



نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۹۳
۱۶۱-۱۴۵
<http://ejcp.gau.ac.ir>



اثر عناصر ریزمغذی و کاربرد کود زیستی فسفات بر برخی از صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، عملکرد و اسانس گیاه سرخارگل تحت شرایط کمبود آب

مریم فرزانیان^{۱*} و مهرداد یارنیا^۲

^۱ به ترتیب دکترای تخصصی زراعت- فیزیولوژی گیاهان زراعی و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده

کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۸

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای ریزمغذی و کود زیستی فسفات بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، عملکرد و اسانس گیاه سرخارگل تحت شرایط کمبود آب، آزمایشی به صورت اسپلینت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم آبی به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح (A₁: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، A₂: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و A₃: آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر)، فاکتور فرعی شامل مصرف عناصر ریزمغذی در ۳ سطح (B₁: عدم مصرف، B₂: مصرف سولفات روی، B₃: سولفات آهن) و کود زیستی فسفات در دو سطح (C₁: عدم مصرف و C₂: مصرف) بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس سرخارگل با محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک با ۲۰/۱۹ لیتر در هکتار به دست آمد. مصرف کود زیستی فسفات در شرایط متفاوت آبیاری عملکرد اسانس را افزایش داد به طوری که این افزایش در شرایط آبیاری کامل ۱۵/۱ درصد، در آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک ۱۶/۵۷ درصد و در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک ۱۴/۶۴ درصد بود. بیشترین محتوای اسانس در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و با محلول‌پاشی سولفات روی و آهن به ترتیب با ۰/۷۸۲۲ و ۰/۷۷۷۵ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، سرخارگل، عملکرد اسانس، کودهای ریزمغذی، کود زیستی فسفات.

* نویسنده مسئول: m.farzaniyan@gmail.com

مقدمه

سرخارگل (*Purple coneflower*) با نام علمی *Echinaceae purpurea* (L.) Monch گیاهی علفی و چندساله است. این گیاه متعلق به تیره Asteraceae بوده و منشأ آن شمال آمریکا گزارش شده است (چوالیر، ۱۹۹۶). از مهم‌ترین خواص این گیاه افزایش قدرت سیستم ایمنی بدن در مقابل عوامل بیماری‌زا می‌باشد که سبب گردیده این گیاه به عنوان یک داروی مؤثر در پیشگیری و درمان بسیاری از امراض همچون سرماخوردگی، آنفولانزا و عفونت‌ها مورد استفاده قرار گیرد (لی، ۱۹۹۸). تمام پیکره این گیاه دارویی اعم از ریشه و اندام رویشی حاوی مواد مؤثره ارزشمندی از قبیل ترکیبات آلکیل آمیدی مانند ایزوبوتیل آمید، متیل بوتیل آمید، اسید شیکوریک، ترکیبات پلی ساکاریدی مانند اکیناسئین، اکیناکوزید و اکینولون و نیز حاوی اسانس است. مهم‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس را هومولن، کاریوفیلن و اکسید کاریوفیلن تشکیل می‌دهد (گرینوال و همکاران، ۱۹۹۹).

فراهم نمودن حاصلخیزی مناسب خاک با استفاده متعادل از کودهای شیمیایی و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت حصول حداکثر عملکرد و کیفیت مطلوب محصولات دارویی و حداقل نمودن اثرات مضر آن‌ها بر محیط زیست می‌باشد (چادوری و ساروار، ۱۹۹۹). گلین (۲۰۰۲) در طی تحقیقی مشخص نمود که سطوح متفاوتی از ریزمغذی‌ها بر وزن خشک ترخون تأثیر گذاشته است. حیدری و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی مشاهده کردند که در نعنای فلفلی، محلول‌پاشی با عناصر ریز مغذی بیشترین عملکرد خشک و عملکرد اسانس را در واحد سطح تولید نمود. در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشم‌گیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به‌شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیزم مفید خاک‌زی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات هستند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به‌کار می‌روند (صالح راستین، ۲۰۰۱). فاتما و همکاران (۲۰۰۶) در یک آزمایش گلخانه‌ای در مصر بر گیاه مرزنجوش (*Majorana hortensis*) نشان دادند که کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات روی شاخص‌های رشدی و میزان اسانس اثرات قابل توجهی دارد.

علاوه بر این، عوامل محدود کننده محیطی از جمله تنش‌ها نیز می‌توانند تأثیر نامطلوبی بر رشد و تولید آن داشته باشند. خشکی یکی از مهم‌ترین بازدارنده‌های تولید گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا به‌شمار می‌رود (ردی و همکاران، ۲۰۰۴). در تحقیقات انجام گرفته توسط سریوالی و همکاران (۲۰۰۱) تنش خشکی موجب افزایش عملکرد ریشه و کاهش عملکرد برگ گیاه دارویی پروانش (*Vinca minor* L.) گردید. شوپرا و همکاران (۲۰۰۴) از بررسی بر روی گیاه همیشه بهار دریافتند که ارتفاع و تعداد گل در گیاه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت. افزایش تنش باعث افزایش پرولین و کاهش توان بالقوه آبی و آب نسبی برگ‌ها در مرزه (*Satureia hortensis* L.) می‌شود (باهرینیک، ۲۰۰۴).

