نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۱ / بهار ۱۴۰۲/ صفحات ۲۸۶-۲۶۹

Response of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) to Foliar Application of Salicylic Acid under Different Levels of Irrigation

Somayeh Mohammadi Sardou[1], Enayatollah Tohidi-Nejad[2*], Mehdi Mohayeji[3]

Received: 17 June 2021 Accepted: 15 May 2022
1-MSc. Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept.of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
3-Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
*Corresponding Author Email: e_tohidi@mail.uk.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) is an annual and tropical plant of the legume family that is suitable for seed production in arid and semi-arid regions due to its resistance to drought.

Materials and Methods: To study for studying the effects of salicylic acid on morphological, physiological characteristics, yield and yield components of Guar under three levels of field capacity (drought stress), a split plot experiment based on randomized complete block design with four replicates was conducted in the Research and Training Center of Agricultural and Natural Resources of South Kerman (Jiroft), Kerman province, Iran in 2020. The experimental treatments were included three levels of irrigation (45, 65 and 85% of field capacity as main factor) and four concentrations of salicylic acid (0, 0.5, 1 and 2 mM as the sub factor). Foliar application of salicylic acid was carried out in three five-leaf, flowering and pod stages.

Results: Results showed that by reducing soil moisture (from 85 to 45% FC) significantly decreased all traits except grain protein. The effect of salicylic acid was also significant on all traits except for 1000-grain weight. Foliar application of 1mM salicylic acid at 85% and 65% of field capacity resulted in the highest grain yield. Although, all the studied traits, including grain yield and yield components of guar were reduced under drought stress, the use of salicylic acid mitigated the adverse effects of drought stress on plant yield. As a result, application of salicylic acid in arid and semi-arid regions can be effective in increasing yield and reducing adverse effects of water stress.

Conclusion: There was no statistically significant difference between 2 and 1 mM concentrations in most of the studied traits, so, it can be concluded that foliar application of salicylic acid at a 1 mM concentration can reduce the negative effects of decreasing soil moisture, finally 65% of field capacity it can be introduced as superior level for irrigation of Guar.

Keywords: Drought Stress, Salicylic Acid, Grain Yield, Guar

واکنش گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید تحت سطوح مختلف آبیاری

سمیه محمدی ساردو[۱]، عنایت الله توحیدی نژاد[۲]، مهدی مهیجی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۵
۱- کارشناسی ارشد گروه تولیدات گیاهی و ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران
۲- دانشیار گروه تولیدات گیاهی و ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی و ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: e_tohidi@mail.uk.ac.ir

چکیده

اهداف: گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) گیاهی یکساله و گرمسیری از خانواده بقولات است که به‌دلیل مقاوم بودن به شرایط کم‌آبی، گزینه‌ای مناسب برای تولید دانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. همچنین سالیسیلیک اسید به‌عنوان هورمون گیاهی مهم، واکنش گیاه را به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی، تغییر می‌دهد.

مواد و روش‌ها: به‌همین منظور آزمایشی جهت بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گوار تحت شرایط تنش خشکی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) در سال زراعی ۱۳۹۹ صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی؛ عامل اصلی) و چهار غلظت سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۵، ۱ و۲ میلی مولار؛ عامل فرعی) بودند. محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در سه مرحله پنج برگی، گلدهی و غلاف‌دهی گیاهان صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار تمامی صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، کلروفیل برگ، فیبر دانه و محتوی نسبی آب به استثنای میزان پروتئین دانه شد. اثر سالیسیلیک‌اسید نیز بر تمامی صفات به استثنای وزن هزار دانه معنی‌دار بود. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار در شرایط آبیاری ۸۵ و ۶۵ درصد ظرفیت زراعی منجر به حصول بیشترین عملکرد دانه شد. هر چند در شرایط تنش خشکی تمامی صفات مورد بررسی از جمله عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گیاه گوار کاهش پیدا کرد، اما با کاربرد سالیسیلیک‌اسید تا حدی از اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد گیاه کاسته شد. در نتیجه کاربرد سالیسیلیک‌اسید در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند در افزایش عملکرد و کاهش اثرات سوء ناشی از تنش کمبود آب مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری: در اکثر صفات مورد بررسی بین غلظت‌های ۲ و ۱ میلی‌مولار اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت اما با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ میلی مولار می‌تواند از اثرات منفی تنش بکاهد و آبیاری گیاه در شرایط ۶۵ درصد ظرفیت زراعی را امکان‌پذیر سازد.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، سالیسیلیک‌اسید، عملکرد دانه، گوار

مقدمه

افزایش جمعیت جهان، نیاز به افزایش تولید مواد غذایی را سبب شده و امروزه به‌دلیل بالا رفتن آگاهی مصرف‌کننده، جستجوی غذای سالم و با کیفیت اولویت اصلی تولیدکنندگان بخش کشاورزی می‌باشد (جابلونسکی و همکاران ۲۰۱۹؛ سایمون و همکاران ۲۰۲۰). دستیابی به امنیت غذایی جهانی مستلزم افزایش تولید مواد غذایی بدون مخاطرات و عواقب زیست‌محیطی می‌باشد و در کنار چالش افزایش تقاضای جامعه برای غذا، بهبود وضعیت زیست‌محیطی و بهره‌وری از منابع آبی و تغذیه‌ای یکی از دغدغه‌های مهم در تحقیقات امروزه برای تولید غذا به‌شمار می‌رود (هزل ۲۰۱۹). به‌طور کلی سیر صعودی افزایش جمعیت در جهان از یک سو و کمبود و محدودیت منابع غذایی از سوی دیگر محققین و دست‌اندرکاران بخش کشاورزی جهان را بر آن داشته تا به فکر دستیابی به راه‌حل‌های مناسب‌تر و موثرتر جهت تامین غذای میلیون‌ها انسان به‌ویژه در کشورهای جهان سوم باشند (دن و ونگ ۲۰۱۶).

حبوبات به‌عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌روند و جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان را تشکیل می‌دهند زیرا مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب موجود در دانه‌ی این محصولات می‌تواند ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نماید (میرزائی ۲۰۱۰). سپهری (۲۰۱۵) بیان کردند که لگوم‌ها نقش کلیدی در کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ایفا می‌کنند و به‌عنوان یک منبع اصلی پروتئین به‌شمار می‌روند. ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک است از این‌رو کشت گیاهان مناسب با آب وهوای گرم و خشک و با نیاز آبی نسبتاً کم برای برقراری یک نظام زراع کم نهاده قابل استفاده است (سودیر و همکاران ۲۰۱۵). چرا که یکی از عوامل مهم در تعیین مقدار مواد موثره گیاهان، شرایط محیطی است که گیاه در آن رشد می‌کند از جمله این شرایط می‌توان مقدار و میزان آب مصرفی را مطرح نمود که کاهش میزان آب در دسترس گیاه موجب کاهش پتانسیل رشد و ایجاد تنش در گیاه می‌گرد (هریبرت ۲۰۰۹).

گوار یا لوبیای خوشه‌ای با نام انگلیسی Cluster bean نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba* گیاهی لگوم یکساله، خودگرده‌افشان و از خانواده بقولات است که می‌تواند تنش شوری و خشکی را به‌خوبی تحمل کند و با توجه به متحمل بودن این گیاه به شرایط شوری و خشکی می‌توان از این گیاه به‌عنوان یک محصول جایگزین با پتانسیل بالقوه در دشت‌های کم‌آب استفاده کرد (چیوفالو و همکاران ۲۰۱۸، آولا و همکاران ۲۰۲۰). این گیاه به‌دلیل دارا بودن ریشه‌های عمیق در مناطق خشک با بارندگی ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر رشد خوبی دارد و به‌همین دلیل گیاهی مناسب برای کاشت در مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود (غلام نبی ۲۰۱۳). نیاز آبی گیاه گوار به طور متوسط ۲۶۵۰ متر مکعب آب در هکتار می‌باشد (الدرینی و همکاران ۲۰۱۵) و در بسیاری مناطق با تعداد آبیاری اندک در طول دوره رشد اقدام به تولید این گیاه می‌کنند. به‌طوری‌که محمد (۲۰۰۲) بیان کرد که سه مرتبه آبیاری برای رشد گوار کافی است و اولین آبیاری قبل از گلدهی بین ۲۰ تا ۳۵ روز بعد از استقرار گیاه، دومین آبیاری در طول دوره‌ی گلدهی و رشد اولین غلاف یعنی ۶۰ روز بعد از مستقر شدن گیاه و سومین آبیاری در اواسط پر شدن غلاف یعنی ۸۰ روز بعد از استقرار گیاه صورت گیرد. با توجه به این‌که این گیاه مقاوم به خشکی است اما بروز تنش‌های خشکی شدید و کمبود آب باعث آسیب به عملکرد گیاه می‌گردد که در همین زمینه احمدی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی گوار در کرج، گزارش نمودند تنش خشکی سبب کاهش شاخص ظهور، درصد ظهور، شاخص سطح برگ، قطر ساقه و ارتفاع گیاه نسبت به شرایط شاهد (آبیاری کامل) گردید. به همین دلیل اتخاذ روش‌هایی چون بهره‌برداری صحیح از آب موجود به همراه استفاده از شیوه‌های صحیح زراعی شامل کشت گیاهان مقاوم، شناخت ارتباط کمبود آب خاک و رشد گیاهان در هر مرحله، استفاده از موارد

