

بررسی کودهای آلی، شیمیایی، زیستی بر نیاز حرارتی، مراحل نموی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری

بهاره پارسا مطلق^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - رضا قربانی^۳ - ذبیح اله اعظمی ساردویی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی کودهای آلی، شیمیایی، زیستی بر نیاز حرارتی، مراحل نموی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت، به صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح آب آبیاری در سه سطح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان عامل کرت‌های افقی و منبع تغذیه‌ای گیاه در ۵ سطح (کود زیستی مایکوریزا، ورمی کمپوست، کود گاوی، کود شیمیایی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) و تیمار شاهد) به‌عنوان عامل کرت‌های عمودی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که درجه روز رشد سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای، بسیار مشابه بود، این‌طور به‌نظر می‌رسد آغاز گل‌دهی گیاه چای ترش بیشتر تحت تأثیر فتوپریودیسم بوده و میزان آب قابل دسترس گیاه و تغذیه‌ی آن تأثیر بسیار اندکی داشته است. همچنین اثر سطوح مختلف آب آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای بر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک معنی‌دار بود. بیشترین شاخص دوام سطح برگ در سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و منبع تغذیه‌ای کود گاوی و ورمی کمپوست مشاهده شد. بیشترین عملکرد کاسبرگ خشک (۱۲۱۷ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و منبع تغذیه‌ای کود گاوی و کمترین آن در تیمار شاهد در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۴۹۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. با توجه به شرایط خاکی و اقلیم منطقه مورد مطالعه، استفاده از تیمارهای کود گاوی یا ورمی کمپوست در کنار میزان آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌منظور رشد گیاه چای ترش مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، درجه روز رشد، صفات مهم زراعی، مایکوریزا

مقدمه

کاسبرگ برای تهیه نوشیدنی، سالاد، زله، طعم دهنده و رنگ طبیعی مواد خوراکی و صنایع آرایشی و از برگ‌های جوان و ساقه‌های نازک بصورت تازه خوری و یا پخته شده با ترکیب سبزیجات مختلف (۱۳ و ۲۸)، از دانه‌ها به‌عنوان جایگزین قهوه (۸) و روغن دانه در التیام زخم‌ها موثر است (۲۸). در برخی کشورها از دانه گیاه چای ترش برای تولید روغن خوراکی و از کنجاله آن برای تغذیه طیور استفاده می‌شود (۳). همچنین اثرات کاهش دهنده فشار خون، تب، کلسترول (۹)، ضد انگلی و ضد باکتریایی آنتی اسپاسمودیک این گیاه گزارش شده است (۷، ۱۴ و ۱۷).

تنش رطوبتی گیاه را وادار به واکنش‌های مختلف مورفولوژیکی مانند کاهش سطح برگ، خاردار شدن، خزان زودرس، کاهش اندام‌های هوایی، افزایش رشد ریشه، واکنش‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در سرعت رشد، تجمع آنتی اکسیدان، مواد محلول و فعالیت ژن‌های خاص می‌کند (۱۸). از

چای ترش با نام علمی (*Hibiscus sabdariffa* L.) از زمان‌های گذشته در طب سنتی مورد استفاده بوده است گیاهی یک یا دوساله که در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر کشت می‌شود، کشت این گیاه در بخش‌هایی از قاره آفریقا، آسیا، آمریکا و استرالیا گزارش شده است (۲۱). از نظر اکولوژیکی گیاهی روزکوتاه، خودگشن و به شرایط آب و هوایی سرما و یخبندان، حساس است (۱۰). از قسمت‌های مختلف این گیاه می‌توان استفاده کرد به‌طوریکه از

۱- دکتری اگرواکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت

۲ و ۳- استادان دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir)

۴- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر رشد و نمو گیاه مؤثر است لذا استفاده از درجه حرارت برای تخمین طول دوره کاشت تا برداشت محصول توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (۱۹ و ۳۶). در حال حاضر باتوجه به اهمیت، مصارف و مقاومت چای ترش به تنش رطوبتی در استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و فارس مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. این مطالعه به منظور تاثیر کودهای آلی، شیمیایی، زیستی و سطوح مختلف آب آبیاری بر نیاز حرارتی، مراحل نمو، برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش در منطقه جیرفت انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت واقع در عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۵۰ متری از سطح دریا اجرا گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک محل آزمایش شنی-لومی بود. خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش و میزان متوسط بارندگی، حداقل و حداکثر دما به صورت ماهانه در سال مورد تحقیق بترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است (۲۹).

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مقادیر آب آبیاری در سه سطح: ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه به‌عنوان عامل افقی و منبع تغذیه گیاه شامل ۵ سطح: کود زیستی مایکوپریزا، ورمی کمپوست، کود گاوی و کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و تیمار شاهد به‌عنوان عامل عمودی مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت به طول ۴ متر، فاصله بین خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. عملیات شخم و آماده سازی زمین در پاییز سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. کشت در تاریخ ۱۵ اردیبهشت، به صورت کپه‌ای انجام شد. طی فصل رشد به دفعات لازم وجین دستی انجام شد. بر اساس 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) به صورت سرک در سه نوبت بترتیب ۱/۳ همزمان با کاشت، ۱/۳ در مرحله رویشی و ۱/۳ در مرحله گل‌دهی مورد استفاده قرار گرفتند. عنصر نیتروژن به‌عنوان معیار تعیین مقدار کود گاوی و ورمی کمپوست مورد نیاز جهت تأمین نیاز غذایی گیاه، انتخاب شد. بدین ترتیب ۷۳۶۰ و ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گاوی و ورمی کمپوست محاسبه و به تیمارهای مورد نظر اضافه شد. میزان برخی عناصر غذایی کود گاوی پوسیده شده و کود ورمی کمپوست در جدول ۳ نشان داده شده است.

طرفی 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 کمیت و کیفیت بالا، شناخت تأثیر تغییرات عوامل اقلیمی، ویژگی‌های اکولوژیکی و زراعی بر گیاهان دارویی و بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای لازم و ضروری است (۲۲ و ۲۴). به منظور کاهش اثرات سوء مصرف نهاده‌های شیمیایی، می‌توان کودهای زیستی را جایگزین کودهای شیمیایی از جمله کود حیوانی، کمپوست و کود سبز نمود (۱۶). با توجه به اثرات مفید کاربرد کودهای آلی و زیستی در اکوسیستم‌های گیاهان زراعی و دارویی، افزایش رشد رویشی، بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاهان نخود (*Cicer arietinum* L.) (۲۷)، لوبیا (*Abelmoschus esculentus* L.) (۲۸)، بامیه (*Phaseolus vulgaris* L.) (۲۹)، ذرت (*Zea mays* L.) (۳۴)، کرچک (*Ricinus communis* L.) (۳۵) و چای ترش (۱، ۱۵ و ۲۰)، گزارش شده است.

عواملی که جهت تعیین چگونگی رشد اجزای عملکرد استفاده می‌شود، شاخص‌های رشد نامیده شده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۲۵ و ۲۶). جهت آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ^۱ و وزن خشک الزامی است و سایر شاخص‌های رشد از طریق محاسبه به‌دست خواهد آمد. آنالیز رشد را می‌توان براساس تک بوته و در سطح معینی از زمین انجام داد (۳۳ و ۳۶). تولید و تجمع ماده خشک^۲ می‌تواند با دو شاخص مهم سرعت رشد محصول^۳ و سرعت رشد نسبی^۴ که از شاخص‌های مهم مورد استفاده در تجزیه و تحلیل رشد گیاه هستند، مطالعه گردد. سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد که به‌طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان زراعی بکار برده می‌شود. سرعت رشد محصول به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید را در واحد سطح زمین در زمان مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (۱۲ و ۱۹). سرعت رشد نسبی بیان‌کننده میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه آن در واحد زمان بوده و معمولاً بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود (۲۳). هدف از تعیین و تحلیل شاخص‌های رشد، تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به یک وضعیت محیطی معین است (۳۱). در بسیاری از آزمایشات، شرایط محیطی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در طی سال‌ها و همچنین در یک سال متغیر هستند. بنابراین، برای مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک، تحلیل‌های رشدی باید از تغییرات محیطی کاملاً مستقل باشند. درجه حرارت

