

Effect of humic and salicylic acids spraying on some morphological characteristics, yield and yield components of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in different levels of irrigation

Mohammad Behzad Amiri^{*1}, Yaser Esmaeilian¹, Mahin Alboghobiesh²

1. Department of Agriculture, University of Gonabad, Iran,

2. Department of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(Received: October 22, 2020 - Accepted: December 30, 2020)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of humic and salicylic acids spraying on some morphological characteristics, yield and yield components of sorghum (*Sorghum bicolor* L.), a split split plots experiment based on RCBD design with three replications was conducted in 2015-2016 growing seasons, in University of Gonabad, Iran. The main plots, sup plots and sub sub plots included different levels of irrigation in three levels (full irrigation, cutting irrigation at flowering stage and grain filling in the end of growth season stages), humic acid in two levels (0 and 6 liter.ha⁻¹) and salicylic acid in two levels (0 and 1 mMol), respectively. The results showed that cutting irrigation at flowering and grain filling stages decreased seed yield 30% and 51% compared to control, respectively; while it did not effect on biological performance and harvest index. Simultaneous application of humic and salicylic acids improved most of the studied traits, so that the highest plant height (207.16 cm), tiller number per plant (1.88), seed number per panicle (1854), 1000 seeds weight (40.20 g) and seed yield (2838.67 kg.ha⁻¹) in application of humic and salicylic acids treatment in the full irrigation conditions were obtained. Cross-sectional stress treatment in the grain filling stage and non-application of humic and salicylic acids had the highest rate of harvest index (29.47%). The highest biological yield (15802.7 kg.ha⁻¹) was obtained under full irrigation and humic and salicylic acids application conditions. Also, the most positive and significant correlation was observed between seed number per panicle and the plant height ($r=0.97^{**}$). According to the results of this research, it is recommended to use 6 liter.ha⁻¹ humic acid and 1 mmol salicylic acid spraying to improve growth and yield of sorghum plant in drought stress conditions.

Keywords: Biological yield, drought stress, harvest index, organic acid, 1000-seed weight

اثر محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در سطوح مختلف آبیاری

محمد بهزاد امیری^{*۱}، یاسر اسماعیلیان^۱، مهین آلبوغیبش^۲

۱- استادیار گروه آموزشی مهندسی کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد ۲- دانش آموخته گروه زراعت و اصلاح نباتات،

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، پژوهشی یکساله به صورت کرت های دوبار خرد شده و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل مقادیر مختلف آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله گلدهی و قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه تا انتهای فصل رشد) و محلول پاشی اسید هیومیک در دو سطح (صفر و شش لیتر در هکتار) به عنوان عامل فرعی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در دو سطح (صفر و یک میلی-مولار) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی و پر شدن دانه، به ترتیب منجر به کاهش ۳۰ و ۵۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد، در حالی که عملکرد زیستی و شاخص برداشت، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار نگرفت. کاربرد همزمان اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، اکثر صفات مورد مطالعه را بهبود بخشید، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته (۲۰۷/۱۶ سانتی متر)، تعداد پنجه در بوته (۱/۸۸ عدد)، تعداد دانه در خوشه (۱۸۵۴ عدد)، وزن هزار دانه (۴۰/۲۰ گرم) و عملکرد دانه (۲۸۳۸/۶۷ کیلوگرم در هکتار)، در تیمار کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری کامل به دست آمد. تیمار تنش مقطعی از مرحله پر شدن دانه و عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان شاخص برداشت (۲۹/۴۷ درصد) را به خود اختصاص داد. بیشترین میزان عملکرد زیستی (۱۵۸۰۲/۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل و کاربرد اسید

* Corresponding author E-mail: amiri@gonabad.ac.ir

هیومیک و اسید سالیسیلیک تولید شد. همچنین در این آزمایش، تعداد دانه در خوشه با ارتفاع بوته ($r=0.97^{**}$) بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار را نشان دادند. با توجه به یافته‌های این پژوهش، برای بهبود عملکرد گیاه سورگوم در شرایط محدودیت‌های آبی، کاربرد شش لیتر در هکتار اسید هیومیک و یک میلی مولار اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی، پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: اسید آلی، تنش خشکی، شاخص برداشت، عملکرد زیستی، وزن هزار دانه.

