاهی یک ساله، علفی و مقاوم به خشکی است (Misra *et al.*, 2005). بالنگوی شهری باتوجه به کاربردهای وسیع غذایی، روغنی، صنعتی و دارویی گیاهی چندمنظوره محسوب می‌شود (Centritto and Oreto, 2005). امروزه با هدف تولید دانه، استحصال روغن، تهیه اسانس و موسیلاژ کشت می‌شود (خوشگفتارمنش، ۱۳۹۳). بالنگوی شهری به طور خودرو در استان‌های البرز، گیلان، قزوین، آذربایجان، کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، فارس، سمنان و تهران رشد می‌کند (امیدبیگی، ۱۳۸۴). این گیاه به‌صوررت پراکنده در شمال غرب ایران، به ویژه آذربایجان شرقی عمدتاً به صورت دیم کشت می‌شود. از طرف دیگر تحقیقات انجام شده بر روی این گیاه در جهان و از جمله ایران بسیار محدود می‌باشد (صانع، ۱۳۹۴).

آبیاری تکمیلی که کاربرد میزان محدود آب در زمان عدم بارندگی و خشکی آخر فصل رشد برای تداوم رشد بوته‌ها و جلوگیری از کاهش عملکرد می‌باشد، معمولا در نواحی خشک و نیمه-خشک به کار می‌رود و باعث ایجاد عملکرد پایدار و قابل قبول در دیم‌زارها می‌شود (یعقوبیان و همکاران، ۱۳۹۱). اندازه و زمان آبیاری تکمیلی باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که بتوان با کم‌ترین میزان آب قابل دسترس عملکرد بهینه و مطلوب را به‌دست آورد (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیقی که بر روی بالنگوی شهری در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی انجام شد افزایش عملکرد بیولوژیکی تحت شرایط آبیاری تکمیلی گزارش گردید (فرضی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین صانع (۱۳۹۴) افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه بالنگوی شهری در آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم گزارش کرد.

میزان متعادل برخی عناصر مانند روی و سیلیسیم در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها، به‌ویژه خشکی نقش قابل توجهی دارد. عنصر روی، یکی از عناصر کم مصرف و ضروری در تغذیه گیاهان است که در تنظیم رشد گیاه و تشکیل RNA نقش داشته و در بسیاری از مسیرهای مهم بیوشیمیایی مرتبط با متابولیسم کربوهیدرات‌ها شامل فتوسنتز و تبدیل قندها به نشاسته، متابولیسم اکسین و پروتئین نقش اساسی دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). در اثر کمبود روی، سنتز پروتئین و تجمع اسیدهای آمینه کاهش می‌یابند و فعالیت آنزیم RNA_{ase} افزایش یافته که این مسئله باعث تخریب RNA و کاهش سنتز پروتئین می‌گردد (Ravi *et al.*, 2008). مقیمی پور و همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند محلول پاشی عنصر

[1] Lamiaceae

[2] *Lallemantia iberica*

روی بر گیاه دارویی ریحان مقدس[1] باعث افزایش صفات مورفولوژیکی این گیاه شد. افزایش ماده خشک و اسانس نعناع فلفلی در محول‌پاشی با روی نیز گزارش شده است (Ravi *et al.*, 2008). از نظر اهمیت در تغذیه گیاهی، سیلیسیم جزو عناصر مفید طبقه بندی می‌شود که یکی از نیازهای مهم و اساسی برای رشد عادی بسیاری از گیاهان می‌باشد و باید به عنوان عنصر بسیار کم ضروری[2] نامیده شود (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۹۳). پژوهش‌ها نشان داده است که سیلیسیم باعث افزایش رشد گیاهان‌می‌گردد، همچنین در بسیاری از موارد با تحریک رشد، افزایش در فعالیت آنزیم‌ها یا آنتی‌اکسیدانی کاهش اکسیژن فعال در سلول‌های گیاهی موجب حفاظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. سیلیسیم برای برخی تیره‌های گیاهی ضروری به‌نظر می‌رسد. این عنصر می‌تواند باعث افزایش تولید و کیفیت محصول، کاهش تبخیر و افزایش تحریک تولید برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدان و تعرق، کاهش حساسیت به بعضی بیماری‌های قارچی شود (خوش‌گفتار منش، ۱۳۹۳). اثرات مفید سیلیسیم در گیاهانی که تجمع سطوح بالایی از آن را در شاخه‌های خود دارند، به خوبی آشکار است. سیلیسیم می‌تواند اثرات منفی تنش‌های دمای بالا، یخبندان و اشعه ماوراء بنفش، خشکی، شوری، سمیت فلزات و عدم تعادل عناصر غذایی را بر رشد گیاهان کاهش دهد (*et al.*, Ma 2007). سیلیسیم در گیاهان مسئول بهبود ساختارهای گیاهی و برگ، همچنین فرآیندهای متابولیکی مانند تبادلات گازی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و سیستم آنتی اکسیدانتی می‌باشد که نتیجه آن کارایی بهتر در ارتباط با رشد و نمو، و پارامترهای عملکردی است. علاوه بر این گزارش شده است سیلیسیم نقش محوری در افزایش محتوی کلروفیل، هدایت روزنه‌ایی و استحکام گیاهان تحت تنش ایفا می‌کند (Li *et al.*, 2012). در تحقیقی که با هدف بررسی دور آبیاری و کاربرد سیلیسیم در گیاه ریحان[3] انجام شد، نتایج نشان داد محلول‌پاشی سیلیسیم باعث بهبود ویژگی‌های رشدی، پاسخ‌های فیزیولوژیکی و ترکیبات بیوشیمیایی گیاه ریحان شده است (محمدنیا و همکاران، ۱۳۹۷).

باتوجه به اهمیت عناصر ریزمغذی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، این تحقیق به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی دو عنصر روی و سیلسیم بر برخی خصوصیات زراعی (شامل عملکرد و اجزای عملکرد، میزان روغن دانه و درصد موسیلاژ)، فیزیولوژیکی (شاخص کلروفیل و محتوای آب برگ) و بیوشیمیایی (تنظیم‌کننده‌های اسمزی، درصد پروتیین، میزان کارتنویید ومیزان کربوهیدرات‌های محلول) گیاه دارویی روغنی بالنگوی شهری در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خردشده در سال ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۰

[1] *Ocimum tenuiflorum* syn. *Ocimum sanctum*
[2] Quasi essential
[3] *Ocimum basilicum*

دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۳۸ متر ازسطح دریا اجرا شد. دو محیط دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی در شروع گلدهی به‌عنوان عامل اصلی و سه سطح بدون محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی روی با غلظت ۲ گرم در لیتر، سیلیسیم با غلظت ۰/۶ گرم در لیتر به‌عنوان عامل فرعی بودند. بذرهای مورد استفاده در این آزمایش توده‌های بومی شهرستان ارومیه بود. قبل از کاشت و تهیه بستر، از پنج نقطه محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید. مقادیر اسیدیته خاک ۷/۳، هدایت الکتریکی خاک ۱/۴۲ دسی‌زیمنس بر متر و بافت خاک لومی-رسی بود. درصد اجزای تشکیل دهنده خاک عبارت از ۲۱ درصد شن، ۳۷ درصد سیلت و ۴۲ درصد رس بودند. خاک محل آزمایش دارای ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، ۴/۴میلی‌گرم بر کیلوگرم سیلیسیم و ۱۹/۱ درصد آهک بود. همچنین نمونه خاک مورد آزمایش حاوی ۰/۰۱۲ درصد نیتروژن، ۹/۲ میلی‌گرم بر گرم فسفر و ۴۳۵ میلی‌گرم بر گرم پتاسیم بود. به استناد آمار ۴۰ ساله میانگین بارندگی سالیانه این منطقه ۳۳۲ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۱ درجه بوده است. متوسط درجه حرارت ماهیانه و بارندگی در سال زراعی اجرای تحقیق (۹۶-۱۳۹۵) در جدول۱ نشان داده شده است.

پس از شخم و آماده سازی زمین کشت در تاریخ ۹ آذر ماه ۱۳۹۵ به طور دستی با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر انجام شد. هر کرت فرعی شامل ۸ ردیف کاشت به طول ۲۰۰ سانتی‌متر بود. پس‌از سبز شدن و استقرار بوته‌ها، در مرحله پنج برگی گیاهان تا ایجاد تراکم ۶۰ بوته (صانع، ۱۳۹۴) در هر متر طولی تنک شدند.