1 - Leaf Area Index

2 - Total Dry Matter

3- Crop Growth Rate

4- Relative Growth Rate

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش ۱۳۹۲-۹۳

Table 1- Chemical characteristics of studied experimental soil site in 2013-2014

سال	پتاسیم قابل دسترس Available Potassium (ppm)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (ppm)	ماده آلی matter Organic (%)	نیترژن Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی EC(dS/m ⁻¹)	اسیدیته pH
سال ۱۳۹۳ 2014	210	25.2	0.5	0.07	2.1	7.4

جدول ۲- متوسط حداقل دما، حداکثر دما و میزان بارندگی مکان مورد آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳

Table 2- Annual rainfall, averages maximum and minimum temperatures in experiment location during 2011-2014

سال year	حداقل دما Tmin (°C)	حداکثر دما Tmax (°C)	بارندگی Rainfall (mm)
2011	16.56	33.62	59.9
2012	17.55	33.49	107.8
2013	16.77	32.48	231.0
2014	15.55	36.2	153.1

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کود گاوی و ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Chemical characteristics of Cow manure and Vermicompost used in the experiment

	پتاسیم قابل دسترس Available Potassium (%)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (%)	ماده آلی Organic (%) matter	نیترژن Total nitrogen (%)	هدایت لکتریکی EC(dS/m ⁻¹)	اسیدیته pH
کود گاوی Cow manure	0.72	0.2	10.2	1.25	9.6	7.5
ورمی کمپوست Vermicompost	1.1	0.8	14.2	0.92	7.3	6.3

انجام شد. به منظور ثبت مراحل فنولوژیکی گیاه چای ترش و محاسبه شاخص درجه روز رشد، یک سوم سطح هر کرت، برای اندازه‌گیری صفات رشدی گیاه، طی فصل رشد در نظر گرفته شد. برای تعیین مراحل فنولوژی گیاه، مراحل مختلف نمو تحت عنوان مرحله جوانه‌زنی، سبز شدن، رشد رویشی، ابتدای گل‌دهی (۱۰ درصد)، انتهای گل‌دهی (۱۰۰ درصد)، ریزش برگها و رسیدگی فیزیولوژیکی (برداشت گیاه) و هر مرحله با قرار گرفتن ۵۰ درصد از گیاهان تحت هر تیمار در آن مرحله ثبت شد (۱۱). شاخص حرارتی^۱ (GDD) با استفاده از رابطه (۱) و آمار اداره هواشناسی منطقه برای هر مرحله رشد گیاه تعیین شد.

$$\text{GDD} = \Sigma[(T_{\min} + T_{\max})/2] - T_b \quad (\text{رابطه ۱})$$

T_{\max} حداکثر درجه حرارت روزانه، T_{\min} حداقل درجه حرارت روزانه و T_b درجه حرارت جوانه‌زنی پایه می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، نمونه‌گیری‌ها از ۳۰ روز

قارچ مایکوریزا (اسپور مخلوط با خاک) به میزان ۵۰ گرم هم‌زمان با کاشت زیر بستر بذر قرار داده شد. گونه‌ی قارچ میکوریزا 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 گیاه توسط نرم‌افزار AGWAT با استفاده از پارامترهای شوری (ضریب حساسیت، شوری حد آستانه و شیب کاهش عملکرد)، مشخصات گیاهی (ارتفاع و حداکثر عمق ریشه)، ضرایب گیاهی (ابتداء، میانه و انتهای فصل رشد)، خصوصیات و طول دوره رشدی گیاه محاسبه سپس تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه تعیین و آب آبیاری در هر دور آبیاری توسط کنتور ثبت شد (۲). بر این اساس میزان ۹۱۰۰ مترمکعب بر هکتار نیاز آبی ۱۰۰ درصد و ۷۲۸۰ و ۵۴۶۰ متر مکعب بر هکتار بترتیب برای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه محاسبه شد. سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای با کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۱ مترمکعب و مستقل برای هر کدام از تیمارها استفاده شد. برداشت گیاهان در یک مرحله و در تاریخ ۱۰ آذر

که در آن Y شاخص سطح برگ، b حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d ضرایب معادله و t تعداد روز پس از سبز شدن است.

برازش تابع سیگموئیدی (رابطه ۳) برای تغییرات تجمع ماده خشک (TDM) با واحد گرم در متر مربع ($g.m^{-2}$):

$$Y = \frac{a}{1+b.e^{(-ct)}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن که در آن Y ماده خشک با واحد گرم در متر مربع ($g.m^{-2}$)، a حداکثر ماده خشک تولید شده، c میانگین سرعت رشد نسبی، b ضریب معادله و t تعداد روز پس از سبز شدن است.

محاسبه مشتق اول معادله ۳ برای محاسبه سرعت رشد محصول (CGR) با واحد گرم در متر مربع در روز ($g.m^{-2}.d^{-1}$):

$$\frac{dY}{dt} = \frac{a.b.c.e^{(-ct)}}{(1+b.e^{(-ct)})^2} \quad (\text{رابطه ۴})$$

پس از سبز شدن، هر ۳۰ روز یک بار انجام شد. در هر نمونه برداری، گیاهان به طور تصادفی برداشت و پس از جدا کردن برگ‌ها، سطح برگ آن‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری و سپس همراه با دیگر اجزای گیاهی برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفتند. وزن نمونه‌ها پس از خشک شدن توسط ترازوی دیجیتالی ثبت شد. برای نشان دادن روند تغییرات تجمع ماده خشک (DMA)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CG R) و سرعت رشد نسبی (RGR) محصول در طول دوره رشد، وزن خشک و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد و با استفاده از روابط ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ نمودارهای مربوطه برازش داده شدند که به قرار زیر می‌باشند: برازش تابع لجستیک پیک برای تغییرات روزانه شاخص سطح برگ:

$$Y = \frac{a+b.4.(e^{(-(t-c)/d)})}{(1+e^{(-(t-c)/d)})^2} \quad (\text{رابطه ۲})$$

جدول ۴- مقایسه مراحل فنولوژیک گیاه چای ترش تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه‌ای در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی سال ۱۳۹۳-۹۴

Table 4- The comparison of phenological stage of Roselle by different fertilizer resource and 100% irrigation in 2014-2015

مراحل فنولوژیک Phenological stages	منابع مختلف تغذیه‌ای fertilizer resources	زمان شروع و پایان begin-end	دوره رشد Growth period (day)	درجه روز رشد GDD
کاشت - سبز شدن Sowing - emergence	Control	May- 10 – 15	5	148.6
	mycorrhiza	May- 10 – 15	5	148.6
	chemical fertilizer	May- 10 – 15	5	148.6
	vermicompost	May- 10 – 15	5	148.6
	cow manure	May- 10 – 15	5	148.6
سبز شدن-ابتدای گل‌دهی (دوره رویشی) Emergence-beginning of flowering	Control	May 15 –September 27	135	3913.3
	mycorrhiza	May 15 –September 27	135	3913.3
	chemical fertilizer	May 15 –September 27	135	3913.3
	vermicompost	May 15 –September 27	135	3913.3
	cow manure	May 15 –September 27	135	3913.3
ابتدا- انتهای گل‌دهی Anthesis beginning - end of anthesis	Control	September 27 -October 4	7	183.0
	mycorrhiza	September 27 -October 4	7	183.0
	chemical fertilizer	September 27 -October 4	7	183.0
	vermicompost	September 27 -October 4	7	183.0
	cow manure	September 27 -October 4	7	183.0
انتهای گل‌دهی - ریزش برگ‌ها End of Anthesis - leaves falling	Control	October 4-November 11	38	730.1
	mycorrhiza	October 4-November 11	38	730.1
	chemical fertilizer	October 4-November 11	38	730.1
	vermicompost	October 4-November 11	38	730.1
	cow manure	October 4-November 11	38	730.1
ریزش برگ‌ها- رسیدگی فیزیولوژیک Leaves Falling- maturity	Control	November 11-December 1	19	253.6
	mycorrhiza	November 11-December 1	19	253.6
	chemical fertilizer	November 11-December 1	19	253.6
	vermicompost	November 11-December 1	19	253.6
	cow manure	November 11-December 1	19	253.6