تعدیل کننده تنش، بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی، زراعی، فیزیولوژیکی و متابولیکی و روابط مفید داخلی گیاهان در مقابله با تنش، مفید واقع خواهد شد (رضائی و پیرزاد ۲۰۱٤). با این حال، بسیاری از گیاهان از طریق مکانیسمهای داخلی توان مقابله با شرایط تنش‌های محیطی را ندارند. بنابراین، از طریق برخی علوم زیستی و به کار بردن ترکیبات خارجی روی گیاه، می‌توان آنها را در مقابله با این شرایط کمک کرد. این ترکیبات شامل اسمولیت‌های آلی، هورمون‌های گیاهی و مواد معدنی هستند. سالیسیلیک اسید که در گروه فنل‌ها قرار دارد، در مقابل تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش مهمی ایفا می‌کند که به احتمال زیاد به توان تحریک کنندگی این ماده در بیان ژن ایجاد مقاومت در برابر این تنش‌ها و نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گونه‌های اکسیژن فعال نسبت داده شده است. به‌طور کلی سالیسیلیک اسید به‌عنوان گروهی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاه و پاسخ آن‌ها به تنش‌های محیطی ایفا می‌کند (میورا و تدا ۲۰۱٤) و باعث فعال شدن سیستم مقاومت اکتسابی، سنتز متابولیت‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌گردد و نقش مهمی در تنظیم واکنش‌ها در برابر تنش‌ها و فرایند رشد و نمو گیاه نظیر فتوسنتز، هدایت روزنه ای، تعرق، جذب و انتقال یون، مقاومت گیاه به بیماری‌ها، کاهش پوسیدگی، به تاخیر انداختن رسیدگی، بهبود عملکرد بازی می‌کند که به عنوان سیگنالی کلیدی در مقاومت به تنش‌ها معطوف شده است (اصغری و حسنلو ۲۰۱۵). چمنی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر تعدیل اثرات تنش خشکی در گیاه گوار، گزارش نمودند که محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت یک میلی‌مولار منجر به افزایش مقاومت گیاه گوار و جلوگیری از کاهش عملکرد دانه گردید. به نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید می‌تواند به‌عنوان یک راهکار برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی موثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد.

از آن‌جایی که کشور ایران علی‌رغم گستردگی زمین و تنوع گیاهان، به‌دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک دنیا از دیرباز با مشکل کمبود آب برای کشاورزی روبرو بوده و به‌ویژه در سال‌های اخیر به‌دلیل وقوع خشکسالی‌های مداوم که پهنه عظیمی از کشور را تحت تأثیر قرار داده، زنگ خطر بزرگی را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا درآورده و لذا لزوم توجه بیش از پیش به راهکارهای پایدار در تمام زمینه‌های تحقیقاتی و عملیاتی برای کاهش اثرات این عامل طبیعی را ضروری می‌نماید (شوقیان و روزبهانی ۲۰۱۷). لذا با وجود چنین اقلیمی، قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش کمبود آب اجتناب‌ناپذیر است و گیاهان برای سازگاری با این شرایط، تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ساختار، ترکیب‌ها و فرایندهای شیمیایی خود ایجاد می‌کنند تا با این تنش‌ها مقابله نمایند. درک بهتر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی دخیل در تحمل به خشکی، کلیدی برای توسعهٔ راهکارهای شناخت گونه‌های مقام به خشکی است. همچنین در رابطه با پاسخ‌های گیاه گوار به شرایط محیطی اطلاعات کمی در دسترس است. بنابراین شناسایی واکنش‌های مورفوفیزیولوژیکی این گیاه لازم و ضروری می‌باشد و لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوار تحت سطوح مختلف تنش خشکی و مطالعه اثر تعدیل‌کنندگی سالیسیلیک اسید بر تنش خشکی؛ در منطقه جیرفت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) با عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۲۸ دقیقه و ۳۲ درجه شرقی و با ارتفاع ۶۲۸ متر از سطح دریا به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹ صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی؛ عامل اصلی) و چهار غلظت سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۵، ۱ و۲ میلی مولار؛ عامل فرعی) بودند که به صورت تصادفی در داخل کرت‌ها قرار گرفتند. هر کرت آزمایش شامل ۱۲ردیف کاشت به طول سه متر با فاصله‌ی بین ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی گیاهان روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود و عمق کاشت بذور پنج سانتی‌متر در

نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دو دیسک عمود برهم و تسطیح زمین به‌وسیله لولر بود. قبل از تهیه بسترکاشت، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انجام گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شده و میزان شاخص‌های مورد نیاز اندازه‌گیری شدند(جدول۱). اعمال تنش خشکی بر اساس ظرفیت زراعی صورت گرفت و برای این منظور و سنجش زمان آبیاری، نمونه‌گیری از عمق ۳۰-۰ سانتی-متری خاک بوسیله اگر جهت تعیین رطوبت وزنی خاک انجام گردید و بر این اساس (بر اساس ظرفیت زراعی) دورهای آبیاری متفاوتی (بر اساس تیمارهای آبیاری مختلف) جهت اعمال تنش در مزرعه لحاظ گردید. ابتدا زمان آبیاری برای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (آبیاری کامل طبق شرایط آب و هوایی منطقه که هر هفت روز یک بار بود) تعیین گردید و سپس بر اساس آن نمونه گیری با اگر از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام و با نزدیک شدن به تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی آبیاری انجام و به همین طریق برای تیمارهای ۶۵ و ۴۵ درصد انجام گرفت.

همچنین مبارزه با علف‌های هرز در طول فصل رشد در چندین مرحله به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. محلول پاشی سالیسیلیک اسید در سه مرحله پنج برگی، گلدهی و غلاف‌دهی صورت گرفت

.

جدول۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک

عمق(cm)	رس٪	سیلت٪	شن٪	بافت	چگالی ظاهری	فسفرقابل جذب $mg.kg^{-1}$	پتاسیم قابل جذب $mg.kg^{-1}$	ازت٪ قابل دسترس	pH	Ec $dS.m^{-1}$	درصد ماده آلی	FC%	SP%
۳۰-۰	۱۳	۳۷	۵۰	لوم	۱/۵	۱۲	۲۵۰	۰/۰۳	۸/۱	۵/۲	۰/۲۸	۱۸	۳۵

روشهای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مورد بررسی

صفات زراعی شامل ارتفاع بوته (اندازه‌گیری با خط کش برحسب سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه بودند که با انتخاب ۵ بوته به طور تصادفی در هر تیمار مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفتند. همچنین جهت اندازه‌گیری وزن هزاردانه و عملکرد دانه، در مرحله رسیدگی کامل، با رعایت حذف اثرات حاشیه‌ای تعداد ۵ بوته از خطوط کاشت برداشت گردید و پس از تفکیک اجزا، دانه‌ها جداسازی و مورد شمارش قرار گرفتنه و سپس توزین شدند. خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت؛ وزن خشک کل هر نمونه اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری پروتئین

