دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2018.108446.1896

جلد ۳۳، شماره ۶، صفحه ۹۴۰-۹۲۸ (۱۳۹۶)

بررسی برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و آب آبیاری

بهاره پارسا مطلق[۱]، پرویز رضوانی‌مقدم[۲*]، رضا قربانی[۳] و ذبیح‌اله اعظمی ساردویی[۴]

۱- دانش‌آموخته دکترای اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، پست الکترونیک: rezvani@um.ac.ir

۳- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۵ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۶

چکیده

با هدف مطالعه تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)، آزمایشی در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در دانشگاه جیرفت، به‌صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: سطوح مختلف آب آبیاری در سه سطح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه که به‌عنوان فاکتور کرت‌های اصلی در نظر گرفته شدند و منبع تغذیه گیاه در ۵ سطح (کود زیستی مایکوریزا، ورمی‌کمپوست، کود گاوی و کود شیمیایی (NPK) و تیمار شاهد) که به‌عنوان فاکتور کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب طی دو سال آزمایش، تأثیر معنی‌دار تیمارهای تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری را بر محتوای فنل کل، آنتوسیانین، اسیدیته کاسبرگ، درصد روغن دانه و درصد پروتئین دانه گیاه نشان دادند. در منبع تغذیه‌ای ورمی‌کمپوست و کود گاوی بیشترین میزان آنتوسیانین به‌ترتیب با ۳/۰۵ و ۲/۸۷ (میلی‌گرم/ گرم وزن خشک)، فنل کل با ۱۲/۵۲ و ۱۲/۹۰ (میلی‌گرم/ گرم وزن خشک) و اسیدیته ۰/۸۱ و ۰/۸۷ (گرم/ ۱۰۰ گرم وزن خشک) کاسبرگ مشاهده شدند. همچنین سطح ۶۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان آنتوسیانین (۳ و ۲/۱۹ میلی‌گرم/ گرم وزن خشک)، فنل کل (۱۳/۰۴ و ۱۰/۸۱ میلی‌گرم/ گرم وزن خشک) و پروتئین دانه (۲۰/۹۰٪ و ۲۰/۰۱٪) را تولید کردند. علاوه‌براین، مقدار آنتوسیانین تحت تأثیر اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و سطوح آبیاری و درصد روغن دانه نیز تحت تأثیر برهم‌کنش سال در آبیاری قرار گرفتند. البته ویتامین C کاسبرگ تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

واژه‌های کلیدی: مایکوریزا، ورمی‌کمپوست، فنل کل، آنتوسیانین، ویتامین C.

مقدمه

به‌منظور دستیابی به کشاورزی پایدار و هدایت چرخه‌های عناصر زیستی و استفاده صحیح از منابع آلی، بیولوژیکی و شیمیایی در اکوسیستم‌های زراعی، برای تولید گیاهان دارویی با کمّیت و کیفیت بالا، بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای لازم و ضروریست (Koocheki *et al.*,

1997؛ Lebaschy, 2000). مطالعات انجام شده بر روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و دارویی گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمّی و کیفی در چنین شرایطی حاصل می‌گردد (Akbarinia, 2003). بنابراین رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استقرار این سیستم کشت و بکارگیری روش‌های مدیریتی آنها می‌باشد و یکی از این روش‌ها استفاده از کودهای آلی و زیستی است.

چای‌ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* به راسته پنیرک (Malvales)، خانواده پنیرکیان (Malvaceae)، جنس *Hibiscus* و گونه *H. sabdariffa* var *sabdariffa* تعلق دارد (Kumar & Singh, 2012). این گونه به‌منظور تولید کاسبرگ (Abu-Tarboush & Ahmed, 1996) و فیبر (Morton, 1987؛ Abu-Tarboush & Ahmed, 1996)، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین بخش گیاه چای‌ترش، کاسبرگ‌های آن است. کاسبرگ‌ها با خارج کردن گلبرگ‌های گل از کپسول‌های حاوی دانه‌ها بدست می‌آیند (Parsa Motlagh *et al.*, 2016). بیش از ۳۰۰ گونه از این گیاه در سراسر جهان در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر یافت می‌شود. موطن اصلی این گیاه غرب آفریقا است و امروزه در سطح وسیعی در غرب آفریقا، آسیا، استرالیا، هند، مالزی، اتریش، آمریکای مرکزی و بسیاری از کشورهای گرمسیر کشت می‌شود (Ibramhim *et al.*, 1998؛ Morton, 1987). در سودان چای‌ترش به‌عنوان یک گیاه نقدی و منبع مهم درآمد برای کشاورزان خرده‌پا محسوب می‌شود که به‌صورت سنتی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (El Naim & Ahmed, 2010). در حال حاضر کشور سودان تولیدکننده مهمی در زمینه چای‌ترش محسوب می‌شود و در سال‌های خشکسالی کشاورزان آن مناطق ترجیح می‌دهند بجای کشت غلات و حبوبات به‌دلیل رشد خوب و مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی چای‌ترش را کشت کنند (Mohamad *et al.*, 2002). برگ، کاسبرگ و دانه چای‌ترش در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچنین فیبر آن منبع مهمی در صنعت نساجی و کاغذ است (Mukhtar, 2007؛ Fagbenro, 2005). همچنین چای‌ترش به‌عنوان گیاه زینتی در منازل مسکونی نیز کشت می‌شود (Silva Junior, 2003). گزارش شده‌است از لحاظ پزشکی، برگ این گیاه ملین بوده و به‌عنوان ادرارآور، مبرد (خنک‌کننده و پایین‌آورنده درجه حرارت بدن) و آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد. میوه این گیاه حاوی ویتامین C است، کاسبرگ‌ها حاوی گوسیپتین (Gossypetin)، آنتوسیانین (Anthocyanin) و گلوکوزید هیبیسین (Glucosidehibiscin) هستند که ممکن است اثرات ادرارآور، کاهنده ویسکوزیته خون، کاهنده فشار خون و تحریک‌کننده روده داشته باشند (Perry, 1980). علاوه‌بر این، از کاسبرگ‌ها برای درمان فشارخون بالا، اسهال، آبسه دهان و بسیاری از بیماری‌های دیگر استفاده می‌شود (Faraji & Tarkhani, 1999). آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌هایی محلول در آب هستند که متعلق به خانواده فلاونوئیدها می‌باشند. آنتوسیانین موجود در گیاه به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند و گیاه را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند. این رنگدانه در برابر تنش‌های محیطی مانند اشعه ماوراءبنفش، خشکی و درجه حرارت پایین افزایش یافته و گیاه را در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند (Tahkorpi, 2010). کاسبرگ‌های چای‌ترش به‌دلیل مقادیر بالای آنتوسیانین موجود در آنها، رنگ خوب و همچنین یک منبع بالقوه خوب از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان هستند (Morton, 1987). آنتوسیانین هیبیسکوس، گروهی از رنگدانه‌های طبیعی فنلی در گلبرگ‌های خشک هستند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی (Amin & Hamza, 2005) و محافظت از قلب (Olaleye, 2007) را در حیوانات نشان داده‌اند.

