مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ماده خشک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تاثیر محدودیت آب

ذبیح‌اله رستمی[۱]، سعید سیف‌زاده[۱*]، سید علیرضا ولد آبادی[۱]، حمیدرضا ذاکرین[۱]، ناصر شهسواری[۲*]

۱-گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۲- گروه مهندسی تولیدات گیاهی، واحد حاجی آباد، هرمزگان، ج. ا. ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی صفات و عملکرد ماده خشک گیاه ریحان تحت تأثیر محدودیت آب، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه ای خصوصی واقع در منطقه ماهدشت شهرستان کرج در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. آبیاری در ۴ سطح: I_1: ۱۰۰ درصد حجم آب مورد نیاز، I_2: ۸۰ درصد حجم آب مورد نیاز، I_3: ۶۰ درصد حجم آب مورد نیاز و I_4: ۴۰ درصد حجم آب مورد نیاز در کرت های اصلی و اسید سالیسیلیک به عنوان عامل فرعی در ۵ سطح: SA_1: بدون کاربرد (محلول پاشی با آب خالص به عنوان شاهد)، SA_2: محلول پاشی با غلظت ۵۰ میکرومولار، SA_3: ۱۰۰میکرومولار، SA_4: میکرومولار و SA_5: ۲۰۰ میکرومولار در کرت های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات قطر ساقه، طول گل آذین، کلروفیل کل، کاروتنویید و وزن خشک بوته در ۵۰٪ گلدهی در سطح ۱٪ معنی دار و اثر متقابل این دو عامل نیز به جز قطر ساقه بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح ۱٪ معنی دار بود. به طور کلی، اسید سالیسیلیک موجب افزایش قطر ساقه، طول گل آذین، کلروفیل کل و کاروتنویید شد و با محدودیت بیشتر آب، اسید سالیسیلیک اثرات مثبت‌تری در جهت افزایش صفات مذکور نشان داد. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در تمامی تیمارهای تنش خشکی، وزن خشک بوته افزایش معنی دار نشان داد. بیشترین وزن خشک بوته ۳۱۴۴/۸۸، ۳۱۰۵/۴۵ و ۳۰۴۵/۶۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به غلظت ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک تحت شرایط نیاز آبی ۱۰۰٪ بود. بیشترین وزن خشک بوته در تنش شدید خشکی (۴۰٪ نیاز آبی)، تنش شدید (۶۰٪ نیاز آبی) و تنش ملایم خشکی (۸۰٪ نیاز آبی) متعلق به در ۲۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب به میزان ۱۵۹۶/۴۵، ۲۰۳۳/۶۵ و ۲۳۲۷/۳۶ کیلوگرم در هکتار بود. یافته‌های تحقیق نشان داد که محلول پاشی با اسید سالیسیلیک اثرگذاری بیشتری درجهت افزایش وزن خشک بوته در شرایط محدودیت آب دارد. بنابر نتایج حاصله، استفاده از اسید سالیسیلیک برای تولید گیاه ریحان جهت تعدیل تنش خشکی در مناطق نمیه خشک از نظر آب وهوایی مثل کرج، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ریحان، اسید سالیسیلیک، تنش خشکی، کلروفیل، کاروتنویید، وزن خشک، ویژگیهای مورفولوژی

*نویسندگان مسئول (shahsawari110@gmail.com) و(Saeedsayfzadeh@yahoo.com)

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، یک‌ساله، علفی (Telci *et al.*, 2006) و یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده نعناعیان (*Labiatae* یا *Lamiaceae*) است (Javanmardi *et al.*, 2002) که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاه ریحان از گیاهان دارویی ارزشمندی است که نه تنها در صنایع غذایی، داروسازی، دندانپزشکی، عطرسازی و صنایع آرایشی و بهداشتی کاربردهای فراوانی دارد (امیدبیگی و همکاران، ۱۳۸۴)، بلکه در طب سنتی و مدرن نیز موارد استفاده بسیاری دارد از این گیاه در معالجه نفخ شکم، برخی بیماری‌های قلبی، بزرگ شدن طحال و همچنین کمک به هضم غذا استفاده می‌شود (افکاری، ۱۳۹۶ محصولات دارویی بر خلاف همه محصولات کشاورزی که در اوضاع تنشی از نظر مقدار تولید صدمه می‌بینند، ممکن است در این اوضاع تولید مواد شیمیایی بیشتر و در نتیجه بازدهی اقتصادی باالاتری پیدا کنند (امیدبیگی، ۱۳۷۹). ایران از نظر آب و هوایی در زمینه رشد گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌شود (صمصام شریعت، ۱۳۸۲). اهمیت گیاهان دارویی سبب شده است که هر ساله تعداد بیشتری از کشاورزان با تغییر نوع کشت از زراعت‌های معمول، به کشت گیاهان دارویی روی آورند (Sharma, 2004).

کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان، از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است (Ercoli *et al.*, 2007). تنش خشکی به عنوان عامل محدود کننده غیرزنده، اثر بسیار نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (Cheong *et al.*, 2003). امروزه با افزایش جمعیت و نیاز به غذا و محدودیت منابع آب، بیشتر از آنچه افزایش عملکرد در واحد سطح مد نظر باشد، افزایش عملکرد در واحد حجم آب مصرفی اهمیت یافته است (Keshavarz, 2020). برای افزایش مقاومت گیاهان به تنش، روشهای مختلف

ازجمله به نژادی و استفاده از تنظیم کننده های رشد به کار گرفته می‌شوند؛ در مقایسه با روش‌های به نژادی که اغلب بلند مدت و پرهزینه هستند، استفاده ازمواد شیمیایی مانند اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک، آسان‌تر و ارزان‌تراست (Belkhadi *et al.*, 2010). اسید سالیسیلیک در کاهش آثار ناشی از تنش‌ها نقش دارد (فاضلی و همکاران، ۱۳۹۶) به طوری‌که موجب طویل شدن سلول‌ها و همچنین تقسیم سلولی (Kabiri, 2011)، افزایش تولید اسانس‌ها و مواد معطر گیاهان (Sirousmehr *et al.*, 2014) می‌شود. کاهش محتوای آب بافتهای گیاهی تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد گیاه می‌گردد (Zhang *et al.*, 2018). فرزانه پلگرد و همکاران (۱۳۸۹) طی تحقیقی که بر روی ریحان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی تاثیر معنی داری بر وزن خشک بوته داشت. مقدم و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که سطوح مختلف تنش خشکی تأثیر معنی‌دری بر کلروفیل‌ها و وزن خشک بوته در ارقام مورد بررسی داشت.

اسید سالیسیلیک از ترکیبات فنلی در گیاهان بوده که نقشی محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان ایفاء می-کنند (Pierre *et al.*, 2008) و به عنوان یک ملکول پیام رسان شناخته شده که در پاسخ‌های دفاعی گیاهان و همچنین مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی از طریق تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نقش دارد و بر رشد گیاه، ساختار غشا، جذب و انتقال یون، نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، گلدهی و رسیدن میوه نیز تاثیر می‌گذارد (Belkhadi *et al.*, 2010). به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی می‌شود که این خود افزایش رشد را به همراه دارد (Eraslan *et al.*, 2007). کاربرد سالیسیلیک اسید وابسته است به غلظت آن، نحوه کاربرد و وضعیت گیاهان .به طور کلی، غلظت‌های پایین سالیسیلیک اسید،

حساسیت به تنش های غیر زنده را کاهش می‌دهد (Abdollahi & Shekari, 2013). گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد اسیدسالیسیلیک به عنوان یک الیسیتور عمل نموده و سبب افزایش مقدار ماده مؤثره درگیاهان مورد مطالعه می‌گردد (بیاره و همکاران، ۱۳۹۹). کُردی و همکاران (Kordi *et al.*, 2013) گزارش نمودند که کاربرد اسیدسالیسیلیک بر گیاهان ریحان رشد یافته در شرایط تنش کم آبی، سبب افزایش شاخصهای رشد و افزایش عملکرد می‌شود. Biareh *et al.*, (2022) بیان نمودند که اسیدسالیسیلیک یک رویکرد موثر برای بهبود رشد کدو تنبل در شرایط تنش کم‌آبی است. محمدی بابازیدی و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی اثر تنش‌خشکی روی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ریحان گزارش دادند که کاربرد اسیدسالیسیلیک سبب افزایش رشد و نمو ریحان در شرایط تنش خشکی شد. از طرفی بهبود وضعیت آبی گیاهان می تواند به دلیل جذب آب بهتر گیاهان با تیمار سالیسیلیک اسید یا کنترل بیشتر در دفع آب باشد (بیاره و همکاران، ۱۳۹۹).