ابتدا یک گرم از ماده غذایی توزین و داخل بالن کجلدال و در لوله هضم قرار داده شد. سپس هفت گرم از سولفات سدیم و یک گرم سولفات مس به‌عنوان کاتالیزور توزین و به نمونه داخل بالن اضافه گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد. بعد از آن درب بالن را بوسیله حباب جمع آوری گاز و قیف مخصوص آن که محتوی مقدار معینی سود ٪۵۰ بود، پوشانده شد. لوله هضم در داخل دستگاه هضم در زیر هود قرار گرفت و نمونه به مدت یک ساعت در اسید هضم گردید. پس از اتمام زمان محلول به رنگ سبز (سولفات آمونیوم) درآمد. سپس دستگاه کجلدال را برای مرحله تقطیر آماده کرده و ۷۵ سی سی سود ٪۵ از طریق قیف به محتویات داخل بالن به آرامی اضافه شد. در طرف دیگر دستگاه داخل ارلن ۳۰۰ میلی‌لیتری ۵۰ سی‌سی اسید بوریک ۲٪ تهیه کرده و چند قطره متیل‌رد به عنوان نشانگر به آن اضافه نموده و زیر قطره چکان قرار داده به طوری که نوک قطره چکان حتماً داخل محلول قرار گیرد. شیر آب مبرد را باز نموده و شعله هیتر را روشن کرده تا محلول بجوش آید. در این مرحله رنگ محلول کاملاً سیاه می‌شود. تقطیر تا زمانی که حجم محلول داخل ارلن به حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر برسد ادامه یافت. سپس

بورات‌آمونیوم موجود در ارلن را با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تیتر شد. بدین صورت که بالن با یک عدد مگنت روی هات‌پلیت قرار داده و تا بوجود آمدن رنگ ارغوانی با اسید یاد شده تیتر گردید. حجم اسید مصرف شده در فرمول زیر قرار داده شد تا درصد پروتئین بدست آید:

$\%N = [1.4007\times(Va-Vb)\times N]/W$

Va: volume of acid used for sample titration
Vb: volume of acid used for the blank
N: Normality of acid
W: sample weight in grams
1.4007 :conversion factor milliequivalent weight of nitrogen and N percent
Calculation: Percent Crude Protein (CP)

$\%CP = \%N \times F$

F = 6.25 for all forages
F = 5.70 for wheat grains
F = 6.38 for milk

اندازه‌گیری فیبر خام

برای اندازه‌گیری فیبر خام با دستگاه اتوماتیک، حدود یک گرم از نمونه آسیاب شده (قطر ذرات یک میلیمتر) را وزن نموده و در مرحله اول مقدار ۱۵۰ سی-سی اسید سولفوریک ۰/۱۲۸مول گرم شده، به نمونه اضافه گردید. سپس چند قطره اکتانول ضد کف در آن ریخته و هیتر دستگاه را روشن کرده و از شروع جوشش، آن به اندازه‌ای تنظیم گردید که محلول به آرامی بجوشد. پس از ۳۰ دقیقه هیتر را خاموش کرده و محلول را صاف کرده و آنگاه با آب جوش اسپری شد، سه مرتبه رسوبات شسته و وکیوم شدند و در مرحله دوم مقدار ۱۵۰ سی‌سی محلول پتاس ۰/۲۲۳ مول همراه با چند قطره اکتانول به آن اضافه کرده و کلیه عملیات مرحله اول تا انتها، برای این مرحله انجام گردید. پس از پایان کار، نمونه‌ها در دستگاه Cold Extraction قرار داده شدند و با حدود ۲۵ سی‌سی استن یا اتانول سه مرتبه شستشو و وکیوم شدند.

درصد فیبر خام= وزن فیبر خام/وزن نمونه اولیه×۱۰۰

اندازه‌گیری محتوی نسبی آب

برای این منظور یک قطعه از برگ در موقعیت یکسان روی تمام بوته‌ها (پنج بوته) جدا شده و بلافاصله در نایلون زیپ-دار (به‌دلیل اینکه تبادلات گازی برگ با محیط اطراف به حداقل برسد و تعرق کوتیکولی انجام نگیرد) و در محیط تاریک پاکت مشکی (تاریک بودن به دلیل این‌که روزنه‌های برگ بسته شده و تعرق انجام ندهند) و محیط سرد کلمن یخ (سرد بودن به دلیل اینکه واکنش‌های متابولیکی در محیط سرد کند انجام می‌شوند) قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل گردیدند و سپس در آزمایشگاه از هر بوته ۰/۱ گرم از برگ با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شد (FW). سپس هر نمونه در داخل پتریدیش‌ها قرار داده شده و به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه و به مدت ۲۴ ساعت در محل تاریک قرار داده شدند تا کاملاً اشباع شوند. سپس نمونه‌ها را از آب مقطر خارج و خشک نموده و وزن اشباع آنها اندازه‌گیری شد (SW). پس از آن نمونه در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و توزین شدند(DW). محتوی نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه گردید (گانس و همکاران ۲۰۰۸).

$$RWC = \frac{FW - DW}{(SW - DW)} \times 100$$

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل (SPAD)

شاخص کلروفیل به وسیله کلروفیل‌متر دستی (Minolta-502) در مرحله گلدهی کامل اندازه‌گیری و ثبت شد. برای این منظور، پنج بوته از هر تیمار انتخاب و با سه بار قرائت از هر برگ، میانگین آنها به عنوان شاخص کلروفیل ثبت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها:

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها از نرم افزارهای SAS(V9.2) و Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

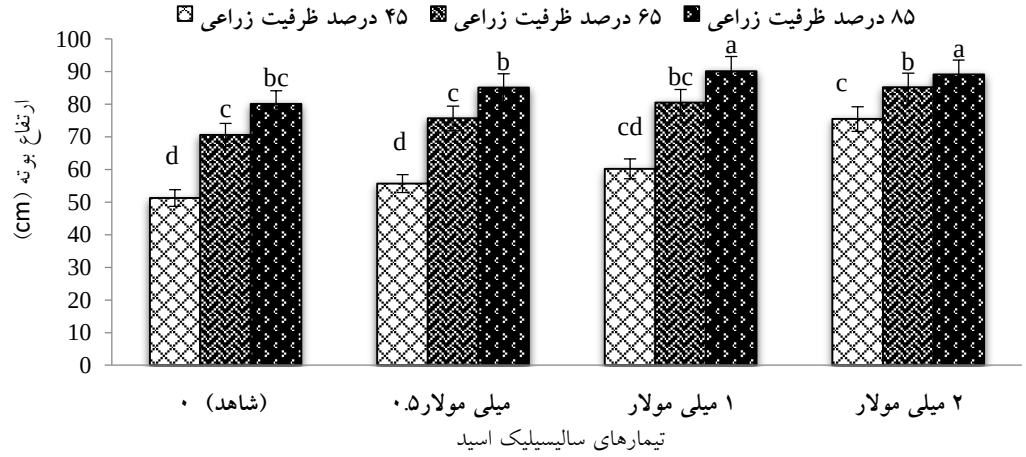
نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی تنش خشکی، سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع بوته بود(جدول۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک اسید نشان داد که تحت تأثیر تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش پیدا کرد. در حالی‌که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید اثرات بهبودی بر تنش دارا بود و تا حدودی باعث تعدیل اثر تنش خشکی

شده به‌طوری‌که با کاربرد سالیسیلیک‌اسید نسبت به شرایط عدم استفاده از آن، ارتفاع بوته افزایش پیدا کرده است و بیشترین ارتفاع بوته از تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌دست آمد هر چند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با همین تیمار آبیاری در شرایط کاربرد دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، دارا نبود. در مقابل نیز کمترین ارتفاع بوته از تیمار ۴۵ درصد ظرفیت زراعی و در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک اسید به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با همین تیمار در شرایط کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، دارا نبود(شکل۱). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که درصد کاهش ارتفاع بوته با رسیدن رطوبت از سطح ۸۵ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط کاربرد ۲، ۱ و ۰/۵ میلی-مولار سالیسیلیک اسید نسبت به شرایط شاهد (عدم کاربرد سالیسیلیک اسید) به‌ترتیب برابر با ۷۳/۹، ۷۵/۹ و ۶۶ درصد بود که نشان‌دهنده موثر بودن محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید می‌باشد که توانسته تا حدودی از اثرات مخرب تنش خشکی بر رشد رویشی بوته بکاهد. همچنین قابل ذکر است که بین هر سطح رطوبتی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید نیز اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که درصد کاهش ارتفاع بوته در تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط کاربرد ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نسبت به عدم کاربرد سالیسیلیک اسید برابر با ۱۱ درصد بود (شکل ۱). ارتفاع بوته مانند هر اندام دیگر رویشی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و دسترسی کافی به آب، مواد غذایی، نور از طریق فراهم کردن شرایط مناسب رشدی گیاه باعث بزرگ شدن سلول‌ها و در نهایت افزایش ارتفاع بوته می‌گردد و همچنین رشد و گسترش ریشه گیاهان در خاک تحت شرایط بهینه محیطی بیشتر شده و جذب آب و عناصر غذایی در گیاه را بهبود می‌بخشد (بلایز و همکاران ۲۰۰۵).

