مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تاثیر شرایط متفاوت رطوبتی

ذبیح اله 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، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۹

چکیده

ریحان با خواص دارویی متعدد یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده نعناعیان (*Lamiaceae*) است. از جمله عوامل موثر بر رشد و نمو و تولید مواد مؤثره گیاهان دارویی و معطر آب است که کمبود آن بیشتر از سایر نهاده‌ها بر کاهش تولید اثر می‌گذارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که اسید سالیسیلیک سبب ایجاد مقاومت در گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود. بنابراین به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه ریحان تحت تأثیر تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت های 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 کرت‌های اصلی و اسید سالیسیلیک در ۵ سطح S_1: بدون کاربرد (محلول پاشی با آب خالص به عنوان شاهد)، S_2: محلول پاشی با غلظت ۵۰ میکرومولار، S_3: ۱۰۰میکرومولار، S_4: میکرومولار و S_5: ۲۰۰ میکرومولار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کمبود آب موجب کاهش تعداد سنبله در بوته، تعداد فندقه در بوته، تعداد دانه در فندقه و وزن هزار دانه و مصرف اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد سنبله، تعداد فندقه در بوته و وزن هزار دانه شد. تحت تاثیر کمبود آب، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کاهش و با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش معنی‌دار یافت. با افزایش مصرف اسید سالیسیلیک در تمامی رژیم‌های رطوبتی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نیز افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین پاسخ گیاه ریحان به اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (آبیاری کامل) بسیار قابل توجه بود. در نهایت، بدلیل تاثیر نامطلوب تنش خشکی بر رشد و تولید گیاه ریحان، استفاده از اسید سالیسیلیک برای تعدیل تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: ریحان، اسید سالیسیلیک، عملکرد بیولوژیک و دانه، اجزای عملکرد دانه

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

مقدمه

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). یکی از گیاهان دارویی و زراعی خانواده تعنائیان ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با است که در حدود ۱۲۰۰ هکتار در ایران کشت می‌شود (رمرودی و خمر، ۱۳۹۲). این گیاه دارویی، یکساله و علفی بوده و تنوع زیادی در سطح مورفولوژی، ترکیبات ثانویه و مخصوصاً اسانس دارد (Telci *et al.*, 2006).

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). کاهش محتوای آب بافت‌های گیاهی تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد گیاه می‌گردد (Zhang *et al.*, 2018). پلگرد و همکاران (۱۳۸۹) طی تحقیقی که بر روی ریحان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک بوته داشت. پازکی (۱۳۹۵) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش تعداد گل آذین در بوته، تعداد دانه در گل آذین، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در ریحان می‌شود.

برای افزایش مقاومت گیاهان به تنش، روش-های مختلف ازجمله به نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های 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 ارزان‌تر است (Belkhadi *et al.*, 2010). اسید

سالیسیلیک از ترکیبات فنلی در گیاهان بوده که نقشی محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان ایفاء می‌کنند (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 تنش‌های 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). 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 (*Ocimum basilicum* L.) 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).

گزارش شده است که افزایش عملکرد دانه با محلول‌پاشی اسید سالیسلیک می‌تواند به دلیل تاثیر مثبت آن بر اجزاء عملکرد دانه باشد (هاشمی فدکی و همکاران، ۱۳۹۷ و Shakirova *et al.*, 2003). ریحان یک گیاه دارویی بوده که کشت و کار آن روز به روز در کشورمان در حال افزایش است و با توجه به این که خشکی از ویژگی‌های بارز کشور بوده، باید در این زمینه، چاره‌ای اندیشید. بنابراین، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر تنش خشکی (سطوح مختلف آبیاری) و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه دارویی ریحان انجام شد.

مواد و روش ها

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 که رطوبت 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 ۲ ارائه شده است.

[1]- Field capacity
[2] Sigmoid

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

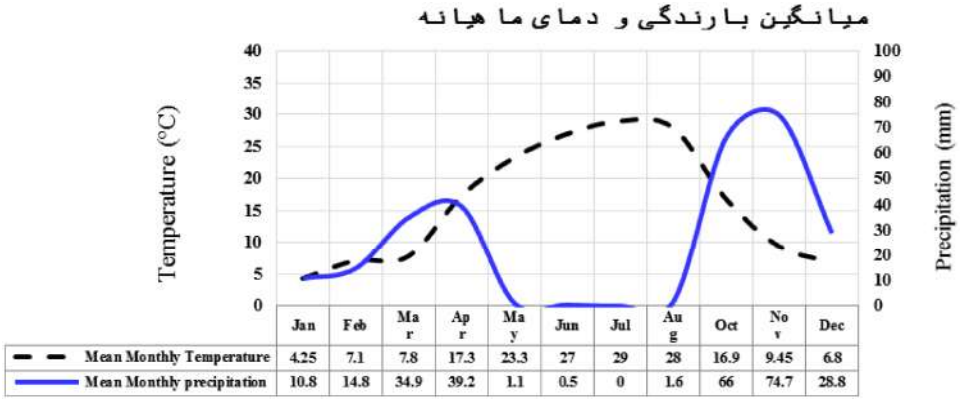
شرایط آب و هوایی	۹۶-۱۳۹۵	۹۷-۱۳۹۶
میزان متوسط بارندگی سالیانه	۵۰۳,۳ (mm)	۴۵۶,۱(mm)
حداکثر مطلق درجه حرارت سالیانه	۴۲,۵ (^oC)	۴۲,۲ (^oC)
متوسط درجه حرارت سالیانه	۱۶,۲ (^oC)	۱۵,۴ (^oC)
حداقل مطلق درجه حرارت سالیانه	-۸,۶ (^oC)	-۷,۹ (^oC)
میزان تبخیر سالیانه	۲۳۷۷ (mm)	۲۰۱۶ (mm)
متوسط رطوبت سالیانه	٪۴۰	٪۴۱
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 ($ds\ m^{-1}$)	۰-۲	۱/۹	بدون نمک[2]	۱/۸	بدون نمک
اسیدیته	pH	۶-۷	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 (%)	-	40	-	41	-
سیلت (٪)	Silt (%)	-	36	-	34	-
رُس (٪)	Clay (%)	-	24	-	25	-
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 کرت‌های 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 کرت‌های 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 کرت‌های 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 (رمرودی و خمر، ۱۳۹۲). 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

