نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۴۲۰-۴۱۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 412-420

اثر فواصل آبیاری بر برخی شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

مرتضی گلدانی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

این بررسی به‌منظور اثر فاصله آبیاری بر برخی شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط گلخانه در سال ۱۳۸۹ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل فواصل آبیاری در پنج سطح (۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و۲۰ روز) و عامل دوم شامل دو اکوتیپ ریحان سبز و بنفش بود. نتایج نشان داد که افزایش فاصله آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد سنبله، وزن‌خشک سنبله، سطح برگ، وزن‌خشک برگ، وزن ۱۰۰ دانه و وزن‌خشک اندام هوایی گیاه شد. اکوتیپ ریحان بنفش در مقایسه با اکوتیپ ریحان سبز از نظر صفات فوق، تحمل بهتر و معنی‌داری به تاخیر درآبیاری نشان داد. اثر متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ نشان داد که، بهترین شرایط را از نظر صفات فوق در فاصله آبیاری چهار روز و برای اکوتیپ ریحان بنفش به‌دست آمد. در مطالعه ریشه هر دو اکوتیپ، سطح ریشه، متوسط قطر ریشه، مجموع طول ریشه، حجم ریشه و وزن‌خشک ریشه نیزتحت تاثیر معنی‌دار فواصل آبیاری قرار گرفت. با افزایش فاصله آبیاری سطح ریشه کمتر ولی طول ریشه بیشتر شد. اکوتیپ ریحان بنفش از نظر صفات ریشه مورد بررسی فوق نیز بهتر از اکوتیپ ریحان سبز بود. با وجود آنکه افزایش دور آبیاری منجر به کاهش اندام فتوسنتز کننده و سطح ریشه شد، ولی طول ریشه تا فاصله ۱۶ روز آبیاری افزایش یافت و پس از آن کاهش نشان داد. از سوی دیگر با افزایش فاصله آبیاری محتوای کلروفیل کل و کلروفیل a و b در مقایسه با شاهد کاهش یافت. ازدیاد فاصله آبیاری در این آزمایش باعث افزایش اسید آمینه پرولین در برگ گیاه ریحان گردید.

واژه های کلیدی: اسید آمینه پرولین، اندام‌هوایی، ریشه، کلروفیل کل، کلروفیل a و b

مقدمه

گیاهان دارویی مخازن غنی از مواد موثر و اولیه در ساخت بسیاری از داروها به‌شمار می‌روند(۲). از طرفی، واکنش‌های متابولیکی در گیاهان و تولید متابولیت‌های ثانویه تحت تاثیر عوامل ژنتیکی است. علاوه بر ساختار ژنتیکی، تاثیر عوامل محیطی نیز بر رشد و نمو گیاهان دارویی، همچنین بر کمیت و کیفیت مواد موثر آن‌ها تائید شده است (۳ و ۱۳). برای مثال، در نواحی مرطوب درصد مقادیرآلکالویید برخی از گیاهان دارویی بیشتر از مناطق خشک است که این تا حدود زیادی به جنس و مقدار منابع نیتروژن خاک بستگی دارد، یا بر عکس، مقدار اسانس گیاهان در نقاط خشک، زیادتر است (۲).

ریحان گیاهی است علفی یک‌ساله و معطر که ارتفاع ساقه آن تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگهای آن به‌صورت متقابل بیضوی و نوک تیز با کناره‌های دندانه‌دار می‌باشد. گلهای آن معطر و کوچک به رنگ‌های سفید، قرمز و گاهی بنفش مشاهده می‌شود. بذر آن سیاه و ریز است(۲). برگ ریحان و سرشاخه‌های جوان آن به مصرف تغذیه اسانس می‌رسد. ریحان در ایران و افغانستان به‌طور خودرو می‌روید و در اکثر نقاط دنیا کاشته می‌شود (۲ و ۳).

آب به عنوان جزء اصلی ساختمان گیاهان، رشد و تولید گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.که کمبود آن بیشتر از سایر نهاده‌ها بر کاهش عملکرد اثرمی‌گذارد (۱). نتایج مطالعه اعمال تیمارهای آبیاری، بر مراحل رشد و نمو و بررسی تغییرات کمی وکیفی ترکیبات موجود در اسانس ریحان، در طی دوره‌های رویشی و زایشی گیاه، نشان داد که گیاهان در شرایط تنش رطوبتی در مقایسه با عدم‌تنش از ارتفاع کمتر، برگ‌های کوچک‌تر وتیره‌تر برخوردارند.گل‌دهی دربوته‌های ریحان

۱- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Email: morteza_goldani@yahoo.com)