مقدمه

گیاهان، پیامدهای نامطلوب و سوء زیست محیطی از جمله آلودگی آب، خاک و ایجاد مشکلات عمده برای موجودات زنده و سلامت انسان‌ها بر جای گذاشته است، در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای طبیعی فاقد اثرات مخرب زیست محیطی جهت بهبود کمیت و کیفیت محصولات زراعی و باغی و به عنوان یک راه کار مؤثر در افزایش عملکرد محصولات، رواج یافته است.

از جمله کودهای طبیعی، انواع اسیدهای آلی می‌باشند. اسیدهای آلی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و به دلیل داشتن ترکیبات هورمونی، بر کیفیت محصولات کشاورزی و افزایش عملکرد، تأثیر به‌سزایی دارند. اسید هیومیک یکی از انواع اسیدهای آلی است که منجر به افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی (تنش خشکی) می‌شود و از طریق ایجاد پیوند با مولکول‌های آب، مانع تبخیر آب از بستر کشت شود و همچنین از طریق افزایش جذب عناصر غذایی (نیترژن، کلسیم، فسفر، منگنز، روی، آهن و مس)، سبب افزایش رشد اندام‌های هوایی و بهبود عملکرد محصولات زراعی و باغی می‌شود (Harper et al., 2000). نتایج حاصل از تحقیقات پژوهشگران در خصوص تأثیر اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی گیاهان حاکی از آن است که کاربرد آن به صورت برگ‌ی و خاکی در اکثر گیاهان، تأثیر مثبت بر کمیت و کیفیت محصولات دارد و موجب افزایش عملکرد شده است که از این طریق، آستانه تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد (Yildirim et al., 2007; Karakurt et al., 2009; El-Nemr et al., 2012). محلول پاشی ۲۰۰ میلی گرم اسید هیومیک در لیتر در باقلا (*Vicia faba* L.)، عملکرد دانه را به میزان قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Roudgarnezhad et al.,

در محیط‌های طبیعی و شرایط زراعی، گیاهان بارها در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند و یکی از مهم‌ترین مشکلات بخش کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک، تنش خشکی است (Kafi et al., 2009). افزایش بیش از حد تنش ناشی از کمبود آب، متابولیسم گیاه را تغییر می‌دهد و با برهم زدن تعادل هورمونی، منجر به افزایش تولید و تجمع انواع گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه می‌شود (Shi et al., 2007). سازش گیاهان به تنش خشکی، نتیجه تغییر بسیاری از مکانیزم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است که منجر به تغییراتی در سرعت رشد گیاه، هدایت روزه‌ای، سرعت فرآیند فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی می‌شود (Khalafallah & Abo, 2008). در شرایط تنش خشکی، کاهش آماس سلولی، اولین فرآیند زیستی است که رخ می‌دهد و فعالیت‌های وابسته به آن از جمله توسعه برگ و طویل شدن ریشه، به شدت تحت تأثیر منفی کمبود آب قرار می‌گیرند. رشد و توسعه سلول، فرایندی وابسته به تورژسانس (فشار آماس) و بسیار حساس به کمبود آب می‌باشد؛ در نتیجه، کاهش حجم سلول ناشی از فشار آماس، پاسخ اولیه گیاه به کمبود آب می‌باشد (Del Amor & Del Amor, 2007). شهرستان گناباد در منطقه اقلیم خشک و بیابانی حاشیه کویر قرار دارد و دمای آن در بعضی از روزهای سال به ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و به علت خشکسالی‌های پی در پی، با محدودیت‌های شدید منابع آبی روبرو است (Behniafar et al., 2010). بنابراین یافتن راهکارهای بوم‌سازگاری که کارایی مصرف آب در گیاهان مختلف را بهبود بخشد، ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که در گذشته، استفاده از کودهای شیمیایی جهت بهبود خصوصیات رشدی

(Azari Nasrabad et al., 2016).