[1]- Furower

متر و فاصله بین بذور روی ردیف‌های کشت ۱۰ سانتی‌متر (آرایش کشت ۳۰×۱۰) انجام شد. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۸ متر (۳ خط نکاشت)، فاصله بین کرت‌های 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 آبیاری‌های 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 ازجمله 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

برای اندازه‌گیری تعداد سنبله در بوته، میانگین تعداد سنبله‌های ۱۰ بوته در هر کرت به عنوان تعداد سنبله در بوته هر تیمار، برای اندازه‌گیری تعداد فندقه در بوته، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت باحذف اثر حاشیه انتخاب و میانگین تعداد فندقه در هر بوته، برای اندازه‌گیری تعداد دانه در فندقه، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت باحذف اثر حاشیه انتخاب و میانگین تعداد فندقه در هر بوته هر تیمار و برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، ابتدا گل آذین‌های برداشت شده را به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده، بعد از خشک شدن، تعداد ۶ نمونه ۱۰۰ دانه‌ای از پنج گل آذین خشک شده، انتخاب و با ترازویی با دقت یک صدم گرم وزن گردید و میانگین آن‌ها پس از ضرب در عدد ۱۰ به عنوان وزن ۱۰۰۰ دانه تعیین گردید. به منظور برآورد عملکرد

بیولوژیکی، پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، بوته‌های چهار ردیف وسط هر کرت آزمایشی به طول دو متر، در سطح ۲/۴ مترمربع (چهار ردیف کشت) و با در نظرگرفتن حاشیه‌ها، کف بر شده و جهت خشک شدن، ۴۸ ساعت در آون الکتریکی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) توزین و به عنوان عملکرد بیولوژیکی برحسب کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. سپس دانه‌ها جداشده و پس از توزین به عنوان عملکرد دانه هر کرت درنظر گرفته 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 محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات از نرم‌افزار SAS استفاده شد، جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و به منظور رسم جداول از نرم افزار Word استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد سنبله در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تعداد سنبله در بوته ریحان تحت تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفته است ($P<0.01$). اثر متقابل سال و سطوح آبیاری معنی‌دار بود. سال، تاثیر معنی‌داری روی تعداد سنبله در بوته ریحان نداشت. سایر اثرات دوگانه و سه‌گانه بین تیمارهای آزمایش معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اثر سال نشان داد که در سطوح آبیاری ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبیاری، تعداد سنبله در بوته

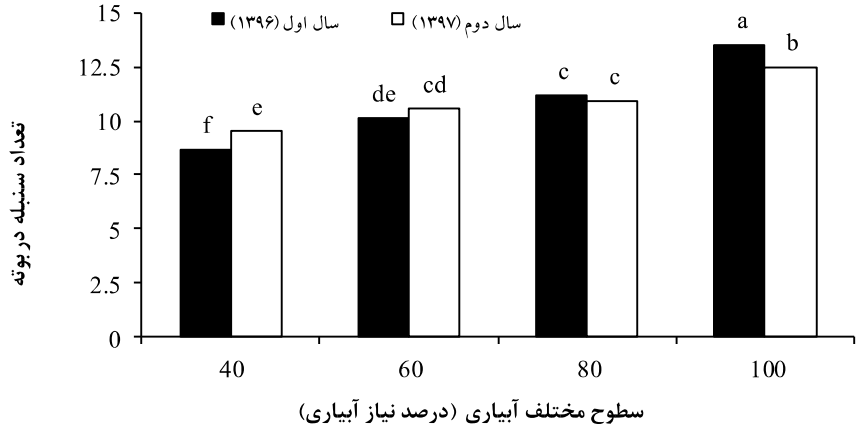
در سال اول آزمایش به طور معنی‌داری از سال دوم آزمایش کمتر بود. این صفت در سال دوم آزمایش در سطوح ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری، افزایش کمتری نسبت به سال اول آزمایش داشت ولی این افزایش در ۸۰ درصد نیاز آبیاری معنی‌دار نبود (شکل ۲). در تفسیر نتایج به دست آمده می‌توان گفت که کمبود آب به عنوان یک عامل بازدارنده ی رشد گیاه برای تشکیل اندام‌های زایشی محسوب می‌شود. در این میان تعداد سنبله در بوته به دلیل کمبود رطوبت در خاک و عدم تکمیل اندام‌های رویشی مناسب کاهش می‌یابد. در تحقیق گلدانی (۱۳۹۲) گزارش شد، با افزایش دور آبیاری از ۴ به ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز یک بار، تعداد سنبله در بوته با کاهش ۲۴، ۳۵، ۳۹ و ۷۵ درصدی همراه بود.

بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری، با افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، تعداد سنبله در بوته افزایش یافته است (شکل ۳). در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبیاری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی شده از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار ، تعداد سنبله در بوته به ترتیب با ۱۱/۲۷، ۲۱/۲۲، ۶۰/۲۹ و ۳۵/۷۶ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۶/۰۳، ۱۵/۷۸، ۲۱/۹۲ و ۲۶/۴۸ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۴/۰۹، ۶/۸۵، ۱۰/۷۶ و ۱۴/۱۱ درصد افزایش و در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب۴، ۶/۰۸، ۸/۸۹ و ۱۰/۰۴ درصد افزایش مواجه بوده است (شکل ۳). کمترین تعداد سنبله در بوته (۷/۶۳ سنبله در بوته) در ترکیب تیماری۴۰ درصد نیاز آبیاری و محلول‌پاشی با غلظت صفر میکرو مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد. این در حالی است که در ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و غلظت ۲۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیک، تعداد سنبله در بوته با اختلاف ۴۰/۹۶ درصد به میزان ۱۲/۹۲ عدد در بوته رسید (شکل ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گیاه ریحان