جدول ۱- آمار هواشناسی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

ماه	بارندگی (mm)	درجه حرارت (°C)			تعداد روز زیر صفر درجه	رطوبت نسبی (٪)	تبخیر (mm)
		بیشینه	کمینه	میانگین			
مهر	۰	۳۵/۲	۳/۴	۱۹/۳	.	۴۸/۱	۱۶۰
آبان	۱۶	۲۶/۵	-۰/۶	۱۲/۹	۰	۵۹/۶	۸۴/۹
آذر	۱۲/۲	۲۰/۴	-۱۲/۸	۳/۸	۱۹	۵۶/۷	۸/۶
دی	۶۵/۶	۱۳/۶	-۱۳/۴	۰/۱	۲۴	۷۴/۹	-
بهمن	۴/۴	۶/۶	-۱۳/۶	-۳/۵	۳۰	۷۷/۳	-
اسفند	۳۹	۱۰	-۱۶/۲	-۳/۱	۲۸	۷۱/۵	-
فروردین	۲۰/۴	۱۸/۵	-۳/۴	۷/۵	۱۰	۶۲/۱	-
اردیبهشت	۵۹/۹	۲۶/۶	-۱/۵	۶/۳	۲	۵۲/۸	۱۰۵/۱
خرداد	۱۱/۹	۳۱/۲	۵/۴	۱۸/۳	۰	۴۶/۳	۱۹۳/۴
تیر	۰	۳۷	۶	۲۱/۵	۰	۳۷/۶	۲۵۱/۱

در طول دوره رشد عملیات وجین به صورت دستی به منظور جلوگیری از رقابت علف‌های هرز با بالنگوی شهری انجام شد. اولین محلول‌پاشی در ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۶ (در مرحله ۸ برگی) و مرحله دوم به فاصله دو هفته پس از آن (در مرحله ۵۰ درصد گلدهی) انجام شد که هر دو مرحله محلول-پاشی عناصر روی و سیلیسیم به‌طور همزمان انجام شد. محلول‌پاشی توسط سم‌پاش پشتی کتابی با نازل نوع سیلابی بود. در ۲۱ خرداد ماه تیمار آبیاری تکمیلی به صورت غرقابی انجام شد.

نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی (پرولین، کربوهیدرات‌های محلول در آب و عناصر غذایی برگ) در زمان ۸۰ درصد گلدهی در تاریخ ۲۹ خرداد (۱۷۰ روز پس از کتشت) صورت گرفت. نمونه‌ها بعد از توزین با دقت یک‌هزارم گرم داخل فویل پیچیده شده و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۸۰- درجه نگهداری شدند. برداشت نهایی برای به دست آوردن عملکرد در دو تاریخ هفتم تیر ماه برای کشت دیم و اول مرداد برای آبیاری تکمیلی انجام شد.

تعیین عملکرد دانه، استخراج موسیلاژ، استخراج روغن، و اندازه‌گیری اجزای عملکرد دانه در انتهای فصل رشد (۲۱۰ روز پس از کاشت دیم و ۲۲۸ روز پس از کاشت برای تیمار آبیاری تکمیلی) انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ در مرحله ۸۰ درصدگلدهی، دیسک‌هایی به اندازه یکسان تهیه شدند و وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر و وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند (Ritchie and Nguyen, 1990).

برای اندازه‌گیری میزان تنظیم کننده‌های اسمزی، ۰/۵گرم از بافت تازه برگی به همراه ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در داخل هاون چینی کوبیده شد. قسمت بالایی محلول حاصله جدا گشته و رسوبات آن دو بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ شستشو شده و فاز بالایی آن به قسمت رویی قبل اضافه شد. محلول به‌دست آمده به مدت ده دقیقه با ۳۵۰۰۰ دور سانتریفوژ گردید و فاز مایع رویی برداشته شد و عصاره الکلی به دست آمده تا زمان اندازه‌گیری پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در یخچال نگه-داری شدند (Iririgoyen *et al.*, 1992).

برای اندازه‌گیری غلظت پرولین میزان جذب نمونه‌ها در طول ۵۱۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل PD-303 (ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شدند (Paquin and Lechasseur, 1997).

میزان جذب کربوهیدرات‌های محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Iririgoyen *et al.*, 1992).

شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلروفیل متر مدل (SPAD, CCM-200, Opti-Science, USA) در مرحله ۸۰ درصد گلدهی اندازه‌گیری شدند. برای انجام نمونه‌گیری، با در نظر گرفتن اثر حاشیه ۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و سپس عدد SPAD برگهای توسعه یافته بالایی، میانی و پایینی بوته اندازه‌گیری گردید و میانگین آن‌ها گزارش شد (زارع ده‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۶).

برای تعیین میزان مقدار کارتنوئید برگ از روش (Paquin and Lechasseur, 1997) استفاده گردید. بدین منظور ۰/۱ گرم بافت تازه برگ با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شده و به آن یک میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه گردید. محلول حاصل صاف شده و حجم آن به ده میلی‌لیتر رسانده شد سپس جذب محلول صاف شده در طول موجهای ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲ و ۴۷۰ نانو متر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شده و با استفاده از روابط زیر مقدار کارتنوئید محاسبه شد:

$$\text{Cholorophyll a (mg/ml)} = 12.25(A_{663.2})-2.79(A_{646.8})$$
$$\text{Cholorophyll b (mg/ml)} = 21.50(A_{646.2})-5.10(A_{663.2})$$
$$\text{Carotenoid (µg/ml)} = (1000(A_{470})-1.8(\text{Chla}) -85.02(\text{Chlb}))/198$$

برای اندازه‌گیری موسیلاژ، یک گرم بذر خشک را در ۱۰ میلی‌لیتراسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تا زمانی که در پوسته بذر تغییر رنگ به‌وجود آید، جوشانده‌شد. رسوب حاصل پس از صاف کردن در آون ۵۰ درجه به مدت ۱۲ ساعت قرارگرفته و توزین ماده جدا شده (موسیلاژ) با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد (Kalyanasundaram *et al.*, 1982).

برای تعیین درصد روغن بذور از روش سوکسوله استفاده گردید. نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت و با حلال ان-هگزان در داخل سوکسله قرار گرفتند. عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه به‌دست آمد.

درصد پروتئین برگ، توسط دستگاه کجدال مدل Vapodest 20 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). برای اندازه‌گیری عناصر پتاسیم و فسفر، ابتدا عصاره به روش هضم با اسیدکلریدریک تهیه شد. غلظت فسفر درون عصاره تهیه شده با استفاده از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه-گیری شد. اندازه‌گیری میزان پتاسیم موجود در عصاره تهیه شده، به روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فلیم فتومتر انجام گرفت (Chapman and Pratt, 1961). اندازه گیری عناصر روی و سیلیسم با استفاده از عصاره تهیه شده از نمونه ها توسط هضم با روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک توسط دستگاه جذب اتمی مدل AA-6300 قرائت گردید (Karla, 1998).

در پایان دوره رشد با حذف اثر حاشیه در هر کرت، اندام هوایی به‌منظور به دست آوردن عملکرد بیولوژیکی (وزن شاخ و برگ) و عملکرد دانه در تاریخ‌های هفتم تیر (دیم) و اول مرداد (آبیاری تکمیلی) برداشت شدند. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد از هر کرت ده بوته به صورت تصادفی انتخاب شده و صفات ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول‌های یک بوته و وزن دانه از ده بوته اندازه-گیری و میانگین آن‌ها گزارش گردید. ارتفاع بوته به وسیله خط کش و وزن دانه با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، ۵ نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌ها برای هر کرت با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه

و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای SNK در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات محیط (دیم و آبیاری تکمیلی) بر کلیه خصوصیات مورد مطالعه به جز محتوی آب برگ (RWC) و وزن هزار دانه همچنین محلول‌پاشی (شاهد، محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی سیلیسیم) به جز وزن هزار دانه و درصد روغن در سطح احتمال ۵ یا ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار شاخص کلروفیل (SPAD)، کاروتنوئید، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، پتاسیم، روی، درصد روغن، موسیلاژ، ارتفاع بوته و در کشت دیم مشاهده شد، همچنین بیشترین مقدار فسفر، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، RWC، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی وسیلیسیم در تیمار یک بار آبیاری تکمیلی بود. تیمار محلوی پاشی روی بیشترین مقادیر در صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، RWC، عملکرد بیولوژیکی و مقدار روی شاخ و برگ هوایی را ایجاد نمود علاوه بر این بیشترین مقادیر صفات درصد موسیلاژ، ارتفاع ساقه، عملکرد دانه و پتاسیم و سیلیسیم شاخ و برگ هوایی در تیمار محلول پاشی با سیلیسیم مشاهده شد (جدول ۳).

همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اکثر صفات تحت تاثیر معنی‌دار برهمکنش آبیاری و محلوپاشی قرار گرفتند (جدول ۲). بیش‌ترین میزان کلروفیل (SPAD ۳۲/۷) مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی با یک نوبت آبیاری تکمیلی، و کم‌ترین میزان (SPAD ۱۷/۴) در تیمار بدون محلول پاشی (شاهد) کشت دیم بود. محلول‌پاشی روی و سیلیسیم در هر دو باعث افزایش کلروفیل برگ شدند. البته محلول‌پاشی روی در مقایسه با سیلیسیم در هر دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی سطوح بالاتری از میزان کلروفیل را نشان دادند (شکل ۱-الف). افزایش میزان کلروفیل با محلول‌پاشی عنصر روی می‌تواند مربوط به نقش این عنصر در بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و به تعویق انداختن تخریب آن باشد، همچنین عنصر روی به‌عنوان یک کوفاکتور در فعال کردن آنزیم‌ها دخالت می‌کند که دلیل دیگری برای افزایش میزان کلروفیل در تیمار محلول پاشی روی می‌باشد (فارسی و همکاران، ۱۳۹۶). زارع ده‌آبادی و همکاران (۱۳۸۶) با ارزیابی کاربرد غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ میکرومولار عنصر روی در گیاه نعناع[1] گزارش کردند که میزان کلروفیل در غلظت ۵ میکرومولار روی نسبت به شاهد افزایش نشان داد که این افزایش می‌تواند به دلیل فعال سازی آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد. عنصر سیلیسیم نیز از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و پتانسیل دریافت الکترون و به طبع آن افزایش تولید ATP و NADPH در واکنش زنجیره هیل انرژی لازم را برای واکنش تاریکی فراهم آورده و فتوسنتز

[1] *Mentha spicata*

افزایش پیدا کرده است (براتی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین افزایش کلروفیل برگ در تیمار سیلیسیم قابل توجیه است. در تحقیقی که به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و برهمکنش آن با سیلیکون روی گیاه رازیانه[1] انجام شد افزایش غلظت کلروفیل را در تیمار محلول‌پاشی سیلیکون گزارش کردند که علت آن رسوب سیلیکون در برگ است که باعث افزایش استحکام برگ‌ها و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح می‌باشد (موسی‌پور یحیی‌آبادی و اصغری‌پور، ۱۳۹۵).

میزان کارتنوئید موجود در بافت گیاهی در محلول‌پاشی روی در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی در بالاترین مقدار خود (۰/۰۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود. سیلسیم در هر دو تیمار آبیاری تکمیلی و دیم باعث افزایش میزان کارتنوئید نسبت به شاهد شد. البته میزان این افزایش در کشت دیم به مقدار جزئی بیشتر از شرایط آبیاری تکمیلی بود. کم‌ترین میزان کارتنوئید در تیمار بدون محلول‌پاشی کشت دیم به‌دست آمد (شکل ۱-ب). کارتنوئیدها ترکیباتی چربی دوست با وزن مولکولی کم در کلروپلاست هستند که گیاه را در مقابل تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند. کارتنوئیدها از طریق چرخه زانتوفیل باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل اکسیداسیون نوری می‌شود (Koyro, 2007). به‌نظر می‌رسد که عناصر سیلیسیم و روی موجب کاهش اثرات مضر تنش خشکی و محافظت از ساختارهای برگ شده‌اند که نتیجه آن کاهش کم‌تر کارتنوئید در مقایسه با شاهد بوده است. افزایش میزان کارتنوئید در گیاه ریحان مقدس در محلول‌پاشی روی توسط مقیمی پور و همکاران (۱۳۹۴) وافزایش میزان کارتنوئید با کاربرد سیلیسیم در گیاه گشنیز[2] توسط فاطمی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش شده است.

میزان پرولین در کلیه تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به شرایط دیم (۰/۱۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بیش‌تر از آبیاری تکمیلی (۰/۰۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود. اختلاف معنی‌داری از نظر پرولین برگی بین سطوح محلول‌پاشی و شاهد در هر یک از سیستم‌های دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده نشد، ولی کلیه تیمارهای محلول‌پاشی در کشت دیم پرولین بیش‌تری نسبت به آبیاری تکمیلی داشتند (شکل ۱-ج). افزایش مقدار پرولین، به‌عنوان یکی از سازوکارهای گیاهان برای مقاومت در برابر آثار زیان بار تنش‌های غیر زیستی، باعث حفظ تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم واکوئل می‌شود. با وجود افزایش بیشتر میزان پرولین در ارقام حساس، تجمع پرولین در شرایط تنش ممکن است به دلیل کاهش اکسیداسیون پرولین و یا تحریک سنتز آن از گلوتامات باشد. از این‌رو، پرولین در شرایط تنش در سلول انباشته می‌شود (Farooq *et al.,* 2009). جعفرزاده و همکاران (۱۳۹۳) افزایش تجمع پرولین در برگ گیاه همیشه بهار در شرایط تنش خشکی گزارش کردند، که دلیل آن می‌تواند ناشی از تجمع اسمولیت‌ها در سیتوسول برای تعدیل فشار اسمزی

[1] *Foeniculum vulgare*
[2] *Coriandrum sativum*

باشد که رویکردی جهت مقابله با تنش خشکی و آثار زیان بار آن در گیاهان می‌باشد. بیش‌ترین میزان کربوهیدرات‌های محلول مربوط به تیمار شاهد دیم (۳۵/۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود. محلول‌پاشی با عناصر روی و سیلیسیم در کشت دیم باعث کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول در برگ شدند اما در تیمار آبیاری تکمیلی محلول پاشی روی و سیلیسیم و شاهد سطوح یکسانی از کربوهیدرات‌های محلول را نشان دادند. کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول مربوط به تیمار گیاهان آبیاری شده همراه با محلول پاشی سیلیسیم (۱۷/۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود (شکل ۱-د).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب تاثیر محلول‌پاشی بر صفات اندازه‌گیری شده (عملکرد و اجزای عملکرد، عناصر برگ، تنظیم کننده‌های اسمزی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد کیفی) بالنگوی شهری تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	کارتنوئید	پرولین	کربوهیدرات‌های محلول	رطوبت نسبی	ارتفاع بوته	عملکرد بیولوژیکی	تعداد کپسول
بلوک	۲	۱/۵^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱۴/۹۰^{ns}	۲۶/۳^{ns}	۰/۲۱۴^{ns}	۳۸۵۹^{ns}	۳۳۵/۴^{ns}
محیط	۱	۵۳/۸*	۰/۰۰۲۰۰**	۰/۰۰۴۲**	۲۷۹/۵۰**	۲۲/۱^{ns}	۱/۱۵۰*	۸۲۵۹**	۳۳۵/۴**
تکرار(محیط)	۲	۷/۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۲/۴۲	۳۱/۳	۰/۰۵۰	۲۳۶۵	۰/۷
محلول‌پاشی	۲	۲۲۰/۲**	۰/۰۰۰۸۰**	۰/۰۰۰۶**	۹۶/۲۳**	۵۸/۸*	۲۴/۶۰۰**	۴۳۵۱۲۰**	۷۱۱/۲**
محیط×محلول‌پاشی	۲	۶/۸**	۰/۰۰۳۰۰**	۰/۰۰۰۵**	۷۹/۸۵*	۲۲۵/۸^{ns}	۳/۴۴۰**	۷۱۲۷۱**	۲۳۵/۰**
اشتباه	۸	۵۱/۳	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۳	۱۰/۳۷	۵۷/۷	۰/۲۰۰	۲۴۲۵	۰/۵
ضریب تغییرات(٪)		۱۰/۴۰	۷/۷۳	۵/۰۵	۱۳/۸۹	۱۵/۷۰	۱/۳۳	۲/۰۰	۱/۸

ادامه جدول ۲

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد موسیلاژ	فسفر	پتاسیم	روی	سیلیسیم
بلوک	۲	۱۵/۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۹۳۸^{ns}	۴/۷^{ns}	۴۰/۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۴۰/۴^{ns}	۰/۶^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}
محیط	۱	۲۲۰۲/۰**	۰/۰۰۵^{ns}	۲۹۲۶۱**	۹/۴۵*	۵۵۶/۶*	۰/۹۰۰۰*	۱/۳۲*	۹/۷**	۰/۰۱۷*	۳/۰۸**
تکرار(محیط)	۲	۱۴/۸	۰/۰۰۱	۱۵۱۹	۰/۲	۷۴/۰	۰/۰۱۱۰	۰/۰۹	۰/۶	۰/۰۰۲	۰/۰۱۵
محلول‌پاشی	۲	۲۲۶۷/۰**	۰/۰۰۸^{ns}	۶۱۷۲۶**	۲/۴^{ns}	۳۱۷۳/۰**	۰/۴۰۰۰*	۳/۱۰**	۱۷/۷**	۴/۱۴۰**	۱۶/۴۷**
محیط×محلول‌پاشی	۲	۲۲۸۹/۰**	۰/۰۰۳^{ns}	۷۷۷۴**	۲/۹^{ns}	۱۸۳/۴^{ns}	۰/۳۰۰^{ns}	۱/۷۷*	۲/۲*	۰/۴۶۰**	/۱۲**
اشتباه	۸	۱۲/۲	۰/۰۰۱	۶۱۱	۱/۱	۷۸/۷	۰/۸۲۰۰	۰/۲۴	۰/۴	۰/۰۰۲	۰/۱۳
ضریب تغییرات(٪)		۳/۴۰	۰/۷۴	۴/۰۰	۴/۳۰	۶/۴۰	۱۷/۰۰	۸/۵۰	۸/۱۰	۵/۱۸	۱/۷۰

"ns"، غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول۳- مقایسه میانگین های صفات برای اثر اصلی تیمارهای آبیاری و محلول پاشی در بالنگوی شهری