Watkinson و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی روی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) دریافتند که با افزایش تنش خشکی بر میزان آنتوسیانین گیاه افزوده شد. توجه به نتایج، آزمایش مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار شاهد زمانی که در سطح رطوبتی ۶۰٪ (حالتی که بیشترین تنش خشکی در نتیجه رطوبت کم و همچنین نبود عوامل نگهدارنده رطوبت خاک مانند مواد آلی به

گیاه تحمیل می‌شود) قرار داشت، بدست آمد. عنوان شده است که در شرایط کمبود رطوبت و تنش خشکی مسیر اصلی تولید فلاونوئید افزایش یافته که این امر منجر به تولید رنگیزه آنتوسیانین می‌شود (Watkinson *et al.*, 2006؛ Pidavos & Heidari, 2013). در مطالعه بررسی اثر مقادیر مختلف کود آلی و نیتروژن بر رشد و عملکرد کاسبرگ گیاه چای‌ترش، با هدف تولید عملکرد رویشی، مصرف ۵ تن کود مرغی و ۱۲۰ کیلوگرم کود اوره و با هدف تولید عملکرد بخش‌های زایشی گیاه، مصرف ۲/۵ تن کود مرغی و ۶۰ کیلوگرم اوره را توصیه کردند (Gendy *et al.*, 2012). Dahmardeh (۲۰۱۲)، در بررسی کاربرد کودهای دامی، کود مرغی، کود شترمرغ، کود شیمیایی و تلفیق آنها با یکدیگر گزارش کرد که بیشترین عملکرد کاسبرگ گیاه از کاربرد کود مرغی در تلفیق با کود شترمرغ و کود دامی به‌همراه کود مرغی و کمترین میزان آن از کاربرد کود شیمیایی و کود دامی به تنهایی حاصل شد و دلیل این افزایش را مقدار قابل توجه عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با کود دامی عنوان کردند. شهرستان جیرفت با وجود موقعیت جغرافیایی و طبیعی یکی از قطب‌های مهم کشاورزی استان کرمان و ایران می‌باشد و گیاهان دارویی هم‌خانواده چای‌ترش مانند پنیرک و ختمی در این منطقه پرورش می‌یابند. این تحقیق با هدف تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری بر خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه دارویی چای‌ترش در منطقه جیرفت انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت اجرا شد. براساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک محل آزمایش شنی-لومی بود. خصوصیات شیمیایی محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش سال اول و سال دوم

	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	نیتروژن (٪)	ماده آلی (٪)	فسفر قابل‌دسترس (ppm)	پتاسیم قابل‌دسترس (ppm)
سال اول (۱۳۹۲)	۱/۸	۸/۷	۰/۰۴۶	۰/۴۰	۲۲/۳	۱۴۱
سال دوم (۱۳۹۳)	۲/۱	۷/۴	۰/۰۷	۰/۵	۲۵/۲	۲۱۰

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. مقادیر آب آبیاری در سه سطح: ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی کامل گیاه به‌عنوان فاکتور اصلی و منبع تغذیه گیاه شامل ۵ سطح: کود زیستی مایکوریزا، ورمی‌کمپوست، کود گاوی و کود شیمیایی (NPK) و تیمار شاهد به‌عنوان فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. ابعاد هر کرت آزمایشی ۳ در ۴ متر (۱۲ مترمربع)، فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت به طول ۴ متر، فاصله بین خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. بذرهای چای‌ترش از مرکز جهاد کشاورزی چابهار تهیه شده بودند. کشت در تاریخ ۱۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، به‌صورت کپه‌ای و تنک بوته‌ها در مرحله ۴ تا ۶ برگی انجام شد. براساس آزمون خاک، کودهای سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت سرک در سه نوبت به‌ترتیب همزمان با کاشت، در مرحله رویشی و در مرحله گلدهی مورد استفاده قرار گرفتند. میزان برخی عناصر غذایی کود گاوی پوسیده شده و کود ورمی‌کمپوست در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	نیتروژن (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر قابل‌دسترس (٪)	پتاسیم قابل‌دسترس (٪)
کود گاوی	۹/۶	۷/۵	۱/۲۵	۱۰/۲	۰/۲۰	۰/۷۲
ورمی‌کمپوست	۷/۳	۶/۳	۰/۹۲	۱۴/۲	۰/۸	۱/۱

قارچ مایکوریزا (اسپور مخلوط با خاک) به میزان ۵۰ گرم همزمان با کاشت زیر بستر بذر قرار داده شد. گونه قارچ میکوریز مورد استفاده در این آزمایش، قارچ *Glomus mosseae* (تعداد ۱۲۰ اسپور در هر گرم خاک) بود که از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک واقع در اسدآباد همدان تهیه گردید.