با توجه به محدودیت منابع آب کشور و نقش تعدیل کنندگی تنش خشکی در تولید گیاهان توسط اسید سالیسیلیک، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک بر برخی صفات و عملکرد وزن خشک گیاه دارویی ریحان انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی های مکان آزمایش

این آزمایش به صورت آزمایش مزرعه‌ای طی سالهای زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه ای خصوصی واقع در منطقه ماهدشت شهرستان با کرج طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل و سرد و متوسط بارندگی ۳۲۰ میلی-متر به اجرا درآمد. جدول ۱ وضعیت آب‌وهوایی محل اجرای آزمایش و شکل ۱،

متوسط دما و بارندگی ماهیانه محل اجرای آزمایش را طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ نشان می‌دهد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش، قبل از اجرای آزمایش و اجرای عملیات کاشت، در زمانی کهرطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی[1] بود، چندین نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از قسمت‌های مختلف مزرعه، به‌طور سیگموئیدی[2] برداشت و پس از مخلوط شدن نمونه‌ها با هم، یک نمونه مرکب جهت تجزیه به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید بافت خاک توسط نرم افزار Texture Autolookup ver 4.2، لومی تعیین گردید.

این نرم افزار جایگزین مناسبی برای مثلث خاک می‌باشد. نتایج مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

[1]- Field capacity
[2]– Sigmoid

جدول ۱- وضعیت آب وهوای محل اجرای آزمایش طی سالهای ۱۳۹۶-۱۳۹۵و ۱۳۹۷-۱۳۹۶

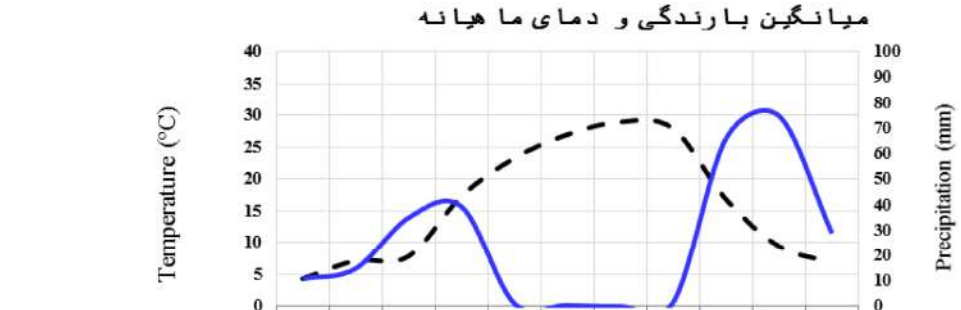
شرایط آب و هوایی	۹۶-۱۳۹۵	۹۷-۱۳۹۶
میزان متوسط بارندگی سالیانه	۵۰۳/۳ mm	۴۶۵/۱ mm
حداکثر مطلق درجه حرارت سالیانه	۴۲/۵ (^oC)	۴۲/۲ (^oC)
متوسط درجه حرارت سالیانه	۱۶,۲ (^oC)	۱۵,۴ (^oC)
حداقل مطلق درجه حرارت سالیانه	-۸,۶ (^oC)	-۷,۹ (^oC)
میزان تبخیر سالیانه	۲۳۷۷ (mm)	۲۰۱۶ (mm)
متوسط رطوبت سالیانه	٪۴۰	٪۴۱
ساعت آفتابی	۲۹۸۱	۲۹۹۲
تعداد روزهای بارانی	۷۲	۶۴
تعداد روزهای یخبندان	۶۸	۸۴

منبع: مرکز آمار و اطلاعات اداره هواشناسی استان تهران

جدول -۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

خصوصیات خاک	واژه معادل	حد بهینه	۱۳۹۶-۱۳۹۵	وضعیت	۱۳۹۷-۱۳۹۶	وضعیت
شوری (دسی‌زیمنس بر متر[1])	Ec ($ds\ m^{-1}$)	۲-۰	۱/۹	بدون نمک[2]	۱/۸	بدون نمک
اسیدیته	pH	۷-۶	۷/۹۴	قلیایی ضعیف[3]	۷/۹۲	قلیایی ضعیف
درصد کربن آلی	OC (%)	>۲	۰/۷۹	دارای کمبود[4]	۰/۸۷	دارای کمبود
ازت کل (٪)	Total N (%)	>۰/۲	۰/۱۲	دارای کمبود	۰/۱۴	دارای کمبود
درصد مواد خنثی شونده (٪)[5]	(TNV) (%)	۰/۱۵	۳۲	-	۳۴	-
فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	Available P	۱۵	۸/۸	دارای کمبود	۸/۶	دارای کمبود
پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	Available K	۳۰۰	۳۸۳	کفایت	۳۸۵	کفایت
شن (٪)	Sand (%)	-	۴۰	-	۴۱	-
سیلت (٪)	Silt (%)	-	۳۶	-	۳۴	-
رُس (٪)	Clay (%)	-	۲۴	-	۲۵	-
کلاس بافت خاک	Soil texture class	-	-	Sandy loam	-	Sandy loam
وزن مخصوص ظاهری (g/cm^{-3})	Bulk density	-	۱/۲۰	-	۱/۲۰	-

[1]- Ds/m^{-1}
[2]- Salt free
[3]- Weakly alkaline
[4]- Deficient
[5]- Total Neutralizing Value



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Oct	Nov	Dec
Mean Monthly Temperature	4.25	7.1	7.8	17.3	23.3	27	29	28	16.9	9.45	6.8
Mean Monthly precipitation	10.8	14.8	34.9	39.2	1.1	0.5	0	1.6	66	74.7	28.8

شکل ۱- متوسط دما و بارندگی ماهیانه محل اجرای آزمایش طی سالهای زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵و ۱۳۹۷-۱۳۹۶

روش اجرای آزمایش

طرح آزمایشی

این آزمایش به‌صورت کرت های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه ای خصوصی واقع در منطقه ماهدشت شهرستان با کرج طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل و سرد و متوسط بارندگی ۳۲۰ میلی متر به اجرا درآمد. تعداد تیمارها برابر با سطوح عوامل بکار گرفته شده در آزمایش یعنی ۲۰ تیمار در هر تکرار می‌باشد، تعداد کرت‌های آزمایشی از حاصل ضرب تعداد تیمار در تعداد سال در تعداد تکرار حاصل شد که در هر سال ۲۰ تیمار در سه تکرار و در مجموع دو سال، ۱۲۰ کرت مورد بررسی قرار گرفت. عامل آبیاری در کرت های اصلی و محلولپاشی اسید سالیسیلیک در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. عوامل بکار گرفته شده در این پژوهش به تشریح عبارت بودند از:

الف- سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل و سه سطح تنش خشکی) در ۴ سطح شامل:

- ۱۰۰ درصد حجم آب مورد نیاز با مصرف ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار (I_1)،
- ۸۰ درصد حجم آب مورد نیاز با مصرف ۴۸۰۰ متر مکعب در هکتار (I_2).

- ۶۰ درصد حجم آب مورد نیاز با مصرف ۳۶۰۰ متر مکعب در هکتار (I_3).

- ۴۰ درصد حجم آب مورد نیاز با مصرف ۲۴۰۰ متر مکعب در هکتار (I_4) که در کرت‌های اصلی قرار گرفتند.

ب- محلولپاشی اسید سالیسیلیک در ۵ سطح شامل:

-عدم مصرف اسید سالیسیلیک (محلول پاشی با آب خالص) به عنوان تیمار شاهد (S_1).

- محلول پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک (S_2).

- محلول پاشی با غلظت۱۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک (S_3).

- محلول پاشی با غلظت ۱۵۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک (S_4).

- محلول پاشی با غلظت۲۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک (S_5) که در کرت های فرعی قرار گرفتند.