تیمارهای آزمایشی	شاخص کلروفیل (Spad)	کارتنوئید (µg/ml)	پرولین (mg/g)	کربوهیدرات محلول (mg/g)	محتوی رطوبت نسبی	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد بیولوژیکی (kg/ha)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه درکپسول
محیط									
آبیاری تکمیلی	۲۲/۵۰b	۰/۶۰b	۰/۱۰b	۱۹/۲۰b	۴۹/۶۱a	۳۲/۸۵b	۲۰۷۲/۶۴a	۳۴/۸۱b	۱۱۲/۰۷a
دیم	۲۶/۰۰a	۰/۷۵a	۰/۱۳a	۲۷/۱۰a	۴۷/۳۹a	۳۳/۳۵a	۱۹۳۷/۵۲b	۴۳/۴۴a	۸۹/۹۵b
محلول‌پاشی									
شاهد	۳۰/۰۸a	۰/۰۸a	۰/۱۲a	۲۷/۶۷a	۴۸/۸۱a	۳۰/۸۴c	۱۷۰۰/۱۵c	۲۶/۵۸c	۷۸/۶۱b
روی	۲۴/۷۲b	۰/۰۵b	۰/۱۰b	۲۱/۸۵b	۵۱/۴۶a	۳۳/۷۱b	۲۲۱۰/۲۸a	۴۶/۱۱a	۱۱۰/۹۳a
سیلیسیم	۱۷/۹۹c	۰/۰۶b	۰/۱۱b	۲۰/۰۰b	۴۵/۲۲a	۳۴/۷۵a	۲۱۰۴/۸۲b	۴۴/۷۳a	۱۱۳/۵۰a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

ادامه جدول ۳

تیمارهای آزمایشی	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد موسیلاژ	فسفر	پتاسیم	روی	سیلیسیم
محیط									
آبیاری	۴/۴۸a	۶۳۸/۸۸a	۲۳/۹a	۱۳۲/۸۱a	۱/۴b	۶/۰۴a	۷/۹۱a	۰/۸۵b	۷/۲۳b
دیم	۴/۴۹a	۸۸/۲۵b	۲۲/۵b	۱۴۳/۹۳a	۱/۹a	۵/۵۰b	۸/۰۴a	۰/۹۱a	۶/۴۱b
محلول‌پاشی									
شاهد	۴/۵۰a	۴۸۱/۶۵b	۲۳/۵a	۱۱۱/۹۵b	۱/۶۴ab	۶/۵۶a	۸/۷۲a	۰/۳۷c	۵/۸۰b
روی	۴/۴۰a	۶۵۱/۰۳a	۲۳/۷a	۱۵۳/۸۵a	۱/۴b	۵/۱۹b	۸/۳۲a	۱/۸۴a	۵/۹۲b
سیلیسیم	۴/۵۰a	۶۶۳/۰۲a	۲۲/۵a	۱۴۹/۳۲a	۱/۹a	۵/۵۶b	۶/۹۳a	۰/۴۳b	۸/۷۳a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

گیاهان با قرار گرفتن در معرض تنش، فشار اسمزی داخل سلول را افزایش می‌دهند تا بتوانند آب و موادغذایی را از خاک جذب کنند و افزایش فشار اسمزی داخل سلول از طریق افزایش میزان کربوهیدرات‌ها انجام می‌شود که این موضوع اهمیت نقش قندها در تنظیم اسمزی گیاهان را بیان می‌کند(سعادتمند و انتشاری، ۱۳۹۱). با توجه به نقش سیلیسیم در شرایط تنش، حفظ متابولیسم و حفظ شرایط مطلوب گیاه از افزایش کربوهیدرات ممانعت کرده و مانع از تخریب اکسیداتیو و تخریب ساختارهای پروتئینی گیاه می‌شود (سعادتمند و انتشاری، ۱۳۹۱). عابدی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند محلول‌پاشی روی باعث افزایش معنی‌دار قندهای محلول برگ در گیاه گلرنگ[1] تحت تنش خشکی شده است. در تحقیق دیگری افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در شرایط

[1] *Carthamus tinctorius*

تنش کم آبی و محلول‌پاشی سیلیکون تحت شرایط کم آبی بر روی گیاه گلرنگ گزارش شد (امیری و همکاران، ۱۳۹۳).

بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته در هر دو سیستم آبیاری تکمیلی (۴۷/۴ عدد) و دیم (۴۴/۷ عدد) مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی بود. محلول‌پاشی سیلیسیم نیز تعداد کپسول در بوته را در هر دو سیستم نسبت به شاهد افزایش داد اما اثر افزایشی آن کمتر از روی در شرایط آبیاری تکمیلی بود. تعداد کپسول در بوته در تیمار شاهد دیم کمتر از نصف همان تیمار در سیستم آبیاری تکمیلی بود (شکل ۲-الف). افزایش تعداد نیام در گیاه ماش[1] در اثر محلول پاشی روی توسط جلیلیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش شده است.

بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول (۱۲۰/۵ عدد) مربوط به کاربرد سیلیسیم در آبیاری تکمیلی، و کمترین تعداد دانه در کپسول (۴۶/۳ عدد) مربوط به تیمار شاهد در کشت دیم بود. در شرایط دیم، محلول‌پاشی روی تعداد دانه در کپسول را بیش‌تر از تیمار با سیلیسیم افزایش داد، هر چند از لحاظ آماری معنی دار نبود. اما در شرایط آبیاری تکمیلی محلول‌پاشی سیلیسیم تعداد دانه در کپسول بیشتری داشت (شکل ۲-ب).

تعداد دانه در واقع مشخص کننده مخزن برای گیاه است. تعداد دانه بیش‌تر در کپسول باعث ذخیره بیش‌تر مواد فتوسنتزی تولید شده می‌گردد. به‌نظر می‌رسد عناصر روی و سیلیسیم توانسته‌اند پتانسیل گیاه را برای تولید تعداد دانه بیش‌تر در کپسول تحقق بخشند. شعبان‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) افزایش تعداد دانه در کپسول در گیاه سیاه دانه[2] در کپسول تحت دور آبیاری مختلف گزارش کردند. امیری و همکاران (۱۳۹۳) افزایش تعداد دانه در گلرنگ را در محلول‌پاشی سیلیکون تحت شرایط کم آبی گزارش کردند.

بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی (۲۲۷۵/۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول‌پاشی روی در آبیاری تکمیلی و کمترین مقادیر از تیمارهای شاهد بخصوص در کشت دیم به‌دست آمد. عناصر کم‌مصرف روی و سیلیسیم در هر دو محیط دیم و آبیاری تکمیلی عملکرد بیولوژیکی را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند، اما در محیط دیم عملکرد بیولوژیکی تیمارهای محلول‌پاشی روی و سیلیسیم از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۲-ج).

با توجه به نقش روی در بیوسنتز تنظیم کننده‌های رشد مانند کربوهیدرات‌ها و ایندول - استیک اسید که باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (کرمی و همکاران، ۱۳۹۲)، افزایش عملکرد بیولوژیکی در تیمار محلول‌پاشی روی قابل توجیه است. علاوه بر این، استفاده از عناصر غذایی ازجمله روی به‌صورت محلول‌پاشی برگی باعث افزایش سطح برگ و میزان فتوسنتز شده که نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد دارد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۲). افزایش بیوماس نعناع-فلفلی[3] با کاربرد روی توسط حیدری و همکاران (۱۳۸۷)گزارش شده است. سیلیسیم باعث افزایش

[1] *Vigna radiata*
[2] *Nigella sativa*
[3] *Mentha piperita*

طول برگ، استحکام و افراشتگی برگ می‌شود که فتوسنتز را افزایش می‌دهد و در نتیجه تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیکی افزایش می‌یابد. افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه خرفه[1] در کاربرد سیلیسیم نیز گزارش شده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۹).

محلول‌پاشی سیلیسیم ارتفاع بوته را بیش‌تر از کاربرد روی افزایش داد. هرچند افزایش ارتفاع بوته در شرایط دیم بیش‌تر از گیاهان آبیاری شده در اثر محلول‌پاشی بود. بیش‌ترین ارتفاع بوته (۳۵/۳ سانتی‌متر) با کاربرد سیلیسیم در کشت دیم به‌دست آمد (شکل ۲-د). افزایش ارتفاع بوته می‌تواند یک مزیت برای رقابت با سایر بوته‌ها در جامعه گیاهی محسوب شود که از جمله نتایج آن تشکیل برگ‌های جدید در بالای سایه‌انداز است. این ویژگی کارآمد، برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد (اوزونی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به نقش اصلاحی سیلیسیم بر برخی خصوصیات برگ به‌ویژه عمود بودن آن‌ها و افزایش فتوسنتز (Li *et al.*, 2012)، ارتفاع بوته بالاتر در گیاهان تیمار شده با سیلیسیم منطقی به‌نظر می‌رسد. در تحقیقی بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه ریحان از جمله ارتفاع بوته را در کاربرد ۲ میلی‌مولار سیلیکات پتاسیم گزارش شد (محمدنیا و همکاران، ۱۳۹۷).