تحت تیمار تنش‌شدید آبیاری، زودتر رخ داد و مقدار اسانس نیز در این تیمار نسبت به به سایر تیمارها بیشتر بود (۳). در تحقیق دیگر نتایج بررسی برروی ریحان نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش درصد اسانس شده است (۱۳). نتایج حاصل از بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبی بر روی گیاه ریحان نشان داد که با کاهش پتانسیل آب برگ از ۰/۳- مگاپاسکال (شاهد) به ۱/۱۲- مگاپاسکال (تنش‌آبی متوسط) میزان اسانس برگ ها از ۳/۱ به ۶/۲ میکرولیتر در گرم وزن‌خشک برگ افزایش و وزن‌خشک برگ و ساقه با تشدید کمبود آب کاهش یافت (۲). در بررسی دیگر اثر فواصل ۷، ۱۴ و ۲۸ روز آبیاری بر روی گیاه ریحان نشان داد، که با طولانی‌تر شدن دوره آبیاری، رشد گیاه و عملکرد اسانس کاهش یافت، ولی درصد اسانس افزایش پیدا کرد (۱۶). طی بررسی انجام شده زمانی که کمبود آب در برگ‌ها بین ۱۰ تا ۱۵ درصد بود، شدت فتوسنتز تا حد ۱۵ تا ۱۸ درصد کاهش یافت و هنگامی که کمبود آب در برگ‌ها به ۲۰ درصد رسید، فتوسنتز تا ۴۰ درصد کاهش یافت (۲۱). گونه‌های متحمل به خشکی معمولاً حداکثر هدایت روزنه‌ای پایین و محتوای آب نسبی پایینی برخوردارند. سیدیگیو و همکاران (۱۸) گزارش کردند که با افزایش تنش‌خشکی، مقدار آب نسبی گیاه کاهش پیدا می‌کند و ارقام مقاوم به خشکی از مقدار آب نسبی بیشتری برخوردار بودند. گزارش شده است که تنش‌آب، سطح برگ، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌ها کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشاری است، اگر در طی تنش پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یابد، کاهش در پتانسیل آماس نیز از انتقال مواد فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (۱ و ۴). علاوه بر شدت تنش‌خشکی، مرحله رشدی گیاه که با تنش مواجه می‌شود سهم مهمی در بروز اثرات خشکی دارد (۲۱).

با توجه به اینکه طول ریشه گیاه ریحان بین ۱۰ تا ۱۶ سانتی‌متر می‌باشد و دارای انشعابات فراوانی است (۲). به‌نظر می‌رسد که این گیاه در مناطق کم آب کشور عملکرد مطلوبی داشته باشد. از آنجا که تعیین تحمل به کمبود آب و تاثیر آبیاری تکمیلی و کاهش آن بر شاخص های رشد و تولید گیاه مهم است، این بررسی با هدف بررسی اثر فواصل آبیاری بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی دو اکوتیپ سبز و بنفش ریحان در شرایط کنترل شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۹ درگلخانه تحقیقاتی دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج فاصله آبیاری (به فاصله هر ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز آبیاری) و دو اکوتیپ ریحان (سبز و بنفش) بود. ابتدا بذرهای هر اکوتیپ در داخل سینی نشاء کشت شدند و در مرحله سه برگی به داخل بستر آماده شده به نسبت ۱:۲:۱ رس، ماسه و خاک‌برگ در تیوپ‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع یک متر منتقل شدند. جهت ثبات و پایداری تیوپ‌ها و نیز جلوگیری از نفوذ نور، هر یک از تیوپ‌ها در لوله‌هایی از جنس پلی‌اتیلن سیاه‌رنگ قرار گرفتند. گیاهان مربوط به تیمار عدم‌کمبود آب هر چهار روز (شاهد در حد ظرفیت زراعی) و تیمارهای مربوط به کمبود آب به‌ترتیب هر ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز یک بار با مقدار ثابت آب ۳۰۰ سی‌سی، آبیاری شدند.

صفات مورفوفیزیولوژی از جمله ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد سنبله، وزن‌خشک سنبله، سطح برگ، وزن‌خشک برگ، وزن ۱۰۰ دانه و وزن‌خشک اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن‌خشک بخش هوایی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین انجام شد.

در زمان برداشت، برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه از جمله وزن‌خشک، حجم، طول، قطر و سطح ریشه مربوط به هر کدام از تیمارهای آزمایش را از خاک خارج کرده و پس از شستشوی ریشه‌ها در آزمایشگاه و رنگ‌آمیزی با ماده‌شیمیایی متیلن‌بلو با استفاده از اسکنر و نرم‌افزارDelta T-scan قطر، سطح و طول ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. حجم ریشه توسط استوانه مدرج بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن‌خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به آون منتقل شدند.

برای اندازه‌گیری کلروفیلa و b ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملا توسعه‌یافته جدا و استخراج رنگدانه‌ها با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۹ درصد انجام شد. میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (Jenway Model 6305) انجام شد. در نهایت نیز بر اساس فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a و b محاسبه شد (۹).

$CHL_a = 15.65A_{666} - 7.340A_{653}$

$CHL_b = 27.05\ A_{653} - 11.21\ A_{666}$

$CHL_t = CHL_a + CHL_b + C_{x+c}$

CHL_a: میزان کلروفیل a؛ CHLb: میزان کلروفیل b؛ و CHL_t: کلروفیل کل

برای اندازه‌گیری پرولین، ۰/۱ گرم برگ تازه را در هاون چینی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوسالسیلیک ۳/۳ درصد ابتدا به خوبی سائیده و در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین (۱/۲۵ گرم ناین هیدرین + ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار +۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال (خالص) به هر یک از لوله‌های محتوی عصاره و یا استاندارد افزوده شد. لوله‌ها به مدت یک ساعت درحمام آب‌جوش(بن ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس به‌منظور خنک‌شدن به داخل مخلوط آب و یخ منتقل شدند. در این مرحله و در زیر هود ۶ میلی‌لیتر تولوئن

به هر یک از لوله‌های آزمایش افزوده و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه شدیدا تکان داده شدند. در نهایت میزان جذب نور در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Jenway Model 6305) قرائت شد (۶).