سرخارگل به عنوان گیاه دارویی جدید در ایران مطرح می‌باشد و تحقیقات اندکی روی این گیاه انجام شده و زمینه‌های مختلف زراعی و به زراعی آن قابل بررسی است. بنابراین، هدف از این آزمایش بررسی اثر عناصر ریزمغذی و کودهای بیولوژیک در شرایط تنش کمبود آب بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و تولید اسانس سرخارگل بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف ارزیابی تأثیر تیمارهای کودی روی گیاه دارویی سرخارگل تحت تأثیر تنش کمبود آب در گلخانه تحقیقاتی دانشکده ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در سال ۱۳۹۰ به‌صورت اسپلینت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. در این آزمایش تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی در ۳ سطح: A₁: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، A₂: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و A₃: آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عناصر ریزمغذی در ۳ سطح: B₁: عدم مصرف (شاهد)، B₂: عنصر ریزمغذی از منبع سولفات روی و B₃: سولفات آهن و کود زیستی فسفات (فسفات بارور ۲) در ۲ سطح: C₁: عدم مصرف و C₂: مصرف کود زیستی فسفات به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. عناصر ریزمغذی یک بار با غلظت ۵ در هزار در مرحله ۸ برگی گیاه محلول‌پاشی شدند و کود زیستی فسفات نیز به صورت سرک قبل از گلدهی در تیمارهای مورد نظر استفاده شد، به این ترتیب که محتوای یک بسته ۱۰۰ گرمی از کود زیستی بارور ۲ را در یک بشکه آب به میزان ۱۰۰ لیتر آب حل کرده و در مسیر آب آبیاری قرار داده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

مریم فرزانیان و مهرداد یارنیا

تعیین شد که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است. کودهای پایه نیتروژنه و پتاسه مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه های بخش تحقیقات آب و خاک انجام شد بدین ترتیب که کود اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد که ۵۰ درصد اوره در زمان کاشت و ۵۰ درصد بقیه در شروع گلدهی به خاک اضافه شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

عمق (سانتی متر)	هدایت الکتریکی (میکرومول بر سانتی متر)	اسیدیته	درصد کربن آلی	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	بافت خاک
۰-۳۰	۱/۹۱	۷/۹۳	۰/۹۲	۰/۰۹۷	۱۸/۵	۴۹۰	۰/۹۶	۲/۲۸	لوم شنی

ابعاد کرت ها ۱/۵ × ۲ متر مربع که در هر کرت ۳ ردیف کاشت به صورت جوی پشته ای به فاصله ۴۵ سانتی متر و فاصله کرت های فرعی از همدیگر یک خط نکاشت و فاصله کرت های اصلی ۱/۵ متر و فاصله تکرارهای آزمایشی نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. پس از آماده سازی بستر کاشت در گلخانه در اسفند ماه، بذور سرخارگل در ردیف هایی به فاصله ۱۰ سانتی متر و عمق ۲ تا ۳ سانتی متر با دست کشت شدند. با آبیاری منظم در هر روز و وجین علف های هرز در خزانه، بذرها پس از ۱۵ روز به تدریج سبز شدند. نشاءها در مرحله ۵-۴ برگی در ردیف هایی به فاصله ۴۵ سانتی متر و فاصله دو بوته در طول ردیف ۲۵ سانتی متر و در شرایط کاملاً یکسان از نظر ویژگی های خاک به زمین اصلی منتقل شد. آبیاری مزرعه تا مرحله گلدهی گیاه به طور متوسط هر هفته یکبار انجام شد و بعد از گلدهی تنش کم آبی بر اساس میزان تبخیر از تشتک کلاس A اعمال گردید. اندازه گیری صفات مورد نظر در مرحله گلدهی کامل انجام شد. به منظور از بین بردن اثرات حاشیه ای دو ردیف حاشیه در نظر گرفته شده و همچنین دو بوته از ابتدا و انتهای هر کدام از ردیف های باقیمانده حذف گردید. در مرحله گل دهی کامل ۶ بوته از هر کرت انتخاب شده و اندام رویشی آنها از فاصله ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری از سطح زمین برداشت و ارتفاع و تعداد شاخه گل دهنده اندازه گیری شد. میزان پرولین نیز با استفاده از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) اندازه گیری و تعیین گردید. پس از اندازه گیری وزن، بوته ها در محلی سایه، دارای تهویه مناسب و دمای ۲۵ درجه سلسیوس منتقل و خشک شده و مجدداً توزین شده و

نشریه تولید گیاهان زراعی، جلد هفتم (۳)، ۱۳۹۳

عملکرد خشک اندام هوایی محاسبه گردید. استخراج اسانس نمونه‌ها به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت و در شرایط کاملاً یکسان برای تمام تیمارها انجام شد و پس از تعیین مقدار وزنی اسانس‌ها، درصد وزنی اسانس هر نمونه مشخص شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه آماری Mstat-C و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج

ارتفاع بوته: نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌ی واریانس ساده داده‌ها، نشان داد که تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و کاربرد فسفات‌ها بر روی صفت ارتفاع بوته سرخارگل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، عناصر ریزمغذی و کود زیستی فسفات‌ها بر برخی از خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه سرخارگل