جدول ۵- مقایسه مراحل فنولوژیک گیاه چای ترش تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه‌ای در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی سال ۱۳۹۳-۹۴
Table 5- The comparison of phenological stage of Roselle by different fertilizer resource and 80% irrigation in 2014-2015

مراحل فنولوژیک Phenological stages	منابع مختلف تغذیه‌ای ی fertilizer resources	زمان شروع و پایان begin-end	دوره رشد Growth period (day)	درجه روز رشد GDD
کاشت - سبز شدن Sowing - emergence	Control	May- 10 – 15	5	148.6
	mycorrhiza	May- 10 – 15	5	148.6
	chemical fertilizer	May- 10 – 15	5	148.6
	vermicompost	May- 10 – 15	5	148.6
	cow manure	May- 10 – 15	5	148.6
سبز شدن - ابتدای گل‌دهی(دوره رویشی) Emergence-beginning of flowering	Control	May 15 –September 27	135	3913.3
	mycorrhiza	May 15 –September 27	135	3913.3
	chemical fertilizer	May 15 –September 27	135	3913.3
	vermicompost	May 15 –September 27	135	3913.3
	cow manure	May 15 –September 27	135	3913.3
ابتدا - انتهای گل‌دهی Anthesis beginning - end of anthesis	Control	September 27 -October 4	7	183.0
	mycorrhiza	September 27 -October 4	7	183.0
	chemical fertilizer	September 27 -October 4	7	183.0
	vermicompost	September 27 -October 4	7	183.0
	cow manure	September 27 -October 4	7	183.0
انتهای گل‌دهی - ریزش برگ‌ها End of Anthesis - leaves falling	Control	October 4-November 7	34	689.0
	mycorrhiza	October 4-November 11	38	730.1
	chemical fertilizer	October 4-November 11	38	730.1
	vermicompost	October 4-November 11	38	730.1
	cow manure	October 4-November 13	40	752.0
ریزش برگ‌ها - رسیدگی فیزیولوژیک Leaves Falling- maturity	Control	November 7-December 1	23	294.7
	mycorrhiza	November 11-December 1	19	253.6
	chemical fertilizer	November 11-December 1	19	253.6
	vermicompost	November 11-December 1	19	253.6
	cow manure	November 13-December 1	17	231.7

مختلف تغذیه‌ای بسیار مشابه بود (جدول ۴، ۵ و ۶). در مراحل اولیه رشد (جوانه زنی و مرحله رویشی) نیاز حرارتی گیاه در همه تیمارها کاملاً یکسان بود. البته در مراحل پس از گل‌دهی تفاوت‌هایی جزئی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد، این امر نشان از آن دارد که منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری تأثیر چندانی بر درجه روز رشد گیاه نداشتند.

گیاه چای ترش، گیاهی روز کوتاه بوده و گل‌دهی آن بیشتر با رسیدن به روزهای کوتاه تحریک می‌شود. این گیاه طی ماه‌های اول رشد برای جلوگیری از گل‌دهی زودرس نیاز به ۱۳ ساعت نور خورشید دارد (۳۰). با توجه به این‌که چای ترش گیاهی روز کوتاه بسیار حساس به تغییرات طول روز است و گل‌دهی وقتی روزها کوتاه‌تر می‌شوند اتفاق می‌افتد، بنابراین تعیین تاریخ کاشت بیشتر تحت تأثیر طول روز، و کمتر تحت تأثیر نیاز رطوبتی قرار می‌گیرد (۸).

و محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR) با واحد گرم بر گرم در روز ($g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$) با استفاده از مقدار ماده خشک و سرعت رشد محصول:

$$RGR = TDM \left(\frac{1}{CGR} \right) \quad (\text{رابطه ۵})$$

دوام سطح برگ ($m^2 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$)، ترسیم منحنی LAI نسبت به زمان است و برای محاسبه دوام سطح برگ از رابطه ۶ استفاده شد.

$$LAD = \frac{(LAI_1 + LAI_2) \times (t_2 - t_1)}{2} \quad (\text{رابطه ۶})$$

در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.5، مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. شکل‌ها نیز توسط نرم افزار Excel و Sigma plot Ver. 12.5 رسم گردید.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژی گیاه بر اساس درجه روز رشد (GDD)

درجه روز رشد در تیمارهای سطوح مختلف آب آبیاری و منابع

جدول ۶- مقایسه مراحل فنولوژیک گیاه چای ترش تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه‌ای در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی سال ۱۳۹۳-۹۴

Table 6- The comparison of phenological stage of Roselle by different fertilizer resource and 60% irrigation 2014-2015

مراحل فنولوژیک Phenological stages	منابع مختلف تغذیه‌ای fertilizer resources	زمان شروع و پایان begin-end	دوره رشد Growth period (day)	درجه روز رشد GDD
کاشت تا سبز شدن Sowing - emergence	Control	May- 10 – 15	5	148.6
	mycorrhiza	May- 10 – 15	5	148.6
	chemical fertilizer	May- 10 – 15	5	148.6
	vermicompost	May- 10 – 15	5	148.6
	cow manure	May- 10 – 15	5	148.6
سبز شدن - ابتدای گل‌دهی (دوره رویشی) Emergence-beginning of flowering	Control	May 15 –September 27	158	4451.0
	mycorrhiza	May 15 –September 27	158	4451.0
	chemical fertilizer	May 15 –September 27	158	4451.0
	vermicompost	May 15 –September 27	135	3913.3
	cow manure	May 15 –September 27	13	3913.3
ابتدا - انتهای گل‌دهی Anthesis beginning - end of anthesis	Control	September 27 -October 4	6	124.3
	mycorrhiza	September 27 -October 4	6	124.3
	chemical fertilizer	September 27 -October 4	6	124.3
	vermicompost	September 27 -October 4	7	183.0
	cow manure	September 27 -October 4	7	183.0
انتهای گل‌دهی - ریزش برگ‌ها End of Anthesis - leaves falling	Control	October 4-November 11	11	199.9
	mycorrhiza	October 4-November 11	11	199.9
	chemical fertilizer	October 4-November 11	11	199.9
	vermicompost	October 4-November 11	38	730.1
	cow manure	October 4-November 12	41	764.1
ریزش برگ‌ها - رسیدگی فیزیولوژیک Leaves Falling- maturity	Control	November 11-December 1	19	237.4
	mycorrhiza	November 11-December 1	19	237.4
	chemical fertilizer	November 11-December 1	19	237.4
	vermicompost	November 11-December 1	19	253.6
	cow manure	November 11-December 1	16	219.6

شاخص سطح برگ (LAI)

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر منابع مختلف تغذیه‌ای (p < ۰/۰۱)، سطوح آبیاری (p < ۰/۰۱) بر LAI در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین LAI در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه متعلق به تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست بود و کمترین LAI به تیمارهای مایکوریزا و شاهد تعلق داشت (جدول ۸). به نظر می‌رسد با توجه به سبک بودن خاک مزرعه و همچنین دمای بالای هوا در منطقه (جدول ۱ و ۲) طی مرحله رویشی گیاه، استفاده از هر عاملی که امکان نگهداری آب در خاک را فراهم آورد توانسته باعث بالا رفتن محتوای رطوبتی خاک شده و در نتیجه منشأ اثرات مثبت در رشد گیاه و از جمله LAI گیاه باشد، که به نظر می‌رسد کود گاوی و ورمی کمپوست توانسته‌اند در این راستا مطلوب عمل نمایند. نکته قابل توجه تأثیر اندک استفاده از مایکوریزا در خاک بر روند LAI بود، به طوری که روند تغییرات شاخص سطح برگ در گیاهان تحت تیمار مایکوریزا به‌طور تقریبی برابر با روند تغییرات LAI در تیمار شاهد بود. دمای بالای هوا در

منطقه مورد مطالعه و همچنین خاک سبک و فقیر از مواد آلی، عواملی هستند که می‌توانند بر محتوای آب خاک اثر گذار باشند. در این شرایط مقدار آب آبیاری می‌تواند نقش بسیار مهمی در تأمین رطوبت مورد نیاز و در نتیجه رشد و نمو گیاه ایفا کند. علاوه بر این، وجود مواد آلی مانند کود گاوی در خاک می‌تواند باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک شود که نتایج این آزمایش بر این امر اشاره داشت. از آنجایی که حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی حادث می‌شود (۵ و ۲۵)، هر اندازه سطح برگ گیاه در این موقع بیشتر باشد به همان اندازه نیز گیاه قادر به استفاده بهتر و بیشتر از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی بیشتری پیدا می‌کند (۳۴). در بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد، عملکرد کمی و کیفی کاسبرگ چای ترش در نیجریه، بترتیب شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با کودهای تلفیقی (کمپوست به همراه کودهای شیمیایی)، کود شیمیایی و کمپوست بیشتر بود (۱). در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از کودهای آلی سبب شد تا کلیه خصوصیات رشدی گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) از جمله شاخص سطح برگ افزایش یافت (۴).