از آن جا که یکی از مهم ترین مسائل و مشکلات بخش کشاورزی در ایران تنش خشکی می باشد به نظر می رسد که کاربرد نهاده های اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بتواند تا حدودی اثر منفی تنش کمبود آب را در گیاه سورگوم کاهش دهد و باعث بهبود عملکرد آن شود. بنابراین این پژوهش با هدف شناخت و بررسی اثر محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات کمی گیاه سورگوم تحت تنش خشکی در شرایط گناباد در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۶۰ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۲ میلی متر و متوسط حرارت سالیانه ۱۷/۲ درجه سانتی گراد^۱ به صورت کرت های دو بار خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه سطح آبیاری شامل آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله ی گلدهی تا انتهای فصل رشد و قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه تا انتهای فصل رشد در کرت های اصلی، محلول پاشی اسید هیومیک در دو سطح صفر و مقدار شش لیتر در هکتار در کرت های فرعی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک در دو سطح صفر و یک میلی مولار در کرت های فرعی قرار گرفتند. ابعاد کرت های اصلی ۱۶ در سه متر، ابعاد کرت های فرعی هشت در سه متر و ابعاد کرت های فرعی چهار در سه متر در نظر گرفته شد.

قبل از شروع آزمایشات مزرعه ای و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک انجام گرفت (جدول ۱). به منظور حفظ پایداری خاک و برای

(2018). تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و پروتئین نخود (*Cicer arietinum* L.) در اثر کاربرد پنج کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و نانو کود آهن و روی، به ترتیب ۷۸/۶۹، ۶۵/۵۴ و ۸۴/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Veisi et al., 2018).

یکی دیگر از سازوکارهای مقابله با تنش خشکی، استفاده از ترکیب فنلی اسید سالیسیلیک می باشد. این ترکیب فنلی، جزو تنظیم کننده های رشد گیاه محسوب می شود و در تعدیل برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر فتوسنتز، هدایت روزنه ای، تعرق و جذب و انتقال عناصر نقش محوری دارد. همچنین در پاسخ به تنش های غیر زنده (محیطی) به عنوان پیام مولکولی نقش مهمی را ایفا می کند و از این طریق، منجر به افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی می شود و اثرات مثبت آن بر جوانه زنی، رشد و عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف گزارش شده است (Senaranta et al., 2000; Ghai et al., 2002). مطالعه انجام شده روی گیاه سیر (*Allium sativum*) نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی، سبب افزایش معنی دار سطح برگ و وزن خشک اندام های هوایی و کلروفیل شد (Arvin et al., 2011). محلول پاشی دو غلظت نیم و یک میلی مولار اسید سالیسیلیک در لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) باعث بهبود شاخص های درصد نسبی آب، میزان کلروفیل نسبی و کلروفیل فلورسانس برگ در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد شد (Khoshbakt et al., 2012). محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۷ میلی مولار در گیاه نخود، منجر به افزایش معنی دار وزن صد غلاف و صد دانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد بوته نسبت به شاهد شد (Madah et al., 2006).

سورگوم به لحاظ میزان تولید و اهمیت غذایی، پنجمین غله جهان است و غالباً از آن برای خوراک دام استفاده می شود و حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد از محصول آن برای تولید اتانول مورد استفاده قرار می گیرد (Liu et al., 2013). سطح زیر کشت انواع سورگوم در ایران، حدود ۴۰ هزار هکتار گزارش شده است

۱. اطلاعات هواشناسی از اداره هواشناسی شهرستان گناباد اخذ شده است

مردادماه و قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه در تاریخ ۱۴ شهریورماه اعمال شد و تا انتهای فصل رشد ادامه یافت. کاربرد اسید هیومیک (به صورت محلول پاشی و به میزان شش لیتر در هکتار) و اسید سالیسیلیک (به صورت محلول پاشی و به میزان یک میلی مولار) در دو نوبت در مراحل شش تا هفت برگی و قبل از گلدهی انجام شد. محلول پاشی به هنگام غروب آفتاب و توسط پمپ دستی (با حجم پاشش یک لیتر در دقیقه) به صورت یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر انجام صورت گرفت. اسید هیومیک مورد استفاده، منشأ صد در صد طبیعی داشت و فرمولاسیون آن به شکل پودر قابل حل در آب و استخراج شده از معادن کشور آلمان بود (جدول ۱).