میانگین مربعات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه گل دهنده	میانگین مربعات		محتوای اسانس
				عملکرد خشک بوته	عملکرد اسانس	
تکرار	۲	۱۱۳/۸۶۱ ^{ns}	۳/۳۳۳*	۰/۰۲۴ ^{ns}	۱۵۰۰/۶۴۵ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
تنش خشکی	۲	۴۶۵۳/۸۹۲**	۱۳۷/۳۴۴**	۵۶۸/۳۳۷**	۱۷۳۶۲۶/۰۷۰**	۱/۵۸۵**
خطا	۴	۴۸/۰۰۴	۰/۲۹۷	۰/۲۰۶	۳۱۸۲/۴۰۵	۰/۰۰۴
عناصر ریزمغذی	۲	۵۱۱/۷۱۹**	۴۰/۲۷۰**	۲۷/۷۵۰**	۴۱۸۹۷/۰۲۹**	۰/۰۵۰**
تنش × ریزمغذی	۴	۵/۷۶۶ ^{ns}	۱/۹۵۰**	۶/۳۵۲**	۱۲۵۵/۰۳۶*	۰/۰۰۶**
کود زیستی فسفات‌ها	۱	۴۶۴/۲۱۵**	۱۴۱/۸۷۸**	۰/۷۱۶ ^{ns}	۳۰۱۳۷/۴۴۰**	۰/۰۲۸ ^{ns}
تنش × کود زیستی	۲	۱/۵۲۹ ^{ns}	۵/۵۵۷**	۰/۱۰۷ ^{ns}	۷۴/۳۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}
ریزمغذی × کود زیستی	۲	۲/۶۵۰ ^{ns}	۰/۲۸۶ ^{ns}	۰/۰۱۷ ^{ns}	۶/۷۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
تنش × ریزمغذی × کود زیستی	۴	۱/۷۳۰ ^{ns}	۰/۲۷۸ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۴۱/۰۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
خطا	۴۵	۱۰/۷۲۷	۰/۳۱۲	۰/۱۱۱	۴۸۰/۰۸۲	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۳/۹۲	۷/۱۵	۶/۷۱	۷/۶۳	۷/۸۲

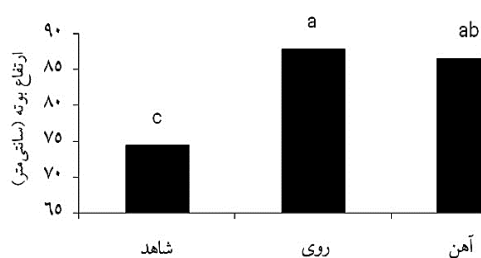
ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ است.

مقایسه میانگین بین سطوح مختلف تنش آبی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با ۹۴/۸۴ سانتی متر در شرایط آبیاری به دست آمد و کمترین ارتفاع با ۷۰/۱۶ سانتی متر به شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی متر آب از تشتک مربوط بود. کاهش ارتفاع بوته در شرایط اعمال آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک نسبت به شاهد به ترتیب برابر با ۹/۹۵ و ۲۶/۰۲ درصد بود، این کاهش به ازای هر واحد تاخیر در آبیاری معادل ۱۲/۳۴ واحد بود (شکل ۱). مقایسه میانگین کاربرد عناصر ریزمغذی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته به محلول پاشی سولفات روی با ۸۷/۷۷ سانتی متر مربوط بود که اختلاف معنی داری را با محلول پاشی سولفات آهن با ۸۶/۵۲ سانتی متر نداشت و کمترین ارتفاع مربوط به عدم محلول پاشی عناصر ریزمغذی با ۷۴/۳ سانتی متر مربوط بود (شکل ۲). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی فسفات به اختلاف معنی داری را نشان داد به طوری که کاربرد کود زیستی فسفات با ۸۶/۳ سانتی متر بیشترین و عدم کاربرد کود زیستی فسفات با ۸۱/۶۷ سانتی متر کمترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۳). کاربرد کود زیستی فسفات معادل با ۵/۶۷ درصدی نسبت به عدم مصرف آن نشان داد.

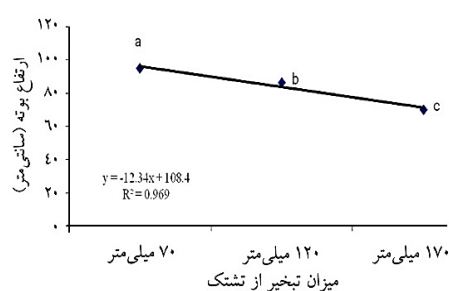
جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر کود زیستی فسفات بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی سرخارگل

کود زیستی فسفات	عملکرد خشک بوته (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)
عدم مصرف	۲۳۵/۰۷ b	۸۱/۶۷ b
مصرف	۲۷۳/۱۰ a	۸۶/۳۰ a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در بین میانگین‌هاست.



شکل ۲- اثر انواع عناصر ریزمغذی بر ارتفاع بوته سرخارگل میانگین‌هایی با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی داری با هم ندارند.