به طور کلی و با توجه به نتایج به دست آمده دلیل کاهش ارتفاع بوته می‌تواند این باشد که گیاهان در شرایط تنش مقدار بیشتری از انرژی خود را صرف حفظ و نگهداری سلول‌ها می‌کنند و بقیه جهت انجام فرایندهای رشد عادی گیاه مصرف می‌شود و این عامل باعث کاهش رشد گیاه می‌شود که با نتایج شانون (۱۹۹۷) مطابقت دارد. ارتفاع بوته مانند هر اندام دیگر رویشی تحت تأثیر آب قرار می‌گیرد و دسترسی کافی به آب از طریق بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار موثر است. قابل ذکر است که با افزایش شدت تنش، گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیب‌های تنظیم کننده اسمزی از جمله پرولین، گلیسین بتائین و ترکیب‌های قندی می‌کند تا شرایط لازم برای ادامه حیات آن فراهم گردد به همین دلیل در شرایط تنش فاکتورهای رویشی در گیاهان با کاهش مواجه می‌شوند (یدالهی ۲۰۱۵). شابرا و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی‌های خود روی گیاه همیشه بهار دریافتند که ارتفاع بوته و تعداد گل در گیاه تحت شرایط خشکی به شدت کاهش می‌یابد. تنش خشکی از توسعه‌ی سلول و به دنبال آن رشد و افزایش ارتفاع گیاه ممانعت می‌کند در واقع تنش خشکی در تنظیم ژن-هایی که در توسعه‌ی دیواره سلولی نقش دارند، اختلال ایجاد کرده و از این طریق رشد را کاهش می‌دهد (یدالهی ۲۰۱۵). سپهری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و به‌ویژه کلروفیل و همچنین تقسیمات سلولی در گیاه لوبیا افزایش یافته و سبب افزایش ارتفاع بوته در لوبیا می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین محلول‌پاشی ارقام مختلف عدس با سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری، سبب افزایش ارتفاع بوته‌ها نسبت به تیمار شاهد گردید (کایدنظامی و همکاران ۲۰۱۲). در آزمایش حاضر نیز، هر چند که تحت شرایط تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش پیدا کرد اما افزایش غلظت سالیسیلیک اسید منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید به-طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته از تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی و با کاربرد ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید بو کمترین ارتفاع بوته از تیمار شاهد و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (شکل ۱).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته تحت اثر معنی‌دار تنش خشکی و سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت اما اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید بر میزان این صفت معنی‌ئدار نگردید (جدول ۲). نتایج اثر اصلی تنش خشکی نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی و رسیدن رطوبت از ۸۵ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی تعداد



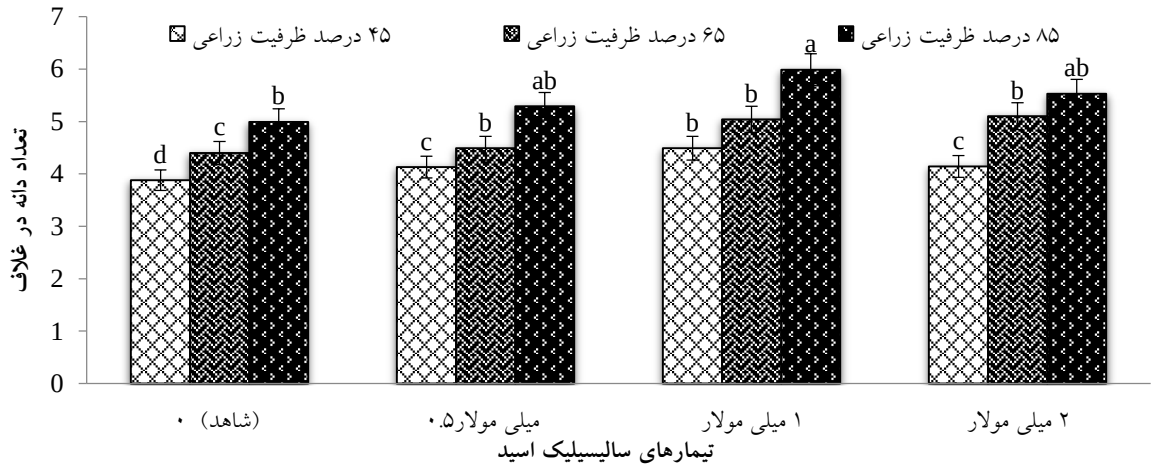
شکل ۱- ترکیبات تیماری سطوح تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید برای ارتفاع بوته (سانتی‌متر).
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

غلاف در بوته کاهش پیدا کرد که این کاهش درصد تعداد غلاف در بوته از شرایط ۸۵ نسبت به تیمار ۴۵ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۲۸/۵۷ درصد بود. بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب از تیمارهای ۸۵ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و قابل ذکر است که بین تیمار ۶۵ و ۸۵ درصد ظرفیت اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). همچنین نتایج اثر اصلی سالیسیلیک‌اسید نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی-دار بین سطوح مختلف این تیمار بود و نتایج نشان داد که با کاربرد سالیسیلیک‌اسید تا سطح یک میلی‌مولار تعداد غلاف در بوته نسبت به شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید افزایش پیدا کرد اما با بیشتر شدن میزان سالیسیلیک‌اسید تا سطح دو میلی‌مولار این روند نه تنها افزایشی نبود بلکه منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته گردید (جدول ۳). تیمار سالیسیلیک‌اسید با اثر بر فتوسنتز و شاخص‌های رشد گیاهی بر اجزای عملکرد اثر مثبتی دارد که این حالت به‌ویژه در شرایط تنش خشکی برای گیاه بسیار سودمند است (بیدشکی و آروین ۲۰۱۰). افزایش تحمل به تنش خشکی توسط تیمار با سالیسیلیک-اسید در گیاهان مشاهده شده است به‌طوری‌که با تیمار سالیسیلیک‌اسید اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد غلاف در بوته در گیاهان لوبیا و ماش بهبود یافت (نژاد و همکاران ۲۰۱۴). رضایی (۲۰۱۰) گزارش کرد که سالیسیلیک‌اسید از طریق کاهش اثرات تنش کم‌آبی، با افزایش تشکیل گل در بوته و جلوگیری از سقط شدن گل‌ها، سبب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. افزایش تعداد غلاف در بوته‌های نخود (خادمیان و یعقوبیان ۲۰۱۸) و لوبیا تحت شرایط تنش با کاربرد سالیسیلیک‌اسید نیز اثبات گردیده است (شوقیان و روزبهانی ۲۰۱۷).