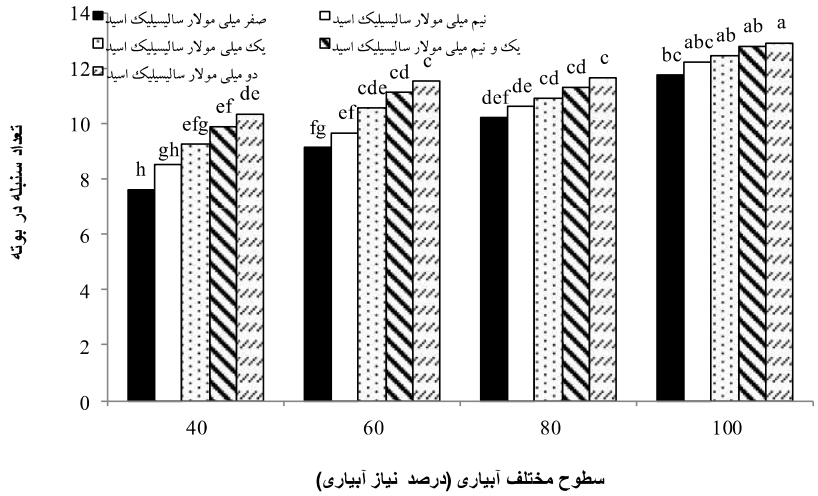
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد سنبله در بوته	تعداد فندقه در بوته	تعداد دانه در فندقه	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
سال (A)	۱	۰/۰۰۰۰۳n.s	۲۰/۷۳n.s	۰/۰۰۴۹n.s	۰/۰۱۸۲n.s	۴۵۳۱n.s	۱۷۰۷/۴۷n.s
تکرار (سال)	۴	۵/۹۶۴	۴۸/۶۳۵	۰/۰۱	۰/۰۲۳	۱۳۰۹۴۵۵۸	۱۰۲۴۳۵
آبیاری (B)	۳	۷۹/۴۸۸**	۱۰۰۱/۶۴۵**	۱۰/۱۵۶**	۱/۱۷۸**	۸۵۹۴۹۳۱۹۴**	۵۹۵۶۸۰۹**
سال x آبیاری	۳	۴/۸۸۶**	۲۳/۴۷۳n.s	۰/۰۱۴۳n.s	۰/۰۱۰۳n.s	۶۱۱۵۷۲۰n.s	۲۸۷۳۹n.s
خطای کرت اصلی	۱۲	۰/۱۵۷n.s	۱۱/۶۸n.s	۰/۰۲۹n.s	۰/۰۳۶n.n	۴۷۴۴۳۶۸	۱۰۹۹۴
محلول پاشی (C)	۴	۴۲/۰۰۸**	۵۰۶/۵۹**	۰/۰۷۳n.s	۰/۲۸۷**	۱۶۳۵۷۳۵۷۶**	۱۱۶۶۰۴۰**
سال x محلول پاشی	۴	۰/۴۵۵n.s	۴/۴۱۳n.s	۰/۰۶۹n.s	۰/۰۳۴n.s	۴۰۴۷۳۳۴n.s	۱۵۷۷۶n.s
آبیاری × محلول پاشی	۱۲	۱۲/۲۳۹**	۴/۸۴۹n.s	۰/۰۴n.s	۰/۰۶۴۶*	۶۶۱۳۱۸۴*	۱۶۵۴۲/۲۳**
A × B × C	۱۲	۰/۳۵۶n.s	۳/۹۳۵n.s	۰/۰۳۸n.s	۰/۰۱۸۶n.s	۲۱۸۴۷۳۴n.s	۳۱۴۴/۵۳n.s
خطای کرت فرعی	۶۴	۰/۹۵۴	۸/۷۳۶	۰/۲۸۸	۰/۰۰۲۳	۲۸۱۱۲۵۰	۱۱۱۱۹۶/۲۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۹۸	۹/۲	۴/۳۸	۴/۰۴	۱۲/۹۸	۱۰/۱۸

**، * و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد سنبله در بوته تحت تأثیر سال و سطوح آبیاری

در تفسیر نتایج حاصله می‌توان بیان کرد که تعداد سنبله در بوته به دلیل وجود رطوبت مناسب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری در خاک و تکمیل اندام‌های رویشی مناسب افزایش یافته است و از طرفی تیمار با اسید سالیسیلیک موجب افزایش قابل توجه بعضی از هورمون‌های گیاهی نظیر سیتوکینین شده که ترکیب این دو تیمار منجر به بروز بیشترین تعداد سنبله در بوته در ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و غلظت ۲۰۰ میکرو مولار - اسید سالیسیک شده است. نتایج به دست آمده در توافق با نتایج (Shakirova *et al* 2007) است. نتایج به دست آمده در توافق با نتایج رمرودی و خمر (۱۳۹۲) است، آن‌ها بیان نمودند که بیشترین تعداد سنبله در بوته از تیمار آبیاری کامل و کمترین آن از تیمار قطع یک نوبت آبیاری قبل از گلدهی بدست آمد. به نظر می‌رسد افزایش محدودیت آبی در مراحل قبل از گلدهی موجب کاهش تعداد سنبله در بوته شده است. تعداد کمتر سنبله در بوته در سطوح پائین‌تر نیاز آبیاری گیاه می‌تواند ناشی از سقط گل‌ها به دلیل تنش خشکی باشد (Pour-Aboughadareh *et al*., 2020). گزارش شده است که افزایش عملکرد دانه با محلول‌پاشی اسید سالیسلیک می‌تواند به دلیل تاثیر مثبت آن بر اجزاء عملکرد دانه باشد (هاشمی فدکی و همکاران، ۱۳۹۷; Shakirova *et al*., 2003). در این تحقیق هر چند تنش خشکی تعداد سنبله در بوته را کاهش داد، اما محلول‌پاشی اسید سالیسلیک منجر به افزایش این جزء مهم عملکرد دانه شد. تیمار با اسید سالیسیلیک موجب افزایش قابل توجه بعضی از هورمون-های گیاهی نظیر سیتوکینین‌ها و کاهش آبسیزیک اسید می‌گردد (Shakirova, 2007) بنابراین، اثر تحریک کنندگی اسید سالیسیلیک روی افزایش تعداد سنبله در بوته، با افزایش تعداد پنجه‌ها که با اثر افزایش دهنده اسید سالیسیلیک روی غلظت سیتوکینین‌ها قابل توجیه است، تفسیر می‌گردد.