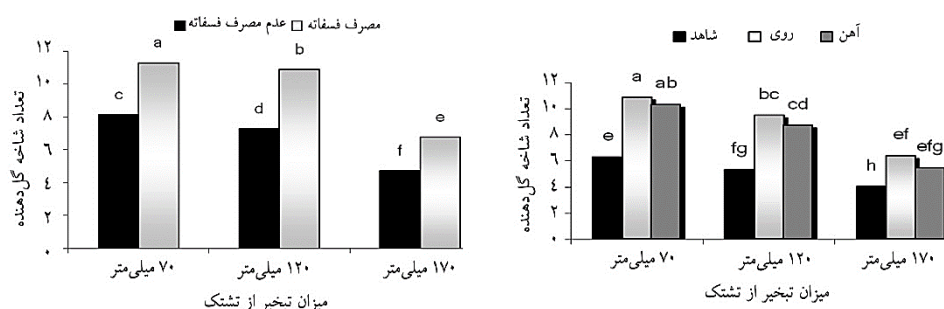


شکل ۱- اثر سطوح تنش خشکی بر ارتفاع بوته سرخارگل میانگین‌هایی با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی داری با هم ندارند.

تعداد شاخه گل دهنده: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس ساده‌ی داده‌ها، نشان داد که تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و کاربرد کود زیستی فسفات‌ها بر تعداد شاخه گل‌دهنده سرخارگل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و نیز اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد کود زیستی فسفات‌ها نیز بر روی صفت قطر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح مختلف تنش و کاربرد کود ریزمغذی به ایجاد اختلاف معنی‌دار در تعداد شاخه گل‌دهنده منجر گردید، به طوری که بیشترین تعداد شاخه گل‌دهنده با ۱۰/۹ و ۱۰/۳۷ شاخه به ترتیب با محلول‌پاشی کود سولفات روی و سولفات آهن در شرایط آبیاری کامل به دست آمد و کمترین تعداد شاخه گل‌دهنده با ۴/۰۵ شاخه به تیمار عدم مصرف عناصر ریزمغذی در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک مربوط بود (شکل ۳). محلول‌پاشی سولفات روی و سولفات آهن به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه گل‌دهنده در شرایط آبیاری کامل و آبیاری پس از تبخیر ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک نسبت به عدم مصرف آن‌ها شد این افزایش به ترتیب ۵۰/۲۷۴ و ۴۷/۳۷ درصد بود. افزایش شدت تنش به ۱۷۰ میلی‌متر اثر افزایشی معنی‌دار عناصر ریزمغذی را از بین برد و در این شرایط تنها سولفات روی افزایش ۱/۳۳ درصدی در تعداد شاخه گل‌دهنده نشان داد. مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح مختلف تنش و کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی فسفات‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به طوری که کاربرد کود زیستی فسفات‌ها در شرایط آبیاری کامل با ۱۱/۲۹ شاخه بیشترین و عدم کاربرد کود زیستی فسفات‌ها در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۴/۷۲ شاخه کمترین تعداد شاخه گل‌دهنده را داشتند (شکل ۴). مصرف بارور ۲، در شرایط متفاوت آبیاری تعداد شاخه گل‌دهنده را افزایش داد. این افزایش در آبیاری کامل ۳۹/۲۶ درصد، در ۱۲۰ میلی‌متر ۴۰/۹۶ درصد و در ۱۷۰ میلی‌متر ۳۲/۶۳ درصد بود. بر این اساس فسفات در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک اثر شدیدتری داشت.

میزان پرولین: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و نیز اثر متقابل تنش در محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر میزان پرولین سرخارگل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح مختلف تنش و کاربرد کود ریزمغذی به ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان پرولین منجر گردید، به طوری که محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۱۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر

بیشترین و عدم کاربرد عناصر ریزمغذی در شرایط آبیاری کامل با ۰/۰۷۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کمترین میزان پرولین را به خود اختصاص داد (شکل ۵). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی سولفات روی و سولفات آهن به افزایش معنی‌دار میزان پرولین در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک منجر گردید، به طوری که این افزایش نسبت به عدم مصرف آنها به ترتیب معادل ۹۱/۰۳ و ۷۵/۹۲ درصد بود.



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیکی

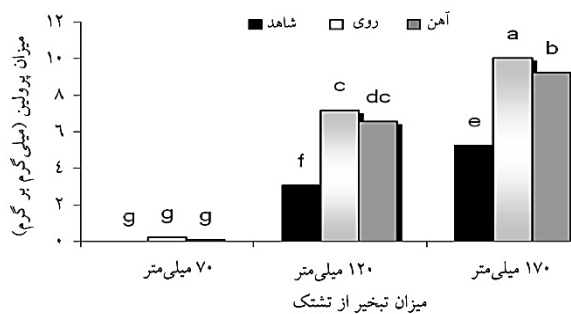
فسفات بر تعداد شاخه گل دهنده سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی و انواع عناصر

ریزمغذی بر تعداد شاخه گل دهنده سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