لازم به توضیح است محلولپاشی اسیدسالیسیلیک در سه مرحله از ۳۰ روز بعد از کشت به فاصله هر ۱۰ روز انجام گردید. اسیدسالیسیلیک از شرکت بازرگانی تولیدی آبتین شیمی تهیه گردید.

در این پژوهش از بذر ریحان سبز با درصد خلوص ۹۷ درصد، قوه نامیه ۸۵ درصد و وزن هزار دانه ۱/۸ گرم استفاده گردید. بذر مورد نظر از شرکت پاکان بذر اصفهان به نام ریحان سبز افغانی تهیه شد.

آماده‌سازی زمین، ابعاد و مشخصات کرت‌های مورد آزمایش

دو قطعه زمین جداگانه با فاصله کمی نسبت به هم جهت انجام آزمایش برای هر دو سال انجام طرح، انتخاب گردید. عملیات آماده سازی زمین شامل استفاده از یک گاوآهن برگردان‌دار جهت انجام شخم عمیق در پائیز، انجام شخم سطحی و دیسک زنی در ۱۰ فروردین‌ماه بود. قبل از انجام عملیات کاشت، جوی و پشته‌هایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر توسط شیار بازکن[1] ایجاد گردید. کشت بذور در دو طرف پشته‌هایی به عرض ۶۰ سانتی متر و فاصله بین بذور روی ردیف‌های کشت ۱۰ سانتی‌متر (آرایش کشت ۳۰×۱۰) انجام

[1]- Furower

شد. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۸ متر (۳ خط نکاشت)، فاصله بین کرت های فرعی (یک خط نکاشت) و فواصل تکرارها ۴ متر بود. کاشت بذر در هر دو سال آزمایش در هشتم خردادماه صورت گرفت؛ برای کاشت بذر، حفره‌هایی به عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متر با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر بر روی خطوط کاشت ایجاد گردید. برای اطمینان از دستیابی به درصد سبز و تراکم مطلوب در هر محل، تعداد ۴-۳ بذر کاشته شد؛ پس از سبز شدن کامل بذور و استقرار گیاهچه‌ها، عمل تنک‌کردن در مرحله ۴-۳ برگی انجام شد؛ به صورتی که بوته‌های اضافی حذف و در هر کپه، ۱ بوته باقی ماند، در نهایت، تراکم مورد نظر با حذف بوته‌های اضافی، ۳۳/۳۳ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، توصیه کودی برای تمامی کرت‌های آزمایشی اعمال گردید؛ به این صورت که با مقایسه مقادیر حد بهینه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و مقادیر عناصر غذایی اندازه-گیری شده برای نمونه خاک، به کمبود، بهینه و یا بیش بود عناصر غذایی در خاک پی برده شد. مقادیر کودهای نیتروژن و فسفر براساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی در هر دو سال آزمایش (به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۱۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) استفاده شد. در این تحقیق از کود پتاسیم استفاده نشد، زیرا میزان پتاسیم قابل جذب در خاک بالاتر از حد بحرانی بود.

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری-های بعدی تا مرحله استقرار اولیه و رسیدن به مرحله ۴ برگی و قبل از اعمال تیمارهای آبیاری، مطابق عُرف معمول منطقه، هر ۵ روز یک بار به‌طور مرتب انجام شد. پس از مرحله ۴ برگی، تیمارهای آبیاری تعریف شده اعمال شدند؛ در کلیه آبیاری‌ها، جهت تأمین فشار و انرژی مورد نیاز از پمپ آب استفاده شد. وجین علف‌های‌هرز از مرحله دو تا چهار برگی آغاز و تا مرحله گلدهی، هر۷ روز یک‌بار به‌صورت دستی انجام شد. پیچک‌صحرایی، علف هفت‌بند، سلمه تره و تلخه از جمله علف‌های هرز شایع در مزرعه بودند.

خوشبختانه به دلیل وجود بوی تند ریحان، هیچ موردی از خسارت آفات در طول زمان اجرای‌طرح مشاهده نشد و لزومی برای سمپاشی با سموم دفع آفات نباتی، تشخیص داده نشد؛ ضمناً هیچ‌گونه بیماری خاصی نیز در مزرعه مشاهده نشد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با استفاده از سم‌پاش پشتی در خنک‌ترین ساعت طول روز (۶ صبح) در تمام سطح گیاه و درحد اشباع انجام شد. برای محاسبه حجم آب آبیاری هر کرت، ابتدا نیاز خالص آبیاری (۶۰۰۰ مترمکعب برای آبیاری کامل) به‌دست آمد و سپس برای توزیع حجم آب آبیاری بین کرت‌ها و تنظیم دقیق توزیع آب از پمپ و کنتور آب برای اندازه‌گیری حجم دقیق آبیاری استفاده شد. سپس با استفاده از بست‌های دوطرفه که به لوله رابط وصل شده بود آب بین کرت‌ها توزیع شد. برای کنترل تنظیم دقیق‌تر آب بین شیارها نیز برای هر لوله رابط وصل به شیار یک شیر کنترل قرار داده شد تا میزان دقیق آب ورودی به شیارها تنظیم‌شده باشد. با توجه به نوع تیمارها، میزان آب آبیاری بین تیمارها پخش شد.

صفات مورد ارزیابی و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها

در مرحله گل‌دهی کامل، نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات از سه برگ بالایی بوته و به میزان لازم نمونه بافت تازه تهیه گردید. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه توسط ازت مایع، پودر شده و سپس برای اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی مثل کلروفیل کل و کاروتنوییدها به فریزر با دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد. کلروفیل کل و کاروتنوییدها از روش لیختن تالر و همکاران (Lichtenthaler, 1987) انجام شد. در مرحله ۵۰٪ گلدهی جهت تعیین وزن خشک بوته با در نظرگرفتن حاشیه ها، بوته‌های ردیف‌های میانی ریحان از مساحتی حدود ۶۰۰ سانتی‌متر مربع از هر کرت، کف بر شده و در سایه در دمای اتاق به مدت ۵ روز خشک، توزین و به واحد سطح تبدیل شدند. در هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی، برای اندازه‌گیری قطرساقه، از

قسمت قطورترین بخش ساقه بوته های هر کرت با استفاده از کولیس دیجیتال، میانگین قطر ۱۰ ساقه محاسبه شد و برای اندازه‌گیری طول گل‌آذین، توسط خط کش، میانگین طول تعداد ۱۰ گل‌آذین از هر کرت به عنوان طول گل‌آذین هر کرت، محاسبه و ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری

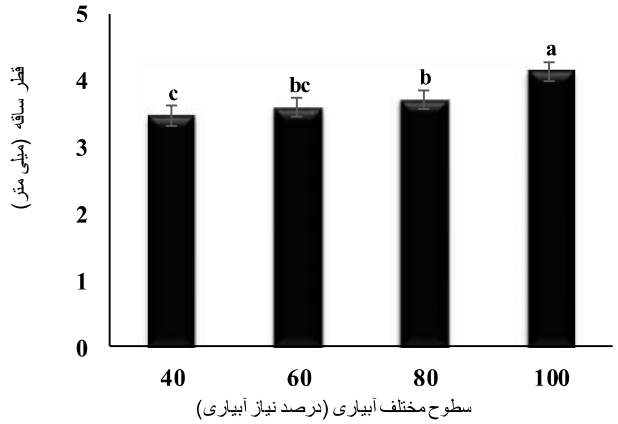
قبل از انجام تجزیه واریانس از آزمون بارتلت برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی در دوسال آزمایش برای صفات مورد مطالعه انجام شد. تجزیه واریانس مرکب کلیه صفات بر اساس داده‌های دو سال آزمایش به صورت آزمایش اسپلیت پلات (کرت‌های خردشده) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار SAS ورژن ۹,۱ انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها در مجموع دو سال به روش آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و به منظور رسم جداول از نرم افزار Word استفاده شد.