محاسبات آماری با نرم‌افزارهای MSTAT-C , Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه، تعداد و طول شاخه‌های فرعی و طول سنبله

ارتفاع گیاه، تعداد و طول شاخه‌های فرعی و طول سنبله گیاه ریحان با افزایش فاصله آبیاری کاهش معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد (جدول۲). کاهش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد در فاصله آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۹۵، ۹۳، ۹۰ و ۸۲ درصد بود و برای طول شاخه‌های فرعی به‌ترتیب ۷۹، ۵۷، ۴۵ و ۳۴ درصد به‌دست آمد و در ارتباط با طول سنبله به ترتیب ۹۴، ۵۹، ۵۷ و ۳۰ درصد حاصل شد (جدول۱). نتایج نشان داد که تحمل به کمبود آب در اکوتیپ ریحان بنفش (ارتفاع، طول شاخه‌های فرعی و طول سنبله به ترتیب ۱۰۳، ۶/۲۰ و ۹/۶۳ سانتی‌متر) در مقایسه با ریحان سبز(به ترتیب ۲/۷۸،۷۸ و ۸/۸۰ سانتی‌متر) بیشتربود (جدول۱). اثرات متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ‌های ریحان نشان داد که بیشترین ارتفاع، طول شاخه‌های فرعی و طول سنبله در تیمار آبیاری فاصله چهار روز و اکوتیپ ریحان بنفش (به‌ترتیب ۱۱۶، ۱۱ و ۱/۲۸ سانتی‌متر) و کمترین آن‌ها در فاصله آبیاری ۲۰ روز و اکوتیپ ریحان سبز (به‌ترتیب ۶۸، ۱ و ۰/۱۴ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول۱). تحقیقات نشان داده است که کاهش عرضه آب در جریان فتوسنتز، منجر به اختلال در پیشرفت واکنش‌های شیمیایی این فرایند می‌شود(۱۸). از طرفی کاهش محتوی آب سلول‌ها باعث افزایش غلظت شیره سلولی شده که فعالیت‌های آنزیمی و اندامک‌های درون سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهد(۴). با افزایش تنش‌آب و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش یافته و به تبع آن سرعت رشد، فتوسنتز وخصوصیات مورفولوژیکی و در نهایت ارتفاع و زیست توده گیاه کاهش می‌یابد (۵ ، ۷ و ۱۰).

وزن‌خشک ساقه، وزن‌خشک شاخه‌های فرعی و وزن‌خشک سنبله

وزن‌خشک ساقه، وزن‌خشک شاخه‌های فرعی و وزن‌خشک سنبله تحت تاثیر فواصل آبیاری قرار گرفت و در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول۲). به‌طوری‌که با کمبود آب صفات فوق کاهش یافت (جدول۱). کاهش وزن ساقه، وزن شاخه‌های فرعی و وزن سنبله گیاه نسبت به تیمار شاهد در فاصله آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز برای وزن‌خشک ساقه به‌ترتیب ۹۵، ۸۲، ۷۳ و ۷۲ درصد بود و برای وزن‌خشک شاخه‌های فرعی به‌ترتیب ۹۳، ۷۲، ۵۲ و ۳۸ درصد به‌دست آمد و در ارتباط با وزن‌خشک سنبله به‌ترتیب ۹۸، ۵۲، ۴۶ و ۲۱ درصد بود (جدول۱). نتایج نشان داد اکوتیپ ریحان بنفش (از نظر وزن ساقه، وزن شاخه‌های فرعی و وزن سنبله به‌ترتیب ۲/۰۲، ۰/۷۱ و ۰/۷۵ گرم) در مقایسه با ریحان سبز (به‌ترتیب ۱/۳۷، ۰/۱۴ و ۰/۳۸ گرم) تحمل بیشتری به کمبود آب نشان داد (جدول۱). اثرات متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ‌های ریحان نشان داد که بیشترین وزن‌خشک ساقه، وزن‌خشک شاخه‌های فرعی و وزن‌خشک سنبله در فاصله چهار آبیاری و اکوتیپ ریحان بنفش (به‌ترتیب ۲/۳۷، ۱/۰۴ و ۱/۲۸ گرم) و کمترین آن‌ها در فاصله آبیاری ۲۰ روز و اکوتیپ ریحان سبز (به‌ترتیب ۱/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱۴ گرم) به‌دست آمد(جدول۱). از آنجاکه با کاهش محتوی رطوبت خاک، پسآبیدگی پروتوپلاسم توام با کاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی شدیدی پیدا می‌کند که منجر به کاهش میزان رشد و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود (۷، ۱۰ و ۱۲). به‌نظر می‌رسد به علت فرایند قرینگی[1]، تنش‌خشکی اندازه و تعداد در گیاه ریحان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و همان‌طورکه کمبود آب باعث کاهش رشد و تقسیم سلول می‌گردد، تعداد و وزن‌خشک اندام گیاه را نیزکاهش می‌دهد.

وزن صد دانه و وزن کل دانه در تک بوته

تفاوت وزن صد دانه و وزن کل دانه در اکوتیپ‌های گیاه ریحان در فاصله‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جداول۲). بیشترین وزن صد دانه و وزن کل دانه گیاه ریحان در فاصله آبیاری چهار روز (به ترتیب ۸۷ و ۲۴/۷ گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز (به ترتیب ۲۵ و ۲/۶ گرم) به‌دست آمد (جدول۱). اثر متقابل فاصله‌های مختلف آبیاری و اکوتیپ نشان داد که بیشترین وزن صد دانه و وزن کل دانه در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ ریحان بنفش (به‌ترتیب ۱۰۷ و ۳۷/۶ گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز و اکوتیپ ریحان سبز (به‌ترتیب ۱۲ و ۱/۵ گرم) به‌دست آمد (جدول۱).