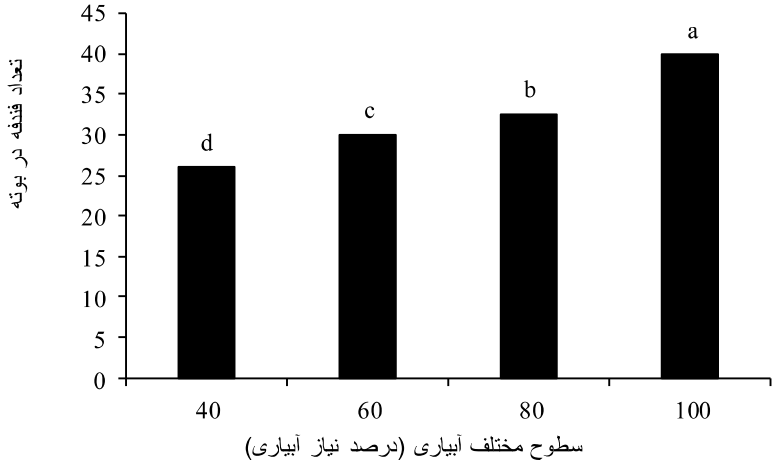


شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد سنبله در بوته تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک

تعداد فندقه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد فندقه در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک قرار گرفته است ($P<0.01$). سال، تاثیر معنی‌داری روی تعداد فندقه در بوته ریحان نداشت؛ همچنین سایر اثرات دوگانه و سه‌گانه بر صفت تعداد فندقه در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۳).

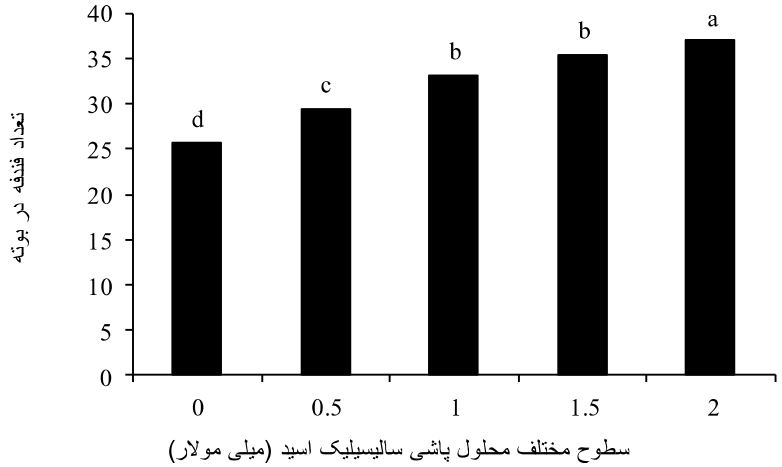
نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری روی صفت تعداد فندقه در بوته نشان داد که با افزایش سطوح آبیاری از ۴۰ به ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری، تعداد فندقه در بوته به ترتیب با افزایش ۱۵/۳۵، ۲۵/۰۷ و ۵۲/۷۶ درصدی همراه بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد فندقه در بوته ریحان تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

نتایج همچنین نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از صفر (آب مقطر) به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار، محتوای آب نسبی به ترتیب با افزایش ۱۴/۸۰، ۲۸/۹۹، ۳۷/۹۴ و ۴۴/۲۸ درصدی همراه بود (شکل ۵). در این تحقیق کمترین (۲۵/۶ عدد) و بیشترین (۳۷ عدد) تعداد فندقه در بوته به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی با غلظت صفر (آب مقطر) و ۲۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک به دست آمد.

کاهش تعداد فندقه در بوته، احتمالاً ناشی از افزایش هورمون اسید آبسیزیک در شرایط تنش رطوبتی بوده که افزایش این هورمون می تواند سبب مرگ دانه‌های گرده شده و لذا تعداد گل‌های تلقیح شده و تعداد سنبله‌ها را کاهش دهد؛ در عوض محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک از طریق کاهش اثرات تنش کم آبی، با افزایش تشکیل گل در بوته و جلوگیری از سقط شدن گل‌ها، سبب افزایش تعداد فندقه در بوته شده است. نتایج مذکور در توافق با نتایج Li *et al* (2005) است.



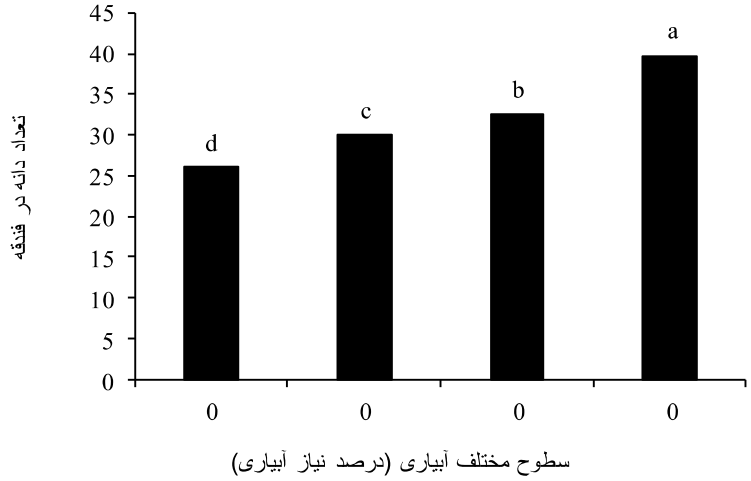
شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد فندقه در بوته تحت تأثیر سطوح محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک

تعداد دانه در فندقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تعداد دانه در فندقه تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفته است ($P<0.01$). اثر سال، محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و دیگر اثرات دوگانه و سه‌گانه بین تیمارهای آزمایش معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری روی تعداد دانه در فندقه بوته نشان داد که با افزایش سطوح آبیاری از ۴۰ به ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری، تعداد دانه در فندقه به ترتیب با افزایش ۲/۶، ۳۲/۹۶ و ۳۲/۱۲ درصدی همراه بود (شکل ۶). پازکی (۱۳۹۵) گزارش کرد که روند کاهشی در تعداد دانه در گل آذین ریحان از شرایط نرمال رطوبتی (۴۰ میلی متر تبخیر از تشتک) تا ۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک مشاهده شد.