تعداد دانه در غلاف

این صفت در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر اثرات اصلی تنش خشکی و سالیسیلیک‌اسید و اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل دو تیمار مورد بررسی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف از تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد که با همین تیمار در شرایط کاربرد دو میلی مولار اختلاف آماری معنی‌داری دارا نبود و همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان این صفت متعلق به تیمار ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید بود (شکل ۲). همانطور که در نتایج شکل ۲ مشهود است با کاهش رطوبت از ۸۵ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در همه تیمارهای عدم کاربرد و کاربرد سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید، تعداد دانه در غلاف کاهش پیدا کرد اما این کاهش در شرایط عدم کاربرد

سالیسیلیک‌اسید بیشتر از تیمارهای کاربرد سالیسیلیک-اسید بود به‌طوریکه افزایش درصد تعداد دانه در غلاف در تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط ۲، ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید نسبت به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌ترتیب برابر با ۳۰/۹، ۳۵ و ۳۶ درصد بود که نشان‌دهنده موثر بودن محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید می‌باشد و علاوه بر این وجود اختلاف معنی‌دار در افزایش درصد تعداد دانه در غلاف در تیمار ۸۵ درصد نسبت به تیمارهای ۶۵ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در تمامی شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید، نشان‌دهنده تاثیر مثبت آبیاری بر این گیاه می‌باشد (شکل ۲). با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که علاوه بر مدیریت آبیاری گیاه استفاده از تعدیل‌کننده-های مناسب از جمله سالیسیلیک‌اسید منجر می‌شود که مراحل نمو گیاه به خوبی طی شده و گیاه فرصت کافی جهت رشد بهینه و در نتیجه افزایش عملکرد در این شرایط را داشته باشد (کامکار و همکاران ۲۰۱۱). سپهری و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایشی اثرتنش خشکی و اسیدسالیسیلیک را بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز بررسی نمودند و نتیجه گرفتند تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه لوبیا داشت، به‌طوریکه اعمال تنش سبب کاهش عملکرد شد ولی کاربرد سالیسیلیک اسید سبب بهبود رشد و عملکرد واجزای عملکرد لوبیا قرمز شد.



شکل ۲- ترکیبات تیماری سطوح تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید برای تعداد دانه در غلاف. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

وزن هزاردانه

در بین تیمارهای مورد مطالعه، اثر تنش خشکی در سطح احتمال ۵٪ بر وزن هزاردانه معنی‌دار گردید اما اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید بر میزان این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی نشان داد که کاهش رطوبت خاک و رسیدن ظرفیت زراعی از ۸۵ به ۴۵ درصد، وزن هزاردانه کاهش پیدا کرد و این کاهش برابر با ۴۴/۸ درصد بود (جدول ۳). دالوندی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه اختلال ایجاد شده که سبب کوچک و ضعیف شدن دانه می‌شود. به‌طور کلی وزن دانه نمایانگر ریز یا درشت بودن بذر بوده و نشان‌دهنده میزان انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه می‌باشد. هر چه تعداد دانه در بوته کم باشد یا طول دوره پر شدن دانه افزایش یابد می‌تواند وزن دانه را بالا ببرد (نصری و همکاران ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد کمبود رطوبت سبب کاهش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی

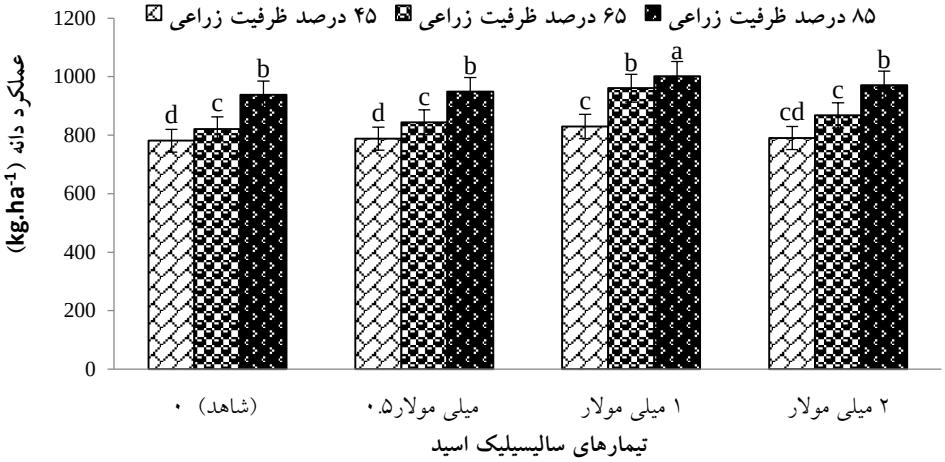
تولیدی شده و از طرفی کاهش طول دوره رشد ناشی از تنش خشکی، سبب عدم پرشدن کامل دانه شده که منجر به کاهش وزن هزاردانه در شرایط تنش رطوبتی می‌شود (خادمیان و یعقوبیان ۲۰۱۸). شوقیان و روزبهانی (۲۰۱۷) افزایش وزن هزاردانه در شرایط کاربرد سالیسیلیک‌اسید گزارش کردند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سطوح مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال ۱٪ بر میزان این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش پیدا کرد اما همانطور که در نتایج شکل ۳ مشاهده می‌گردد محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید باعث تعدیل اثر تنش خشکی گردید به‌طوریکه بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب از تیمارهای ۸۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و تیمار ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد. قابل ذکر است که تیمار بیشینه (۸۵ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید) با تیمار ۶۵ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تفاوت آماری معنی‌داری دارا نبود (شکل ۳). انتظار می‌رفت که تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید منجر به حصول عملکرد بیشتر گردد اما همانطور که در نتایج ذکر گردید تیمار متوسط (یک میلی‌مولار) منجر به حصول عملکرد بیشتر شد که نشان دهنده این است که در دز بالا سالیسیلیک‌اسید اثر مفیدی اراده نمی‌دهد. در این پژوهش تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه گردید که می‌تواند به‌دلیل اختلال در دو مرحله حساس غلاف‌بندی و پر شدن دانه‌ها تحت اثر تنش خشکی باشد که منجر به کاهش عملکرد دانه شده است که با توجه به نتایج ارائه شده در باره اثر تنش خشکی در کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، که از اجزای عملکرددانه می‌باشند، لذا کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی دور از انتظار نیست چرا که عملکرد دانه تابعی از تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه می‌باشد. صادقی‌پور و آقایی (۲۰۱۲) گزارش کردند که تنش آبی بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه لوبیا اثر نامطلوب داشت ولی کاربرد سالیسیلیک‌اسید سبب بهبود این صفات در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی شد.

شکاری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد لوبیا چشم بلبلی نسبت به شاهد گردید؛ اما پرایم شده لوبیا چشم بلبلی با سطح ۲۷۰۰ میکرو مولارسالیسیلیک‌اسید عملکرد بیشتری نسبت به سایر سطوح سالیسیلیک اسید در شرایط تنش و شاهد داشتند. امیری و همکاران (۲۰۱۱) نیز اثر سالیسیلیک‌اسید را در تیمارهای تنش خشکی بر اجزای عملکرد و عملکرد نخود بررسی و گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش عملکرد دانه لوبیا در مقایسه با تیمارهای تحت تنش خشکی و عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید شد. هیاتا و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه اثر تنش خشکی و کاربرد سالیسیلیک‌اسید بر گیاه شنبلیله گزار ش کردند که تنش خشکی سبب سقط جنین در برخی از غلافهای گیاه شده که در نتیجه باعث ریزش آنهاو در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. اما کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید از طریق افزایش پایداری غشا، هدایت روزنه‌ای و باز نگهداشتن روزنه‌ها از تجمع یون‌های سمی جلوگیری کرده و در نهایت با افزایش در سرعت فتوسنتز و مواد فتوسنتزی از کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در هرغلاف که از اجزای اصلی و تعیین کننده عملکرد نهایی می‌باشند، جلوگیری نموده و از این طریق منجر به افزایش عملکرد نسبت به شرایط تنش خشکی بدون کاربرد سالیسیلیک‌اسید شده است. همچنین چراغی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که در شرایط تنش آبی، سالیسیلیک‌اسید از طریق کنترل فعالیت نیترات‌ریداکتاز محتوی پروتئین و نیتروژن برگها را در سطح مطلوبی نگه داشته و از این طریق می‌تواند بر فتوسنتز گیاه و عملکرد دانه اثر بگذارد. در پژوهش حاضر نیز محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید منجر به افزایش

عملکرد گردید به‌طوری‌که این افزایش عملکرد در تیمار یک میلی‌مولار نسبت به عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید در تیمارهای تنش ۸۵، ۶۵ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب برابر با ۶/۳۵، ۱۶/۹۸ و ۵/۸ درصد بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید برای عملکرد دانه
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