1- Allometry

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ برخی صفات در تک بوته گیاه ریحان

تیمارها	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	وزن‌خشک ساقه (گرم)	تعداد شاخه‌های فرعی	طول شاخه‌های فرعی(سانتی متر)	وزن‌خشک شاخه های فرعی (گرم)	تعداد سنبله	طول سنبله (سانتی‌متر)	وزن‌خشک سنبله (گرم)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن‌خشک برگ (گرم)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	وزن کل دانه (گرم)
T1	۹۸	۲/۰۵	۱۶	۶/۶۱	۰/۵۹	۴/۱۷	۱۳/۵	۰/۸۹	۱۵۹	۱/۹۹	۸۷	۲۴/۷۶
T2	۹۴	۱/۹۰	۲۰	۵/۲۵	۰/۵۵	۳/۱۶	۱۲/۷۳	۰/۸۸	۱۳۶	۱/۷۷	۷۹	۲۲/۵۱
T3	۹۲	۱/۶۴	۱۱	۳/۸	۰/۴۳	۲/۷۱	۸/۰۰	۰/۴۷	۱۱۴	۱/۶۰	۵۲	۵/۹۰
T4	۸۹	۱/۴۷	۱۵	۳/۰۰	۰/۳۱	۲/۵۱	۷/۷۵	۰/۴۱	۱۰۷	۱/۳۰	۴۸	۴/۶۰
T5	۸۱	۱/۴۴	۱۲	۲/۲۲	۰/۲۳	۱/۰۱	۴/۱۷	۰/۱۹	۹۵	۱/۲۶	۲۵	۲/۵۷
LSD (0.05)	۱۷/۴۵	۰/۳۱	۳/۹۴	۱/۹۵	۰/۱۹	۱/۱۷	۳/۰۱	۰/۳۳	۲۵/۲۰	۰/۳۱	۲۸/۶۷	۱۱/۹۳
V1	۷۸	۱/۳۷	۹/۱۰	۲/۱۶	۰/۱۴	۱/۰۷	۸/۸۰	۰/۳۸	۱۰۸	۱/۲۰	۳۶	۶/۶۲
V2	۱۰۳	۲/۰۲	۲۰	۶/۲۰	۰/۷۱	۴/۳۳	۹/۶۳	۰/۷۵	۱۳۷	۱/۹۰	۸۰	۱۷/۵۲
T1V1	۸۹	۱/۷۳	۲۳	۲/۶۶	۰/۱۴	۱/۳۴	۱۳/۱۶	۰/۵۱	۱۴۶	۱/۵۸	۶۷	۱۱/۹۲
T1V2	۱۱۶	۲/۳۷	۲۳	۱۰/۵۷	۱/۰۴	۷/۰۰	۱۳/۸۱	۱/۲۸	۱۷۲	۱/۹۶	۱۰۷	۳۷/۶۱
T2V1	۷۲	۱/۴۸	۲۱	۲/۱۰	۰/۱۲	۱/۰۰	۱۴/۰۰	۰/۵۱	۹۹	۱/۴۲	۵۱	۱۰/۹۱
T2V2	۱۰۶	۲/۲۷	۲۱	۵/۴۹	۰/۹۹	۵/۳۳	۱۱/۴۷	۱/۲۴	۱۷۳	۲/۵۷	۱۰۶	۳۴/۱۲
T3V1	۸۱	۱/۳۲	۹/۳۳	۵۰۳	۰/۱۸	۱/۳۳	۸/۰۰	۰/۴۴	۱۰۲	۱/۲۷	۲۵	۴/۴۱
T3V2	۹۶	۱/۹۷	۲۱	۷/۰۱	۰/۶۹	۴/۰۰	۷/۸۹	۰/۴۸	۱۲۷	۱/۹۲	۷۸	۷/۷۱
T4V1	۸۰	۱/۳۰	۵/۰۰	۱/۵۷	۰/۲۰	۱/۳۳	۶/۸۳	۰/۳۰	۱۰۲	۱/۰۸	۲۶	۴/۳۸
T4V2	۱۰۴	۱/۶۴	۲۰	۴/۳۷	۰/۴۱	۳/۶۶	۸/۶۶	۰/۵۲	۱۱۲	۱/۵۰	۶۹	۷/۴۰
T5V1	۶۸	۱/۰۱	۳/۳۳	۱/۰۰	۰/۰۵	۰/۳۷	۲/۰۰	۰/۱۴	۹۱	۱/۰۶	۱۲	۱/۴۹
T5V2	۹۵	۱/۸۸	۱۶	۳/۴۳	۰/۴۲	۱/۶۶	۶/۳۳	۰/۲۳	۹۹	۱/۶۵	۳۷	۰/۷۶
LSD (0.05)	۲۴/۶۸	۰/۴۳	۵/۵۶	۲/۷۶	۰/۲۷	۱/۶۶	۴/۲۶	۰/۴۷	۳۵/۶۴	۰/۴۴	۴۰/۵۵	۱۶/۸۸

فاصله آبیاری (۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز) به‌ترتیب T5 , T4 , T3, T2, T1 V2=اکوتیپ ریحان بنفش V1= اکوتیپ ریحان سبز

میانگین هایی که تفاوت بین آن‌ها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲- میانگین مربعات برخی صفات دو اکوتیپ ریحان تحت تاثیر فواصل آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	وزن‌خشک ساقه	طول شاخه‌های فرعی	وزن خشک شاخه‌های فرعی	وزن خشک سنبله	تعداد سنبله	طول سنبله	وزن‌خشک اندام هوایی	وزن ۱۰۰ دانه	سطح برگ	وزن‌خشک برگ
فاصله آبیاری	4	۲۲۹^{ns}	۰/۴۱**	۱۹**	۰/۱۴**	۰/۵۶**	۸**	۹۰**	۳۴۸۲۱۷۰**	۳۸۱۴**	۳۸۸۷**	۰/۵۰**
اکوتیپ	1	۴۷۷۵**	۳/۲۳**	۱۲۱**	۲/۵**	۰/۹۰^{ns}	۷۹**	۵/۲**	۱۱۰۷۲۵۱**	۱۳۹۷۴**	۶۱۷۳**	۳**
آبیاری * اکوتیپ	4	۱۹۶**	۰/۰۶**	۷*	۰/۱۴**	۰/۰۱*	۴/۵**	۹/۵^{ns}	۳۳۳۹۵۱*	۲۲۲**	۱۰۶۳*	۰/۱۴**