یکی از فاکتورهای تأثیرگذار در فعالیت آنزیم تریپتوفان‌سنتتاز عنصر روی می‌باشد و باتوجه به اینکه این اسیدآمینه پیش‌ماده تولید اکسین است، بنابراین افزایش تولید اکسین و چیرگی رأسی را تشدید کرده و باعث افزایش رشد طولی شاخه‌ها می‌شود (Misra *et al.*, 2005). ریاضی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای که بر روی مریم گلی[2] با هدف بررسی تأثیر آبیاری و تغذیه روی بر میزان رشد و عملکرد این گیاه انجام شد، افزایش ارتفاع گیاه در تیمار محلول‌پاشی شده با روی را گزارش کردند.

بیش‌ترین مقدار فسفر در اندام‌های گیاهی در تیمار شاهد محیط آبیاری تکمیلی گزارش شد. سایر تیمارها در هر دو سیستم (دیم و آبیاری تکمیلی) سطوح یکسانی از میزان فسفر را نشان دادند (شکل ۳-الف). عدم تحرک فسفر در pH بالا و تثبیت آن به‌ویژه در تنش‌های کمبود آب دلیل اصلی کاهش فسفر در بافت برگی می‌باشد (Devau *et al.*, 2009). مطالعات قبلی بر روی بابونه آلمانی[3] نشان داد که آبیاری مطلوب مقدار فسفر برگ را نسبت به سطوح مختلف کمبود آب افزایش می‌دهد (پیرزاد و همکاران، ۱۳۹۴).

محلول‌پاشی روی و سیلیسیم در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی مقدار پتاسیم موجود در بافت برگی را به بالاترین سطح در مقایسه با شاهد رساند، به‌طوری که در شرایط دیم میزان پتاسیم موجود در بافت برگ محلول‌پاشی شده با روی بیش از دو برابر تیمار شاهد بود (شکل ۳-ب). افزایش میزان پتاسیم در تیمارهای محلول‌پاشی روی و سیلیسیم ناشی از نقش عناصر روی و سیلیسیم در فعال سازی پمپ ATPase در گیاه است که باعث افزایش

[1] *Portulaca oleracea*
[2] *Salvia officinalis*
[3] *Matricaria chamomilla*

جذب پتاسیم می‌شود همچنین گزارش شده است که جذب و انتقال پتاسیم نیازمند ATP می‌باشد و باتوجه به اینکه در زمان تنش ATP کاهش می‌یابد غلظت این عنصر در گیاه کاهش پیدا می‌کند (Liang *et al.,* 2007). در یک آزمایش بر روی جو[1] بیان شد که کاربرد ۲۰ و ۳۰ گرم سیلیسیم باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم نسبت به شاهد شده است (Liang *et al.,* 2007). در آزمایشی بر روی بالنگوی شهری افزایش میزان پتاسیم در برگ را در اثر استفاده از روی توسط عسگری و همکاران (۱۳۹۴) گزارش شده‌اند.

بیش‌ترین غلظت روی در برگ بالنگوی‌شهری در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مربوط به تیمار محلول‌پاشی با عنصر روی بود. کم‌ترین غلظت روی در برگ بالنگوی‌شهری مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به‌دست آمد که با مقدار حاصل از محلول‌پاشی سیلیسیم و آبیاری تکمیلی یکسان بود.

محلول‌پاشی سیلیسیم، در مقایسه با شاهد، غلظت روی برگی را در کشت دیم بیش‌تر از گیاهان آبیاری شده افزایش داد (شکل ۳-ج). به‌نظر می‌رسد در این آزمایش باتوجه به فراهمی عنصر روی در تیمار محلول‌پاشی با روی، غلظت این عنصر در برگ‌های بالنگو افزایش یافته است. افزایش محتوی عنصر روی در آفتاب‌گردان با محلول‌پاشی روی توسط نیز گزارش شده است(Torabian *et al.,* 2016). قاسمی و همکاران (۱۳۹۳) افزایش مقدار روی در دانه برنج[2] را در تیمار محلول‌پاشی سیلیسیم گزارش کردند.

محلول‌پاشی سیلیسیم در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم باعث افزایش غلظت سیلیسیم برگ در بالنگوی‌شهری نسبت به تیمارهای کاربرد روی و شاهد شد، البته این افزایش در شرایط آبیاری تکمیلی بیش‌تر از کشت دیم بود. میزان سیلیسیم گزارش شده در محلول‌پاشی روی و شاهد در کشت دیم کم‌تر از سیستم آبیاری تکمیلی بود (شکل ۳-د). افزایش میزان سیلیسیم در این تیمار مربوط به فراهمی این عنصر، و قابلیت دسترسی آسان گیاه به آن می‌باشد. اسدی و همکاران (۱۳۹۳) افزایش معنی‌دار غلظت سیلیسیم را در شاخسار گندم[3] در نتیجه کاربرد سیلیسیم گزارش کردند.

محتوی نسبی آب برگ بالنگوی شهری در سیستم‌های کاشت دیم و آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین محلول‌پاشی عناصر روی و سیلیسیم نیز میزان آب نسبی برگ را تغییر ندادند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد حفظ آب نسبی بافت‌های فتوسنتزی (برگ) در شرایط دیم ، بالنگوی شهری را به عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی مطرح می‌کند. بالا بودن محتوی نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند بخاطر وجود سازوکارهای کاهش دهنده تلفات آب از راه روزنه‌ها و یا به واسطه جذب بیشتر آب از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای باشد (Rigoberto *et al.,* 2004). در آزمایشی که بر روی ریحان

[1] *Hordeum vulgare*
[2] *Oryza sativa*
[3] *Triticum aestivum*

انجام شد گزارش گردید که محلول پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت‌های ۲ و ۴ میلی‌مولار در دورآبیاری ۴ روز تأثیری بر میزان محتوی نسبی آب برگ نداشت. اما کاربرد سیلیکات پتاسیم در دور آبیاری ۷ و ۹ روز باعث افزایش محتوی نسبی آب برگ شد (محمدنیا و همکاران، ۱۳۹۷).

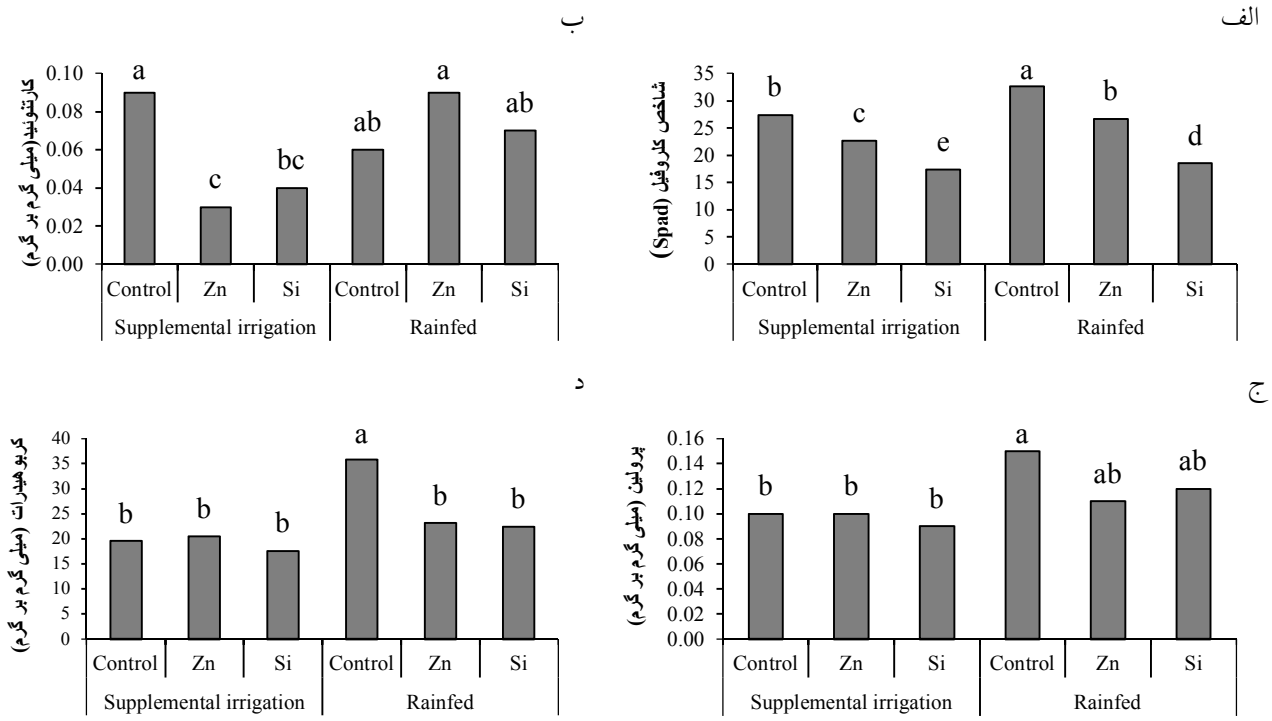
تنش آبی و محلول‌پاشی در این آزمایش اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه بالنگو نداشت و در همه تیمارها سطوح یکسان از وزن هزار دانه مشاهده شد (جدول ۳). وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه دو عامل تعیین کننده در وزن هزار دانه می‌باشد و از آنجا که با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، انتظار می‌رود تفاوت وزن هزار دانه تحت شرایط تنش در مقایسه با حالت‌های غیر تنش تفاوت وجود داشته باشد، اما وزن هزار دانه از جمله فاکتورهایی است که بیشتر تحت تاثیر کنترل ژنتیکی است و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار است و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد.