آماده سازی زمین، تنها عملیات دیسک زنی با تأکید بر خاکورزی حداقل در نظر گرفته شد و کلیه مراحل بعدی توسط کارگر و با بیل دستی انجام شد. برای سهولت در اعمال تیمارهای قطع آبیاری، بین بلوک‌ها یک متر فاصله و برای هر بلوک آزمایشی، یک لوله آبیاری و پساب جداگانه در نظر گرفته شد. بذره‌های سورگوم با منشا توده گناباد، اواسط اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ در ردیف‌هایی به فاصله ۴۰ سانتی متر و با فاصله روی ردیف هشت سانتی متر از یکدیگر کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا قبل از اعمال تیمارهای آبیاری به فاصله هر هفت روز یکبار به روش نشتی انجام شد. قطع آبیاری از مرحله گلدهی در تاریخ ۲۳

جدول ۱- خصوصیات خاک، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مورد استفاده

Table 1- Characteristics of used soil, humic acid and salicylic acid.

Physicochemical characteristics of soil		Humic acid		Salicylic acid	
Soil texture	Silty loam	Trade name	WGS 85%	Chemical formula	C ₇ H ₆ O ₃
Total nitrogen (%)	0.076	Humic acid (%)	85	Molar mass	138
Available phosphorus (ppm)	11.9	Potassium oxide (%)	12	Density	1.4
Available potassium (ppm)	472	Fe (%)	1	Melting temperature	158
Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	2.3	Organic nitrogen (%)	0.8	Boiling temperature	200
Soil organic carbon (%)	0.58	pH	9-10	Solubility in water	2.4
pH	7.26			pH	2.1

تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، از خط‌کش استفاده شد و برای تعیین وزن خشک اندام هوایی، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک‌صدم گرم برآورد شد و وزن هزار دانه نیز با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک‌هزارم گرم تعیین شد. جهت تعیین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های باقیمانده سطح کرت‌های آزمایشی برداشت شدند و وزن خشک کل و دانه آن‌ها تعیین شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی ضرب در ۱۰۰ به دست آمد. برای تجزیه واریانس و تحلیل آماری داده‌های آزمایشی از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 و Excel Ver. 14 استفاده

نام آیوپاک^۱ اسید سالیسیلیک، ۲- هیدروکسی بنزوئیک اسید است که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است. برای رسیدن به تراکم مناسب (۳۰ بوته در مترمربع)، عملیات تنک پس از رسیدن گیاه به مرحله چهار برگ‌انجام گرفت. به منظور کنترل علف‌های هرز، سه نوبت وجین دستی (به ترتیب ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت) انجام شد. برای آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد، هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد. در اواخر فصل رشد و با آغاز مرحله رسیدگی دانه‌ها و خشک شدن اندام هوایی گیاه، یک‌دهم مترمربع از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، وزن خشک اندام هوایی،

^۱ IUPAC Name

ساده سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی اسید هیومیک و پاشی اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل دوگانه آبیاری و اسید هیومیک و اثرات سه گانه آبیاری، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته معنی دار بود.

شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن آن جام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی خصوصیات کمی سورگوم تحت تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک و اسید

سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی

Table 2. Analysis of variance of some sorghum quantitative characteristics affected by humic acid and salicylic acid spraying under drought stress condition