جدول ۷- میانگین مربعات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک محصول در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه چای ترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری

Table 7- Means of squares of LAI, TDM in growth, flowering and maturity stages of Roselle by fertilizer resources and levels of irrigation

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ Leaf area index			تجمع ماده خشک Total dry matter		
		مرحله رویشی Growth stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله رسیدگی فیزیولوژیک Maturity stage	رشد رویشی Growth stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله رسیدگی فیزیولوژیک Maturity stage
تکرار Replication	2	0.36ns	0.27ns	0.02ns	5912ns	32629*	15401*
آبیاری Irrigation	2	0.99**	1.31**	0.42**	56259**	125904**	270970**
خطا Error	4	0.01	0.13	0.01	1369	9449	13965
منابع تغذیه‌ای Fertilizer resource	4	0.42**	0.29ns	1.05**	68565**	130539**	440533**
خطا Error	8	0.27	0.07	0.04	1981	3336	10098
آبیاری × منابع تغذیه‌ای Fertilizer resource × Irrigation	8	0.10ns	0.07ns	0.029ns	1595ns	4273ns	5840ns
خطای کل Error	16	0.056	0.14	0.027	1259	6499	4330
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		6.68	8.04	11.82	6.33	7.55	6.4

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
* and **: Significant at %5, %1 level of probability, respectively. ns = not significant

تجمع ماده خشک (TDM)

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر منابع مختلف تغذیه‌ای (p ≤ 0/01)، سطوح آبیاری (p ≤ 0/01) بر TDM در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه معنی‌دار شد (جدول ۷). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که TDM در تیمارهای کود گاوی و ورمی‌کمپوست در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه بیشترین مقدار بود و کمترین آن به تیمارهای میکوریزا و شاهد تعلق داشت (جدول ۸). با توجه به نتایج حاصل از روند شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، روند تجمع ماده خشک قابل انتظار بود و تیمارهای ذکر شده در این شاخص‌ها نیز بیشترین مقادیر را در طول فصل رشد به خود اختصاص دادند. تولید بیشتر برگ و همچنین دوام آن در گیاه جذب بهتر نور خورشید و در نتیجه فتوسنتز و ساخت مواد را به همراه دارد و از این رو بود که

تغییرات این شاخص‌ها با روند تجمع ماده خشک در گیاهان تحت منابع مختلف تغذیه‌ای همخوانی داشتند (جدول ۸ و شکل ۱). افزایش ماده خشک گیاهان نخود (۲۷) لوبیا، بامیه و ذرت (۳۴) و چای ترش (۱۵) توسط محققین گزارش شده بود. سرمدنیا و کوچکی (۳۳) شاخص سطح برگ را بهترین معیار بمنظور تعیین ظرفیت تولید ماده خشک عنوان کردند. چون گیاهان تحت تیمار کودی دامی و ورمی‌کمپوست دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند، لذا همین تیمارها دارای بیشترین وزن خشک نیز بودند. مقدار تجمع ماده خشک در گیاهان تحت سطوح مختلف آب آبیاری نشان داد افزایش مقدار آب آبیاری منجر به افزایش مقدار تجمع ماده خشک در محصول شد، بیشترین میزان تجمع ماده خشک به ترتیب در سطوح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک محصول در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه چای ترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری

Table 8- Means comparison of LAI, TDM in growth, flowering and maturity stages of Roselle by fertilizer resources and levels of irrigation

		شاخص سطح برگ Leaf area index			تجمع ماده خشک Total dry matter (g/m ²)		
		رشد رویشی Growth stage	گل‌دهی Flowering stage	رسیدگی فیزیولوژیک Maturity stage	رشد رویشی Growth stage	گل‌دهی Flowering stage	رسیدگی فیزیولوژیک Maturity stage
منبع تغذیه‌ای fertilizer resources	Control	3.24c	4.58b	0.95d	453d	907d	792c
	mycorrhiza	3.39bc	4.5b	1.14c	486d	994c	881c
	chemical	3.61ab	4.6ab	1.46b	550c	1089b	1098b
	vermicompost cow manure	3.72a	4.61ab	1.55b	582b	1127b	11.56b
		3.76a	4.96a	1.82a	676a	1281a	1259a
سطح آبیاری Water level	100	3.71a	4.91a	1.50a	609a	1149a	1148a
	80	3.66a	4.72a	1.47a	579b	1083b	1069b
	60	3.24b	4.33b	1.19b	491c	968c	886c
شاهد Control	100	3.37cdef	4.71abcd	1.06ghi	509efg	1050cd	850fg
	80	3.29def	4.73abcd	0.97hi	455fgh	903ef	815fg
	60	3.07ef	4.31de	0.83i	395h	767f	563h
مایکوریزا mycorrhiza	100	3.68abcd	4.70abcd	1.16fgh	497efg	1060cd	1038e
	80	3.45bcde	4.61abcd	1.42cdef	512ef	1046cd	856fg
	60	3.04f	4.43bcde	0.85i	449gh	875ef	748g
کود شیمیایی chemical fertilizer	100	3.75abc	4.94abcd	1.48cde	579cd	1161abc	1232bc
	80	3.06abc	4.59abcde	1.64bc	550de	1114bcd	1156cd
	60	3.64abc	4.33cde	1.27efg	467fg	993de	906f
ورمی کمپوست vermicompost	100	3.82ab	4.98abc	1.70abc	651bc	1209ab	1223bc
	80	3.86a	4.55bcde	1.61bcd	603cd	1124bcd	1190c
	60	3.16ef	3.96e	1.35defg	493fg	1050cd	1056de
کود گاوی cow manure	100	3.95a	5.21a	1.94a	730a	1267a	1399a
	80	4.00a	5.05ab	1.86ab	706b	1230ab	1330ab
	60	3.23ef	4.63abcd	1.67abc	591cd	1157abc	1158cd

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD (P ≤ 0.05) اختلاف معنی‌داری ندارند

Means followed by similar letters in each column are not significantly according to LSD test (P ≤ 0.05)

دوام سطح برگ (LAD)