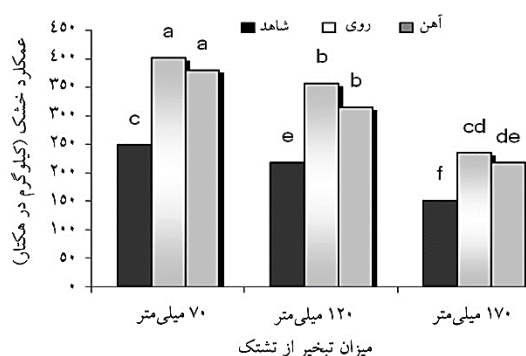


شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی و انواع ریزمغذی‌ها بر میزان پرولین سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

عملکرد خشک اندام هوایی: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس ساده‌ی داده‌ها، نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی در عناصر ریزمغذی بر عملکرد خشک اندام هوایی سرخارگل در سطح ۵ درصد و تأثیر کود زیستی فسفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح تنش و عناصر ریزمغذی اختلاف معنی‌داری را نشان داد به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک به محلول پاشی سولفات روی و سولفات آهن در شرایط آبیاری کامل به ترتیب با ۴۰۲/۴ و ۳۸۱/۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک به عدم محلول پاشی عناصر ریزمغذی در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک با ۱۵۲/۲ کیلوگرم در هکتار مربوط بود (شکل ۶). کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط عدم مصرف ریزمغذی‌ها با آبیاری پس از تبخیر ۱۲۰ و ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک نسبت به شاهد ۱۹/۹۱ و ۴۰/۱ درصد بود. محلول پاشی سولفات روی و سولفات آهن در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۲۹/۲۸ و ۱۸/۴۶ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک اثر افزایشی معنی‌دار عناصر ریزمغذی را از بین برد و در این شرایط مصرف این عناصر نتوانست از افت عملکرد بیولوژیک نسبت به شرایط شاهد ممانعت کند.

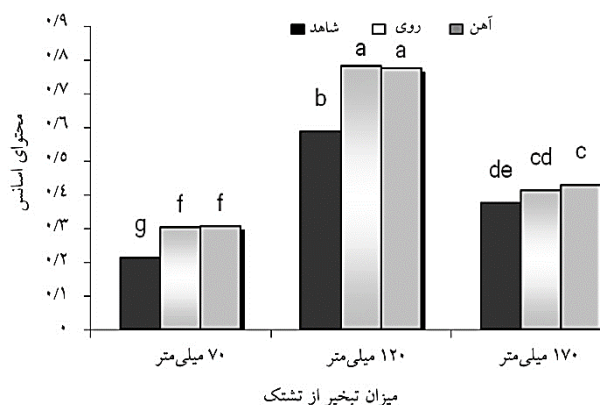
مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی فسفات اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به طوری که کاربرد کود زیستی فسفات با ۲۷۳/۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و عدم کاربرد کود زیستی فسفات با ۲۳۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد خشک را داشتند (جدول ۳). کاربرد کود زیستی فسفات نسبت به عدم کاربرد آن افزایشی را معادل ۱۶/۱۸ درصد ایجاد کرد.



شکل ۶- اثر متقابل تنش خشکی و انواع ریزمغذی‌ها بر عملکرد خشک سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

محتوای اسانس: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تنش خشکی، محلول پاشی عناصر ریزمغذی و اثر متقابل تنش خشکی در محلول پاشی عناصر ریز مغذی بر محتوای اسانس سرخارگل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح مختلف تنش و کاربرد کود ریزمغذی به ایجاد اختلاف معنی دار در محتوای اسانس منجر گردید، به طوری که محلول پاشی کود سولفات روی و سولفات آهن در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشنگ به ترتیب با ۰/۷۸۲۲ و ۰/۷۷۷۵ بیشترین و عدم کاربرد عناصر ریزمغذی در شرایط آبیاری کامل با ۰/۲۱۵۷ کمترین محتوای اسانس را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). محلول پاشی عناصر ریزمغذی سولفات روی و سولفات آهن به افزایش معنی دار محتوای اسانس در شرایط آبیاری کامل، آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشنگ نسبت به عدم مصرف آن ها شد. این افزایش در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشنگ به ترتیب برابر با ۳۲/۶۴ و ۳۱/۸۵ درصد بود.

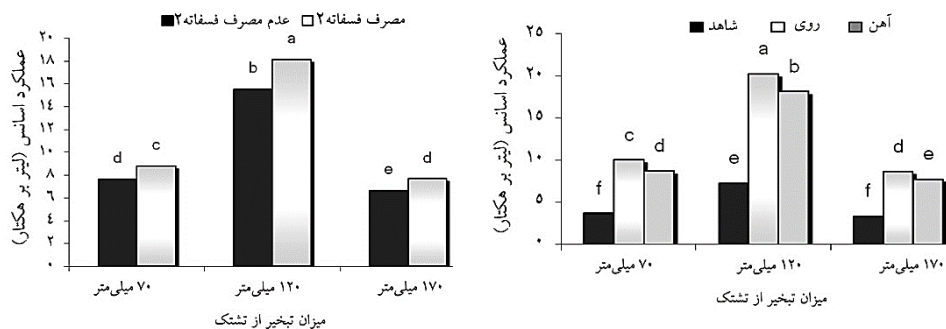


شکل ۷- اثر متقابل تنش خشکی و انواع عناصر ریزمغذی بر محتوای اسانس سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند.