نتایج و بحث

قطر ساقه

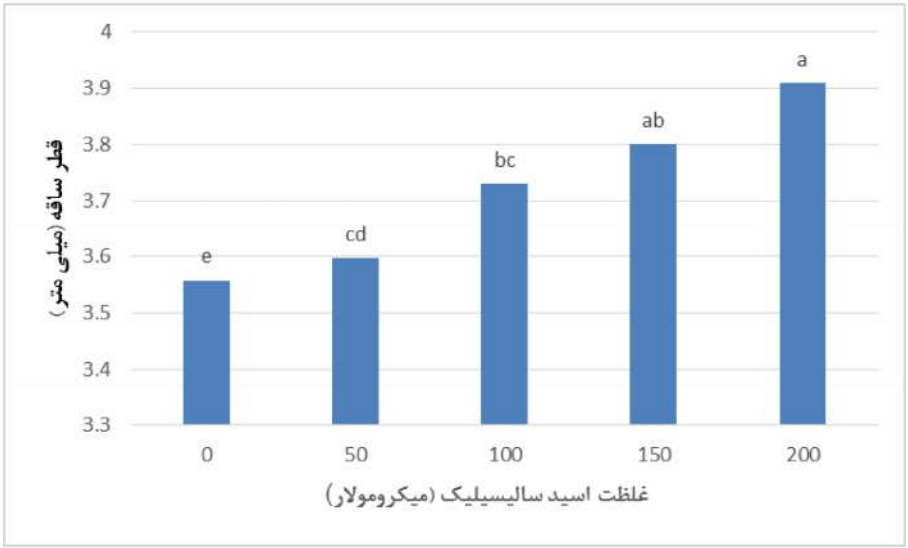
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که قطر ساقه تحت تأثیر اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک قرار گرفته است ($P<0.01$) و اثر سال و اثرات متقابل دوگانه تیمارها بر قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری روی قطر ساقه نشان داد که با افزایش سطوح مختلف آبیاری از۴۰ به ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری، قطر ساقه به ترتیب با افزایش ۳/۴، ۶/۸ و ۱۹/۳ درصدی همراه بود که بین سطوح ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبیاری برای این شاخص، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). قطر ساقه یکی از صفات مورد ارزیابی شدت تنش خشکی در گیاهان است (Sadras *et al.*, 1993)؛ گزارشات بسیاری روی گیاه زراعی و دارویی از جمله ریحان (Hassani *et al.*, 2003)، ترخون (لطفی و همکاران، ۱۳۹۳) نشان داده که با افزایش تنش‌خشکی، قطر ساقه اصلی بوته نیز کاهش می‌یابد که با نتایج این

تحقیق همخوانی داشت. در برخی از تحقیقات علت کاهش قطر ساقه را به دلیل کاهش تورژسانس سلول در اثر افزایش تنش و کاهش رشد و توسعه سلول گزارش نموده‌اند (Alkire & Simon, 1993).



شکل ۲- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

افزایش غلظت محلول اسیدسالیسیلیک از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار، قطر ساقه به ترتیب با افزایش ۱/۱، ۴/۸، ۶/۸ و ۹/۹ درصدی همراه بود (شکل ۳). با افزایش رشد، قطر ساقه نیز افزایش می‌یابد. افزایش قطر ساقه با محلولپاشی اسیدسالیسیلیک توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (مردانی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل۳- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات گیاه ریحان تحت شرایط مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		قطر ساقه	طول گل آذین	کلروفیل کل	کاروتنویید	وزن خشک بوته در گلدهی
سال (A)	۱	۰/۱۴۲n.s	۰/۰۳۳n.s	۰/۰۴۷n.s	۰/۰۰۱۲n.s	۱۲/۳۳۰۱n.s
تکرار (سال)	۴	۰/۰۲۹	۲/۶۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۳۱۶/۹۵
آبیاری (B)	۳	۲/۵۴۵**	۴/۷۱**	۰/۳۲۳**	۰/۰۷۱**	۴۳۶۱۵/۳۷**
سال x آبیاری	۳	۰/۰۶۹n.s	۰/۰۳۵n.s	۰/۰۰۱۲n.s	۰/۰۰۲n.s	۲۲/۵۷۲n.s
خطای کرت اصلی	۱۲	۰/۱۷۹	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۵	۱۰/۴۵
تیمار محلول پاشی (C)	۴	۰/۵۰۴**	۱۳/۹۶۱**	۰/۰۸۸**	۰/۰۰۳**	۹۴۴/۶۷۱**
سال x تیمار محلول پاشی	۴	۰/۰۲۵n.s	۰/۰۷۶n.s	۰/۰۰۰۷n.s	۰/۰۰۰۲n.s	۳/۵۶۴n.s
آبیاری × تیمار محلول پاشی	۱۲	۰/۰۴۸n.s	۰/۲۹۳**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۲**	۸۸/۳۵۴**
A × B × C	۱۲	۰/۰۳۹n.s	۰/۰۵۶n.s	۰/۰۰۰۵n.s	۰/۰۰۰۲n.s	۱۰/۴n.s
خطای کرت فرعی	۶۴	/۰۵۹	۰/۱۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۱۱/۴۴۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۶/۵۶	۳/۸۳	۳/۵۴	۱۰/۳	۲/۸۹

** ، * و n.s به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی دار

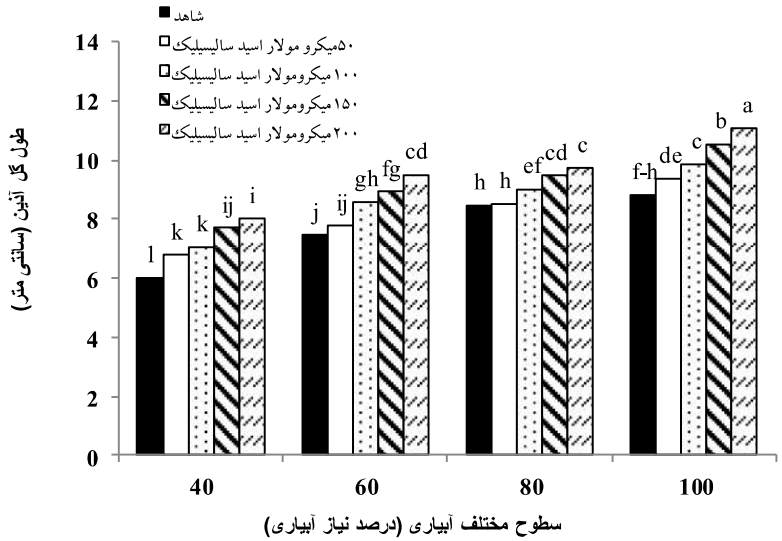
طول گل آذین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که طول گل‌آذین بوته تحت تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک قرار گرفته است ($P<0.01$). اثر متقابل دوگانه بین سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک نیز معنی‌دار بود ($P<0.05$). سایر اثرات دوگانه بین تیمارهای آزمایش و اثر سال نیز معنی‌دار نبود (جدول ۳). بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نشان داد که در تمام سطوح آبیاری، با افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، طول گل‌آذین بوته افزایش داشته است. در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبیاری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی شده از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰

و ۲۰۰ میکرو مولار طول گل‌آذین بوته به ترتیب با ۱۲/۷، ۱۷/۳، ۲۷/۶ و ۳۲/۹ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳/۹، ۱۴/۹، ۱۹/۴ و ۲۷/۲ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۰/۵۴، ۶/۵، ۱۱/۷ و ۱۴/۸ درصد افزایش و در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۶/۳، ۱۱/۷، ۱۹/۵ و ۲۵/۴ درصد افزایش داشته است (شکل ۴). به نظر می‌رسد هر چه آب در دسترس گیاه کمتر باشد، محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک اثر بهتری روی افزایش طول گل آذین گیاه ریحان داشته است. بیشترین طول گل آذین بوته ریحان در ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول‌پاشی غلظت میکرومولار اسیدسالیسیلیک به میزان ۱۱ سانتی‌متر به دست آمد؛ این در حالی است که در ترکیب تیماری ۴۰ درصد نیاز آبیاری و در تیمار غلظت صفر میکرو مولار اسیدسالیسیک، طول گل‌آذین ریحان ۶ سانتی‌متر بود به صورتی‌که اختلاف این دو ترکیب تیماری بیش از ۴۵ درصد بود (شکل ۴). در توافق با این نتایج، رمضان و عباس‌زاده (۱۳۹۴) در بررسی اثر تنش‌خشکی روی گیاه *Nepeta pogonosperma* گزارش دادند که با افزایش میزان تنش خشکی از ۶۰ به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، طول گل‌آذین بوته حدود ۲۵ درصد کاهش معنی‌دار داشت؛ آنها به این نکته اشاره داشتند که در تحقیقات مختلف مشاهده شده که در تنش‌های خفیف، افزایش طول گل آذین در گیاه مشاهده می‌شود که با افزایش شدت تنش‌خشکی، گیاه برای مقابله با تنش بیشتر از رشد اندام‌های رویشی و زایشی کاسته و بیشتر به اندام‌های زیرزمینی می‌افزاید و اگر تنش باز هم شدیدتر شود، رشد اندام‌های زیرزمینی هم کاهش می‌یابد. گزارش شده محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک منجر به افزایش تقسیم‌سلولی و افزایش طول میانگره (نورافکن و محبوبی، ۱۳۹۶)، طول گل‌آذین (نورافکن، ۱۳۹۷) و در نهایت طول‌بوته (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶) می‌شود. در این راستا، نورافکن (۱۳۹۷) در بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک روی گیاه دارویی به‌لیمو