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

درصد کاهش وزن ۱۰۰ دانه در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۹۰، ۵۹، ۵۵ و ۲۸ درصد و درصد کاهش وزن کل دانه نسبت به تیمار شاهد در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به ترتیب۹۱، ۲۴، ۱۹ و ۱۰ درصد بود، به‌طوری‌که با تشدید کمبود آب شیب کاهش وزن‌خشک سنبله شدیدتر از وزن دانه مشاهده شد.

به‌نظر می‌رسد تنش‌آب علاوه بر اندازه کپسول، میزان آب موجود در سلول یا بافت گیاه را نیز کاهش داده است. درصد کاهش وزن ۱۰۰ دانه در اکوتیپ ریحان بنفش نسبت به شاهد (فاصله ۴ روز آبیاری) ۷۰ درصد و برای اکوتیپ ریحان سبز ۲۷ درصد بود (جدول۱)، به‌طوری‌که وزن‌خشک سنبله اکوتیپ ریحان سبز بیشتر تحت تاثیر تنش‌خشکی قرار گرفت. حساسیت عملکرد نسبت به تنش آب عموما به اندازه حساسیت رشد کل گیاه است، به طوری‌که با شروع شکل‌گیری دانه و به علت کاهش وزن ساقه‌ها که حاصل حرکت و توزیع مجدد ذخایر غذایی به دانه‌ها است به‌خصوص در شرایط کمبود آب، وزن ۱۰۰ دانه و وزن کل در تک بوته کاهش می‌یابد (۴ و۱۰)

سطح برگ و وزن‌خشک برگ

اختلاف اکوتیپ‌های گیاه ریحان در فاصله‌های مختلف آبیاری از نظر سطح برگ و وزن‌خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). به‌طوری‌که با ازدیاد فاصله آبیاری، سطح و وزن‌خشک برگ کاهش یافت (جدول۱).کاهش سطح برگ گیاه نسبت به تیمار شاهد در فاصله آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۸۵، ۷۱، ۶۷ و ۶۰ درصد بود و برای وزن‌خشک برگ به ترتیب ۸۹، ۸۰ ۶۵ و ۶۸ درصد به‌دست آمد (جدول۱). نتایج نشان داد که تحمل به تنش‌خشکی در اکوتیپ ریحان بنفش از نظر سطح و وزن‌خشک برگ (به‌ترتیب ۲/۰۲ سانتی‌متر مربع و ۰/۷۱ گرم) که در مقایسه با ریحان سبز (به‌ترتیب ۱/۳۷ سانتی‌متر مربع و ۰/۱۴ گرم) بیشتر بود (جدول۱). اثرات متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ‌های ریحان نشان داد که حداکثر سطح و وزن‌خشک برگ در فاصله چهار روز آبیاری و اکوتیپ ریحان بنفش (به ترتیب ۲/۳۷ و ۱/۰۴ گرم) و کمترین آن‌ها در فاصله آبیاری ۲۰ روز و اکوتیپ ریحان سبز (به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۰۵ گرم) حاصل شد. کاهش شاخص سطح‌برگ با افزایش فاصله آبیاری احتمالاً به علت پیری زودرس برگ‌ها است که با تشدید کمبود آب پیری تسریع می‌یابد (۲۰)، به طوری‌که در شرایط تنش میزان انتقال مواد فتوسنتزی به دانه از طریق انتقال مجدد نسبت به فتوسنتز جاری بیشتر می‌شود (۱۹). از طرفی در این شرایط سرعت گسترش سطح برگ کمتر از سرعت زوال آن‌ها است و مقدار مواد ذخیره کربوهیدرات گیاه به نسبت سطح‌برگ کاهش می‌یابد، ولی مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد گیاه افزایش می‌یابد. لذا در شرایط تنش شدید

آب، گیاه قادر نخواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کامل گیاه را فراهم کند. در نتیجه گسترش سطح برگ متوقف شده و گیاه به مروز زمان ضعیف می‌گردد (۲۰).