نیاز آبی کامل گیاه توسط نرم‌افزار AGWAT محاسبه، سپس تیمارهای ۸۰٪ و ۶۰٪ نیاز آبی گیاه تعیین و آب آبیاری در هر دور آبیاری توسط کنتور ثبت شد (Alizadeh & Kamali, 2008). نیاز آبی کامل در دوره‌های مختلف رشد گیاه (مراحل رشد آغازین، توسعه، میانی و پایانی) به‌صورت روزانه و با استفاده از پارامترهای شوری (ضریب حساسیت، شوری حد آستانه و شیب کاهش عملکرد)، مشخصات گیاهی (ارتفاع و حداکثر عمق ریشه) و ضرایب گیاهی (ابتدا، میانه و انتهای فصل رشد) و همچنین داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های مختلف کشور برآورد گردید. آب آبیاری در هر دور آبیاری توسط کنتور ثبت شد. سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای با کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۱ مترمکعب، مستقل برای هر یک از تیمارها و در فاصله زمانی هر ۷ روز یک‌بار و بعد از اطمینان از جوانه‌زنی کلیه بذرها در مزرعه که مصادف با اواخر دوره رشد آغازین گیاه بود، استفاده شد. برداشت گیاهان در هر دو سال در تاریخ ۱۰ آذر انجام شد.

اندازه‌گیری اسیدیته کل کاسبرگ (He *et al.*, 2007)، ویتامین C کاسبرگ (Arya, 2000)، آنتوسیانین کاسبرگ (Wanger, 1979)، تعیین مقدار کل ترکیب‌های فنلی کاسبرگ (Al-Farsi *et al.*, 2005)، پروتئین دانه با استفاده از روش کجلدال (AOCS, 2005) و اندازه‌گیری روغن دانه از طریق روش سوکسله (Latif & Anwar, 2008) انجام شد. در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل آنها به کمک نرم‌افزار آماری SAS Ver.12.5، مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح معنی‌دار بودن ۵٪ انجام شد. نمودارها و شکل‌ها نیز توسط نرم‌افزار Excel و Sigma plot Ver. 12.5 رسم گردید.

نتایج

فنل کل کاسبرگ

منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری ($P\leq$۰/۰۱) به‌طور معنی‌داری بر مقدار فنل کل تأثیرگذار بودند. این در حالی بود که اثر سال و اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به دو سال آزمایش مورد مطالعه، بر روی مقدار فنل کل در بین منابع مختلف تغذیه‌ای نشان داد که بیشترین مقدار فنل کل در گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی و ورمی‌کمپوست و پس از آن در تیمارهای مایکوریزا، کود شیمیایی و شاهد بود (جدول ۴). از سوی دیگر بیشترین مقدار فنل کل در بین سطوح آبیاری در سطح آبیاری ۶۰٪ نیاز آبی گیاه مشاهده شد و کمترین مقدار هم به تیمار سطح آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه تعلق داشت (جدول ۴).

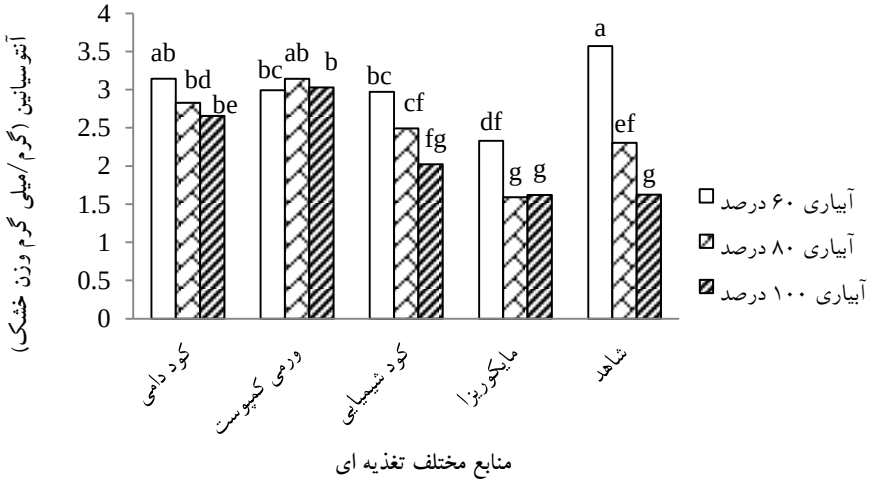
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مرکب فنل کل، آنتوسیانین، اسیدیته و ویتامین C کاسبرگ، درصد پروئتین و درصد روغن دانه گیاه چای‌ترش تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	فنل کل	آنتوسیانین	اسیدیته کاسبرگ	ویتامین C	درصد پروتئین دانه	درصد روغن دانه
سال	۱	۲/۷۲ ns	۲/۴۱ *	۰/۰۹۶ ns	۱۹۳/۴۲ ns	۱/۲۰۱ ns	۱۶/۰۷ **
تکرار × سال	۲	۰/۹۶	۰/۲۹۲	۰/۰۱۳	۳۶/۰۴۴	۴/۲۱۱	۰/۵۸۰
سطح آبیاری	۲	۳۷/۶۷ **	۵/۰۷۷ **	۰/۰۰۱ ns	۱۱/۴۷ ns	۶/۲۸۳ *	۶/۶۰ **
خطا	۸	۱/۴۵	۰/۳۳	۰/۰۰۷	۸/۸۵	۱/۳۲۶	۰/۳۶
منابع تغذیه‌ای	۴	۱۳/۷۷ **	۳/۸۶ **	۰/۱۴۲ **	۲/۹۷ ns	۰/۱۵۸ ns	۸/۹۷ **
خطا	۱۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱۲ ns	۱۲/۷۶	۲/۳۶۸	۰/۸۰
سال × سطح آبیاری	۲	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۱۸ ns	۲۸/۷۹ ns	۰/۱۷۷ ns	۴/۶۳ **
سال × منابع تغذیه‌ای	۴	۰/۲۵ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۸۴ **	۲۶/۳۱ ns	۰/۱۷۷ ns	۰/۳۹ ns
منابع تغذیه‌ای × سطح آبیاری	۸	۲/۶۱ ns	۰/۸۹ **	۰/۰۱۹ ns	۱۷/۳۳ ns	۱/۸۹ ns	۰/۲۵ ns
منابع تغذیه‌ای × سطح آبیاری × سال	۸	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۱۹ ns	۱۱/۱۹ ns	۰/۱۷۷ ns	۰/۴۳ ns
خطای کل	۳۲	۱/۹۴	۰/۱۲	۰/۰۱۱	۱۷/۳۷	۳/۴۰	۰/۸۷
ضریب تغییرات		۲/۶۲	۱۳/۸۱	۱۳/۸۹	۱۶/۲۸	۹/۰۴	۵/۷۳