به نظر می‌رسد که تنش کمبود آب در مرحله دانه‌بندی سبب سقط جنین در بعضی از فندقه‌ها شده در نتیجه تعداد دانه در فندقه کاهش یافته است. تنش کم آبی موجب خشک شدن دانه گرده و افت میزان تلقیح شده و در نتیجه درصد دانه‌های پوک افزایش و یا تعداد دانه در فندقه کاهش یافته است.

نتایج به دست آمده در توافق با نتایج بهـدانی و جامی الاحمدی (۱۳۸۹) است.



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در فندقه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

وزن هزار دانه

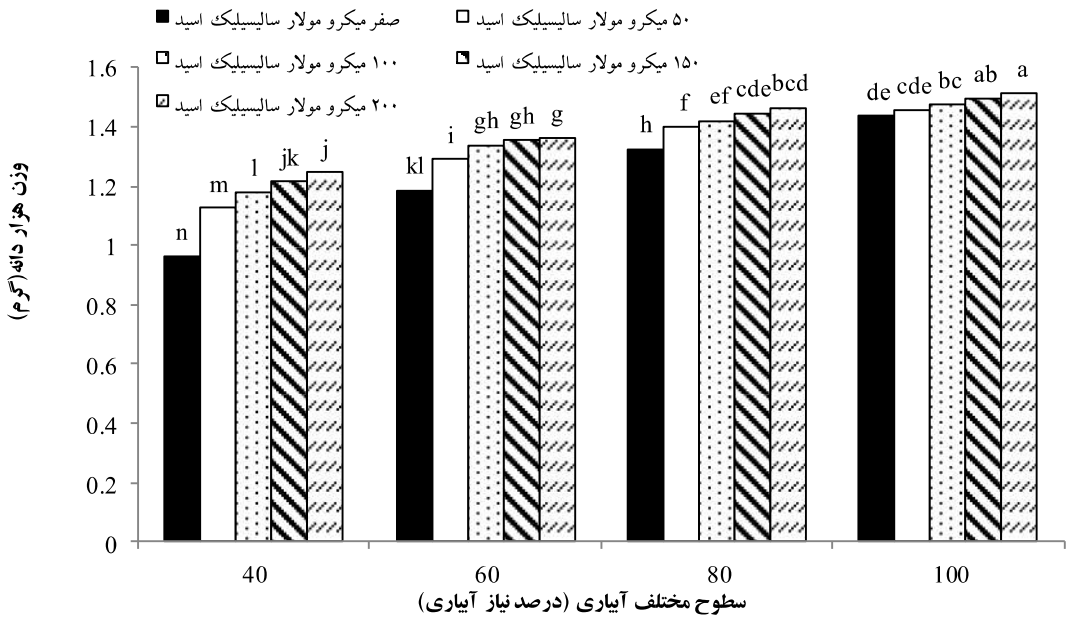
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه وزن هــزار دانــه تحــت تــأثیر ســطوح آبیــاری و محلول‌پاشــی اســید سالیســیلیک قــرار گرفتــه اســت ($P<0.01$). اثــر متقابــل بــین ســطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک نیز معنـی‌دار بـود. دیگر اثرات دوگانه بین تیمارهای آزمایش و اثر سال معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین‌ها (شـکل ۷) نشـان داد که در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبیاری بـا افـزایش غلظت اسیدسالیسیلیک محلول‌پاشـی شـده از صفر بـه ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکـرو مـولار وزن هــزار دانــه ریحــان بــه ترتیــب ۱۴/۲۲، ۱۸/۱۵، ۲۰/۵۸ و ۲۲/۵۵ درصــد افــزایش، در سطح آبیاری ۶۰ درصـد نیـاز آبـی بـه ترتیـب ۷/۹۲، ۱۱/۴۲، ۱۲/۴۰ و ۱۲/۹۸ درصـــــــد افزایش، در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیـــب ۵/۲۹، ۶/۸۲، ۸/۳۶ و ۹/۵۵ درصـــد افزایش و در سطح ۱۰۰ درصـد نیـاز آبـی بـه

ترتیب ۱/۴۴، ۲/۶۵، ۴/۰۸ و ۵/۱۶ درصد افزایش نشان داده است.

در این تحقیق، بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه ۱/۵۱۳ و ۱/۴۹۶ گرم مربوط به غلظت ۲۰۰ و ۱۵۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک تحت شرایط نیاز آبی ۱۰۰٪ ریحان بود (شکل ۷). با افزایش تنش خشکی و کاهش مصرف اسید سالیسیلیک وزن ۱۰۰ دانه کاهش نشان داد، به طور کلی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در تمامی تیمارهای رطوبتی مورد مطالعه، وزن ۱۰۰۰ دانه افزایش نشان داد. بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه در تنش شدید خشکی (۴۰٪ نیاز آبی)، تنش شدید (۶۰٪ نیاز آبی) و تنش ملایم خشکی (۸۰٪ نیاز آبی) متعلق به دز ۲۰۰ و ۱۵۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک بود. مطالب فوق بیانگر این است که جهت دستیابی به حداکثر وزن هزار دانه در این آزمایش، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک با دز ۱۵۰ میکرومولار در شرایط متفاوت رطوبتی تیمار برتر محسوب می‌شود. (شکل ۷). در تفسیر این نتایج می‌توان گفت از آنجائی که پتانسیل وزن دانه توسط تعداد سلول‌های تشکیل شده طی دوره مریستمی آندوسپرم تعیین می‌شود بنابراین، کاهش مواد طی این دوره باعث کاهش وزن دانه‌ها می‌شود. مرحله پرشدن دانه درگیاه ریحان هم‌زمان با رقابت شدید برای مصرف متابولیت‌ها است. اندام‌های فتوسنتز کننده مقداری از متابولیت‌ها را خود مصرف می‌کنند و از طرف دیگر، سطح اندام‌های فتوسنتز کننده در این مرحله بر اثر مرگ تعداد زیادی از برگ‌ها بسیار کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب کاهش راندمان فتوسنتزی برگ‌های باقیمانده و انتقال کربوهیدرات‌های غیرساختمانی از ساقه به دانه می‌شود به گونه‌ای که نمی‌تواند تأمین ذخیره دانه را در حد طبیعی انجام دهد. نتایج سایر محققین از جمله Budakli *et al.*, 2007 نیز این موضوع را تائید می‌کند. گلدانی (۱۳۹۲) و پازکی (۱۳۹۵) کاهش وزن هزار دانه گیاه ریحان را همراه با افزایش میزان تنش‌خشکی اعلام نمود. ایشان بیان کرد که درصد کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای خشکی در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روزی یک بار

نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۹۰، ۵۹، ۵۵ و ۲۸ درصد بوده است. تنش خشکی، وزن دانه را از طریق کوتاه شدن دوران پر شدن دانه و تسریع در رسیدگی دانه‌ها کاهش می‌دهد، بنابراین محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با کاهش دادن اثرات تنش خشکی، منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است. این نتایج در توافق با نتایج Amin *et al* (2008) است؛ آن‌ها بیان نمودند که محلولپاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن هزار دانه در گیاه گندم شده است.