عملکرد اسانس: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که تأثیر تنش خشکی، محلول پاشی عناصر ریزمغذی و کاربرد کود زیستی فسفات به عملکرد اسانس اندام هوایی سرخارگل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. اثر متقابل تنش خشکی در محلول پاشی عناصر ریزمغذی، اثر متقابل تنش خشکی در کود زیستی فسفات و نیز اثر متقابل محلول پاشی عناصر ریزمغذی در کود زیستی فسفات بر روی این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل

بین سطوح مختلف تنش و کاربرد کود ریزمغذی به ایجاد اختلاف معنی دار در عملکرد اسانس سرخارگل منجر گردید، به طوری که محلول پاشی کود سولفات روی در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک با ۲۰/۱۹ لیتر در هکتار بیشترین و عدم کاربرد عناصر ریزمغذی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی متر از تشتک و عدم کاربرد عناصر ریزمغذی در شرایط آبیاری کامل به ترتیب با ۳/۳۵۷ و ۳/۷۲۲ لیتر در هکتار کمترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص دادند (شکل ۸). افزایش عملکرد اسانس در شرایط عدم مصرف ریزمغذی‌ها با آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک ۹۵/۴۶ درصد بود و کاهش عملکرد اسانس با آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک نسبت به شاهد برابر با ۹/۸۱ درصد شد. محلول پاشی عناصر ریزمغذی سولفات روی و سولفات آهن به افزایش معنی دار عملکرد اسانس در شرایط آبیاری کامل، آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک نسبت به عدم مصرف آن‌ها شد. مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح مختلف تنش و کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی فسفات معنی داری را نشان داد، به طوری که کاربرد کود زیستی فسفات در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک با ۱۸/۱۵ لیتر در هکتار بیشترین و عدم کاربرد کود زیستی فسفات در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک با ۶/۷ لیتر در هکتار کمترین عملکرد اسانس را داشتند (شکل ۹). مصرف کود زیستی فسفات در شرایط متفاوت آبیاری عملکرد اسانس را افزایش داد. این افزایش در آبیاری کامل ۱۵/۱ درصد، در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۱۶/۵۷ درصد و ۱۴/۶۴ درصد بود. بر این اساس فسفات در شرایط آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک اثر شدیدتری داشته است. مقایسه میانگین اثر متقابل بین عناصر ریزمغذی و کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی فسفات معنی داری را نشان داد، به طوری که محلول پاشی سولفات آهن همراه با کاربرد فسفات بارور ۲ با ۱۴/۰۹ لیتر در هکتار بیشترین و شاهد با ۳/۹۴۶ لیتر در هکتار کمترین عملکرد اسانس را داشتند (شکل ۱۰). مصرف فسفات نسبت به عدم مصرف آن در کلیه سطوح مصرف عناصر ریزمغذی به افزایش معنی دار عملکرد اسانس منجر شد. با این حال، بیشترین اثر افزایشی بر عملکرد اسانس از مصرف توأم کود زیستی فسفات و سولفات روی به دست آمد.



شکل ۸- اثر متقابل تنش خشکی و انواع عناصر

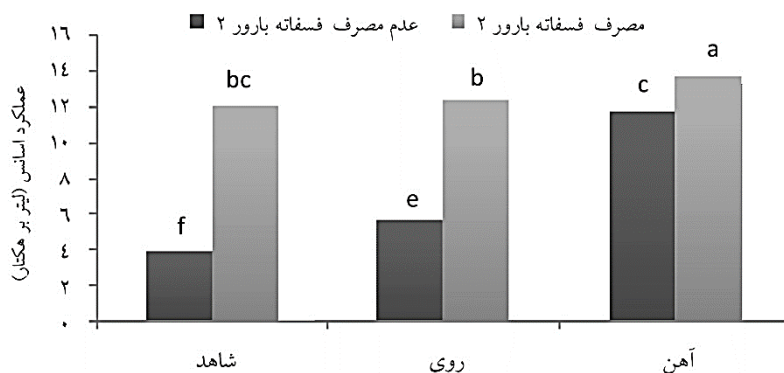
ریزمغذی بر عملکرد اسانس سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

شکل ۹- اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی فسفات

بر عملکرد اسانس سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.



شکل ۱۰- اثر متقابل انواع عناصر ریز مغذی و کود زیستی فسفات بر عملکرد اسانس سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

بحث

مقایسه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج منتشر شده در منابع نشان می‌دهد که مصرف عناصر ریزمغذی تأثیر مثبتی بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد خشک بوته، عملکرد اسانس و محتوای اسانس سرخارگل دارد. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (ایوانس، ۱۹۹۶)، لذا با توجه به تأثیر مثبت عناصر ریزمغذی بر افزایش شاخص کلروفیل این عناصر می‌توانند نقش مهمی در افزایش اسانس