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

آنتوسیانین کاسبرگ

مقدار آنتوسیانین کاسبرگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سال ($P\leq$۰/۰۱)، منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری ($P\leq$۰/۰۱) قرار گرفت. علاوه‌بر این، اثر متقابل منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری نیز بر روی آن معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). ارزیابی مقدار آنتوسیانین بین دو سال آزمایش نشان داد که مقدار این صفت در سال اول (۲/۷۱ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) بیشتر از سال دوم (۲/۳۹ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) بود (جدول ۴). علاوه‌براین، بررسی اثرات متقابل تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر میزان آنتوسیانین کاسبرگ نشان داد که مقدار آنتوسیانین بین منابع مختلف تغذیه‌ای با توجه به نوع سطح آبیاری متفاوت بود. به‌طوری که تیمار شاهد و سطح آبیاری ۶۰٪ بیشترین میزان آنتوسیانین (۳/۵۷ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) و تیمار شاهد و سطح آبیاری ۱۰۰٪ (۱/۶۲ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) به‌همراه تیمار مایکوریز در سطوح آبیاری ۸۰٪ و ۱۰۰٪ (به‌ترتیب ۱/۵۹ و ۱/۶۰ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) نیاز آبی کمترین مقدار این صفت را داشتند (شکل ۱).



شکل ۱- اثر متقابل منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری روی مقدار آنتوسیانین کاسبرگ در گیاه چای‌ترش

ارزیابی مقدار آنتوسیانین در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بجز در زمان استفاده از ورمی‌کمپوست، در ترکیب با سایر منابع مختلف تغذیه‌ای، مقدار آنتوسیانین در سطح آبیاری ۶۰٪ (شاهد ۳/۵۷، مایکوریز ۲/۳۳، کود شیمیایی ۲/۹۷، ورمی‌کمپوست ۲/۹۹ و کود گاوی ۳/۱۴ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) بیشتر از سطوح آبیاری ۱۰۰٪ و ۸۰٪ (به‌ترتیب شاهد ۱/۶۲ و ۲/۳۰، مایکوریز ۱/۶۲ و ۱/۵۹، کود شیمیایی ۲/۰۲ و ۲/۴۹، ورمی‌کمپوست ۳/۰۲ و ۳/۱۴ و کود گاوی ۲/۶۵ و ۲/۸۲ میلی‌گرم/گرم وزن خشک) نیاز آبی گیاه بود (شکل ۱).

اسیدیته کاسبرگ

از میان تیمارهای مورد بررسی، اثر منابع مختلف تغذیه‌ای بر میزان اسیدیته کاسبرگ معنی‌دار شد. اثر سال، سطوح مختلف آب آبیاری و سایر اثرات متقابل بر اسیدیته کاسبرگ معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین مقدار آنتی‌اکسیدان، فنل کل، آنتوسیانین، اسیدیته و ویتامین C کاسبرگ چای‌ترش تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای

	آنتوسیانین (میلی‌گرم/گرم وزن خشک)	فنل کل (میلی‌گرم/گرم وزن خشک)	اسیدیته (گرم/۱۰۰ گرم وزن خشک)	ویتامین C (میلی‌گرم/۱۰۰ میلی‌لیتر)	پروتئین دانه (٪)	روغن دانه (٪)
سال						
اول	۲/۷۱a	۱۲/۰۳a	۰/۸۰a	۲۴/۱۲a	۲۰/۵۱a	۱۶/۷۳a
دوم	۲/۳۹b	۱۱/۶۸a	۰/۷۴a	۲۷/۰۵a	۲۰/۲۸a	۱۵/۸۹b
منابع مختلف تغذیه‌ای						
شاهد	۲/۵۰b	۱۱/۴۱c	۰/۷۹b	۲۵/۶۰a	۲۰/۴۱a	۱۵/۳۶b
کود مایکوریز	۱/۸۴c	۱۰/۷۱c	۰/۶۵c	۲۴/۹۰a	۲۰/۵۲a	۱۵/۸۲b
کود شیمیایی	۲/۴۹b	۱۱/۷۲bc	۰/۷۱c	۲۵/۶۷a	۲۰/۲۷a	۱۶/۶۶a
ورمی‌کمپوست	۳/۰۵a	۱۲/۵۲ab	۰/۸۱ab	۲۵/۹۵a	۲۰/۳۷a	۱۶/۶۱a
کود گاوی	۲/۸۷a	۱۲/۹۰a	۰/۸۷a	۲۵/۸۱a	۲۰/۴۲a	۱۷/۱۱a
سطح آبیاری (٪)						
۱۰۰	۲/۱۹b	۱۰/۸۱c	۰/۷۷a	۲۵/۴۶a	۲۰/۰۱b	۱۶/۶۶a
۸۰	۲/۴۷b	۱۱/۷۲b	۰/۷۸a	۲۶/۲۶a	۲۰/۲۷ab	۱۶/۵۰a
۶۰	۳/۰۰a	۱۳/۰۴a	۰/۷۶a	۲۵/۰۴a	۲۰/۹۰a	۱۵/۷۸b