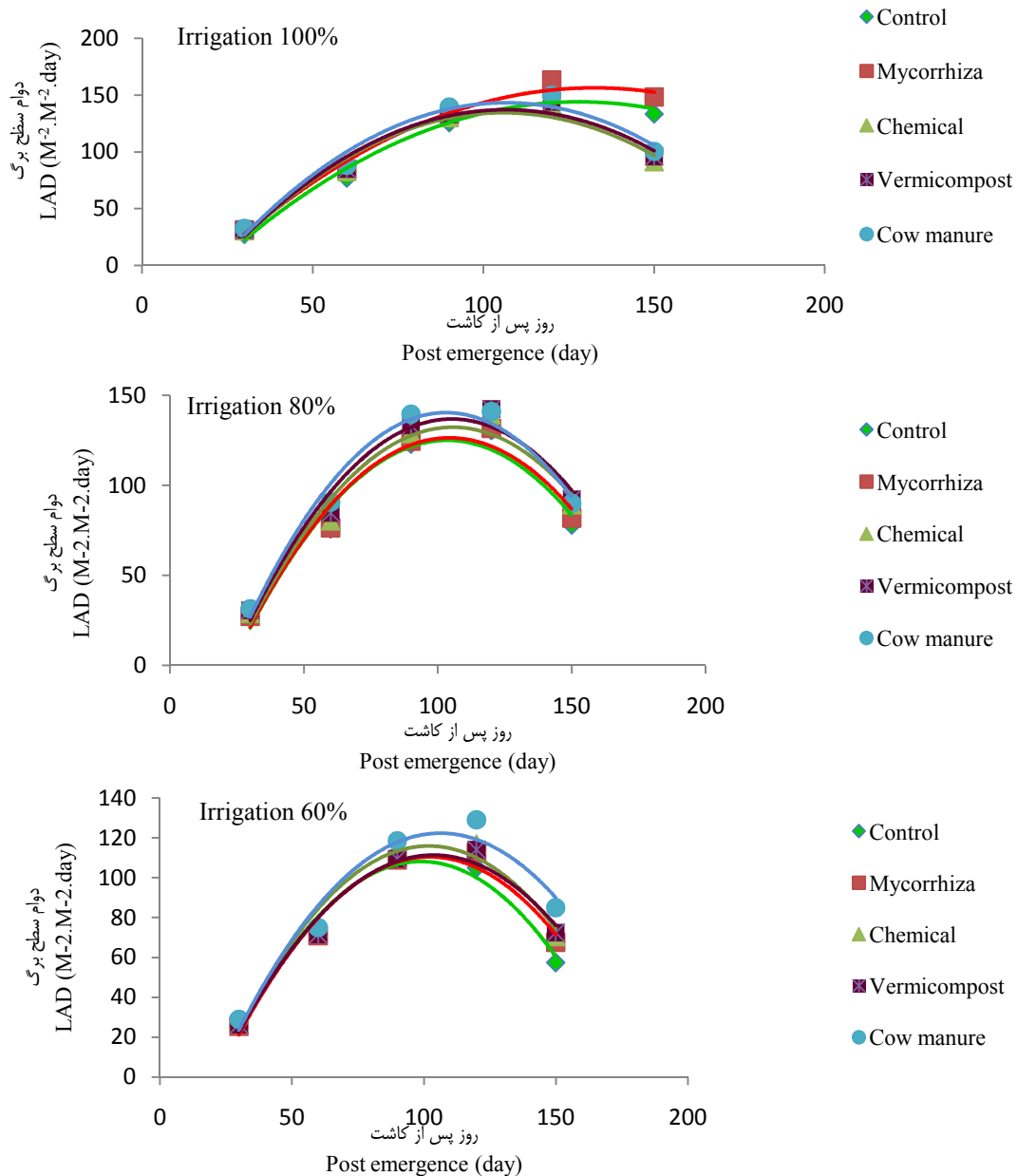
بیشتری را به همراه داشتند. LAD نشان دهنده دوام بافت‌های فتوسنتزی جامعه گیاهی است، هرچه انرژی دریافتی خورشید در مدت زمان بیشتری به گیاه برسد ماده خشک بیشتری نیز تولید خواهد شد. به همین دلیل است که مقایسه منحنی روند تغییرات LAD با منحنی TDM نشان می‌دهد که در گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست، ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها تجمع پیدا کرد (جدول ۸ و شکل ۱).

ارزیابی تأثیر استفاده از کود شیمیایی در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که این تیمار در مقایسه با تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست، در رتبه سوم از نقطه نظر دوام و شاخص سطح برگ قرار گرفت (جدول ۸ و شکل ۱). این در حالی است که استفاده از نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش LAI و همچنین کاهش سرعت پیری برگ‌ها شود. به نظر می‌رسد که محدودیت رطوبت در شرایط این

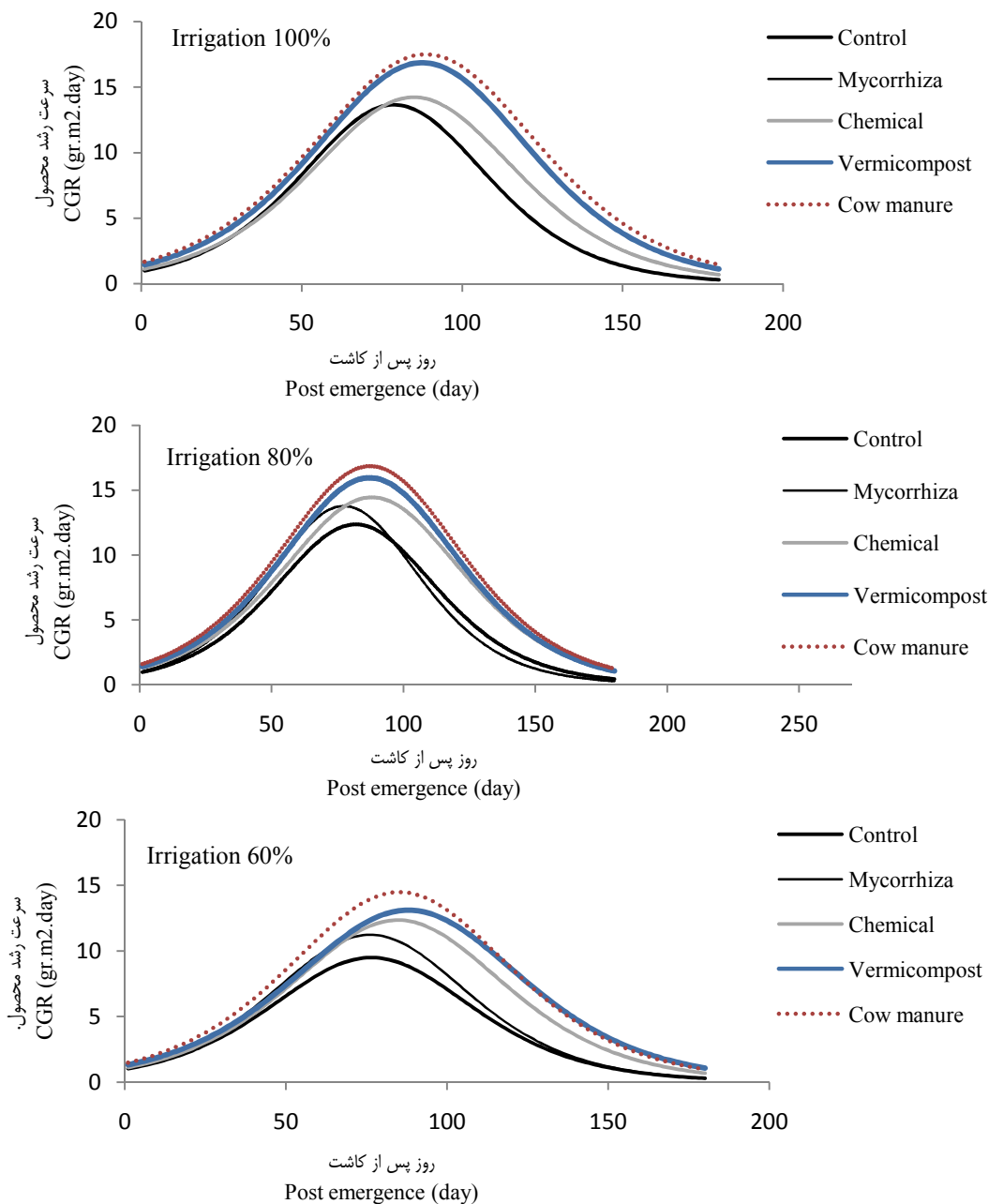
نتایج مربوط به دوام سطح برگ نشان داد که بیشترین LAD در طول دوره رشد گیاه به ترتیب به گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی، ورمی کمپوست و کود شیمیایی تعلق داشت. کمترین دوام سطح برگ نیز در تیمارهای شاهد و مایکوریزا مشاهده شد (شکل ۱). توجه به روند LAD در طی فصل رشد نشان داد که افت LAD در هر سه سطح آبیاری پس از مرحله گل‌دهی (تقریباً ۱۲۰ روز پس از سبز شدن که شاخص سطح برگ به حداکثر خود رسید) در تیمار شاهد و مایکوریزا بیشتر از سایر تیمارها بود. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و نوع خاک سبک مزرعه مورد مطالعه، به نظر می‌رسد که عامل محدود کننده در این شرایط رطوبت بود و به همین دلیل، نتایج نشان داد که تیمارهایی مانند کود گاوی و ورمی کمپوست، علاوه بر تأمین نسبی مواد مغذی گیاه، با افزایش محتوای رطوبت خاک، LAD

سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و بیشتر شدن محدودیت رطوبتی، تیمار کود گاوی افت کمتری را از این نظر نسبت به سایر تیمارها از خود نشان داد (شکل ۱). تسریع در ریزش برگ و پیری گیاه پس از مرحله گل‌دهی در شرایط تنش رطوبتی، می‌تواند منجر به حصول چنین نتایجی شده باشد.