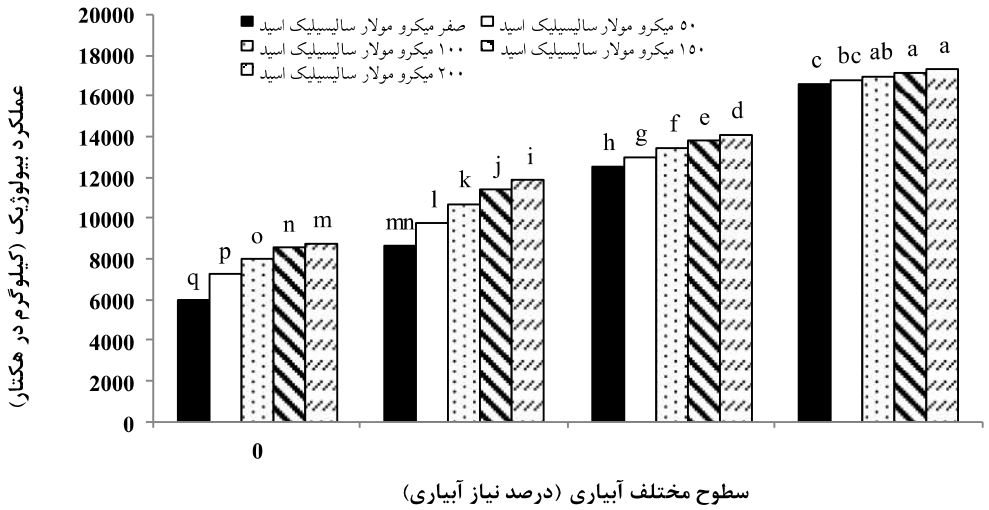


شکل ۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و سالیسیلیک اسید

[1]- Biological yield

شی 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 ۸) که در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبیاری با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک محلول‌پاشی شده از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار عملکرد بیولوژیک ریحان به ترتیب ۱۷/۶۹، ۲۵/۳۲، ۳۰/۲۱ و ۳۲ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۱/۱۲، ۱۹/۲۵، ۲۴/۲۳ و ۲۷/۸۱ درصد افزایش، در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳/۵۱، ۶/۷۶، ۸/۹۸ و ۱۱/۰۵ درصد افزایش و در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱/۲۳، ۲/۳۶، ۳/۲۳ و ۴/۱ درصد افزایش نشان داده است. در این تحقیق، بیشترین عملکرد بیولوژیک ۱۷۲۹۶/۶۵، ۱۷۱۴۰/۵۵ و ۱۶۹۸۷/۷۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به غلظت ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک (بالاترین غلظت مورد مطالعه) تحت شرایط نیاز آبی ۱۰۰٪ ریحان بود (شکل ۸). با افزایش تنش خشکی و کاهش مصرف اسید سالیسیلیک عملکرد بیولوژیک کاهش نشان داد، به طور کلی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در تمامی تیمارهای تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک افزایش معنی‌دار نشان داد (شکل ۳۵). بیشترین عملکرد بیولوژیک 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 ۸۷۷۱/۷۹، ۱۱۸۵۴/۹۸ و ۱۴۱۰۴/۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. مطالب فوق بیانگر این است که محلول پاشی با اسید سالیسیلیک اثرگذاری بیشتری درجهت افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط محدودیت آب دارد (شکل ۸). کاهش آب در دسترس گیاه تأثیر بسیار زیادی روی کاهش ماده خشک تولیدی گیاه داشته است. در تفسیر نتایج حاصله می‌توان گفت که تنش-خشکی میزان جذب آب و عناصر غذایی، سرعت رشد، طول دوره رشد، سطح فتوسنتزی، ارتفاع، رشد و سرعت توسعه ریشه

را کاهش می‌دهد و همه این عوامل درنهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌گردد؛ از طرفی، تنش‌خشکی سبب کاهش فشار تورژسانس و به دنبال آن کاهش نمو سلولی و رشد اندام‌های گیاه می‌شود؛ از طرف دیگر تنش‌خشکی، میزان جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت رشد، طول دوره رشد و سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود. کاهش وزن خشک برگ، ریشه، ساقه و دانه (اندام‌های مختلف گیاه) ریحان با افزایش تنش خشکی توسط گلدانی (۱۳۹۲) گزارش شده است. پازکی (۱۳۹۵) اظهار نمود که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد د انه در ریحان شد. گزارش شده که محلول‌پاشی اسیدسالیسلسیک منجر به افزایش وزن خشک بوته گندم و جو شده است (Metwally *et al.*, 2003؛ El-tayeb, 2005).