برای هر اثر، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به دو سال آزمایش نشان داد که بیشترین اسیدیته کاسبرگ در نتیجه کاربرد کود گاوی (۰/۸۷) حاصل شد که با تیمار ورمی‌کمپوست (۰/۸۱) تفاوت معنی‌داری نداشت. از طرفی تیمار ورمی‌کمپوست و شاهد (۰/۷۹) در یک گروه آماری قرار گرفتند و میزان کمتر اسیدیته در عصاره کاسبرگ تحت تیمار مایکوریز (۰/۶۵) و کود شیمیایی (۰/۷۱) مشاهده شد (جدول ۴).

ویتامین C کاسبرگ

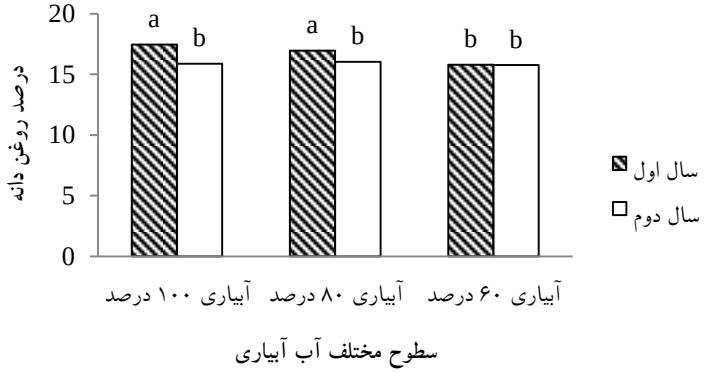
مقدار ویتامین C، تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفت (جدول ۳).

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به دو سال آزمایش نشان داد که از میان تیمارهای مورد بررسی و اثرات متقابل آنها، درصد پروتئین دانه تنها تحت تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۳). درصد پروتئین دانه در ۶۰٪ نیاز آبی نسبت به ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی به‌ترتیب ۳/۰۱٪ و ۳/۸۲٪ بیشتر بود (جدول ۴).

درصد روغن دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به دو سال صفت درصد روغن دانه در بین تیمارهای آزمایشی نشان داد که اثرات ساده سال، منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری ($P\leq$۰/۰۱) روی درصد روغن دانه معنی‌دار بود. علاوه‌براین، اثر متقابل سال و آبیاری تأثیر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) بر درصد روغن دانه داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها بر درصد روغن دانه در بین منابع مختلف تغذیه‌ای نشان داد که بیشترین مقدار آن در گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی، کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست و پس آن در تیمارهای مایکوریزا و شاهد مشاهده شد (جدول ۴). علاوه‌براین، ارزیابی اثرات متقابل سال و سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بجز در مورد سطح آبیاری ۶۰٪ نیاز آبی، مقدار درصد روغن دانه در سال اول بیشتر از سال دوم بود. همچنین در هر دو سال آزمایش مقدار درصد روغن دانه در سطح آبیاری ۶۰٪ در کمترین مقدار خود بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل سال در سطوح مختلف آبیاری روی درصد روغن دانه گیاه چای‌ترش

بحث

کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آنها می‌شود (Good & Zaplachiniski, 1994). بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه تنها تحت تأثیر ژنتیک گیاه نبوده و با توجه به الگوهای محیطی تغییر می‌یابد و بیشتر متابولیت‌ها در گیاهان تحت تنش در جهت جلوگیری از اکسیداسیون سلولی است (Aliabadi-Farahani *et al.*, 2009). ترکیب‌های فنل کل گیاه با کاهش میزان آب آبیاری افزایش یافتند. Sayyadi و همکاران

(۲۰۱۴) در آزمایش تأثیر تنش رطوبتی بر گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)، مشاهده کردند که محتوای فنل کل با افزایش تنش گیاه افزایش یافت. در بررسی اثر تنش خشکی و شوری بر میزان ترکیب‌های فنلی گیاه دارویی گاوزبان ایرانی (*Echium amoneom* L.)، ترکیب‌های فنلی گیاه در اثر اعمال تنش افزایش یافت (Pidavos & Heidari, 2013؛ Zare Mehrjerdi *et al*., 2012). این نتایج با نتیجه همین تحقیق همخوانی دارد.

آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌هایی محلول در آب هستند که متعلق به خانواده فلاونوئیدها می‌باشند. آنتوسیانین موجود در گیاه به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند و گیاه را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند. این رنگدانه در برابر تنش‌های محیطی مانند اشعه ماوراءبنفش، خشکی و درجه حرارت پایین افزایش یافته و گیاه را در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند (Tahkorpi, 2010). Watkinson و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی روی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) دریافتند که با افزایش تنش خشکی بر میزان آنتوسیانین گیاه افزوده شد. توجه به نتایج آزمایش مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار شاهد زمانی که تحت سطح آبیاری ۶۰٪ (حالتی که بیشترین تنش خشکی در نتیجه رطوبت کم و همچنین نبود عوامل نگهدارنده رطوبت خاک مانند مواد آلی، به گیاه تحمیل می‌شود) قرار داشت، بدست آمد. عنوان شده است که در شرایط کمبود رطوبت و تنش خشکی مسیر اصلی تولید فلاونوئید افزایش یافته که این امر منجر به تولید رنگیزه آنتوسیانین می‌شود (Pidavos & Heidari, 2013؛ Watkinson *et al*., 2006). در این مطالعه میزان فنل کل، اسیدیته و آنتوسیانین کاسبرگ گیاه در گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی و ورمی‌کمپوست نسبت به تیمارهای شاهد و مایکوریز بیشتر بود. گزارش شده است که کابرد کود مرغی و کود حیوانی در گیاه چای‌ترش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد میوه و وزن کاسبرگ‌های هر گیاه را افزایش داد و میزان آنتوسیانین کاسبرگ در تیمار ترکیبی کود مرغی و برخی عناصر میکرو افزایش قابل توجهی نشان داد (Nabila & Aly, 2002). افزایش کمّیت و کیفیت کاسبرگ چای‌ترش در استفاده از کود مرغی و حیوانی پیش از این نیز توسط محققان دیگر گزارش شده بود (Ahmed *et al*., 1998؛ Locke *et al*., 2000). کودهای آلی باعث بهبود ساختمان خاک و در نهایت ظرفیت نگهداری آب خاک، بهبود محیط رشد ریشه، بهبود رشد رویشی بهتر و افزایش کیفیت محصول می‌شود (Mosaddeghi *et al*., 2000). بنابراین به‌نظر می‌رسد کودهای آلی با فراهم کردن مواد تغذیه‌ای مورد نیاز گیاه، باعث افزایش اسیدهای آلی کاسبرگ که شامل اسید مالیک، اسیدسیتریک و اسید تارتاریک می‌باشند، شده باشد.

Weaam و همکاران (۲۰۱۴) با هدف تولید ارگانیک گیاه چای‌ترش با استفاده از مواد معدنی طبیعی و کودهای آلی و زیستی، طی دو سال آزمایش مشاهده کردند که آنتوسیانین و اسیدیته، در کلیه سطوح کودی نسبت به شاهد افزایش داشتند. در تحقیقی، محلول‌پاشی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم میزان اسیدیته، ویتامین C و آنتوسیانین را در ارقام مختلف چای‌ترش افزایش داد. تحریک رشد رویشی می‌تواند واکنش گیاه به ساخت ترکیب‌های شیمیایی کاسبرگ را افزایش دهد. بنابراین متابولیت‌های ثانویه گیاهان تحت تأثیر عوامل محیطی و کمبود آب که اصلی‌ترین جنبه فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاهان است، قرار می‌گیرند. کاربرد کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با کودهای شیمیایی محتوای آنتوسیانین، کربوهیدرات و کلروفیل را افزایش داد (Hassan, 2009). البته جذب بیشتر عناصر غذایی کارایی فتوسنتز را بیشتر می‌کند. تأثیر فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی منجر به تجمع قند و افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود. مولکول‌های قند، رنگیزه آنتوسیانین و اسیدهای آلی را می‌سازند، سپس آنها در واکوئل سلول‌های کاسبرگ ذخیره می‌شوند که می‌تواند منجر به افزایش خصوصیات کیفی رنگ و مزه چای‌ترش شود. Inanlo و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایش خود روی گیاه خرفه (*Portula caoleracea* L.)، گزارش کردند که درصد روغن دانه خرفه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار

گرفت و کاهش یافت. نتایج تحقیقی دوساله نشان داد که اثر کودهای آلی و زیستی بر میزان آنتوسیانین، ویتامین C و درصد روغن دانه در گیاه چای‌ترش تیمار شده با کود حیوانی و کودهای زیستی بیشتر از گیاهان شاهد بود (Gendy *et al*., 2012). کودهای آلی با فراهمی عناصر غذایی، باعث افزایش نفوذپذیری آب خاک و افزایش عملکرد گیاهان دارویی می‌شوند. از طرفی خاک‌هایی که توسط مواد آلی تغذیه می‌شوند در مقایسه با عدم استفاده از کودهای آلی دارای ریزجانداران، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات بیشتری هستند (Gendy *et al*., 2012). Gunasekera و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه تأثیر عوامل محیطی روی کلزا بیان کردند که عملکرد روغن به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت قرار می‌گیرد. آبیاری می‌تواند موجب افزایش مقدار روغن کلزا شود و بروز شرایط تنش خشکی موجب کاهش آن می‌شود (Krogman & Hobbs, 1975؛ Mailer & Cornish, 1987). کاهش عملکرد روغن در نتیجه کمبود رطوبت خاک را می‌توان ناشی از کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی، کاهش تخصیص مواد به بخش‌های مختلف گیاه و در نتیجه نرسیدن عملکرد گیاه به قابلیت ژنتیکی خود دانست (Flagella *et al*., 2002). در این تحقیق، منابع آلی با نگهداری میزان رطوبت خاک و بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه و بدنبال آن جذب مواد غذایی بیشتر، درصد روغن بیشتری نسبت به تیمارهای شاهد و مواد آلی کم حاصل کردند.