محتوی کلروفیل برگ (SPAD)

محتوی کلروفیل برگ تحت اثر معنی‌دار تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت اما اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی نشان داد که با کاهش رطوبت خاک از ۸۵ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی محتوی کلروفیل کاهش پیدا کرد که این درصد کاهش برابر با ۳۶/۵۴ درصد بود (جدول ۳). همچنین نتایج نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین سطوح مختلف محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بود به‌طوری‌که بیشترین و کمترین محتوی کلروفیل از تیمارهای یک میلی‌مولار و عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید منجر به افزایش ۳۲ درصدی محتوی کلروفیل برگ نسبت به عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید گردید (جدول ۳). جلیل و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که رنگیزه‌های گیاهی مهم‌ترین قسمت گیاه برای کسب نور و تولید محصول هستند و محتوی این رنگیزه‌ها از جمله کلروفیل وابسته به رطوبت خاک می‌باشد و با کاهش میزان رطوبت موجود در خاک، میزان کلروفیل موجود در گیاه کاهش پیدا می‌کند. عسکری و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه بر گیاهان دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) و دنایی (*Thymus daenensis*) و شرف‌زاده زارع (۲۰۱۱) در مطالعه بر روی ریحان گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش محتوی کلروفیل کل می‌گردد. از آن‌جایی‌که نقش عمده کلروفیل‌ها در سرعت بخشیدن به واکنش‌های فتوسنزی از جمله واکنش‌های نوری می‌باشد و از این طریق تاثیر بر افزایش سطوح تولید گیاه دارند لذا کاهش محتوی کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند عمدتاً به دلیل ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید، تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل از طریق کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد (مفاخری و همکاران ۲۰۱۰). یاسر و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات محتوی کلروفیل را در ژنوتیپ‌های لوبیا سبز تحت شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که تنش باعث کاهش محتوی کلروفیل در ژنوتیپ‌های لوبیا سبز شد. خان و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که سالیسیلیک در شرایط

تنش خشکی به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل نموده و از آسیب به رنگدانه‌ها به‌ویژه کلروفیل جلوگیری می‌کند. به‌طوریکه گزارش شده است سالیسیلیک‌اسید از طریق جلوگیری از آسیب به کلروفیل سبب بهبود فتوسنتز در شرایط تنش خشکی شده است. استون و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که سالیسیلیک‌اسید از طریق تأثیر بر دستگاه فتوسنتزی و حفاظت از دستگاه فتوسنتزی، فعالیت آنزیم روبیسکو، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، کاهش تنش اکسیداتیو و نشت یونی، افزایش همبستگی غشاهای زیستی، متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه منجر به افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه شده که در نهایت منجر به عملکرد بیشتر می‌شود. با توجه به نتایج بیان شده می‌توان نتیجه گرفت که حفظ غلظت کلروفیل در شرایط دشوار محیطی، به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک کرده و سبب کاهش خسارت‌های وارده به گیاه در تنش‌های محیطی می‌گردد.

درصد پروتئین دانه

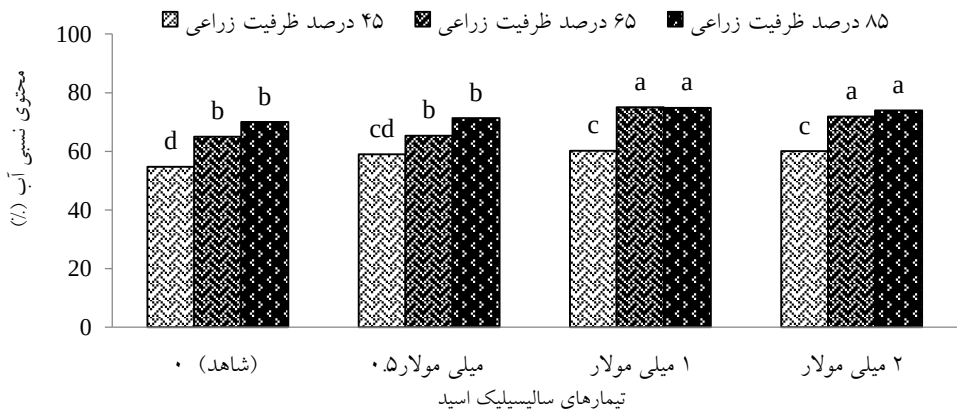
نتایج تجزیه واریانس برای درصد پروتئین دانه نشان داد که در بین تیمارهای مورد بررسی فقط تنش خشکی در سطح احتمال ۱٪ بر این صفت معنی‌دار گردید و اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی نشان داد که با کاهش میزان رطوبت خاک از ۸۵ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی درصد پروتئین دانه افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین دانه از ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۳). دانیل و تریبوی (۲۰۰۸) در آزمایش‌های جداگانه بر روی ذرت و گندم به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب گردید، آنها دلیل این امر را کاهش انتقال مواد فتوسنتزی اعلام نمودند که باعث کاهش نسبت حجم آندوسپرم نشاسته‌ای به کل حجم دانه می‌شود و از آنجایی‌که درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم نشاسته‌ای بیشتر است بنابراین درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. افزایش درصد پروتئین در شرایط تنش در این مطالعهمی‌تواند به این دلیل باشد که عملکرد به‌صورت تعداد دانه در بوته محاسبه شده و با افزایش شدت تنش میزان تک دانه در بوته کاهش یافت در نتیجه با کمتر شدن تعداد دانه پروتئین بیشتری به هر دانه اختصاص داده شده است. عمادی و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که در شرایط تنش خشکی جذب و تثبیت دی‌اکسید کربن براثر بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد درحالی‌که انتقال مجدد نیتروژن از برگها به دانه کاهش نمی‌یابد و این امر سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود.

درصد فیبر خام دانه

اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال ۱٪ بر میزان فیبر دانه معنی‌دار گردید اما اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید بر میزان این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی نشان داد که در شرایط ۴۵ درصد ظرفیت زراعی میزان فیبر دانه کاهش یافت و بین سطوح ۶۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین سطوح محلول‌پاشی بود به‌طوری‌که بیشترین میزان فیبر دانه از سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد و با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید نه تنها میزان فیبر دانه افزیش پیدا نکرد بلکه محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید منجر به کاهش درصد فیبر دانه شد (جدول ۳). کاهش درصد فیبر خام توسط راشنو و همکاران (۲۰۱۳) و رهبری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده و علات آن را کاهش ساخته شدن اجزای دیواره سلولی تحت تنش خشکی اعلام کردند. رستمزا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که افزایش دورهای آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار میزان فیبر خام در گیاه ارزن مرواریدی گردید.

محتوای نسبی آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی تنش خشکی و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل این دو در سطح احتمال ۱٪ بر محتوی نسبی آب بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در سالیسیلیک‌اسید نشان داد که با کاهش رطوبت خاک از ۸۵ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی (افزایش شدت تنش) محتوی نسبی آب در تمامی تیمارهای سالیسیلیک‌اسید کاهش پیدا کرد. اما نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت سالیسیلیک‌اسید در تعدیل تنش خشکی بود به‌طوری‌که بیشترین محتوی نسبی آب از تیمارهای ۸۵ و ۶۵ درصد ظرفیت زراعی در سطوح ۱ و ۲ میلی‌مولار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کمترین محتوی نسبی آب از تیمار ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد (شکل ۴). اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ یکی از شاخص‌هایی است که مقاومت گیاه به تنش خشکی را تخمین می‌زند. سانچز رودریگو و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که محتوی نسبی آب برگ تعادل آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق را بهتر از سایر اجزاء نشان می‌دهد به همین دلیل آن را شاخص مناسبی برای نشان دادن وضعیت آبی برگ دانسته‌اند و از آن به عنوان یکی از شاخص‌ها برای تمایز بین ارقام حساس و غیر حساس یاد کردند. محتوی نسبی آب برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه، افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (فاروک و همکاران ۲۰۰۹). کاهش محتوی نسبی آب تحت تنش رطوبتی توسط شرف زاده و زارع (۲۰۱۱) در آویشن باغی گزارش شده است. با توجه به نتایج که در شکل مشهود است که کاربرد سالیسیلیک اسید تا حدودی توانست کاهش محتوی نسبی آب را تحت تنش بهبود دهد، که با نتایج عابدی و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارد. سالیسیلیک‌اسید از طریق افزایش اسیمیلات‌های محلول همچون پرولین در سلول باعث افزایش محتوی نسبی آب شده و با حفظ فشار اسمزی منجر به افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (هاسوا و همکاران ۲۰۰۰). کاهش محتوی آب باعث تأثیر منفی بر تقسیم سلولی و رشد و نمو گیاه می شود مصرف سالیسیلیک‌اسید نیز موجب افزایش توانایی سیستم دفاعی گیاه و کاهش تعرق در گیاه می‌شود و محتوی نسبی آب برگ در زمان محلولپاشی سالیسیلیک‌اسید بیشتر از زمانی است که سالیسیلیک‌اسید مصرف نشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطح آبیاری در محلول پاشی سالیسیلیک‌اسید برای محتوای نسبی آب برگ.
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