گزارش داد که در تیمار شاهد بدون محلول-پاشی در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، طول گل‌آذین به لیمو با افزایش ۱۶ درصدی همراه بود؛ این درحالی است که با افزایش غلظت محلول اسید سالیسیلیک به ۲۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی، طول گل‌آذین به‌لیمو با کاهش ۳۵ درصدی همراه بود که علت این افزایش طول گل‌آذین در غلظتهای پایین محلول‌پاشی با اسید سالیسلیک، افزایش تقسیم‌سلولی و تحریک رشد ذکر شد.

به نظر می‌رسد هر چه آب در دسترس گیاه کمتر باشد، محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک اثر بهتری روی افزایش طول گل آذین گیاه ریحان داشته است. بیشترین طول گل آذین بوته ریحان در ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول‌پاشی غلظت ۲۰۰ میکرو مولار اسیدسالیسیلیک به میزان ۱۱ سانتی-متر به دست آمد؛ این در حالی است که در ترکیب تیماری ۴۰ درصد نیاز آبیاری و در تیمار غلظت صفر میکرو مولار - اسیدسالیسیک، طول گل‌آذین ریحان ۶ سانتی‌متر بود به صورتی‌که اختلاف این دو ترکیب تیماری بیش از ۴۵ درصد بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین طول گل‌آذین بوته تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک

نتایج حاصله بـا نتـایج رمضـان و عبـاس زاده (۱۳۹۴) روی گیاه *Nepeta pogonosperma* و لطفی و همکاران (۱۳۹۳) در گیاه ترخون و مقـدم و همکـاران (۱۳۹۴) در گیـاه ریحـان همخوانی دارد.

محتوای کلروفیل کل برگ

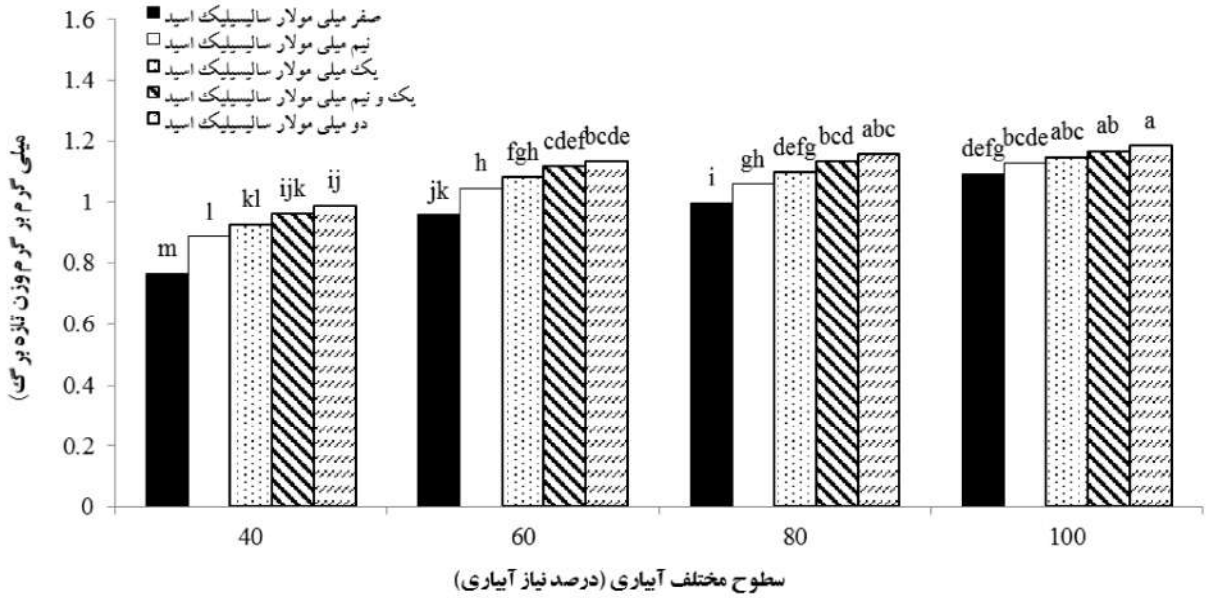
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک قرار گرفت ($P<0.01$). اثر متقابل بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک معنی دار بود ($P<0.01$) در حالیکه اثر سال و سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج حاصل از اثر متقابل سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، محتوای کلروفیل کل برگ افزایش یافته است (شکل ۵). به نظر می‌رسد هر چه آب در دسترس گیاه کمتر باشد، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک اثر بهتری روی کاهش محتوای کلروفیل کل خواهد داشت. کمترین محتوای کلروفیل کل در ترکیب تیماری ۴۰ درصد نیاز آبیاری و عدم محلول‌پاشی (غلظت صفر میکرو مولار) اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۷۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد؛ این در حالی است که در ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و غلظت ۲۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک، میزان کلروفیل کل برگ با اختلاف ۳۵/۴۷ درصدی، به میزان ۱/۱۸۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ رسید (شکل ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر این مطلب است که در شرایط تنش خشکی، مصرف اسید سالیسیلیک موجب افزایش کلروفیل کل می‌شود. در شرایط تامین کامل نیاز آبی گیاه (۱۰۰درصد نیاز آبی) مصرف ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک و در شرایط تنش خشکی، غلظت های ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار بالاترین کلروفیل کل را به خود اختصاص دادند (شکل ۵). در شرایط رطوبتی ۴۰٪ ، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه میزان کلروفیل کل، با مصرف ۲۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک

نسبت به شرایط عدم مصرف به ترتیب ۲۳/۵۲ درصد، ۱۵/۵۵ درصد، ۱۳/۸۴ و ۷/۹۴ درصد افزایش نشان داد و این موضوع نشان داد که اسید سالیسیلیک پاسخ مناسب تری به تولید کلروفیل کل در شرایط محدودیت آب نسبت به شرایط مطلوب آبیاری نشان داد. تحقیقات نشان داده است خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل b و a می‌گردد. همچنین در اثر تنش خشکی تشکیل پلاستیدهای جدید و نیز کلروفیل a و b کاهش می‌یابد (Saeidi & Abdoli, 2015) و به تبع آن کلروفیل کل کاهش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی، افزایش فعالیت کلروفیلاز و پراکسیداز از عوامل موثر در کاهش کلروفیل میباشد .دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل به تنش است .در موردپیاز و ریحان کاهش میزان کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است (مشتاقی نیاکی، ۱۳۸۷). نتایج تحقیق شوقیان و روزبهانی (۱۳۹۶) بر روی گیاه لوبیا قرمز نشان داد که مصرف ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری مطلوب، سبب افزایش ۷۷ درصدی محتوای کلروفیل کل نسبت به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک و تنش خشکی شد. به طورکلی اسید سالیسیلیک با جلوگیری از آسیب به کلروفیل، سبب بهبود فتوسنتز در شرایط تنش خشکی می‌شود (Khan *et al.*, 2003) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. در این راستا، سیروس مهر و روشن ضمیر (۱۳۹۳) در بررسی اثر تنش خشکی روی محتوای کل کلروفیل ریحان گزارش دادند که با افزایش میزان تنش خشکی، محتوای کلروفیل کل به علت وجود تنش اکسیداتیو حاصل از گونه‌های فعال اکسیژن، کاهش یافته است.