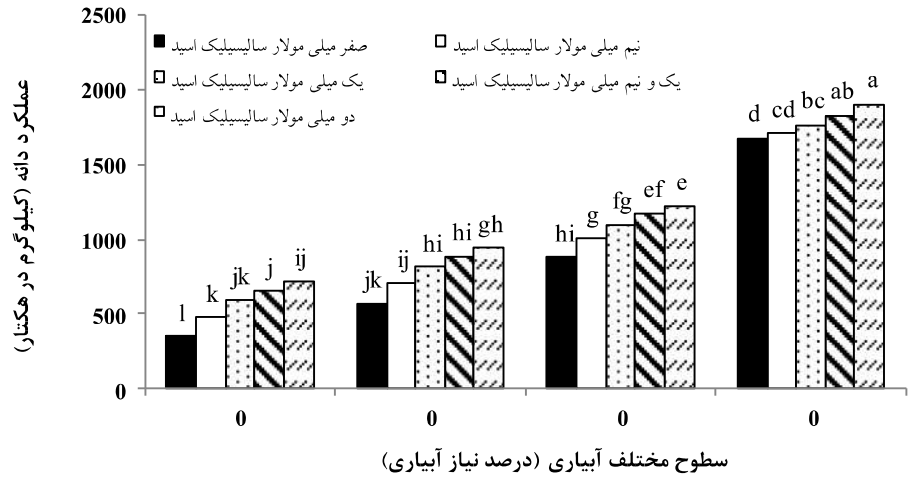


شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیرسطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفته است ($P<0.01$). سایر اثرات متقابل بین تیمارهای آزمایش و همچنین اثر ساده سال، معنی‌دار نبود. بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (شکل ۹) نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری، با افزایش غلظت محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک، عملکرد دانه ریحان افزایش معنی‌دار داشته است. در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبیاری با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک محلول‌پاشی شده از صفر به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار عملکرد دانه ریحان به ترتیب ۱۲۸/۷، ۲۴۵/۹۷، ۳۰۶/۳۵ و ۳۷۰/۲۶ کیلوگرم در هکتار افزایش، در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۳۶/۲، ۲۴۰، ۳۱۵/۱۱ و ۳۶۹/۶۷ کیلوگرم در هکتارافزایش، در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۲۷/۵۸، ۲۱۹/۷، ۲۹۵/۶۱ و ۳۴۴/۶ کیلوگرم در هکتار افزایش و در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲۷/۳۲، ۸۷/۵۵، ۱۵۰/۴۲ و ۲۲۶/۵۸ کیلوگرم در هکتار افزایش داشته است (شکل ۹). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش آبی، اسید سالیسیلیک از طریق کنترل فعالیت نیترات ریداکتاز، محتوای پروتئین و نیتروژن برگ‌ها را در سطح مطلـوبی نگه داشته و از این طریق می‌تواند بر فتوسنتز گیاه و عملکرد دانه اثر بگذارد (Cheraghi *et al.*, 2014). گلدانی (۱۳۹۲) گزارش داد که درصد کاهش عملکرد دانه گیاه ریحان در تیمارهای تنش‌خشکی (فواصل آبیاری ۸، ۱۲، ۱۶ و۲۰ روز) نسبت به تیمار شاهد، کاهش معنی‌دار نشان داد. در توافق با این نتایج، (Bayat & Sephri, 2014) گزارش کردند که استفاده از محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک در رژیم‌های رطوبتی ۷، ۱۱ و ۱۵ روزه، به ترتیب عملکرد دانه ذرت را ۱۲/۶، ۲۸/۶ و ۴۰/۴ درصد افزایش داده است. به نظر می‌رسد هر چه آب در دسترس گیاه کمتر باشد، محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک اثر بهتری روی افزایش عملکرد دانه داشته است. کمترین عملکرد دانه

ریحان در ترکیب تیماری ۴۰ درصد نیاز آبیاری و محلول پاشی غلظت صفر میکرو مولار اسیدسالیسیلیک به میزان ۳۴۹/۹۷ کیلوگرم در هکتار بود که با مصرف یک تنظیم کننده رشد به نام اسید سالیسیلیک با دز ۲۰۰ میکرومولار در همین شرایط رطوبتی به ۷۲۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. این بدان معنی است که مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش رطوبتی شدید بسیار قابل ملاحظه (افزایش۳۷۰/۲۶ کیلوگرم در هکتار رطوبتی خود نشان دادند (شکل ۹). در این آزمایش، اسیدسالیسیلیک تاثیر مثبتی بر وزن هزار دانه، تعداد فندقه در بوته و تعداد سنبله در بوته داشت، بنابراین، افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر کاربرد شاخساره‌ای اسید سالیسیلیک، قابل پیش‌بینی بود. در بین اجزای عملکرد دانه، بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه) بود. این در حالی است که در ترکیب تیماری ۶۰٪ نیاز آبی با مصرف ۲۰۰ میکرومولار افزایش ۳۶۹/۶۷ کیلوگرم در هکتار، در ترکیب تیماری ۸۰٪ نیاز آبی با مصرف ۲۰۰ میکرومولار افزایش ۳۴۴/۶ کیلوگرمی در هکتار و در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری با غلظت۲۰۰ میکرو مولار اسیدسالیسیلیک میزان عملکرد دانه ریحان افزایش ۲۲۶/۵۸ کیلوگرمی در هکتار نسبت به عدم مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط عملکرد دانه، صفات تعداد فندقه در بوته (۰/۹۳۳**)، وزن هزار دانه (۰/۸۹۰**) و تعداد سنبله در بوته (۰/۸۶۳**) نشان دادند و این بدان معنی است که افزایش تعداد تعداد سنبله در بوته، تعداد فندقه در بوته و وزن هزار دانه تاثیر بیشتری در افزایش عملکرد دانه نسبت به تعداد دانه در فندقه داشتند (جدول ۴).



شکل ۹ - مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلولپاشی اسیدسالیسیلیک

جدول ۴- نتایج همبستگی بین صفات اجزاء عملکرد و عملکرد دانه ریحان تحت شرایط مورد مطالعه

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)
(۱)	۱					
(۲)	۰/۸۶۸**	۱				
(۳)	۰/۵۵۷**	۰/۵۹۳**	۱			
(۴)	۰/۷۲۳**	۰/۷۵۶**	۰/۷۷۵**	۱		
(۵)	۰/۸۱۹**	۰/۹۰۲**	۰/۷۸۰**	۰/۸۷۷**	۱	
(۶)	۰/۸۶۳**	۰/۹۳۳**	۰/۷۹۲**	۰/۸۹۰**	۰/۹۶۹**	۱

*و** به ترتیب نشان از معنی‌داری در سطح احتمال یک و ۵ درصد.