وزن‌خشک ریشه

تفاوت وزن‌خشک ریشه در فاصله‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین وزن‌خشک ریشه گیاه ریحان در فاصله آبیاری چهار روز یکبار (۱/۵۹ گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز یکبار (۰/۶۴ گرم) به‌دست آمد. درصد کاهش وزن‌خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۹۱، ۴۶، ۴۵ و ۴۰ درصد بود (جدول۱). اثر متقابل فاصله‌های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر وزن‌خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲)، به‌طوری‌که بیشترین وزن‌خشک ریشه در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ ریحان بنفش (۱/۶۳ گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز و اکوتیپ ریحان سبز (۰/۵۶ گرم) به‌دست آمد (جدول۱). درصد کاهش وزن‌خشک ریشه در اکوتیپ ریحان سبز نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۴۵ درصد و برای اکوتیپ ریحان بنفش ۷۱ درصد بود (جدول۱). نتایج حاکی از آن است که به‌طورکلی ریشه در هر دو اکوتیپ کمتر از اندام هوایی تحت تاثیر کم‌آبی قرار گرفته است. گیاه در شرایط بدون تنش‌خشکی از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخودار است که در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم می‌باشد. لذا این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی و رشد و سرعت توسعه ریشه می‌گردد، به‌طوری‌که با رشد ریشه جذب یون‌های غذایی بیشتر می‌شود و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (۵)، ولی در شرایط تنش‌خشکی محدودیت‌های تغذیه‌ای که از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می‌شود، رشد و سرعت توسعه ریشه را کاهش داده و به تبع آن تولید اندام هوایی کمتر و انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می‌یابد (۱۱). مطالب فوق نشان می‌دهد که در شرایط تنش و وضعیت نامناسب آماس سلولی، اختصاص موادغذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش یافته و گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد را فراهم کند، به‌طوری‌که در این مطالعه نیز با تنش رطوبت شیب کاهش وزن‌خشک اندام‌هوایی نسبت به وزن‌خشک ریشه شدیدتر بود (جدول۱).

طول کل ریشه

تفاوت طول کل ریشه در فاصله‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین طول کل ریشه مربوط به گیاه ریحان بنفش در فاصله آبیاری چهار روز یکبار (۴۱۰ سانتی‌متر) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز یکبار برای ریحان بنفش (۱۱۵ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول۳). درصد طول کل ریشه نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۷۴، ۴۱، ۳۷ و ۳۶ درصد بود (جدول۳).

احتمالاً با افزایش کمبود آب به‌دلیل رسیدن رطوبت خاک به نقطه پژمردگی، سرعت رشد ریشه کاهش‌یافته و پیری زودرس در ریشه اتفاق می‌افتد (۱۷) که این امر باعث کاهش عمق نفوذ ریشه در خاک می‌شود، ولی در شرایط فراهمی رطوبت تنها قسمت کمی از ناحیه بالقوه ریشه مرطوب‌شده و نفوذ ریشه در لایه‌های کم عمق خاک محدود می‌شود (۱۱ و ۱۶).

سطح ریشه

اختلاف سطح ریشه در فاصله‌های مختلف آبیاری و دو اکوتیپ مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴) به‌طوری‌که بیشترین سطح ریشه در فاصله آبیاری چهار روز (۲۰۱ سانتی‌متر مربع) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز (۸۱ سانتی‌متر مربع) به‌دست آمد (جدول۳). درصد کاهش سطح ریشه نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به ترتیب ۸۵، ۴۷، ۴۸ و ۴۰ درصد بود (جدول۳). اثر متقابل فاصله‌های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر سطح ریشه نشان داد که بیشترین سطح ریشه در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ ریحان بنفش (۲۲۵ سانتی‌مترمربع) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۰ روز و اکوتیپ بنفش (۷۱ سانتی‌متر مربع) به‌دست آمد (جدول۳). درصد کاهش سطح ریشه در اکوتیپ ریحان سبز نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۵۹ درصد و برای اکوتیپ ریحان بنفش ۶۹ درصد بود (جدول۳). نتایج حاکی از آن است که سرعت رشد ریشه با افزایش کمبود آب کاهش یافت، ولی رشد ریشه نسبت به اندام هوایی کمتر تحت تاثیر قرار گرفت، به‌طوری‌که نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش نشان داد. تحقیقات (۵ و ۱۱) نشان داده است که در شرایط کمبود آب ریشه‌ها به طرف آب در خاک رشد می‌کنند، به شرط آنکه فاصله آن‌ها تا آب کم باشد. به نظر می‌رسد این امر باعث صرف انرژی بیشتر برای جستجوی آب شده، در نتیجه توسعه سطح ریشه کاهش می‌یابد. در این آزمایش هر دو اکوتیپ مورد مطالعه کمتر تحت تاثیر فاصله آبیاری تا ۱۲ روز قرار گرفتند ولی از آن به بعد تحت تاثیر شدید تنش آب بودند.

میانگین قطر ریشه

اختلاف میانگین قطر ریشه در فاصله های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بیشترین قطر ریشه گیاه

ریحان در فاصله آبیاری ۱۲ روز یکبار (۰/۶۷ سانتی‌متر) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار روز یکبار (۰/۵۴ سانتی متر) به‌دست آمد (جدول۳). به‌طوری‌که درصد افزایش قطر ریشه نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۱۱۵،۱۲۴، ۱۱۸ و ۱۱۳ درصد بود (جدول۳). اثر متقابل فاصله‌های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر قطر ریشه نشان داد (جدول۴)، که بیشترین قطر ریشه در فاصله آبیاری ۱۶ روز برای اکوتیپ بنفش (۰/۷۳ سانتی‌متر) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار روز در اکوتیپ ریحان سبز (۰/۵۲ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول۳). به‌نظر می‌رسد، افزایش فاصله آبیاری که سبب تنش‌خشکی در گیاه شد، قطور شدن ریشه‌ها، کاهش تارهای کشنده و کاهش سطح ریشه را به دنبال داشت. به‌طوری‌که کمبود تارهای کشنده وزن اندام هوایی و ریشه را تحت تاثیر قرار داده و گیاه تحت تنش‌خشکی بافت های جدید و تازه را کمتر تولید کرد(۱۷).