Source of variance	df	Plant height	Tiller number per plant	Seed number per panicle	1000 seed weight	Seed yield	Biological yield	Harvest Index
Block	2	328**	0.01**	2873ns	4.75**	17.69ns	1264128ns	15*
Irrigation levels	2	20681**	1.12**	960225**	1024**	4412962**	183248523**	157**
Main error	4	18	0.002	497	0.24	9894	590748	17
Humic acid	1	6418**	0.36**	346332**	321**	287924**	94853084**	78**
Irrigation levels×Humic acid	2	36**	0.03**	7357*	53**	56146*	522564ns	44**
Sub error	6	5	0.0007	1373	0.98	10693	1476587	14
Salicylic acid	1	1671**	0.10**	95378**	91**	1338263**	43835630**	16*
Irrigation levels×Salicylic acid	2	3.05ns	0.006**	2635ns	15**	3909ns	247066ns	7.30ns
Humic acid×Salicylic acid	1	2.72ns	0.007**	1892ns	1.30ns	33550ns	6967110**	2.58ns
Irrigation levels×Humic acid×Salicylic acid	2	64.83**	0.002**	6591*	1.99*	92603**	727851ns	34**
Total error	12	4.10	0.0003	1520	0.49	9687	401319	3.24
CV (%)	-	1.42	1.41	2.77	3.34	5.77	7.57	8.17

ns, ** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی دار.

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

نتیجه کاهش کمیت و کیفیت اجزای رشد رویشی را در گیاه موجب می‌شود (Rahimzadeh *et al.*, 2010). از طرف دیگر، کاهش اندازه اندام‌های رویشی به دلیل محدود شدن رشد و تقسیم سلول‌ها در شرایط تنش خشکی، منجر به کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی در شرایط تنش کم‌آبی می‌شود و کاهش عملکرد گیاه را در پی دارد؛ بنابراین اولین تأثیر محسوس تنش خشکی با کاهش ارتفاع گیاه مشخص می‌شود (Dursun *et al.*, 2002). رشد اندام‌های رویشی و زایشی به شدت تحت تأثیر آب و عناصر غذایی می‌باشد (Dursun *et al.*, 2002)؛ بنابراین، اسید هیومیک احتمالاً با کلات کردن عناصر ضروری در خاک، منجر به افزایش جذب توسط گیاه شده و احتمالاً با تعدیل و اصلاح دانه‌بندی خاک از طریق نقش پلیمرهای اسید هیومیک در جذب ذرات

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۲۰۷ سانتی‌متر) به سطح آبیاری کامل در شرایط کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک تعلق و کمترین ارتفاع بوته (۷۷ سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه و در شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به محدود بودن رشد گیاه سورگوم، انتظار می‌رفت که ارتفاع بوته در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی و پر شدن دانه، تفاوت معنی‌داری نداشته باشد، ولی به نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع بوته با قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه، حاکی از گرمای بیش از حد هوا و کمبود آب در شرایط تنش خشکی باشد، زیرا در این شرایط، کاهش آماس سلول شدت یافته و به تبع آن رشد و تقسیم سلول‌ها نیز کاهش می‌یابد و در

ارتفاع بوته در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) شد. در پژوهشی دیگر مشخص شد که استفاده از اسید هیومیک، منجر به افزایش صفات رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) شد (Veronica *et al.*, 2010). بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیک گیاه ذرت (*Zea mays* L.) نشان داد که کاربرد آن، منجر به افزایش ارتفاع گیاه شد (Hussein *et al.*, 2007). همچنین Baiat *et al.* (2012) گزارش کردند که ارتفاع گیاه نخود، تحت‌تأثیر کاربرد دو میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری افزایش یافت.

معدنی خاک به یکدیگر و تشکیل گرانول درشت، ساختار مناسب و فضای بیشتری برای نفوذ هوا و آب فراهم شده و از این طریق، آثار تنش خشکی کاهش یافته است (Bronick & Lal, 2005; Sebastiano *et al.*, 2010; Salehi *et al.*, 2010). همچنین بهبود رشد گیاه در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک را می‌توان به افزایش تقسیم سلولی در مریستم راسی گیاهچه نسبت داد. در راستای نتایج پژوهش حاضر، Saburi *et al.* (2017) اذعان داشتند که کاربرد اسید هیومیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و در شرایط آبیاری صد درصد ظرفیت زراعی، منجر به افزایش

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی خصوصیات کمی سورگوم تحت تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک

Table 3. Mean comparisons of interaction effect of different levels of irrigation and humic acid and salicylic acid spraying on some quantitative characteristics of sorghum.