صفات مورد بررسی شامل (۱): تعداد سنبله در بوته، (۲): تعداد فندقه در بوته ، (۳): تعداد دانه در فندقه ، (۴): وزن هزار دانه، (۵): عملکرد بیولوژیک، (۶): عملکرد دانه

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که کمبود آب موجب کاهش تعداد سنبله در بوته، تعداد فندقه در بوته، تعداد دانه در فندقه و وزن هزار دانه داشت. مصرف اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد سنبله، تعداد فندقه در بوته و وزن هزار دانه شد. تحت تاثیر کمبود آب، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کاهش و با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش معنی‌دار یافت. با افزایش

مصرف اسید سالیسیلیک در تمامی رژیم‌های رطوبتی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نیز افزایش معنی‌دار نشان داد. همچنین پاسخ گیاه ریحان به اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (آبیاری کامل) بسیار قابل توجه بود. در نهایت، بدلیل تاثیر نامطلوب تنش خشکی بر رشد و تولید گیاه ریحان، استفاده از اسید سالیسیلیک برای تعدیل تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

بهدانی م.، و م. جامی الاحمدی. ۱۳۸۹. عکس العمل ارقام بهاره گلرنگ به فواصل مختلف آبیاری در شرایط بیرجند. پژوهش-های زراعی ایران، ۸ (۲): ۳۲۳-۳۱۵.

بیاره، و.، ف. شکاری، س. سیف‌زاده، ح. ر. ذاکرین، و ا. حدیدی. ۱۳۹۹. 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.

پازکی، ع.ر. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر باکتری-های محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه دارویی ریحان(*Ocimum basillicum* L.) در شرایط تنش خشکی، مجله کشاورزی بوم شناختی، ۶ (۱): ۶۰-۸۰.

رمرودی، م. و ع. خمر. ۱۳۹۲. اثرات متقابل محلولپاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی-های کمی، کیفی و تنظیم کننده‌های اسمزی ریحان.تحقیقات کاربردی و اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱(۱): ۱۹-۳۱.

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

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.

گلدانی، م. ۱۳۹۲. اثر فواصل آبیاری بر برخی شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum*). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰(۲): ۴۲۰-۴۱۲.

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

نادعلی، ا.، ف. پاک نژاد، ف. مرادی، م. نصری، و ع. ر. پازکی، ۱۳۸۹، اثر محلولپاشی متانول بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل برگ چغندرقند در شرایط تنش کمبود آب، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۱(۴): ۷۳۱-۷۴۰.

هاشمی فدکی، س. ع.، ب. فاخری ، ن. مهدی نژاد، و ر. محمدپور وشوایی. ۱۳۹۷، آثار کودهای نانو و نانوزیستی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عمکرد چای ترش تحت تنش خشکی. به زراعی کشاورزی، ۲۰ (۱): ۶۶-۴۵.

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.

Amin، A.A.، E.S.M. Rashad، and F.A.E.Garibay. 2008. Changes in morphological، physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. Aust Journal of Basic and Applied Sciences 2 (2): 252-261.

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)

Cheraghi، A.M.، N.A. Sajedi، and M. Gomarian. 2014, The effect of foliar application of salicylic acid and selenium on agronomic، physiological and quality characteristics of chickpea in rainfed condition. Iranian Journal of Pulses Research, 5(2): 31-42.

El-Tayeb، M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 2005; 45:215–224.

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, 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.

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): 1-13.

Kordi. S.، M. Saidi, and F. Ghanbari. 2013, Induction of drought tolerance in 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 S. 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 safetym, 73(5): 1004-1011.

Budakli، E.، N, Celik.، M. Turk، G. Bayram, and B. Tas، B. 2007. Effects of post anthessis drought stress on the stem-reserve mobilization supporting grain filling of tworowed barley cultivars at different levels of nitrogen. Journal of Biological Sciences 7 (6): 949-953.

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.

and D.R. Fatkhutdinova. 2003, Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164: 317-322.

Shakirova، F.M. 2007. Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and antistress action of salicylic acid. In: S. Hayat، and A. Ahmad، eds. Salicylic Acid – A Plant Hormone، pp. 69– 89 Springer، Dordrecht، the Netherlands.

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

Telci, I.، E.T. Bayrame, 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.

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

Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) by Salicylic Acid. *International Journal of Agricultural and Food Resea*rch، 2:18-26.

Li ،J. ،S., Z. Inanaga ،Z. Li، and A.E. Eneji. 2005. Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management, 76(1): 8- 23.

Metwally، A.I., M. Finkemeier، M. Georgi، and K.J. KDietz. 2003, Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant physiology. 132: 272-281.

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

Pour-Aboughadareh A., R. Mohammadi, A. Etminan, L. Shooshtari, N. Maleki Tabrizi and A.R. Pazoki. A.P. 2020. Effects of drought stress on some agronomic and morphophysiological traits in durum wheat genotypes. Sustainability, 12(14): 5610.

Shakirova، F.M.، A.R. Sakhabutdinova، M.V. Bezrukova، R.A. Fatkhutdinova،

The effect of different concentrations of salicylic acid on Basil (*Ocimum basilicum* L.) seed yield and yield components under influence of different humidity conditions

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

Basil with numerous medicinal characteristics is one of the most important plants of the mint family (Lamiaceae). Among the factors affecting the growth and development and the production of effective substances of medicinal and aromatic plants is water, which is more effective than other institutions for reduction. Research has shown that salicylic acid makes plants resistant to environmental stresses. Therefore, in order to investigate the effect of foliar spraying of salicylic acid on the quantitative and qualitative characteristics of basil plants under the influence of drought stress, 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 1394-1395 and 1395-1396. 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 water deficit caused a decrease in the number of spikes per plant, the number of hazelnuts per plant, the number of seeds per hazelnut and the 100-seed weight, and the use of salicylic acid increased the number of spikes, the number of hazelnuts per plant and 100-seed weight. Under the influence of water deficit, biological and seed yield decreased and with increasing concentration of salicylic acid, biological and seed yield increased significantly. By increasing the concentration of salicylic acid in all humidity regimes, biological and seed yield also showed a significant increase. Also, the response of basil plant to salicylic acid under drought stress conditions was very significant compared to the conditions of supplying 100% of the plant's water needs (full irrigation). Finally, due to the adverse effect of drought stress on the growth and production of basil plant, it seems necessary to use salicylic acid to moderate drought stress.

Keywords: Basil, Biological and seed yield, Salicylic acid, Seed yield components

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