در تحقیقی که توسط یادگاری و قربانی (۱۳۹۱) بر روی آویشن باغی[1] انجام شد اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد. صداقت و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی که بر روی برنج انجام شد بیان کردند تفاوت معنی‌داری در وزن هزار دانه تیمار محلول‌پاشی سیلیس در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده نشده است. درصد موسیلاژ دانه تحت تاثیر معنی‌دار آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲).

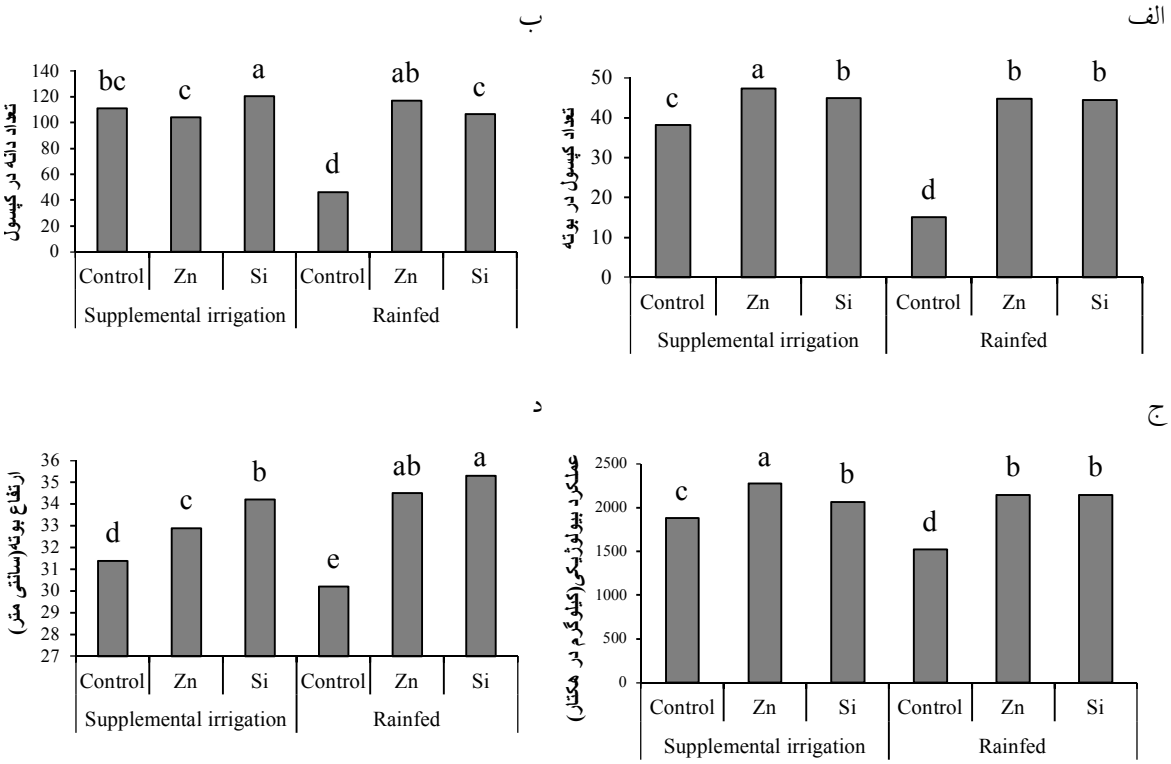
درصد موسیلاژ دانه بالنگوی شهری در شرایط دیم بیش‌تر از آبیاری تکمیلی بود و محلول‌پاشی سیلیسیم درصد موسیلاژ را به مقدار بیش‌تری در مقایسه با شاهد و محلول‌پاشی روی افزایش داد (جدول ۳). مواد مؤثره اگرچه اساسا با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌شود (امیدبیگی ، ۱۳۸۸). دلیل افزایش موسیلاژ در پوسته بذر در شرایط کم‌آبی ناشی از سازگاری‌های اکولوژیکی این گیاه به تنش خشکی در راستای حفظ جنین بذر در شرایط خشکی می‌باشد (عبداللهی و فراهانی، ۱۳۹۴).

بیشترین درصد روغن (۲۳/۹ ٪) در شرایط دیم و کمترین درصد روغن (۲۲/۵ ٪) مربوط به تیمار آبیاری تکمیلی بود. درصد روغن در تیمارهای محلول‌پاشی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشته و در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۳). گزارشات متناقضی از درصد روغن تحت تنش خشکی وجود دارد، طبق نتایج (Goksoy *et al.*, 2004) تنش خشکی اثری بر درصد روغن نداشته در حالی بیشترین عملکرد روغن به‌همراه بیشترین عملکرد دانه بوده است. همچنین گزارش‌هایی نیز در خصوص افزایش درصد روغن در گیاهان تحت تاثیر سطوح مختلف شدت تنش گزارش شده است (یداللهی ده چشمه و همکاران، ۱۳۹۳).

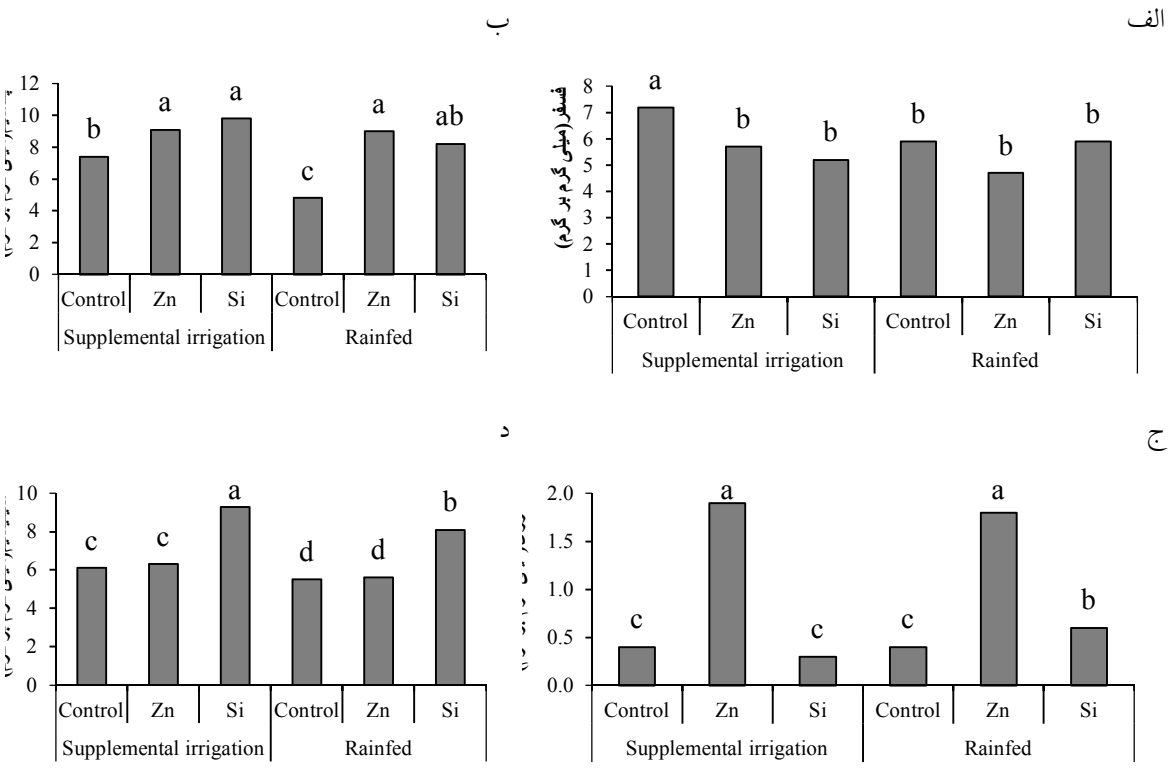
[1] *Thymus vulgaris*



شکل ۱: مقایسه میانگین شاخص کلروفیل (الف)، کارتنوئید برگ (ب)، پرولین برگ (ج) و کربوهیدرات‌های برگ (د) تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. حروف مشابه نشانگر تفاوت غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۲: مقایسه میانگین‌های تعداد کپسول در بوته (الف)، تعداد دانه در کپسول (ب)، عملکرد بیولوژیکی (ج) و ارتفاع ساقه (د) تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی در دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی. حروف مشابه نشانگر تفاوت غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۳: مقایسه میانگین‌های میزان فسفر برگ (الف)، میزان پتاسیم برگ (ب)، میزان روی برگ (ج) و میزان سیلیسیم (د) برگ تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی در دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی. حروف مشابه نشانگر تفاوت غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