		Plant height (cm)	Tiller number per plant	Seed number per panicle	1000 seed weight (g)	Seed yield (kg.ha ⁻¹)	Harvest Index
		Full irrigation					
Humic acid	Salicylic acid	207.16 ^a	1.88 ^a	1854.00 ^a	40.20 ^a	2838.67 ^a	18.04 ^d
	Non-Salicylic acid	190.30 ^b	1.73 ^b	1722.67 ^b	33.18 ^b	2528.33 ^b	20.7 ^{bcd}
Non-Humic acid	Salicylic acid	175.26 ^c	1.59 ^c	1654.67 ^c	28.11 ^c	2266.67 ^c	20.2 ^{bcd}
	Non-Salicylic acid	163.90 ^d	1.46 ^d	1526.33 ^d	23.57 ^d	1742.33 ^d	16.769 ^d
		Cut irrigation in flowering stage					
Humic acid	Salicylic acid	158.03 ^d	1.52 ^d	1607.67 ^c	21.39 ^e	2250.00 ^e	19.9 ^{bcd}
	Non-salicylic acid	144.10 ^e	1.33 ^e	1433.33 ^e	19.38 ^f	1613.33 ^{de}	19.26 ^{ed}
Non-Humic acid	Salicylic acid	133.83 ^f	1.21 ^f	1296.33 ^f	17.60 ^g	1402.33 ^{fg}	19.56 ^{cd}
	Non-Salicylic acid	122.83 ^g	1.15 ^{fg}	1255.00 ^{fg}	16.16 ^g	1252.67 ^{hg}	25.48 ^{ab}
		Cut irrigation in Seed filling stage					
Humic acid	Salicylic acid	119.53 ^{gh}	1.13 ^{hg}	1220.00 ^{hg}	15.90 ^g	1541.33 ^{fg}	20.7 ^{bcd}
	Non-Salicylic acid	111.10 ^h	1.06 ^{hi}	1173.33 ^h	14.22 ^h	1148.33 ^{hi}	24.43 ^{abc}
Non-Humic acid	Salicylic acid	97.16 ⁱ	1.04 ⁱ	1098.67 ⁱ	12.70 ^h	1081.00 ⁱ	29.41 ^a
	Non-Salicylic acid	77.00 ^j	0.99 ^j	1003.00 ^j	10.26 ⁱ	781.33 ^j	29.47 ^a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level.

منجر به افزایش تعداد پنجه در بوته گیاه سورگوم شد. به‌نظر می‌رسد که گیاه در شرایط تنش خشکی در تلاش است تا از طریق حفظ آب از مرحله گلدهی، رشد رویشی خود را کاهش دهد؛ بنابراین این امر باعث کاهش تعداد پنجه در بوته شد. تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و پروتئین نخود در اثر کاربرد پنج کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و نانو کود آهن و روی، به‌ترتیب ۷۸/۶۹، ۶۵/۵۴ و ۸۴/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Veisi *et al.*, 2018).

تعداد پنجه در بوته

تعداد پنجه در بوته، تحت‌تأثیر معنی‌دار کلیه اثرات ساده و متقابل دوگانه و سه‌گانه عوامل قرار گرفت (جدول ۲). بررسی اثر تنش مقطعی و محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک نشان داد که کاربرد این دو اسید در سطح قطع آبیاری از مرحله گلدهی و پر شدن دانه، اثر مثبتی بر تعداد پنجه در بوته گذاشت (جدول ۳). به‌طورکلی، نتایج گویای این است که کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک

موجب افزایش تعداد گل و دانه در بوته گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) شد (Mohammadipour et al., 2012). همسو با نتایج این پژوهش، Sarir et al. (2005) گزارش کردند که کاربرد (۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم در هکتار) اسید هیومیک، منجر به افزایش ۲۰ و ۲۵ درصدی عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک در ذرت نسبت به تیمار شاهد شد. در پژوهشی دیگر و پس از بررسی اثر کاربرد اسید هیومیک بر تعداد بذر در ردیف و طول بلال ذرت گزارش شد که استفاده از این کود، منجر به بهبود خصوصیات گفته شده شد (Ghorbani et al., 2009). سایر بررسی‌ها، اثر مثبت تیمار اسید سالیسیلیک بر افزایش تحمل تنش خشکی در گیاهانی مانند لوبیا و ماش (*Vigna radiata* L. در شرایط تنش خشکی گزارش شد (Senaranta et al., 2000; Nezhad et al., 2014). نتایج حاصل از Rezai et al. (2014) نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی بر گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در آن شد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