گزارش شده که تنش خشکی باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود که بر اثر تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن اتفاق می‌افتد؛ در اثر این تنش، تخریبهای متعدد بیولوژیکی از جمله تخریب غشاء و همچنین محتوای کلروفیل برگ اتفاق می‌افتد که باعث کاهش مقدار کلروفیل a و b می‌شود و در نتیجه

کاهش محتوای کلروفیل کل را به همراه دارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸ و Schutz & Fangmeir, 2001) که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. کاهش میزان محتوای کلروفیل‌ها برگ بر اثر تنش خشکی دلایل متعددی دارد. ازجمله این‌که همزمان با کاهش مقدار آب خاک و پتانسیل آب برگ، برخی هورمون‌ها مانند اتیلن و اسید آبسیزیک افزایش می‌یابد و فعالیت کلروفیلاز زیاد می‌شود و به‌علت هیدرولیز کلروپلاست و پروتئین‌های تیلاکوئیدی محتوای کلروفیل‌ها کاهش پیدا می‌کند (Loggini *et al.*, 1999).

ریواس-سان ویسنته و پلاسنکیا (Rivas-San Vicente & Plasencia 2011) پیشنهاد دادند که اسید سالیسیلیک از طرق تأثیر بر غلظت اکسین سبب تغییر در غلظت کلروفیل می شود. به صورتی که غلظتهای پایین آن سبب افزایش و غلظتهای بالای آن سبب کاهش مقدار کلروفیل گردید. افزایش محتوای کلروفیل کل با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در گیاهانی مانند جو (پیراسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۵) و گوار (چمنی و همکاران، ۱۳۹۷) گزارش شده است. در تفسیر نتایج حاصله می‌توان گفت که اتیلن عامل تخریب کلروفیل است و اسید سالیسیلیک به خاطر داشتن گروه- O هیدروکسیل آزاد بر روی حلقه اسیدبنزوئیک، توانایی کلاته کردن فلزات را داشته و در نتیجه با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACCاکسیداز می‌تواند باعث مهار بیوسنتز اتیلن و جلوگیری از تخریب مولکول کلروفیل گردد (Raskin, 1992).



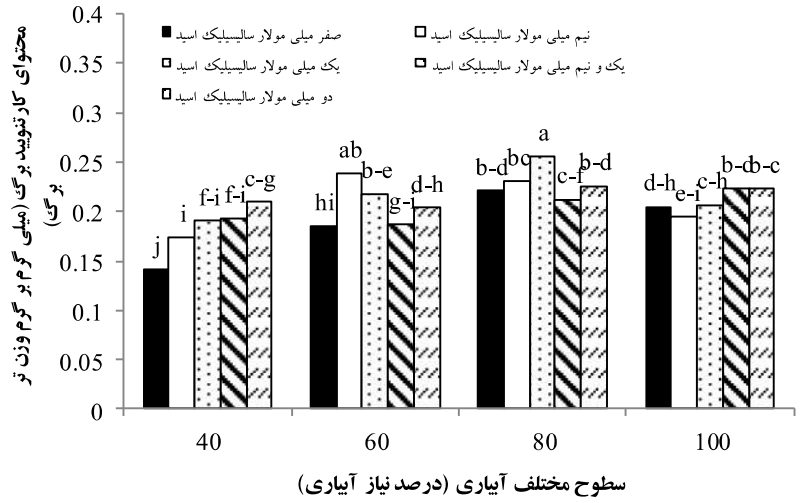
شکل ۵- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل کل تحت تاثیر سطوح ابیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک

محتوای کاروتنویید برگ

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای کاروتنویید برگ تحت تأثیر سطوح آبیاری و سطوح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفته است ($P<0.01$). سال، سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج برهم‌کنش سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نشان داد که در سطوح مختلف آبیاری، با افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، محتوای کاروتنویید برگ در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش داشته به این صورت که در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبیاری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار، محتوای کاروتنویید به ترتیب با ۲۲/۱۷، ۳۳/۷۴، ۳۵/۸۱ و ۴۷/۲۷ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، به ترتیب ۲۸/۶۱، ۱۷/۵۳، ۰/۷۹ و ۹/۸۱ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، به ترتیب ۴/۴۲، ۱۵/۶۶، ۳/۶۹ و ۲/۳۱ درصد افزایش و در سطح ۱۰۰ درصد نیاز

آبی گیاه، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار ، محتوای کاروتنویید به ترتیب با ۵/۱۸ درصد کاهش و سپس با ۰/۹، ۸/۸۷ و ۸/۶۵ درصد افزایش همراه بوده است (شکل ۶). افزایش محتوای کاروتنویید برگ با افزایش غلظت اسید سالیسلیک محلول پاشی شده با نتایج کلانتراحمدی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه کلزا هم‌خوانی داشت. محلولپاشی با اسید سالسیلیک با افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها، موجب کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدها و مقدار H_2O_2 و حفاظت بیشتر از غشاءهای سلولی، فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (Costa *et al.*, 2005).

همانگونه که مشاهده می‌شود، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش بیشتر محتوای کاروتنویید برگ در سطوح پائین نیاز آبی گیاه شده است (شکل ۶). در توافق با این نتایج، کشاورز و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایش خود بر روی گیاه کلزا مشاهده کردند که اسید سالیسیلیک در غلظتهای پایین‌تر در رفع آسیب اکسایشی نقش موثر دارد، ولی غلظتهای بالای آن سبب بروز تنش در گیاه می‌گردد. همچنین در توافق با این نتایج، فاخری و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق بر روی گیاه ماش (*Vigna radiate* L.) بیان کردند که اثر اسید سالیسیلیک بر محتوای کاروتنویید برگ در شرایط تنش خشکی، بیشتر می‌باشد به طوریکه بیشترین میزان کاروتنویید با ۳/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر در تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش به دست آمد.



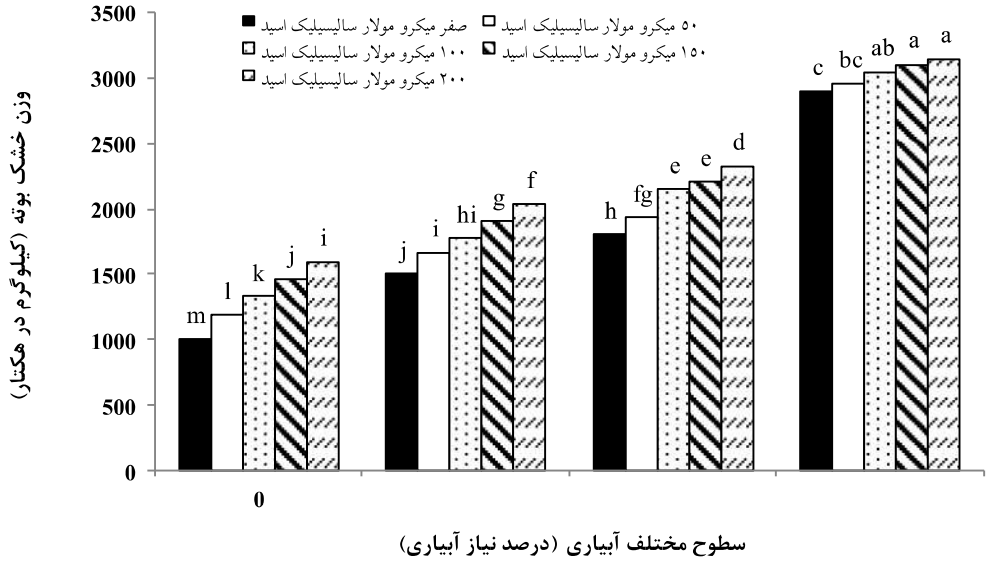
شکل ۶ - مقایسه میانگین محتوای کاروتنویید تحت تأثیر آبیاری و اسید سالیسیلیک

به نظر می‌رسد در گیاه ریحان، تنش خشکی نقش تحریک‌کنندگی در تولید کاروتنویید ایفاء کرده و البته اثر تنش به همراه کاربرد اسید سالیسیلیک بیشترین تاثیر را بر افزایش میزان کاروتنویید نشان داده است؛ نتایج در توافق با نتایج فاخری و همکاران (۱۳۹۸) است. کلانتر احمدی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که حداکثر میزان کاروتنویید برگ (۷/۱۴ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر برگ) در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی و محلول‌پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومول اسید سالیسلیک حاصل شده و این درحالی است که کمترین میزان محتوای کارتنوئید برگ (۲/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر برگ) نیز در تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی با آب مقطر به دست آمده است که در توافق با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

وزن خشک بوته در ۵۰٪ گلدهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن خشک بوته موقع گلدهیتحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفته است ($P<0.01$). سایر اثرات متقابل بین تیمارهای آزمایشی و همچنین اثر ساده سال، معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (شکل ۷) در این تحقیق، بیشترین وزن خشک بوته به

میزان ۳۱۴۴/۸۸، کیلوگرم در هکتار مربوط به غلظت ۲۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک (بالاترین غلظت مورد مطالعه) تحت شرایط نیاز آبی ۱۰۰٪ ریحان بود که با غلظت ۱۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک با تامین نیاز آبی ۱۰۰٪ تفاوت معنی داری نشان نداد.