جدول۲- مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، کلروفیل برگ (SPAD)، پروتئین دانه، فیبر دانه و محتوی نسبی آب

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	کلروفیل برگ (SPAD)	پروتئین دانه	فیبر دانه	محتوی نسبی آب
بلوک	۳	۳۲۶/۶۲**	۱۱۸/۰۰**	۱/۸۵**	۱۲/۳۷*	۱۳۱۷۰/۴۸	۶۵/۷۱ ns	۲/۳۴ ns	۲/۳۴ ns	۵/۷۶ ns
سطوح آبیاری	۲	۲۹۴۲/۹۸**	۶۰۵/۱۰**	۶/۳۰**	۲۴/۷۱*	۱۵۱۹۸۲/۲۶*	۱۰۱۳۷/۲۷ **	۴۰/۵۳**	۱۱۴/۰۳**	۳۸۵/۱۳**
خطای a	۶	۸/۸۶	۱/۳۳	۰/۰۲	۲/۵۰	۱۴۴۵۹/۵۶	۳۳/۸۰	۲/۱۹	۲/۵۹	۱۷/۸۲
سالیسیلیک اسید	۳	۲۲۴/۵۷**	۸۵/۳۷**	۱/۵۷**	۳/۶۵ ns	۳۰۲۱۱/۹۶ *	۱۰۰۵/۵۴**	۳/۳۷ns	۱۸/۸۶**	۷۲/۱۸**
تنش خشکی×سالیسیلیک-اسید	۶	۳۸/۳۱**	۳/۸۵ ns	۰/۱۰**	۳/۱۴ ns	۱۱۲۲۳۸/۰۰ **	۶۵/۹۰ ns	۲/۶۴ ns	۲/۲۴ ns	۱۲۰/۴۸ **
خطای b	۲۷	۹/۹۹	۲/۶۲	۰/۰۲	۳/۰۶	۱۴۹۲۲/۴۸	۴۰/۵۰	۱/۴۵	۲/۸۱	۷/۵۱
ضریب تغییرات(٪)	-	۱۴/۳۹	۱۳/۳۲	۱۳/۲۸	۱۷/۰۶	۱۴/۳۱	۱۵/۶۷	۱۵/۷۲	۱۶/۰۲	۱۴/۳۰

ns، *و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید بر صفات مورد بررسی

سطوح مختلف ظرفیت زراعی	تعداد غلاف در بوته	وزن هزار دانه (g)	محتوی کلروفیل (SPAD)	درصد پروتئین دانه	فیبر خام دانه
۴۵ درصد ظرفیت زراعی	۴۲ b	۱۷/۹۰ c	۸۷/۳۶ c	۲۴/۰۰ a	۲۵/۱۱ b
۶۵ درصد ظرفیت زراعی	۵۰ a	۲۰/۲۳ b	۱۱۱/۱۴ b	۲۰/۹۵ b	۲۸/۰۱ a
۸۵ درصد ظرفیت زراعی	۵۴ a	۲۵/۹۲ a	۱۳۷/۶۸ a	۱۹/۵۴ b	۳۰/۴۵ a
غلظت‌های سالیسیلیک‌اسید	تعداد غلاف در بوته		محتوی کلروفیل(SPAD)		فیبر خام دانه
۰	۴۶ b		۲۶/۳۳ a		۲۶/۳۳ a
۰/۵ میلی‌مولار	۴۷ b		۲۷/۴۴ a		۲۷/۴۴ a
۱میلی‌مولار	۵۰ a		۲۸/۴۵ a		۲۸/۴۵ a
میلی‌مولار	۳۹ c		۲۱/۹۱ b		۲۱/۹۱ b

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ارتفاع گیاه، رنگیزه-های فتوسنتزی، پروتئین دانه، محتوی نسبی آب، عملکرد دانه و اجزای عملکرد تحت اثر تیمارهای رژیم آبیاری و سالیسیلیک‌اسید قرار گرفتند. هر چند در شرایط تنش خشکی تمامی صفات مورد بررسی از جمله عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گیاه گوار کاهش پیدا کرد، اما با کاربرد سالیسیلیک‌اسید تا حدی از اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد گیاه کاسته شده است و در شرایط تنش خشکی، سبب جلوگیری از کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد.در نتیجه کاربرد سالیسیلیک‌اسید در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند در افزایش عملکرد و کاهش اثرات سوء ناشی از تنش کمبود آب مؤثر باشد. در این تحقیق کاربرد ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و آبیاری براساس ۸۵ درصد ظرفیت زراعی بالاترین میزان عملکرد دانه گوار را حاصل نمود. با توجه به نتایج به-دست آمده در این پژوهش می‌توان چنین اظهار داشت که در مدیریت تولید گیاه گوار جهت کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از سالیسیلیک‌اسید به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند منجر به حصول عملکرد مطلوب گردد. بنابراین با توجه به تأثیر بسیار زیاد تنش خشکی بر گیاهان و قرارگیری بخش زیادی از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک و با توجه به اینکه هیچ راه فراری از اثرات تنش خشکی بر گیاهان از جمله گیاه گوار وجود

ندارد، لذا مطالعه و شناسایی راه‌حل‌هایی از جمله استفاده از هورمون‌هایی چون سالیسیلیک‌اسید که منجر به کاهش اثرات تنش خشکی می‌گردد، امری لازم و ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) برای تهیه زمین زراعی و فراهم آوردن شرایط انجام این آزمایش، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع مورد استفاده

Abbadi A, Shekari F and Mustafavi SH. 2015. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on antioxidants enzyme activity in drought stress in wheat. Investigations, 33: 5–13.

Ahmadi M, Kamkar B and Soltani A. 2010. The effect of sowing date on phenological periods duration of wheat varieties and its relation with yield production. Electronic Journal Crop Production. 2: 49-65.

Amiri A, Parsa SR, Nezami M and Ganjeali A. 2011. The effects of drought stress at different phonological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse condition. Iranian Journal of Pulses Research, 1:69-84.

Asghari M and Hasanlooe AR. 2015. Interaction effects of salicylic acid and methyl jasmonate on total antioxidant content, catalase and peroxidase enzymes activity in "Sabrosa" strawberry fruit during storage. Scientia Horticulturae, 197:490–495.

Askari M, Behdani MA, Parsa S, Mahmoodi S and Jamialahmadi M. 2018. Water stress and manure application affect the quantity and quality of essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris.* Industrial Crops and Products Journal, 111: 336–344.

Avola G, Riggi E, Trostle C, Sortino O and Gresta F. 2020. Deficit Irrigation on Guar Genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.): Effects on Seed Yield and Water Use Efficiency. Agronomy Journal, 10 (789): 1-11.

Bideshki A and Arvin M. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum* L.) in field. Plant Ecophysiology, 2: 73-79.

Blaise D, Singh JV, Bonde AN, Tekale KU and Mayee CD. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield fiber quality and nutrient balance ofrain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresour. Technology, 96: 345-349.

Chamani F, Tohidi nejad E and Mohayeji M. 2018. Effect of Salicylic Acid on Morpho-agronomical Traits ofGuar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under Drought Stress. Journal of Crop Ecophysiology, 12(4): 569-580.