غلظت کلروفیل

غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل به‌عنوان رنگدانه‌های فتوسنتزی با افزایش فواصل آبیاری کاهش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) پیدا کرد (جدول۵). بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل a به‌ترتیب در فاصله آبیاری چهار روز (۱/۹۸) و ۲۰ روز آبیاری (۰/۹۷) به‌دست آمد به‌طوری‌که درصد کاهش غلظت کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۸۹، ۸۸، ۵۰ و ۴۹ درصد بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ بر برخی صفات ریشه در تک بوته گیاه ریحان

تیمارها	وزن‌خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	طول کل ریشه (سانتی‌متر)	قطر ریشه (سانتی‌متر)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)
T1	۱/۵۹	۰/۰۶۲	۳۸۰	۰/۵۴	۲۰۰
T2	۱/۴۵	۰/۰۵۳	۲۸۱	۰/۶۲	۱۷۱
T3	۰/۷۳	۰/۰۲۸	۱۵۸	۰/۶۷	۹۵
T4	۰/۷۲	۰/۰۲۷	۱۴۳	۰/۶۴	۹۶
T5	۰/۶۴	۰/۰۲۵	۱۳۹	۰/۶۱	۸۰
LSD (0.05)	۰/۲۴	۰/۰۳۸	۶۹/۲۰	۰/۰۹۳	۲۶/۰۸
V1	۰/۹۱	۰/۰۳۵	۲۱۶	۰/۵۸	۱۱۸
V2	۱/۱۴	۰/۰۴۳	۲۲۵	۰/۶۶	۱۳۹
T1V1	۱/۵۵	۰/۰۶۳	۳۵۰	۰/۵۲	۱۷۶
T1V2	۱/۶۳	۰/۰۶۰	۴۱۱	۰/۵۶	۲۲۵
T2V1	۱/۰۷	۰/۰۴۰	۲۴۲	۰/۵۷	۱۳۶
T2V2	۱/۸۲	۰/۰۶۷	۳۲۱	۰/۶۷	۲۰۶
T3V1	۰/۵۵	۰/۰۲۳	۱۲۹	۰/۶۳	۸۱
T3V2	۰/۹۱	۰/۰۳۳	۱۵۷	۰/۷۱	۱۰۹
T4V1	۰/۸۱	۰/۰۳۰	۲۰۱	۰/۵۴	۱۰۸
T4V2	۰/۶۳	۰/۰۲۳	۱۱۹	۰/۷۳	۸۴
T5V1	۰/۵۶	۰/۰۲۰	۱۶۰	۰/۶۱	۸۹
T5V2	۰/۷۳	۰/۰۳۰	۱۱۵	۰/۶۱	۷۱
LSD (0.05)	۰/۳۴	۰/۰۵۴	۹۷/۸۶	۰/۱۳۲	۳۶/۸۸

* - میانگین هایی که تفاوت بین آن‌ها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ٤- میانگین مربعات برخی صفات دو اکوتیپ ریحان تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن‌خشک ریشه (میلی گرم)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	طول کل ریشه (سانتی‌متر)	قطر ریشه (سانتی‌متر)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)
فاصله آبیاری	۴	۱/۲۳	۰/۰۲	۶۸۵۰۳**	۰/۰۱ ns	۱۷۱۵۰**
اکوتیپ	۱	۰/۴۱	۰/۰۱	۵۱۴**	۰/۰۴۷ **	۳۳۱۱**
آبیاری × اکوتیپ	۴	۰/۱۸	۰/۰۱ ns	۷۳۳ns	۰/۰۲۴ ns	۲۵۳۹**

*,** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ برخی صفات گیاه ریحان

تیمارها	کلروفیل a ($mg.gdw^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.gdw^{-1}$)	کلروفیل کل	اسید آمینه پرولین
T1	۱/۹۸	۰/۹۲	۲/۹	۷/۶۲
T2	۱/۷۶	۰/۵۸	۲/۳۵	۲۷/۴۲
T3	۱/۷۵	۰/۵۴	۲/۲۹	۷۲/۰۲
T4	۰/۹۹	۰/۵۳	۱/۵۲	۹۹/۷۱
T5	۰/۹۷	۰/۴۶	۱/۴۳	۱۴۶/۲۱
LSD (0.05)	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۳۲	۱۰/۰۴
V1	۱/۳۸	۰/۵۲	۱/۹۰	۷۲/۱۴
V2	۱/۵۹	۰/۷۰	۲/۳۰	۶۹/۰۴
T1V1	۲/۰۹	۰/۷۰	۲/۷۹	۴/۵۶
T1V2	۲/۵۶	۱/۱۵	۳/۷۱	۱۰/۶۷
T2V1	۱/۴۳	۰/۶۱	۲/۰۴	۴۶/۲۳
T2V2	۲	۰/۶۳	۲/۶۳	۸/۶
T3V1	۱/۴۲	۰/۴۶	۱/۸۸	۸۶/۸۵
T3V2	۱/۴۹	۰/۵۹	۲/۰۸	۵۷/۲۰
T4V1	۱/۱۳	۰/۴۶	۱/۵۹	۷۶/۸۶
T4V2	۱/۰۳	۰/۵۵	۱/۵۸	۱۲۲/۵۶
T5V1	۰/۹۴	۰/۳۷	۱/۳۰	۱۴۶/۲۱
T5V2	۰/۸۲	۰/۳۷	۱/۲۹	۱۴۶/۲۱
LSD (0.05)	۰/۳۸	۰/۱۶	۰/۵۴	۱۴/۱۹

فاصله آبیاری (۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز) به‌ترتیب T5 , T4 , T3, T2, T1 V2=اکوتیپ ریحان بنفش V1= اکوتیپ ریحان سبز

میانگین هایی که تفاوت بین آن‌ها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

درصد کاهش غلظت کلروفیل b نسبت به شاهد در فاصله‌های هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز به‌ترتیب ۶۳، ۵۸، ۵۷ و ۵۰ درصد بود (جدول۵). نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تنش‌خشکی مقدار کلروفیل a، b و در نهایت مجموع رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه ریحان کاهش یافت که نشان دهنده حساسیت رنگدانه‌های فتوسنتزی ریحان به کمبود آب می‌باشد. کاهش میزان کلروفیل ممکن است در ارتباط با اثر تنش‌آب بر میزان عناصرغذایی ضروری باشد. کاهش آهن، منگنز، کلسیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی گندم در تنش و کادمیم مشاهده شده است (۱۴)، که دو عنصر آهن و منگنز اساس شکل‌گیری کلروفیل هستند. همچنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (۱۵).