شکل ۷: مقایسه میانگین وزن خشک بوته تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک

با افزایش تنش خشکی و کاهش مصرف اسید سالیسیلیک وزن خشک بوته کاهش نشان داد. به طور کلی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در تمامی تیمارهای تنش خشکی، وزن خشک بوته افزایش معنی دار نشان داد. بیشترین وزن خشک بوته در تنش شدید خشکی (۴۰٪ نیاز آبی)، تنش شدید (۶۰٪ نیاز آبی) و تنش ملایم خشکی (۸۰٪ نیاز آبی) متعلق به دز ۲۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب به میزان ۱۵۹۶/۴۵، ۲۰۳۳/۶۵ و ۲۳۲۷/۳۶ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک با افزایش محتوای رطوبت نسبی، منجر به حفظ تورم و حجم اندام‌های گیاه شده و در نتیجه با افزایش رشد و تعداد سلول‌ها، وزن تر بوته (Moradi & Goldani, 2011) و متعاقباً

وزن خشک بوته (Bayat *et al.*, 2011) افزایش یافته است.

نتیجه گیری

تنش خشکی موجب کاهش قطر ساقه، طول گل آذین، کلروفیل کل، کاروتنویید و وزن خشک بوته در ۵۰٪ گلدهی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک از طریق بهبود صفات مذکور در شرایط تنش خشکی موجب افزایش وزن خشک بوته شد. با افزایش تنش خشکی و کاهش مصرف اسید سالیسیلیک وزن خشک بوته کاهش نشان داد. درمقابل، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در تمامی تیمارهای تنش خشکی، وزن خشک بوته افزایش معنی دار نشان داد. با محدودیت بیشتر آب، اثرات مثبت‌تری اسید سالیسیلیک در جهت افزایش صفات مذکور و به تبع آن‌ها وزن خشک نشان داد. نتایج فوق بیانگر این مطلب است که محلول پاشی با اسید سالیسیلیک اثرگذاری بیشتری درجهت افزایش وزن خشک بوته در شرایط محدودیت آب در گیاه ریحان در مناطق آب و هوایی نیمه خشک دارد.

منابع

افکاری، ا. ۱۳۹۶ .تأثیرتنش خشکی ومقادیرکود نیتروژنه بر میزان وعملکرد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی *Ocimum basilicum* L.، فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۳(۶): ۱۰۵۹-۱۰۴۷.

امید بیگی، ر. ۱۳۷۹ .رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، جلد دوم، تهران: انتشارات طراحان نشر. ۴۲۴ صفحه.

امیدبیگی، ر.، ک. صدرایی منجیلی، و ف. سفیدکن. ۱۳۸۴. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد های کمی و *Foenicum vulgare* cv. Soroksariگیاه کیفی فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱(۴): ۴۶۵-۴۷۹.

بیاره، و.، ف. شکاری، س. سیفزاده، ح. ر. ذاکرین، و ا. حدیدی. ۱۳۸۹. تاثیر محلولپاشی سالیسیلیک اسید در شرایط تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد کدوی تخم کاغذی. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۴ (۲): ۱۹۲-۱۷۳.

پیراسته انوشه، ه.، ی. امام، م. ج. روستا، و س.ا. هاشمی. ۱۳۹۵. اثر محلول پاشی

اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم نصرت در شرایط شوری. مجله علوم زراعی ایران، ۱۸(۳): ۲۴۴-۲۳۲.

چمنی، ف.، ع. توحیدی نژاد، و م. مهیجی. ۱۳۹۷. اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیک و زراعی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۴۰: ۵-۱۸.

سیروس مهر، ع. و ف. روشن ضمیر. ۱۳۹۳. تأثیر تنش کم آبی و کود فسفر بر روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و درصد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۵: ۱۴۰-۱۳۴.

شوقیان، م. و ا. روزبهانی. ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳۴: ۱۴۷-۱۳۱.

صمصام شریعت، س. ۱۳۸۲. پرورش و تکثیر گیاهان دارویی. انتشارات مانی،۴۳۴ صفحه.

فاخری، براتعلی.، ف. حیدری، ن. مهدی‌نژاد، و ا. شاهرخی ساردویی. ۱۳۹۸. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و متابولیت‌های سازگاری رازیانه (*Foeniculum vulgare* P. Mill.) در شرایط اقلیمی سیستان. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۳، ۲ (۵۰): ۲۱۶-۱۹۳.

فاضلی، ا.، ب. زارعی، و ز. طهماسبی. ۱۳۹۶. تأثیر تنش شوری و سالیسیلیک اسید بربرخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). زیست شناسی گیاهی ایران، ۹ (۳۴): ۶۹-۸۳.

فرزانه پلگرد، ا.، ع. غنی، و م. عزیزی ارانی. ۱۳۸۹. تأثیر تنش آبی بر خصوصیات ظاهری، عملکرد و درصد اسانس در گیاه ریحان (رقم کشکنی لولو) (*Keshkeni luvelou*). پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲(۱): ۱۱۱-۱۰۳.

کافی، م.، ه، برزویی، م. صالحی، ع، کمندی، ع. معصومی، و ج. نباتی. ۱۳۸۸، فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، جهاد دانشگاهی واحد مشهد، ۵۰۴ صفحه.

کشاورز، ح.، س.ع.م. مدرس ثانوی، ف. زرین کمر، ا. دولت آبادیان، م. پناهی، و

ک. سادات اسیلان. ۱۳۹۰، بررسی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط تنش سرما، علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۴): ۷۲۳-۷۳۴.

کلانتر احمدی، س.ا.، ع. عبادی، ج. دانشیان، س.ع. سیادت، و س. جهانبخش. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی و محلول پاشی تنظیم کننده‌های رشد بر محتوای رنگریزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۴۰۱. نشریه علوم زراعی ایران، ۱۸(۳): ۱۹۶-۲۱۷.

لطفی، م.، ب. عباس‌زاده، و م. میرزا. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، پرولین، قندهای محلول و عملکرد ترخون (*Artemisia dracunculus* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۰ (۱): ۱۹-۲۹.

محمدی بابازیدی، ه.، م. فلکناز، پ. حیدری، م. همتی، و ش. فرخیان. ۱۳۹۲. تأثیر باکتری آزوسپریلیوم و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ریحان تحت تنش کم آبی. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- ملکولی، ۳: ۳۱-۳۶.

مردانی، ح.، ح. بیات، و م. عزیزی. ۱۳۹۰. تأثیر محلولپاشی سالیسیلیک‌اسید بر خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک نهال های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تخت شرایط تنش خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵(۳): ۲۲۶-۳۲۰.

مشتاقی نیاکی، م. ۱۳۸۷، اثر تنش کمبود آب بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم پیاز. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، ۶۲ صفحه.

مقدم، م.، م. علیرضایی نقندر، ی. سلاح ورزی، و م. گلدانی. ۱۳۹۴. تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیوشیمیایی سه رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.). مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۶(۳): ۵۰۹-۵۲۱.

نور افکن، ح. ۱۳۹۷. اثر سالیسیلیک اسید بر صفات مروفو-فیزیولوژیک به لیمو در شرایط مزرعه ای و درون شیشه ای. نشریه علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴۶: ۳۱۶-۳۰۳.