Bettaieb و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کمبود آب بر رشد، اسیدهای چرب، عملکرد اسانس و ترکیب‌های گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری که تنش متوسط عملکرد اسانس (در ۱۰۰ گرم ماده خشک) را افزایش داد. Gendy و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر کاربرد کودهای آلی و زیستی، افزایش درصد روغن دانه را در گیاه چای‌ترش گزارش کردند که با این آزمایش همخوانی داشت.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید بیان کرد که ارزیابی خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه چای‌ترش نشان داد که به‌طور کلی بجز در مورد صفت ویتامین C و درصد پروتئین دانه، سایر صفات پاسخ‌های متفاوتی را در سطوح مختلف تغذیه‌ای و آب آبیاری نشان دادند. نتایج بدست‌آمده، تأثیر معنی‌دار تیمارهای تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری را بر محتوای آنتی‌اکسیدان، فنل کل، درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه و عملکرد پروتئین دانه گیاه نشان دادند. تیمار کودهای آلی ورمی‌کمپوست و گاوی به‌همراه ۶۰٪ نیاز آبی گیاه، آنتوسیانین، فنل کل و اسیدیته بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی و کود زیستی مایکوریزا تولید کردند. کاسبرگ چای‌ترش منبع قابل توجهی از ویتامین C، آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین و دانه این گیاه به‌طور متوسط دارای ۲۰٪ پروتئین و ۱۶٪ روغن می‌باشد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که می‌تواند به‌عنوان مصارف خوراکی در سطح غذایی و خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به قابلیت کشت گیاه چای‌ترش در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و با مصرف بهینه نیاز آبی گیاه، امید است تحقیقات آینده در جهت کاربرد تلفیقی منابع مختلف تغذیه‌ای آلی، شیمیایی و زیستی در جهت بهبود مواد مؤثره و کیفیت مطلوب گیاه انجام شود.

منابع مورد استفاده

- Abu-Tarboush, H.M. and Ahmed, S.A.B., 1996. Studies on karkade (*Hibiscus sabdariffa* L.) proteas inhibitors, phytate, in-vitro digestibility and gossypol content. Food Chemistry, 56: 15-19.
- Ahmed, S.K., El-Ghawas, E.O. and Aly, A.F., 1998. Effect of dry yeast and organic manure on Roselle plant. Egypt Journal of Agricultur and Reclamation, 76(3): 1115-1142.
- Akbarinia, A., 2003. Study yield and effective substance Ammi (*Trachyspermum ammi* L.) in conventional farming systems, organic and compilation. Ph.D Thesis, Faculty of Agriculture. Tarbiat Moddares University.
- Al-Farsi, M., Alsalvar, C., Morris, A., Baron, M. and Shadih, F., 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix*

biofertilizers treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(5): 1-12.
- Good, A.G. and Zaplachiniski, S.T., 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum, 90(1): 9-14.
- Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G. H., 2006. Genotype environment interactions of Indian mustard (*B. juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in by Mediterranean-type environments: II. oil and protein percent in seed. European Journal of Agronomy, 25: 13-21.
- Hassan, F.A.S., 2009. Response of (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant to some biofertilization treatments. Annals of Agricultural Sciences, 54: 437-446.
- He, Y., Ji, Z. and Li, S., 2007. Effective clarification of apple juice using membrane filtration without enzyme and pasteurization pretreatment. Separation and Purification Technology, 57: 366-373.
- Ibramhim, R.S., Miko, H. and Altheac, M., 1998. Effect of N.P.K fertilization on the yield of roselle in *Glycine max, Glycine soja* cross. Canadian Journal of Plant Science, 62: 293-298.
- Inanlo, M., Omidi, H. and Pazoki, A., 2013. The agronomic Changes and oil content of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and bio-fertilizer / nitrogen chemical. Journal of Medicinal Plants, 48: 170-184.
- Koocheki, A.R., Soltani, A. and Azizi, M., 1997. Plant Ecophysiology. (Translate). Mashhad ACECR Publications, 271p.
- Krogman, K.K. and Hobbs, E.H., 1975. Yield and morphological response of rape (*Brassica compestris* L.) to irrigation and fertilizer treatment. Canadian Journal of Plant Science, 55: 903-909.
- Kumar, A. and Singh, A. 2012. Review on *Hibiscus rosa* sinensis. International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 3(2): 533-538.
- Latif, S. and Anwar, F., 2008. Quality assessment of *Moringa concanensis* seed oil extracted through solvent and aqueous enzymatic techniques. Grasas Aceites, 59: 67-73.
- Lebaschy, M.H., 2000. Evaluation of *Hypericum perforatum* physiological aspects in natural and agriculture ecosystems. Ph.D Thesis, Agronomy Faculty of Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, 114p.
- Locke, J.M., Bryce, J.H. and Morris, P.C., 2000. Contrasting effects of ethylene preception and biolsynthesis inhibitors on germination and *dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53: 7592-7599.
- Aliabadi-Farahani, H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J. and Khalvati, M.A., 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plant Research, 3: 329-333.
- Alizadeh, A. and Kamali, Gh., 2008. Crop Water Requirement in Iran. Astan Quds Razavi, Mashhad, 228p.
- AOCS (American Oil Chemist's Society)., 2005. Official methods and recommended practices of the American oil chemist's Society, 5th Ed, Ba 6-84. The American Oil Chemist's Society Champaign.
- Amin, A. and Hamza, A.A., 2005. Hepatoprotective effect of *Hibiscus*, *Rosmarinus* and *Salvia* on azathioprine-induced toxicity in rats. Life Science, 77(3): 266-278.
- Arya, S.P.N., 2000. Spectrophotometric methods for the determination of vitamin C. Analytica Chimica Acta, 417: 1-14.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., AidiWannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Science Horticulture, 120: 271-275.
- Dahmardeh, M., 2012. Effect of mineral and organic fertilizers on the growth and calyx yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Biotechnology, 11(48): 10899-10902.
- El Naim, A.M. and Ahmed, S.E., 2010. Effect of weeding frequencies on growth and yield of two Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) varieties under rain fed. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(9): 4250-4255.
- Fagbenro, O.A., 2005. Soybean meal substitution with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed meal in dry practical diets for fingerlings of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Animals and Veterinary Advances, (4): 473-477.
- Faraji, M. and Tarkhani, A., 1999. The effect of sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) on essential hypertention. Journal of Ethnopharmacology, 65: 231-236.
- Flagella, Z., Rutunno, T., Tarantino, E., Dicaterina, R. and Caro, A.D.E., 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and the water regime. European Journal of Agronomy, 17: 331-334.
- Gendy, A.S.H., Said-Al Ahl, H.A.H. and Abeer Mahmoud, A., 2012. Growth, productivity and chemical constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and