درصد روغن دانه از ویژگی‌های ژنتیکی رقم است ولی با توجه به اینکه منشأ تولید روغن از ترکیبات حاصل از فرآیند فتوسنتز است و این فرآیند در شرایط بروز تنش خشکی و در مراحل بحرانی به شدت کاهش می‌یابد، لذا باعث کاهش درصد روغن می شود. فقط زمانی که تنش خشکی در مراحل پایانی درصد دوره رشد باشد درصد روغن کاهش می‌یابد (یداللهی ده چشمه و همکاران، ۱۳۹۳). در تحقیقی بر روی بالنگوی شهری گزارش شد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر درصد روغن نداشت با این حال با افزایش تخلیه رطوبتی درصد روغن دانه افزایش داشت (عبداللهی و فراهانی، ۱۳۹۴)، همچنین عدم تفاوت معنی دار روغن در شرایط تنش توسط صانع (۱۳۹۴) نیز گزارش شده است. عنصر روی در حد کفایت متابولیسم چربی‌ها را افزایش داده است و میزان چربی ذخیره شده در بافت‌های ذخیره‌ای مانند دانه بیشتر می‌شود (Hanif *et al.*, 2017). امیری و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی سیلیکون تأثیری بر درصد روغن گیاه گلرنگ نداشت. طبق گزارشات عبداللهی و فراهانی (۱۳۹۴) درصد روغن توده بومی بالنگوی شهرستان ارومیه به طور ژنتیکی کمتر از سایر گونه‌ها می‌باشد.

تأثیر آبیاری بر عملکرد روغن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، عملکرد روغن

در کشت دیم به میزان جزئی (۱۴۳/۹ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از تیمار آبیاری تکمیلی (۱۳۲/۸ کیلوگرم درهکتار) بود (جدول ۳). عملکرد روغن، تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه است. کاهش عملکرد دانه همزمان با افزایش درصد روغن باعث می‌شود که عملکرد روغن در کشت دیم و آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری نشان ندهند اما عملکرد روغن بالاتر در تیمار محلول‌پاشی روی و سیلیسیم در مقایسه با تیمار شاهد ناشی از بالاتر بودن عملکرد دانه و به تبع آن افزایش عملکرد روغن در این تیمارها می‌باشد (جدول ۳). اسدزاده و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی که بر روی آفتاب‌گردان[1] انجام شد گزارش کردند که محلول‌پاشی روی و سیلیسیم تحت سطوح آبیاری مختلف عملکرد روغن را به لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

نتیجه‌گیری

باتوجه به آهکی بودن اغلب خاک‌های ایران و مشکل جذب عناصر ریزمغذی، محلول‌پاشی عناصر می‌تواند روش کارآمدی در بهبود عملکرد دانه گیاهان زراعی باشد. علاوه بر این با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در مناطق خشک و مواجه بودن با کمبود منابع آب می‌توان از آبیاری تکمیلی به‌عنوان راه‌بردی جهت افزایش عملکرد محصولات زراعی استفاده نمود.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی عناصر روی و سیلیسیم بخصوص در شرایط آبیاری تکمیلی باعث افزایش عملکرد (بیولوژیکی، دانه و روغن) در بالنگوی شهری شده است. بهبود شاخص کلروفیل و کاروتنوئید در بافت‌های گیاهی تیمارهای محلول‌پاشی با روی و سیلیسیم در مقایسه با شاهد و از طرف دیگر آبیاری تکمیلی به عنوان روشی کارآمد در مناطق با بارندگی کم یا توزیع نامناسب بارندگی جهت مقابله با تنش خشکی و ادامه فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه در آخر فصل رشد می‌تواند دلیل افزایش اجزای عملکرد در گیاه بالنگوی شهری باشد. محلول‌پاشی عناصر روی و سیلیسیم، تجمع عناصر فسفر، پتاسیم، روی و سیلیسیم را در کشت دیم و آبیاری بهبود بخشیدند.

منابع

احیایی حمیدرضا، پارسا مهدی، کافی محمد، نصیری محلاتی مهدی. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی متانول و دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران ۱: ۴۸-۳۷.

اسدزاده نرگس، موسوی سید غلامرضا، ثقه الاسلامی محمدجواد. ۱۳۹۶. تأثیر سطوح آبیاری و کودهای نانو و معمولی روی و سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در آفتاب‌گردان. نشریه پژوهش‌های کاربرد زراعی ۳۰: ۱۷-۱.

[1] *Helianthus annuus*

اسدی الاهه، حق‌نیا غلام‌حسین، لکزیان امیر، مفتون منوچهر. ۱۳۹۳. تاثیر مقادیر مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. پژوهش‌های کاربرد زراعی ۲۷: ۱۷۶-۱۶۷.

امیدبیگی رضا. ۱۳۸۴. تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۳۸ صفحه

امیدبیگی رضا. ۱۳۸۸. تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۳۸ صفحه

امیری ایوب، باقری علی‌اکبر، خواجه مجتبی، نجف آبادی پور فض الله، یداللهی پرویز. ۱۳۹۳. تأثیر محلول پاشی سیلیکون بر عملکرد و فعالیت‌های آنتی اکسیدان گلرنگ در شرایط کم آبیاری. مجله پژوهش‌های به زراعی ۴: ۳۷۲-۳۶۱ .

اوزونی دوجی عبدالعظیم، اصفهانی مسعود، سمیع‌زاده لاهیجی حبیب الله، ربیعی محمد. ۱۳۸۶. اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم کلزای گلبرگ دار و بدون گلبرگ. مجله علوم زراعی ایران ۹: ۷۶-۶۰.

براتی محمد، سیروس‌مهر علیرضا ، خاتمی سعیده، موسوی، نجفی راضیه. ۱۳۹۵. بررسی اثرات محلول‌پاشی نانوسیلیکون بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و عملکرد خرفه (*Portulaca oleracea* L.) در شرایط تنش کم‌آبی. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی ۳: ۱۱۷-۱۰۵.

پیرزاد علیرضا، شکیبا محمد رضا، زهتاب سلماسی سعید، محمدی سید ابوالقاسم. ۱۳۹۴. تأثیر تنش آبی بر میزان جذب برخی عناصر غذایی در بابونه آلمانی(*Matricaria chamomilla* L). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۱۰۶: ۷-۱.

جعفرزاده لیلا، امیدی حشمت، بستانی عبدالامیر. ۱۳۹۳. بررسی تنش خشکی و کود زیستس نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی ۲۷: ۱۸۰-۱۹۳.

جلیلیان جلال، خاده عظیمه، پیرزاد علیرضا. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر برخی صفات ماش در سیستم کوددهی شیمیایی و ارگانیک. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۶: ۷۳۲-۷۲۵.

حسینی فریده سادات، ناظمی احمد، پارسا مهدی، حاج محمدنیا قالیباف کمال. ۱۳۹۰. اثرات آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام عدس در شرایط آب و هوایی مشهد (*Lens culinaris* Medik). نشریه آب و خاک ۲۵: ۶۳۳-۶۲۵.

حیدری فاطمه، زهتاب سلماسی سعید، جوانشیر عزیز، آلیاری هوشنگ، دادپور محمدرضا. ۱۳۸۷. تأثیر تراکم بوته بر عملکرد و تولید اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperit* L.). مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی ۱۲: ۵۱۲-۵۰۱.

خوش‌گفتارمنش امیر حسین. ۱۳۹۳. مبانی تغذیه گیاه. چاپ دوم انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۴۶۲ صفحه

رحیمی زینب، کافی محمد، نظامی احمد، خزاعی حمید رضا. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر سطوح شوری و سیلیسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۸: ۴۸۸-۴۸۱.

ریاضی پریا، نجات‌زاده فاطمه، ولیزادگان ابراهیم. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری و تغذیه روی بر رشد و میزان عملکرد اسانس گیاه مریم گلی. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی ۶: ۴۰-۳۵.

زارع ده‌آبادی سعید، اسرار زهرا، مهربانی میترا. ۱۳۸۶. اثر فلز روی بر رشد و برخی شاخصهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه نعناع خوراکی (*Mentha spicata* L.). زیست شناسی ایران ۲۰: ۲۴۱-۲۳۰.

سعادتمند مهشید، انتشاری شکوفه. ۱۳۹۱. اثر طول زمان پیشتیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۲: ۵۶-۴۵.

شعبان‌زاده شمیده، گلوی محمد. ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی و دور آبیاری بر ویژگی های زراعی و عملکرد سیاه دانه. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۴: ۹-۱.

صانع فرزاد. ۱۳۹۴. الگوی کاشت بالنگوی شهری در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه

صداقت نعمت اله، پیردشتی همت اله، فلاح شمسی سید ارحامه، رنجبر عبدالرضا، لیلایی سحر. ۱۳۹۳. اثر محلول ویژگی پاشی عناصر سیلیس، پتاسیم و روی بر برخی های زراعی و خسارت بیماری بلاست و کرم ساقه خوار نواری برنج رقم طارم هاشمی. نشریه حفاظت گیاهان ۲۸: ۵۳۱-۵۲۵.