گیاهان دارویی داشته باشند. در تحقیقی مشاهده شد که در نعنای فلفلی محلول پاشی با عناصر ریزمغذی بیشترین عملکرد اسانس را در واحد سطح تولید می‌کند (حیدری و همکاران، ۲۰۰۸). در طی تحقیقی مشخص شد که سطوح متفاوتی از ریزمغذی‌ها روی وزن خشک گیاه ترخون اثر داشته است (گلین، ۲۰۰۲). افزایش عملکرد ماده خشک با مصرف کود ریزمغذی علت‌های مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش بیوستز اکسین در حضور عنصر روی اشاره نمود (شرفی و همکاران، ۲۰۰۲). سولفات روی با افزایش متابولیسم و تولید کربوهیدرات‌ها و سولفات آهن با تولید کلروفیل و افزایش فتوسنتز با افزایش فعالیت‌های آنزیمی گیاه، در افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهی نقش دارند (ملکوتی، ۲۰۰۰). از آنجایی که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه است، بنابراین افزایش عملکرد بیولوژیک سرخارگل در نهایت به افزایش عملکرد اسانس منجر شده است. میرشکاری و همکاران (۲۰۰۹) در زیره سبز و حیدری و همکاران (۲۰۰۸) در نعنای فلفلی افزایش عملکرد اسانس را بر اثر کاربرد عناصر ریزمغذی گزارش کردند.

نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال تنش خشکی شدید باعث کاهش صفات مورفولوژیکی، عملکرد خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس و افزایش میزان پرولین در اندام هوایی گیاه شد. وقوع تنش سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و توسعه رویشی در گیاه می‌شود (حسنی و امیدبیگی، ۲۰۰۲). کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی احتمالاً به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد. تحقیقات انجام گرفته توسط سریوالی و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که تنش خشکی موجب افزایش عملکرد ریشه و کاهش عملکرد برگ گیاه دارویی پروانش گردید. افزایش تنش باعث افزایش پرولین و کاهش توان بالقوه آبی برگ‌ها و آب نسبی برگ‌ها در مرزه می‌شود (باهرینیک، ۲۰۰۴). در شرایط تنش خشکی، گیاهان رشد خود را متوقف می‌سازند و تجمع مواد محلول را در سلول‌ها به منظور دسترسی بیشتر به آب افزایش می‌دهند. این امر تنظیم اسمزی نامیده می‌شود (پاتاکاس و همکاران، ۲۰۰۲). نقش مشخص پرولین تنظیم فشار اسمزی است و از اکسیداسیون درونی سلول‌ها در شرایط تنش جلوگیری می‌کند، به همین دلیل، پرولین در گیاهانی که تحت تنش‌های سخت قرار می‌گیرند تجمع می‌یابد. این نتیجه با نتایج بایر (۲۰۰۷) در یک راستا قرار دارد.

نتایج نشان داد که همیشه همراه با بالا رفتن میزان تنش، محتوای اسانس افزایش نمی‌یابد. چرا که در تنش‌های بالا گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم‌کننده‌های اسمزی می‌کند که بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از کاهش عملکرد کل یا دانه جبران می‌کند (مونز، ۱۹۹۳). با توجه به نتایج حاصل کاربرد کود زیستی فسفات تأثیر مثبتی روی صفات مورفولوژیکی، عملکرد خشک بوته و عملکرد اسانس سرخارگل داشت. فسفر به عنوان یکی از عناصر اصلی در ساختار فتوسنتزی گیاه نقش دارد (خلوتی و همکاران، ۲۰۰۵). اموجویگب و همکاران (۲۰۰۷) در طی آزمایش‌های خود مشاهده کردند که تلفیق کودهای شیمیایی و بیولوژیک موجب تولید حداکثر عملکرد، وزن خشک، شاخص سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ‌های ذرت شد. بالا بودن عملکرد اسانس به ساختار فتوسنتز و دوام فتوسنتزی گیاه باز می‌گردد که با دارا بودن عناصر اصلی تشکیل‌دهنده ساختار کلروفیل در گیاه، هیدروکربن‌ها با بالاترین مقدار تولید می‌شود و متابولیت‌های ثانویه که از تولیدات فرعی فتوسنتز هستند در بالاترین مقدار تولید می‌شوند. در مطالعه‌ای در مصر افزایش عملکرد اسانس رازیانه بر اثر کاربرد کودهای بیولوژیک گزارش شده است (ال-گادبان و همکاران، ۲۰۰۶).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن و کاربرد کود زیستی فسفات به دلیل اهمیتی که در افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس سرخارگل داشتند و نیز نظر به قیمت مناسب این کودها و پایین بودن میزان مصرف آنها و همچنین به‌منظور نیل به کشاورزی پایدار و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی پیشنهاد می‌شود. همچنین، با توجه به این که سرخارگل گیاه دارویی بوده و افزایش عملکرد اسانس آن بیشتر از سایر مؤلفه‌ها مدنظر می‌باشد، اعمال تنش ملایم خشکی در این گیاه مطلوب است، زیرا تنش ملایم خشکی نه تنها عملکرد و محتوای اسانس را در این گیاه بالا برد، بلکه تأثیر کاهشی چندانی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک سرخارگل نداشت.

منابع

1. Amujoyegbe, B.Y., Opbode, J.T., and Olayinka, A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll Content of *zea mays* and *sorghum bicolor*. Plant Sci., 46:186-174.
2. Bahernik, Z. 2004. Effect of Metabolic changes of water stress in Savory. Med. Plants., 20: 263-275.