نورافکن، ح. و ا. محبوبی. ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی با سالیسلیک اسید بر

خصوصیات مورفوفیزیولوژیک پنیرک و بادرشبو. فصلنامه بوم شناسی گیاهان زراعی،۱۳(۳): ۳۳-۲۵.

Bayat، H.، H. Mardani، H. Arouie، and Y. Salahvarzi. 2011. Effects of salicylic acid on morphological andphysiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Journal of Plant Production, 2011; 18: 125-135.

Abdollahi, M. and F. Shekari. 2013. Effects of priming by salicylic acid on wheat yield at different sowing dates. Seed Research (Journal of Seed Science and Technology), 3(1): 23-36.

Alkire, B.H. and J.E. Simon. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soil. Acta Horticulture, 344: 544-556.

Bayat, H.، H. Mardani, H. Arouie, and Y. Salahvarzi. 2011. Effects of salicylic acid on morphological andphysiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Journal of Plant Production, 18: 125-135.

Biareh, V.، F. Shekari, S. Sayfzadeh, H. Zakerin, E. Hadidi، J.G.T. Beltrão، and A. Mastinu. 2022. Physiological and Qualitative Response of Cucurbita pepo L. to Salicylic Acid under Controlled Water Stress Conditions. Horticulturae, 8(1):79.

Belkhadi A.، H. Hediji, Z. Abbes, I. Nouairi, Z. Barhoumi, M. Zarrouk, W. Chaibi, and W. Dejebali. 2010. Effects of exogenous salicylic acid on cadmium toxicity and leaf lipid content in Linum usitissimum L. Enviromental safety, 73(5): 1004-1011.

Cheong، Y.H.، K. N. Kim، G. K. Pandey، R. Gupta، J.J Grant and S. Luan. 2003, CLB 1، a calcium sensor that differentially regulates salt، drought، and cold responses in Arabidopsis. Plant Cell. 15: 1833-1845.

Costa M.، P.M. Civell, A.R. Chaves، G.A. Martinez G.A. 2005. Effects of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 191-199.

foliar application of salicylates. J. Plant Physiol, 160: 485-492.

Keshavarz، H. 2020, Study of water deficit conditions and beneficial microbes on the oil quality and agronomic traits of canola (*Brassica napus* L.). Grasas Aceites, 71(3): e373. 1-13.

Kordi, S., M. Saidi, and F. Ghanbari. 2013. Induction of drought tolerance in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) by Salicylic Acid. *International Journal of Agricultural and Food Resea*rch، 2:18-26.

Kabiri، R. 2011, Effect of salicylic acid and drought stress on quantitative and qualitative traits of black currant. MSc Thesis، Ilam University.

Lichtenthaler, Hatmut, K. 1987. Chlorophyll Fluorescence Signatures of Leaves during the Autumnal Chlorophyll Breakdown. Journal of Plant Physiology, 1987; 131(1-2): 101-110

Loggini, B., A. Scartazza, E. Brugnoli, and F. Navari Izzo. 1999. Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to Drought. Plant Physiology, 119(3): 1091-1100.

Ercoli، L.، L. Lulli، M. Mariotti، A. Masoni, and I. Arduini. 2007. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agrononomy. 28: 138-147.

Eraslan, F.، A. Inal, A. Gunes, and M. Alpaslan. 2007, Impact of exogenous salicylic acid on growth، antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae, 113(2): 120-128.

Javanmardi, J., A. Khalighi، A. Khashi، H.P. Bais، and J.M. Vivanco. 2002, Chemichal Characterisation of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Found in Local Accessions and used in Traditional Medicins in Iran، J. Agric Food Chem, 50(21): 5878-83.

Hassani, A. and R. OmidBeighi. 2002. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolical characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). Agricultural Knowledge, 12(3): 47-59.

Khan، W.، B. Prithiviraj، and A. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to

Saeidi, M. and A. Abdoli. 2015. Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. Journal of Agricaltural and Tecnology, 17 (4): 885-898.

Schutz, M. and E. Fangmeir. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO2 and water limitation. Environmental Pollution, 114: 187-194.

Sirousmehr، A.، J. Arbabi، and M.R. Asgharipour. 2014, Effect of drought stress levels and organic manures on yield، essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Advance Environemental Bioogyl، 8(4): 880-885.

Sharma، R. 2004, Agro-Techniques of Medicinal Plants. Daya Publishing House، Delhi، 264p.

Telci, I., E. Bayram، G. Yilmaz، and B. Avci. 2006, Variability in Essential Oil Composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). Biochemical Systematics and Ecology, 34(6): 489-497.

Moradi، M. and M. Goldani. 2011. Evaluation of different salicylic acid levels on some growth characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under limited irrigation، gornal of Enviromental stresses in crop sciences، 4 (1): 33-45(13).

Pierre C.S.، J. Petersona , A. Rossa , J. Ohma, M. Verhoerena, M. Larsona, and B. Hoefera. 2008, White wheat grain quality changes with genotype، nitrogen fertilization، and water stress. Agronomy Science, 100: 414-420.

Raskin، I. 1992. Role of Salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology. Plant MolecularBiology, 43: 439-463.

Rivas-San Vicente، M. and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany, 2011; 62: 3321–3338.

Sadras ،V.O., D.J. Connor, and D.M. Whitfield. 1993. Yield ،yield components and sourcesink relationships in water-stressed sunflower. Filed Crops Research, 31: 27-39.

Zhang J, S. Zhang, M. Cheng, and J. Jin. 2018, Effect of Drought on Agronomic Traits of Rice and Wheat: A Meta-Analysis. Journal of Environmental Research and Public Health, 15(5): 839-853.

The effect of salicylic acid foliar application on some morpho-physiologic traits and dry matter yield of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under influence of water limitation

Z. Rostami[1], S. Sayfzadeh[1*], S.A. ValadabadI[1], H.R. Zakerin[1], N. Shahsawari[2]

1. Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2. Department of Plant Production, Hajiabad branch, Islamic Azad University, Hajiabad, Iran.

Abstract

In order to investigate the effect of foliar spraying of salicylic acid on some traits and dry matter performance of basil plants under the influence of water limitation, an experiment was conducted in the form of split plots based on randomized complete block design in 3 replications in a private farm located in Mahdasht area of Karaj city in 2015-2016 and 2016-2017 crop years. Irrigation in 4 levels: I_1: 100%, I_2: 80%, I_3: 60% and: I_4: 40%. The volume of water required in the main plots and salicylic acid in 5 levels: S_1: No application (spraying solution with water net as control), S_2: foliar spraying with a concentration of 50 µM, S_3: 100 µM, S_4: µM and S_5: 200 µM were placed in the subplots. The results showed that the simple effects of drought stress and salicylic acid on the traits of stem diameter, inflorescence length, total chlorophyll, carotenoid and plant dry weight at 50% of flowering are significant at 1% level and the interaction effect of these two factors is also significant except for stem diameter. It was significant at 1% level on all studied traits. In general, salicylic acid increased stem diameter, inflorescence length, total chlorophyll and carotenoid, and with more water limitation, salicylic acid showed more positive effects in increasing the mentioned traits. With the increase in concentration of salicylic acid in all drought stress treatments, the dry weight of the bush showed a significant increase. The maximum dry weight of the bush was 3144.88, 3105.45 and 3045.67 kg per hectare related to the concentration of 200, 150 and 100 µM salicylic acid under the conditions of 100% water requirement. The highest dry weight of the bush in severe drought stress (40% water requirement), severe stress (60% water requirement) and mild drought stress (80% water requirement) belongs to the dose of 200 µmol/l salicylic acid, respectively, at the rate of 1596.45, 2033/2033 and 2327/36 kg per hectare. Our study showed that foliar spraying with salicylic acid is more effective in increasing the dry weight of the plant under water-limited conditions. According to the obtained results, it is recommended to use salicylic acid for the production of basil plants in order to adjust the drought stress in climatically semi-arid areas such as Karaj.

Keywords: Basil, Carotenoid, Chlorophyll, Drought stress, Dry weight, Morphological characteristics, Salicylic acid

[*] Corresponding Authors (Saeedsayfzadeh@yahoo.com) and (shahsawari110@gmail.com)