phenol on *Echium amoenum* Mey & Fisch. Second National Conference on Climate Change and Effect's on Agriculture and the Environment, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Urmia, Iran, 23 July.
- Sayyadi, A., Ahmadi, J., Asghari, B. and Hosseini, S.B., 2014. The effects of drought and salinity stress on the phenolic compounds thyme (*Thymus vulgaris* L.). Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants, 2(4): 50-61.
- Silva Junior, A.A., 2003. Essentia Herba: Plantas Bioativas. Florianópolis, Epagri, 559p.
- Tahkorpi, M., 2010. Anthocyanins under drought and drought related stresses in Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Academic Dissertation to be Presented with the Assent of the Faculty of Science of the University of Oulu, 46p.
- Wanger, G.J., 1979. Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin's in protoplast. Plant Physiology, 64: 88-93.
- Watkinson, J.I., Hendricks, L., Sioson, A.A., Vasquez-Robinet, C., Verlyn, S., Heath, L.S., Schuler, M., Bohnert, H.J., Bonierbale, M. and Grene, R., 2006. Accessions of *Solanum tuberosum* spp. *andigena* show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. Plant Science, 171(6): 745-758.
- Weaam, R.A., Sakr, H.M., Elbagoury, M., Sidky, A. and Ali, S.A., 2014. Production of organic roselle by natural minerals and biofertilizers. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 14(10): 985-995.
- Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J. and Massomi, A., 2012. Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and radical scavenging activities in different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in hydroponic conditions. Journal of science and technology Greenhouse Culture, 12: 56-76.

seedlings growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Experimental Botany, 51: 1843-1849.
- Mailer, R.J. and Cornish, P.S., 1987. Effects of water stress on glucosinolate and oil concentration in the seeds of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*Brassica rapa* L.). Canadian Journal of Plant Science, 70: 399-407.
- Mohamad, O., Mohd, N.B., Abdul Rahman, M. and Herman, S., 2002. Roselle: A new crop in Malaysia. Bio Malaysia: A grand international biotechnology event. Bulletin PGM. Kuala Lumpur.
- Morton, J.F., 1987. Fruits of Warm Climates. Technology & Engineering, 505p.
- Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A., Hemmat, A. and Afyni, M., 2000. Soil compactibility as affect by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil and Tillage Research, 55: 87-97.
- Mukhtar, M.A., 2007. The effect of feeding Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed on broiler chick`s performance. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2(13): 21-23.
- Nabila, Y.N. and Aly, M.S., 2002. Variations in productivity of (*Hibiscus sabdariffa* L.) in response to some agricultural supplementation. Annals of Agricultural Science, 47(3): 875-892.
- Olaleye, M.T., 2007. Cytotoxicity and antibacterial activity of methanolic extract of *Hibiscus sabdariffa*. Journal of Medicinal Plants Research, 1(1): 9-13.
- Parsa Motlagh, B., Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R. and Azami Sardooei, Z., 2016. Studying of ecophysiological, morphological, phytochemical, nutritional and agronomical aspects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant in Jiroft area. Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. 36p.
- Perry, L.M., 1980. Medicinal plants of east and Southeast Asia: Attributed Properties and Uses. MIT Press, Cambridge, 620p.
- Pidavos, Z. and Heidari, R., 2013. The effect of drought stress on activity antioxidant and total

Phytochemical characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different fertilizer systems and irrigation water

B. Parsa Motlagh[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], R. Ghorbani[3] and Z. Azami Sardooei[4]

1- Ph.D. graduated of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2*- Corresponding author, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
E-mail: rezvani@um.ac.ir
3- Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

Received: November 2016 Revised: March 2017 Accepted: April 2017

Abstract

In order to evaluate the effects of different fertilizer systems and irrigation water on some phytochemical characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), a field experiment was conducted at the University of Jiroft during 2013 and 2014. The study was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications. Three irrigation levels (100%, 80% and 60% of crop water requirement) were assigned as main plot factor. Four fertilizers including mycorrhiza, vermicompost, cow manure, and chemical fertilizer (NPK) were allocated as sub plot factor. The results indicated that fertilizer treatments and different irrigation water levels had significant effect on total phenol, anthocyanin, acidity of calyx, seed protein and seed oil. The highest and lowest anthocyanin (3.05 and 2.78 $ml.gr^{-1}$), total phenol (12.52 and 12.90 $ml.gr^{-1}$) and acidity of calyx (0.81 and 0.87 gr.100 gr dry weight) belonged to vermicompost and cow manure. Also, 60% and 100% crop water requirement produced the highest and lowest anthocyanin (3 and 2.19 $ml.gr^{-1}$), total phenol (13.04 and 10.81 $ml.gr^{-1}$) and seed protein (20.90% and 20.01%). Furthermore, the interaction effect of fertilizer systems and irrigation levels had a significant effect on anthocyanin content. The interaction effect of irrigation levels and year had a significant effect on oil seed. Vitamin C was not affected by experimental treatments.

Keywords: Mycorrhiza, vermicompost, total phenol, anthocyanin, vitamin C.