Cheraghi AM, Sajedi NA and Gomarian M. 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. (In Persian).

Chiofalo B, Lo Presti V, D'Agata A, Raso R, Ceravolo G and Gresta F. 2018. Qualitative profile of degummed guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) seeds grown in a Mediterranean area for use as animal feed. Journal Animal Physiology and Animal Nutrition, 102: 260–267.

Dan X and Wong JH. 2016. A hemaglutinin isolated from Northeast China black beans induced mitochondrial dysfunction and apoptosis in colorectal cancer cell. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- Molecular Cell Research, 1863(9): 2201-2211.

Daniel C and Triboi E. 2008. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperature and water stress. Journal of Agronomy, 16: 1-12.

Eldirany AA, Mohamed-Nour AA, Khadir KE, Gadeen KA and Ibrahim MA. 2015. Physicochemical and Functional properties of Four new genotypes of guar gum (*Cyamopsis tetregonoloba* L.). American Journal of Food Science and Health, 1(2): 43-50.

Emadi N, Jahanbin S and Balouchi HR. 2013. Effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Yasouj Region. Journal of Community Positive Practices, 3(8): 25-36.

Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra SMA. 2009. Plant drought stress effects. Mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.

Ghulam Nabi A. 2013. Cluster bean (guar) in Pakistan. Agronomy center pivot irrigation system valley irrigation Pakistan (private) limited.

Gunes A, Inal A, Adak MS, Bagci EG, Cicek N and Eraslan F. 2008. Effect of drought stress implemented atpre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology, 55 (1): 59-67.

Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK and Bohnert HJ. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51: 463–499.

Hayata Q, Hayata S, Irfan M and Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental Experimental Botany, 68: 14–25.

Hazell PBR. 2019. Food Security and Sustainability in Tropical Marginal Lands. In: Encyclopedia of Food Security and Sustainability, 3: 114-120.

Heribert H. 2009. Plant Stress Biology.Edited by H., Hirt. Publicated by J. Wiley. Pp257.

Jablonski BBR, Carolan M, Hale J, Thilmany McFadden D, Love E, Christensen L, Covey T, Bellows L, Cleary R and David O. 2019. Connecting Urban Food Plans to the Countryside: Leveraging Denver's Food Vision to Explore Meaningful Rural–Urban Linkages. Sustainability.

Jaleel CA, Sankar B, Murali PV, Gomathinayagam M, Lakshmanan GMA and Panneerselvam R. 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in Catharanthus roseusL. Impact on ajmalicine accumulation. olloids Surfaces and Biointerfaces, 62: 105-111.

Kamkar B, Daneshmand AR, Ghooshchi F, Shiranirad AH and Safahani Langeroudi AR. 2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. Agricultural Water Management, 98(2): 1005-1012.

Kayed Nezami R, Balouchi HR and Yadavi AR. 2012. Effect of foliar application of salicylic acid on yield and yield components and some physiological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik) varieties under salt stress. Iranian Journal of Pulses Research, 3(2): 97-110. (In Persian).

Khademian R and Yaghoubian T. 2018. Growth of chickpea (Cicer arietinum) in response to salicylic acid under drought stress. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 12(3): 255-263. (In Persian).

Khan W, Prithviraj B and Smith DL. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology, 160: 485-492.

Mafakheri A, Siosemardeh A and Jaleel P. 2010. "Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars." Australian Journal of Crop Science, 4(8): 580-585.

Miezaei N, Gholipouri A, Tobeh A, Asgheri A, Mostafaei H and Jamaati-e-Somarin S. 2010. Yield and yield components of chickpea affected by sowing date and plant density under dry condition. World Applied Sciences Journal, 10: 64-69.

Miura K and Tada Y. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. Plant Science Journal, 5:410.

Mohamed AAE. 2002. Effect of Spacing on Growth and Forage Yield of Guar (C*yamopsis tetragonoloba* L.Tayp). Thesis B.Sc. Agronomy (Honors). Sudan University of Sciences and Technology.

Nasri R, Heydari-Moghadam A, Siadat A, Paknezhad F and Sadeghi-Shoja M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(2):161-172. (In Persian).

Nezhad TS, Mobasser HR, Dahmardeh M and Karimian M. 2014. Effect of foliar application of salicylic acid and drought stress on quantitative yield of mungbean (*Vigna radiataL*.). Jourbal Novel Applied Science, 3(5): 512-515.

Rahbari A, Masood sinaki J and Zarei M. 2015. Effects of Phosphate Fertilizer and Less Irrigation on Grain Yield of the Forage Millet. Journal of Agronomy Science, 5(10): 27-38.

Rashnoo MH, Tahmasbi Sarvestani Z, Heydari Sharifabad H, Modares Sanavi SAM and Tavakkol Afshari R. 2013. Effects of drought stress and foliar application of iron and zinc on quantitative and qualitative characteristics of two species of annual medics. Journal of Crop Production, 6(1): 125-148. (In Persian with Engish Summary).

Rezaei MA. 2010. Effects of exogenous glycine betaine on morphophysiological characteristics and yield of soybean (Glycine max L.). Journal on Plant Science Researches, 5(1): 44-54. (In Persian).

Rezaei Chiyaneh E and Pirzad AR. 2014. Effect of salicylic acid on yield, yield components and essential oil of (*Nigella sativa* L.) under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(3): 427-737.

Rostamza M, Chaichi MR, Jahansouz MR and Alimadadi A. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. Agricultural Water Management, 98:1607–1614.

Sadeghipour O and Aghaei P. 2012. Impact of exogenous salicylic acid application on some traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4 (11): 685-690.

Sanchez-Rodrguez E, Rubio-Wilhelmi M, Cervilla LM, Blasco B, Rios JJ, Rosales MA, Romero L and Ruiz JM. 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. Plant Science, 178: 30–40.

Sepehri A, Abasi R and Karami A. 2015. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield component of bean genotypes. Journal of Crops Improvement, 17(2): 503-516. (In Persian).

Simon X, Montero M ans Bermudez Ó. 2020. Advancing Food Security through Agroecological Technologies: The Implementation of the Bio-intensive Method in the Dry Corridor of Nicaragua. Sustainability, 12: 844.

Shanon MC. 1997. Genetic of salt tolerance in high plants, pp: 265-289 in P.K. Jaiwal, R. P. Singh and A. Gulati strategies for improving salt tolerance in high plants, Oxford and Publishing Co. Pvt. , New Delhi. Advances in Agronomy. 60: 75-120.

Sharafzadeh S. and Zare M. 2011. "Effect of drought stress on qualitative and quantitative characteristics of some medicinal plants from Lamiaceae family". Advances in Environmental Biology, 5(8): 2058-2062.

Shekari F, Pak Mehr A, Rastgoo M, Saba J, Vazayefi M and Zangani A. 2010. Salicylic acid priming effects on some morphological traits of a cowpea cultivar (*Vigna unguiculata*) under water defificit at podding stage. Modern Technologies in Agriculture (This issue: Agronomy and Horticulture), 4(1): 5-27. [In Persian with English Summary].

Shoghian M and Roozbahani A. 2017. The effect of salicylic acid foliar application on morphological traits, yield and yield components of red bean under drought tension conditions. Crop Physiology Journal, 9(34): 131-147. (In Persian).

Shubhra K, Dayal J, Goswami GL and Munjal R. 2004. Effects of water-deficit on oil of Calendula aerial parts. Biologia Plantarum, 48(3): 445-448.

Stone LR, Goodrum DE, Jaafar MN and Khan AH. 2002, Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agronomy Journal, 93: 1105–1110.

Sudhir S, Grover K, Angadi S, Schutte B, Vanleeuwen D and Auld D. 2015. Growth and seed yield performance of promising guar genotypes under different planting dates in desert southwest. 27th Annual Meeting Association for the Advancement of Industrial Crops. October 18-22, Overton Hotel and Conference Center, Lubbock, Texas, USA.

Yadollahi P, Asgharipour MR, Marvane H and Kheiri N. 2016. The effects of drought stress on grain and oil yield of two cultivars of sunflower. Journal of Crop Science Research in Arid Regions, 1(1): 65-76.

Yasar F, Uzal O and Ozpay T. 2010. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress. African Journal of Agricultural Research, 5(19):2705-2709.