3. Bates, L.S., Pand, W.R., and Terare, I. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 39: 205-207.
4. Bayer, C. 2007. Proper proline management needed for effective results. *Med. Chem.*, 18: 10-25.
5. Chaudhry, A.U., and Sarwar, M. 1999. Optimization of nitrogen fertilizer in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pak. J. Biol. Sci.*, 2:242-243.
6. Chevallier, A. 1996. *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Dorling Kindersley Ltd. Publ., London. Pp: 46-63.
7. El-Ghadban, E.A.E., Shalan, M.N., and Abdel-Latif, T.A.T. 2006. Influence of biofertilizers on growth, volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Agric. Res.*, 84: 977-992.
8. Evans, W.C., 1996. *Trease and Evans. Pharmacognosy*. 14th Edition, Chapter 21, Volatile oils and resins, Wiley, New York, 450 p.
9. Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L., and Seham Salem, H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. *Agric. Microbiology Dept., Faculty of Agric., Zagazig University and soil Fertility and Microbiology Dept., Desert Research Center, Cairo. Egypt.*
10. Glyn, M.F. 2002. Mineral nutrition, production and artemisin content in *Artemisia annua* L. *Acta Hort.*, 426: 721-728.
11. Gruenwald, J., Brendler, T., and Jaenicke, C. 1999. *DDR for Herbal Medicines*. Medical Economics Co., New Jersey, USA.
12. Hasani, A., and Omidbeigi, R. 2002. Effect of water stress on some morphological, Physiological and Metabolical traits of *Ocimum basilicum*. *Agric. Sci.*, 12: 47-59.
13. Heidari, F., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Aliyari, H., and Dadpoor, M.R. 2008. The effect of application microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint. *Med. Plants Res.*, 24: 1-9.
14. Khalvati, M.A., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biol.*, 7: 706-712.
15. Li, Th.S.C. 1998. Echinacea: Cultivation and Medicinal Value. *Hortic. Technol.*, 8:122-129.
16. Malakuti, M.J. 2000. The role of microelements in increasing agricultural production in Iran. *Publication of Agricultural Education. Tat Organization. Department of Agriculture.*, Pp: 123-144.
17. Mirshekari, B., Asadi Rahmani, H., and Mirmozafari Rodsari, A. 2009. The effect of seed inoculation with *Azospirillum strains* and coating with microelements on seed yield and essence of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Res. Med. Plants.*, 25: 470-481.

18. Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, P., and Noitsakis, B. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought stressed grapevines. *Plant Sci.*, 163: 361-367.
19. Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16: 15-24.
20. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.*, 161: 1189-1202.
21. Saleh Rastin, N., 2001. Biofertilizers and Their Role in Order to Reach to Sustainable Agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran. Klavazi, K., and Malakouti, J., (eds.), Nashr Amouzesh Keshavarzi. Tehran. Iran. 54p.
22. Sharafi, S., Tajbakhsh, M., Majidi, M., and Pourmirza, A. 2002. Effect of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of two forage corn cultivars in Urmia. *Soil. Water.*, 12: 85-94.
23. Sharma, A.K. 2002. A handbook of Organic Farming. Agrobios, India. 627p.
24. Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C. L., and Munjal, R. 2004. Effects of water-deficit on oil of *Calendula aerial* parts. *Biol. Planta.*, 48: 445-448.
25. Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., Kuikkarni, R., Sushil Hasan, S., Samresh, D., Kukre, j., Ashok, A., Sharma Singh, K., Srikant, S., and Rakesh, T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in Petriwinkle. *Med. Plant Sci.*, 22: 356-358.



Effects of microelement fertilizers and phosphate biofertilizer on some morphological, physiological traits, yield and essence of Purple coneflower in water stress conditions

M. Farzanian^{*1} and M. Yarnia²

^{1,2} Ph.D of Agronomy- Crop Physiology, and Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received: 06/16/2013 ; Accepted: 08/30/2014

Abstract

In order to study the effects of microelement fertilizer and phosphate biofertilizer on some morphological, physiological characteristics, yield and essence content of Purple coneflower under water stress conditions, an experiment was carried out as split factorial layout based on a randomized complete block design with three replications in the agricultural research station, Islamic Azad University, Tabriz Branch during growing season 2009-2010. Factors included water stress as the main factor on three levels (irrigation after 120 and 170 mm evaporation from class A), application of micro elements in three levels (control, application of zinc sulphate and Iron sulphate) and phosphate biofertilizer in two levels (C₁: not application and C₂: application of biofertilizer). The results showed that the highest essence yield with 20.19 lit h⁻¹ was obtained with foliar application of zinc sulphate under irrigation after 120 mm evaporation from class A basin. Application of phosphate biofertilizer increased essence yield under different irrigation regimes so that this increase was 15.1%, 16.57% and 14.64% under full irrigation, irrigation after 120 mm and under irrigation after 170 mm evaporation from class A basin, respectively. Also, the highest essence percentage obtained in irrigation after 120 mm evaporation from class A basin with foliar application of zinc sulphate and iron sulphate, it was equal to 0.7822 and 0.7775%, respectively.

Keywords: *Echinacea purpurea* (L.) Monch, Microelements, Phosphate biofertilizer, Water stress, Essence yield.

*Corresponding author; m.farzaniyan@gmail.com