آزمایش منجر به عدم تأثیر استفاده از کود شیمیایی (در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) و آبشویی نیتروژن به دلیل بافت بسیار سبک و شنی منطقه (در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به میزان قابل انتظار روی LAD و LAI شده باشد. دوام سطح برگ در هر سه سطح آبیاری بین تیمارهای مختلف کودی پس از مرحله گل‌دهی کاهش یافت، اما نکته قابل توجه این‌که با کاهش محتوای رطوبت در تیمار



شکل ۱- دوام سطح برگ گیاه چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای
Figure 1- Roselle LAD by levels of irrigation effects and fertilizer resources



شکل ۲- سرعت رشد محصول گیاه ترش تحت تأثیر سطوح آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای
Figure 2- Roselle CGR by and levels of irrigation effects and fertilizer resources

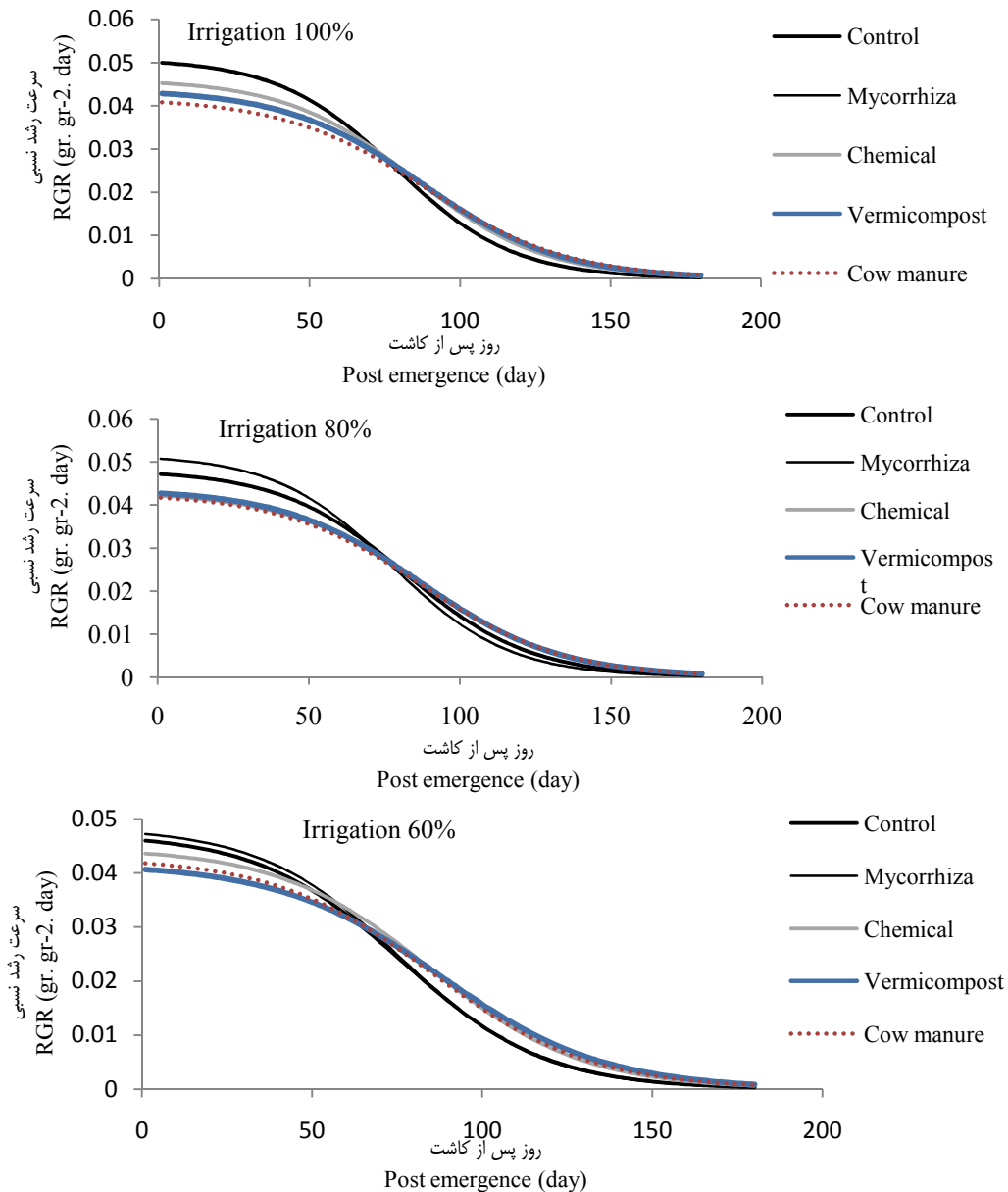
که در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، گیاه دچار تنش رطوبتی شده و به این ترتیب از راندمان تولید آن کاسته شد. به همین دلیل شاخص دوام سطح برگ آن کاهش یافته و در نتیجه جذب کمتر نور خورشید، سرعت رشد محصول نیز در این تیمار با کاهش زیادی همراه بوده و در نهایت تجمع ماده خشک در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به سطح‌های ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه با کاهش قابل توجهی همراه می‌باشد (شکل‌های ۱ و ۲). بررسی روند کاهش CGR از اواسط فصل رشد و نقطه شروع آن در گیاهان تحت منابع مختلف تغذیه‌ای

سرعت رشد محصول (CGR)

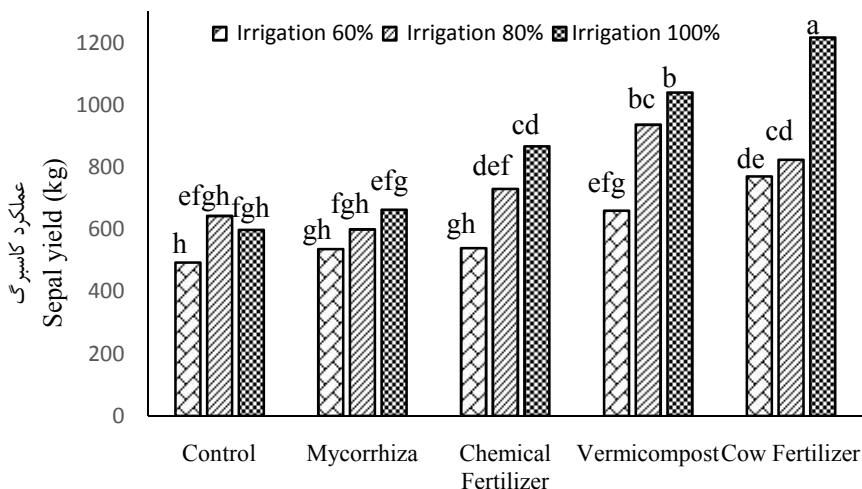
مقایسه بین سطوح مختلف آبیاری و تأثیر آن‌ها بر روند تغییرات CGR نشان داد که بیشترین مقادیر CGR به ترتیب از گیاهان تحت سطوح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، به دست آمد. میزان کاهش سرعت رشد محصول بین سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه چندان قابل توجه نبود، اما این کاهش در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه افت بیشتری داشت. این امر نشان می‌دهد

در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند منجر به کاهش تولید در گیاه و همچنین افزایش هزینه‌های مربوط به نگهداری برگ‌های با کارایی کمتر شود، که این امر در نهایت باعث کاهش سرعت رشد محصول می‌شود. این شرایط احتمالاً در گیاهان تحت تیمارهای شاهد و مایکوریزا تحت شرایط سطح رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، بوجود آمد.