عابدی باباعربی سودابه، موحدی دهنوی محسن، یدوی علیرضا، ادهمی ابراهیم. ۱۳۹۰. تأثیر محلول پاشی روی و پتاسیم بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی. تولید گیاهان زراعی ۴: ۹۵-۷۵.

عبداللهی مینا، فراهانی سعیده. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد، موسیلاژ و پروتئین دانه در گونه و اکوتیپ های مختلف بالنگو (*Lallemantia spp*) تحت تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۱ : ۶۷۸-۶۷۶.

عسگری لجایر، متشرع‌زاده بابک، ثواقبی فیروزآبادی غلامرضا، هادیان جواد. ۱۳۹۴. تأثیر مس و روی بر ویژگی‌های رشدی، غلظت برخی عناصر معدنی و ظرفیت انتقال عناصر به دمکرده و جوشانده گیاه دارویی بالنگوی شهری کشت شده در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۶ : ۱۶۰-۱۴۵.

فارسی مرضیه، عبداللهی فرزین، صالحی امین، قاسمی شیما. ۱۳۹۶. مطالعه صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزنجوش یک‌ساله در پاسخ به عنصر روی در شرایط تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱: ۵۵۹-۵۷۰.

فرضی منوچهر، علیزاده خشنود، ارشد موسی. ۱۳۹۵. بررسی توده های بزرک سیاه (بالنگوی شهری *Lallemantia iberica*) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۰: ۴۰۱-۴۱۲

فاطمی حمیده، اسماعیل‌پور بهروز، سلطانی طولارود علی اشرف، نعمت الله زاده علی. ۱۳۹۶. تأثیر محلول‌پاشی نانو ذرات سیلیسیم بر شاخص‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گشنیز در شرایط تنش فلز سنگین سرب. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۳: ۸۷۰-۸۵۳.

قاسمی معظم، مبصر حمیدرضا، اسدی منش حسن، قلی‌زاده عبدالطیف. ۱۳۹۳. بررسی اثرات پتاسیم، روی و سیلیسیم برعملکرد و اجزاری عملکردو جذب آن‌ها در دانه برنج. نشریه مدیریت خاک وتولید پایدار ۴: ۲۴-۱.

کرمی سمیه، مدرس ثانوی سید علی محمد، قناتی فائزه، پوردهقان مونا .۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد ارقام سویا در شرایط کمبود آب. دانش کشاورزی و تولید پایدار ۱۳۰-۱۱۷.

محمدنیا رسول، رضایی‌نژاد عبدالحسین، بهرامی‌نژاد صحبت. ۱۳۹۷. تأثیر دور آبیاری و کاربرد سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum* L). مجله علوم زراعی ایران ۴۹: ۴۵-۳۷.

موسی‌پور یحیی‌آبادی حسن، اصغری‌پور محمدرضا. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی و برهمکنش آن با سیلیکون ب سامانه آنتی اکسیدان و میزان پراکسیداسیون لیپیدی رازیانه. فرآیند و کارکرد گیاهی ۵: ۸۵-۷۱.

مقیمی پور زهره، محمودی سروستانی محمد، عالم‌زاده انصاری ناصر، رمضانی زهرا. ۱۳۹۴. بررسی اثر محلول-پاشی نانوکلات روی و سولفات روی بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی ریحان مقدس. مجله تولیدات گیاهی ۳۸: ۵۳-۴۱.

یادگاری مهراب، قربانی فاطمه. ۱۳۹۱. اثر عناصر ریزمغذی آهن و روی بر میزان ترکیبات ثانویه و عملکرد گیاه آویشن باغی. پژوهش‌های به زراعی ۴: ۲۷۷-۲۶۵.

یداللهی ده چشمه پرویز، باقری علی اکبر، امیری ایوب، اسمعیل زاده بهابادی صدیقه. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی و محلول پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در آفتاب‌گردان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲۱: ۸۲-۷۳.

یعقوبیان یاسر، پیردشتی همت اله، محمدی گل تپه ابراهیم، فیضی اصل ولی، اسفندیاری عزت اله. ۱۳۹۱. ارزیابی واکنش گندم دیم (*Triticum aestivum*) رقم آذر۲ به همزیستی با قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار و شبه میکوریزا در سطوح مختلف تنش خشکی. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۴: ۷۳-۶۳.

Centritto A, Oreto R. 2005. Photosynthesis in a changing world: Photosynthesis and abiotic stress. Agricultures, Ecosystems and Environment 106: 115-117

Chapman, H. D and P. F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils plants and waters. University of California Division of Agricultural Science. Scientific Publisher, California.

Devau N, Le Cadre E, Hinsinger P, Jaillard B, Gérard F. 2009. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus: Experimental and mechanistic modeling approaches. Applied Geochemistry 24: 2163-2174

Goksoy AT, Demir AO, Turan ZM, Dagustu N. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L) full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research 87:167-178

Farooq M, Wahid A. Kobayashi N, Fujita D, Basra SM A. 2009. Plant drought stress effevts mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212

Hanif MA, Nawaz H, Ayub MA, Tabassum N, Kanwal N, Rashid N, Saleem M, Ahmad M. 2017. Evaluation of the effects of zinc on the chemical composition and biological activity of basil essential oil by using Raman spectroscopy. Industrial Crops and Products 96: 91-10.

Iririgoyen JJ, Emerich DW, Sanches DM. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84: 55-60

Kalyanasundaram NK, Patel PB, Dalal KC. 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* Forsk. in relation to the available nitrogen in soil. Indian Journal of Agriculture Science 52: 240-242

Karla YP. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press, New York, 300pp

Koyro H W. 2007. Effect of Salinity on Growth, Photosynthesis, Water relations and solute composition of the potential. Environmental and Experimental Botany 56: 136-146

Liang Y, Chen Q, Liu Q, Zhang W, Ding R. 2007. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt stressed barely (Hordeum vulgar L.). Journal of Plant Physiology 160: 1157-1164

Li P, Song A, L, Fa, F, Liang Y. 2012. Silicon ameliorates manganese toxicity by regulating manganese transport and antioxidant reactions in rice (Oryza sativa L.). Plant Soil 354: 407-419

Ma X.L, Wang YJ, Xie SL, Wang C, Wang W. 2007. Glycinebetaine application ameliorates negative effects of drought stress in tobacco. Russian Journal of Plant Physiology 54: 472–479

Misra A, Sirvastava AK, Sirvastava NK, Khan A. 2005. Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments and biochemical changes in essential monoterpene oil(s) of Pelargonium graveolens. Photosynthetica 43: 153-155

Paquin R, Lechasseur P. 1997. Observationssur une method de dosage de la proline libra dans lrs extrain de plants. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854

Ravi S, Channal HT, Hebsur NS, Patil BN, Dharmatti PR. 2008. Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of Pepper mint. Karnataka Journal of Agricultural Science 32: 382-385

Rigoberto RS, Josue KS, Jorge Alberto AG, Carlos TL, Joaquýn OC, Kelly JD. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Research 85: 203-211

Ritchie SW, Nguyen HT. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111

Torabian S, Zahedi M, Khoshgoftar Maneesh AH. 2016. Effects of foliar spray of two kinds of zinc oxide on the growth and ion concentration of sunflower cultivars under salt stress. Journal of Plant Nutrition 39: 172-180

DOI: 10.22092/idaj.2019.123944.240

Evaluation of zinc and silicon micronutrients spraying on the agronomic, physiological and biochemical characteristic of Lallemantia iberica under rainfed and supplemental irrigation

Diba Sheykhi Sanandaji[1], Alireza Pirzad[2*]

1-MSc. Graduate of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2-Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

In order to investigate the effect of zinc and silicon spraying on some of the quantitative and qualitative traits of Lallemantia iberica (Urmia Landrace), a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted at Research Farm of Urmia University in 2016-2017. The two rainfed and supplementary irrigation systems were considered as the main plots, and the spraying of zinc, silicon and untreated control as the sub-plots. The main effects of environment, spraying and their interaction were significant on the most of the studied traits. The highest amounts of chlorophyll, carotenoids, potassium and zinc were obtained from zinc application. The highest amount of soluble carbohydrates, phosphorus, and silicon was observed in silicon spraying. There were no significant differences, in term of leaf relative water content, between Zn or Si treatments in both stress conditions. The highest percentage of seed mucilage belonged to Si spraying of rainfed plants. The highest seed oil content were occurred at Zn spraying (23.7%), and however obtained from rainfed (23.9%) plants. The amounts of grain yield of Lallemantia iberica (Urmia Landrace) either in rainfed conditions or supplemental irrigation was for zinc application (613.3 and 688.3 kg ha-1, respectively) and silicon spraying (657.3 and 668.7 kg ha-1, respectively) more than untreated control plants.

Keywords: Lallemantia iberica, physiological characteristics, biochemical, mucilage, seed oil

* *Corresponding author: a.pirzad@urmia.ac.ir* *Received: 2018/10/29 Accepted: 2019/08/18*