پرولین

اثرکمبود آب بر محتوای پرولین برگ ریحان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۵). بر این اساس به تدریج و با افزایش فواصل آبیاری در محیط ریشه گیاه، محتوای پرولینی برگ‌ها افزایش یافت. به طوری‌که بیشترین مقادیر آن در در تنش خشکی شدید (۱۹۱۸) حاصل شد و کمترین آن در چهار روز آبیاری (۷/۶۲ یعنی تیمار شاهد) به‌دست آمد (جدول۵). نتایج نشان داد که اکوتیپ ریحان بنفش تنش‌خشکی را بهتر تحمل کرد، به طوری‌که میانگین پرولین آن ۹۰۶ و در مورد ریحان سبز ۹۴۶ بود (جدول۵). پرولین به عنوان یک ماده محافظت‌کننده غیرسمی، جهت تنظیم اسمزی در شرایط خشکی و سایر تنش‌های محیطی مطرح است. از سوی دیگر پرولین تجمع یافته در گیاهان، باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌گردد (۸). به طوری‌که با افزایش تنش خشکی میزان پرولین در گیاه افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

وجود اختلاف معنی‌دار بین فواصل مختلف آبیاری از نظر صفات مورد اندازه‌گیری نشان داد که افزایش فاصله آبیاری در گیاه ریحان به‌علت کمبود رطوبت لازم برای رشد مطلوب گیاه منجر به کاهش صفات مورد بررسی و حصول نامطلوب شاخص‌های رشد شد، ولی گیاه ریحان بنفش در مورد صفات مورد مطالعه در مقایسه با ریحان

سبز افزایش نشان داد.

سپاسگزاری

بدون شک انجام این تحقیق بدون حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی (طرح شماره ۱۶۶۱۰) میسر نمی‌گردید، بدین وسیله از همکاری آن معاونت محترم تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱-امام.ی، و م. زواره. ۱۳۸۴ . تحمل خشکی در گیاهان عالی(تحلیل ها ژنتیکی، فیزیولوژیکی و زیست شناختی مولکولی) (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۲-امید بیگی، ر. ۱۳۸۴. روش‌های تولید و فرآیند گیاهان دارویی. انتشارات به نشر، مشهد.۳: ۳۹۷

۳-حسنی، ع. و ر. امیدبیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش‌آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی. ۱۲ (۳). صفحات ۶۱-۴۷.

۴-کافی. م.، ا. زند ، ب، کامکار، ح.، شریفی، و م. گلدانی. ۱۳۸۶ . فیزیولوژی گیاهان زراعی جلد۱ و ۲ (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

۵-کافی. م.، و ع. دامغانی . ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

6-Bates, L.S., R.P. Waldran and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil, 39,205–208.

7-Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agriculture 56: 1159-1168.

8-Cayley, S., B. A. Lewis, and M. T. Record. 1992. Origins of the osmoprotective properties of betaine and proline in *Esherichia coli* K-12, Journal Bacteriol., 174,1586-1595.

9-Dere, S., T. Gunes, and R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Journal of Botany, 22,13-17.

10-Goyal, V., Sudha, J., and Bishnoi, N., 1998. Effect of terminal water stress on stomatal resistance, transpiration, and canopy temperature and millet yield. Annual Agriculture Biology Research, 3: 119-122.

11-Gregory, P.J. 2006. Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils), Blackwell Publishing pp: 150-173.

12-Mundree, S.G., and B. Baker. 2002. Physiological and molecular insights in to drought tolerance. African Journal of Biotechnology 1: 28-38.

13-Omidbaigi, R., A. Hassani, and F. Sefidkon. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6(1): 104-108.

14-Ouzounidou, G., M. Moustasks and E.P. Elftheriou. 1997. Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. Arch. Environ. Contam. Toxicol, 32: 154-160.

15-Reddy, M.P., and A.B. Vora. 1986. Changes in pigment composition, hill reaction activity and saccharides metabolism in bajra (*Pennisetum typhoides* S and H) leaves under NaCl salinity. Photosynthica. 20:50-55.

16-Reffat, A.M., and M.M. Saleh. 1997. The combind effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agrigation intervals University of Cairo, 48:515-527

17-Sharp, R.E., and M.E. Lenoble. 2002. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. Journal of Experimental Botany, 53: 33-37.

18-Siddique, M.R.B., A., Hamid, and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin Academia Sinica, 41: 35-39.

19-Simon, J.E., R.D., Bubenheim, R.J., July, and D.J. Charles. 1992. Water stress-induced alternations in essential oil content and composition of sweet basil. J. Essent. Oil Res. 4:71-75.

20-Valentinuz, O. and M. Tollenar. 2004. Vertical profile of leaf area and leaf senescence during the grain- filling period in maize. Crop Sci, 44: 827-834.

21-Van Oosterrom, E.J., and E. Acevedo. 1993. Leaf area and crop growth in relation to phenology of barley in Mediterranean environments. Plant and Soil 148: 223-237.