در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که با کاهش محتوای رطوبت خاک، روند کاهشی سرعت رشد محصول در گیاهان تحت تیمارهای شاهد و مایکوریزا، زودتر از تیمارهای دیگر آغاز شد. به این ترتیب که در تیمارهای کود گاوی، ورمی کمپوست و کود شیمیایی از حدود روز ۸۵ پس از سبز شدن و در تیمارهای شاهد و مایکوریزا از روز حدود ۷۵ پس از سبز شدن روند کاهشی سرعت محصول مشاهده شد. ریزش سریع‌تر و همچنین شروع زودتر پیر شدن و زرد شدن برگ‌ها



شکل ۳- شاخص سرعت رشد نسبی گیاه چای ترش تحت تأثیر سطوح آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای
Figure 3- Roselle RGR by levels of irrigation effects and fertilizer resources



شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف تغذیه‌ای × آب آبیاری بر عملکرد کاسبرگ چای ترش
Figure 1- Interaction effect of fertilizer resource × irrigation level on roselle sepal yield

عملکرد کاسبرگ خشک

تجزیه واریانس عملکرد کاسبرگ نشان داد که اثرات ساده سطوح مختلف آب آبیاری ($p \leq 0/01$) و منابع مختلف تغذیه‌ای ($p \leq 0/01$) بر عملکرد کاسبرگ در واحد سطح معنی دار شد. همچنین اثر متقابل منابع مختلف تغذیه‌ای در سطوح مختلف آب آبیاری ($P \leq 0/05$) بر عملکرد کاسبرگ خشک گیاه معنی دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین عملکرد کاسبرگ به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و پس از آن به سطح آبیاری ۸۰ درصد و کمترین عملکرد کاسبرگ به سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی تعلق داشت (شکل ۴). این امر نشان می‌دهد که کاهش میزان آبیاری اثرات منفی را در مرحله زایشی گیاه و در نتیجه تولید کاسبرگ به همراه داشت که موید اهمیت محتوای رطوبت خاک در شرایط آزمایش می‌باشد. در واقع برای تولید در مرحله زایشی، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و زمینه سازی تولید اندام‌های مختلف زایشی از جمله میوه، گل و دانه دارد. تاثیر تنش رطوبتی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد تولیدی در گیاهان شود (۳۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج بررسی مراحل رشد گیاه چای ترش براساس روزهای پس از کاشت در شرایط مزرعه و اقلیم منطقه جیرفت نشان داد که درجه روز رشد سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای، بسیار مشابه بود، این امر نشان از آن دارد که منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف

سرعت رشد نسبی (RGR)

روند تغییرات RGR محصول در گیاهان تحت تیمارهای مختلف کودی در هر سه سطح آبیاری در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود شیب نزولی در تیمارهای کود گاوی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی مشابه یکدیگر می‌باشد. این در حالی است که شیب نزولی در تیمارهای شاهد و میکوریزا شدت بیشتری صورت داشت که نشان دهنده کاهش تولید مواد نسبت به وزن قبلی در واحد زمان است. علاوه بر این مقایسه RGR بین سطوح مختلف آبیاری نشان می‌دهد که این شدت کاهش بسته به محتوای رطوبت خاک در یک زمان از فصل رشد شروع نشده و در گیاهان تحت سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به دو سطح آبیاری دیگر، در زمان زودتری از فصل رشد شروع شد. این امر کاهش شتاب تولید مواد در نتیجه کاهش اندام‌های تولید کننده و همچنین افزایش اندام‌های مصرف کننده در شرایط تنش رطوبتی را نشان می‌دهد. با افزایش سن گیاه بافت‌های ساختمانی که از نظر متابولیسی فعال نبوده و در فتوسنتز نقشی ندارند نیز به گیاه افزوده می‌شوند که به این ترتیب نسبت بافت‌های فعال فتوسنتز کننده نسبت به بافت‌های غیر فعال، کاهش یافته و در نتیجه با افزایش سن گیاه میزان تولید ماده خشک نسبت به ماده خشک قبلی کاهش می‌یابد و به همین دلیل با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی گیاه کاهش پیدا می‌کند (۱۹). کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه توسط سایر محققان نیز مورد تایید قرار گرفته است (۳۲).

کاربرد تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد بر این اساس و با توجه به شرایط خاکی و اقلیمی محل مورد مطالعه، استفاده از تیمارهای کود گاوی یا ورمی کمپوست در کنار میزان آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، جهت صرفه جویی مصرف آب آبیاری که در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت بوده و به منظور تولید عملکرد گیاه چای ترش مناسب می باشد.

آبیاری تأثیر چندانی روی درجه روز رشد گیاه نداشتند. این طور به نظر می رسد آغاز گل دهی گیاه چای ترش بیشتر تحت تأثیر فتوپریودیسم بوده است و میزان آب دسترس گیاه و تغذیه آن تأثیر بسیار اندکی داشته دارد. ارزیابی روند تغییرات شاخص و دوام سطح برگ، روند تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول نیز بر اهمیت و تأثیر بیشتر کود گاوی و ورمی کمپوست تأکید داشتند. در بین گیاهان تحت تیمارهای آزمایشی، بیشترین میزان عملکرد کاسبرگ در نتیجه ی

منابع

- 1- Akanbi W.B., Olaniyan A.B., Togun A.O., Ilupeju A.E.O., and Olaniran O.A. 2009. The Effect of organic and inorganic fertilizer on growth, calyx yield and quality of Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 3(4): 652-657.
- 2- Alizadeh A., and Kamali Gh. 2008. Crop water Requirement in Iran. Astan Quds Razavi. Second edition.
- 3- Al-Wandawi H., Al-Shaikhly K., and Abdul-Rahman M. 1984. Roselle seed a new protein source. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32: 510-512.
- 4- Amin Ghafoori A., Rezvani Moghaddam P., Nassiri Mahallati M., Khorramdel S., and Ebrahimian A. 2013. Evaluation of growth characteristics of castor (*Ricinus communis* L.) by organic fertilizers. Iranian Horticultural Science Congress. September 2013. Hamadan. Bu Ali Sina University. (In Persian)
- 5- Bovetchko S.M., and Tewaris J.P. 1990. Root colonization of different hosts by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*. Journal of Plant and Soil, 129:131-136.
- 6- Dahmarch M., and Heidari H. 2015. Study of Botanical properties and Medicinal purposes of Roselle Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.). The first scientific conference of biology and Iranian Horticultural Science. 6 August 2015. (In Persian)
- 7- D'Heureux-Calix F., and Badrie N. 2004. Consumer acceptance and physicochemical quality of processed red sorrel/roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) sauces from enzymatic extracted calyces. Food service technology journal, 4: 141-148.
- 8- Duke J.A. 1983. Hand book of Energy crops.
- 9- Duke J.A. 1993. Medicinal plants and the pharmaceutical industry. In New Crops, (eds.), Janick, J and Simon, J.E. John Wiley & Sons, Inc., New York, 664-669.
- 10- Duke J.A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research, 17(3):91-110.
- 11- Elizabeth O., Ajibade D., Gabriel A., and Folurunsho A.E. 2013. Phenological Studies of Two Varieties of *Hibiscus cannabinus* Linn in Ile-Ife, South West, Nigeria. Journal of Biology Agriculture and Healthcare, 3(8): 49-57.
- 12- Eslami V. 1994. The effect of climate parameters on dry matter accumulation, seed yield and stem elongation of rained farming wheat (*Triticum Sativum* L.). MSc thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).
- 13- Facciola S. 1990. Cornucopia-A source book of edible plants. Kampong Publications. 1990 ISBN 0-9628087-0- 9.
- 14- Gad N. 2011. Productivity of roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) plant as affected by cobalt and organic fertilizers. Journal of Applied Sciences Research, 7:1785-1792.
- 15- Gendy A.S.H., Said-Al 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 Biofertilizers Treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(5): 1-12.
- 16- Ghosh P.K., Ramesh P., Bandyopadhyay K.K., Tripathi A.K., Hati K.M., Misra A.K., and Acharya C.L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-N.P.K on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. Crop yields and system performance. Bioresource Technology, 95:77-83.
- 17- Heidarian E., and Rafieian-Kopaei M. 2012. Effect of silymarin on liver phosphatidate phosphohydrolase in hyperlipidemic rats. Biological Sciences Research, 9(2): 59-67.
- 18- Hughes S.G., Bryant J.A., and Smirinoff N. 1989. Molecular biology, application to studies of stress tolerance. In: Plants under stress. Hamlyn, G.J., Flowers, T.J., Jonea, M.B. (eds.), New York: Cambridge University Press, 131-135.
- 19- Karimi M.M., and Siddique K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat

- cultivars. Australian Journal of Agriculture Research, 42:13-20.
- 20- Karimian M.A., Mir B., Beidarnameni F., and Koshteh Gar A. 2016. Evaluation of yield and yield component Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in intercropping with bean (*Vigna unguiculata* L.) by manure fertilizer and planting pattern. The Second Congress of Agricultural Sciences and resources, Gorgan, education and research engineering company Barvstr Pars, Teachers University, Golestan, Iran. (In persian).
- 21- Koble L.S. 1968. An Introduction to Botany of Tropical Crops, vol. 2, London, Longman, PP: 95-98.
- 22- Koocheki A.R., Soltani A., and Azizi M. 1997. Plant Ecophysiology (translate). Mashhad ACECR publications. 271 p.
- 23- Koocheki A.R., Nassiri Mahallati M., Khorramdel S., Anvarkhah S., Sabet Teimoori M., and Sanjani S. 2010. Study of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in both intercropping with additive and replacement. Journal of Agroecology, 2(1): 27-36. (In Persian with English Summary).
- 24- Malakooti J. 1996. Sustainable agriculture and yield increase whith fertilizer optimization in Iran, Publication research, education and agricultural extension. p 297.
- 25- Manaffee W.F., and Kloepper J.W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota management in sustainable farming syshoots, Pankburst, C. E. , Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R., and Grace, P. R. (eds.), pp:23-31. CSLRO, pub. East Melbourne: Australia. Management. Soil Science Society of America Journal, 61: 877-883 .
- 26- Menham N.J., Shipway P.A., and Scott R.K.S. 1981. The effects of seed size, autumn nitrogen and plant population density on the response to delayed sowing in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). The Journal of Agricultural Science, 96: 417-428 .
- 27- Mohammadi A., Asghari H.R., and Gholami A. 2013. The effect of mycorrhiza fungi and Phosphorus fertilizer on some of growth indices chickpea (*Cicer arietinum* L.) Hashem Var. Journal of Agroecology, 5 (3): 263-271.
- 28- Morton J.F. 1987. Roselle. In: Fruits of Warm Climates, Florida Flair Books, Miami (Ed), USA, 281-286 .
- 29- Research Station Agricultural Meteorology. 2014. Miandeh, Jiroft, Kerman, Iran.
- 30- Roberts Mc.Ca. 2005. Hibiscus production Manual (*Hibiscus sabdariffa* L.) Herb Research Foundation.
- 31- Russel M.P., Wilhelm W.W., Olson R.A., and Power J.F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science, 24: 28-32.
- 32- Sarhadi M., Zand A., Baghstani M., Meibodi M.A. and Mohtasabi R. 2010. The effect of planting different methods of corn (*Zea mays* L.) to inhibit weed, growth index and corn seed yield. Pajouhesh & Sazandgi Journal, 88: 78 - 86. (In Persian with English Summary).
- 33- Sarmadnia Gh., and Koocheki A. 1989. Crop Physiology. Publications University of Mashhad. p 467.
- 34- Samiran R., Kusum A., Biman K.D., and Ayyanadar A. 2010. Effect of organic amendmets of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and, *Abelmoschus esculentus*. Applied Soil Ecology, 45, 78-84.
- 35- Sharma, R. 2004. Agro-Techniques of MedicinalPlants. Daya Publishing House, Delhi, p 264.
- 36- Siddique K.H.M., Belford R.K., Perry M.W., and Tennant D. 1989. Growth development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean type environment. Australian Journal of Agriculture Research, 40: 473-487.
- 37- Sreevalli Y., Baskaran K., Chandrashekar R., kuikkarni R., Sushil Hasan A., 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. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22: 356-358.



The Study of Organic, Chemical and Biological Fertilizers on Thermal Requirements, Developmental Stages and some of Physiological Indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) by Irrigation Levels

B. Parsa Motlagh¹- P. Rezvani Moghaddam^{2*}- R. Ghorbani³- Z.A. Azami Sardooei⁴

Received: 01-01-2017

Accepted: 29-11-2017

Introduction: Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is an annual or biennial plant cultivated in arid and semiarid regions. This plant is grown in parts of Africa, Asia, America and Australia. This plant is ecologically short day, self-pollinated and sensitive to cold and freezing stress. Studies conducted on the medicinal plants in natural ecosystems suggested that using sustainable agriculture system provides the best conditions for the production of these plants, leading to maximum qualitative and quantitative yield in such conditions. In order to analyze the growth indices, leaf area index (LAI) and total dry matter (TDM) is required. Other indices were calculated from LAI and TDM. Considering the importance of uses and resistant to drought stress of roselle, this plant cultivate in provinces of Kerman and Fars recently. In order to evaluate the effect of organic, chemical and biological fertilizers on thermal requirements, developmental stages and some of physiological indices of roselle by irrigation levels, was conducted in Jiroft area.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of organic, chemical and biological fertilizers on thermal requirements, developmental stages and some of physiological indices of roselle by irrigation levels, an experiment was conducted at Agricultural Research Farm Jiroft of University in 2013-2014 growing season. The experiment was conducted as strip plot based on a randomized complete blocks design with three replications. Three irrigation regimes (100%, 80% and 60% of crop water requirement) were assigned as horizontal factor and four fertilizer resources (mycorrhiza, vermicompost, cow manure and chemical fertilizer (NPK)) were allocated as vertical factor. Plant water requirement was calculated by using salinity parameters (sensitivity coefficient, salinity threshold and gradient of yield reduction), plant characteristics (height and the maximum depth of root), vegetation coefficients (first, middle and end of growth season), characteristics and duration of growth period with AGWAT software. Then, treatments of 80% and 60% of plant water requirements were determined and irrigation water per irrigation period was recorded by the water meter. As drip irrigation system with 0.001 Sq. M. were independently used for each treatment. Traits such as LAI, TDM, LAD, CGR and RGR indices and dry sepal yield were measured. All data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS 9.3 software. When F test indicated statistical significance at $P < 0.01$ or $P < 0.05$, the least significant difference (LSD) was used to separate the means. Figure drawing was done with Excel and Sigmaplot Ver. 12.5

Results and Discussion: The results indicated that roselle is short-day plant and its flowering is stimulated by nearing the short days. Fertilizer resources and irrigation water levels had not significant effect on flowering of plant. Also fertilizer resources and irrigation water levels had significant effect on LAI and TDM. The highest LAD value was found in the cow manure and vermicompost treatments. The highest CGR value was obtained from 100%, 80% and 60% respectively. Growth reduction between irrigation levels 100% and 80% was not significant. Slope decline between irrigation levels (i.e., 100% and 80%) was similar. Slope decline in control and mycorrhizal more than vermicompost, cow manure and chemical fertilizer. Similar results also reported by Gendy et al., (2012) and Samiran et al., (2010). The results showed that the interaction of Fertilizer resource and levels irrigations on the sepal yield was significant. Sepal yield at all three levels of irrigation showed increase in the plants treated with cow manure, vermicompost and chemical compared with mycorrhizal and control treatment. The highest sepal yield ($1217 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) was obtained from 100% crop water requirement cow manure treatment and the lowest sepal yield ($493 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) was obtained at 60% crop water requirement control treatments.

Conclusion: It seems that among the different fertilizer resources, cow manure and vermicompost have a greater impact on soil water holding compared to other sources of fertilizers (mycorrhiza and chemical fertilizer) by increasing soil organic matter. The results of Growth indices analysis, growth degree days and phenology

1 - PhD of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran

2 and 3- Professors, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran

assessment indicated that the most leaf area index and dry matter was observed at flowering stage and the beginning of flowering roselle was under the influence of photoperiod. Due to soil and climatic conditions of the study area, using cow manure or vermicompost with 80% of the irrigation water requirement, roselle plant seems appropriate.

Keywords: Agronomic important traits, Drought stress, Growth Degree Day, Mycorrhiza