وزن هزار دانه

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری با محلول‌پاشی هر یک از نهاده‌های اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و همچنین اثرات متقابل سه‌گانه عوامل بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. با بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی با مواد طبیعی بر وزن هزار دانه مشخص شد که کاربرد همزمان اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، علاوه بر افزایش وزن هزار دانه در سطح آبیاری کامل، منجر به کاهش اثرات تنش خشکی شد، به‌طوری‌که وزن هزار دانه در شرایط استفاده همزمان از این دو کود، در هر یک از شرایط تنش مقطعی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه، به‌ترتیب ۲۴ و ۳۵ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). کمترین وزن هزار دانه (۱۰/۲۶ گرم) در تیمار قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه و عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به‌دست آمد (جدول ۳)؛ این مسئله گویای آن است که حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه

کاربرد ۴۵۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، باعث افزایش عملکرد، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به تیمار شاهد شد (Azhdar Afshari et al., 2016).

تعداد دانه در خوشه

اثرات ساده عوامل مورد بررسی و اثرات متقابل دوگانه سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک و اثرات متقابل سه‌گانه آبیاری، محلول‌پاشی اسید هیومیک و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، تعداد دانه در خوشه را به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داد (جدول ۲). بررسی نتایج اثرات سه‌گانه حاکی از آن بود که محلول‌پاشی با مواد طبیعی، منجر به افزایش تعداد دانه در خوشه شد و به‌خصوص در سطح آبیاری کامل، محلول‌پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، بیشترین تعداد دانه در خوشه را تولید کرد. کمترین تعداد دانه در خوشه نیز در تیمار قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه و عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک با متوسط ۱۰۰۳ دانه در خوشه مشاهده شد که البته در همین سطح آبیاری، کاربرد همزمان اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، افزایش نه درصدی تعداد دانه در خوشه را در پی داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که تنش خشکی، احتمالاً از طریق کاهش فشار آماس، رشد و تقسیم سلولی، منجر به کاهش رشد رویشی از جمله سطح برگ در گیاه شده و از آن‌جا که برگ‌ها بخش اصلی فتوسنتز کننده هستند، به‌نظر می‌رسد در این شرایط، مواد فتوسنتزی کمی تولید شده است و به‌تبع آن، رشد بخش‌های مختلف گیاه مختل شده است. در این آزمایش، دلیل اصلی کاهش تعداد دانه در خوشه را می‌توان به کاهش مواد فتوسنتزی تولید شده در شرایط تنش کم‌آبی نسبت داد. از این رو، استفاده از مواد طبیعی از جمله تیمار اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در شرایط تنش کم‌آبی، احتمالاً از طریق تأثیرگذاری بر فتوسنتز و شاخص‌های رشد گیاهی، منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه شده است (Bideshki et al., 2010). در پژوهشی گزارش شد که کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک،

(جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۲۸۳۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول پاشی همزمان اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در تیمار آبیاری کامل به دست آمد و به خصوص محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، اثر زیادی در بهبود عملکرد دانه داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، قدرت تحریک رشد گیاه را در شرایط حاکم متعادل ساخته و منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه سورگوم شد. در برخی از پژوهش‌ها نیز تأثیر مثبت اسید هیومیک در افزایش عملکرد دانه گزارش شده است. نتایج پژوهشی در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) نشان داد کاربرد اسید هیومیک، منجر به افزایش عملکرد دانه شد (Ayu et al., 1996). آزمایشی که توسط Ghadimian et al. (2018) روی لوبیا قرمز انجام شد نشان داد که حداکثر عملکرد دانه، در تیمار محلول پاشی با اسید هیومیک مشاهده شد که با نتایج این آزمایش همسویی داشت.

عملکرد زیستی

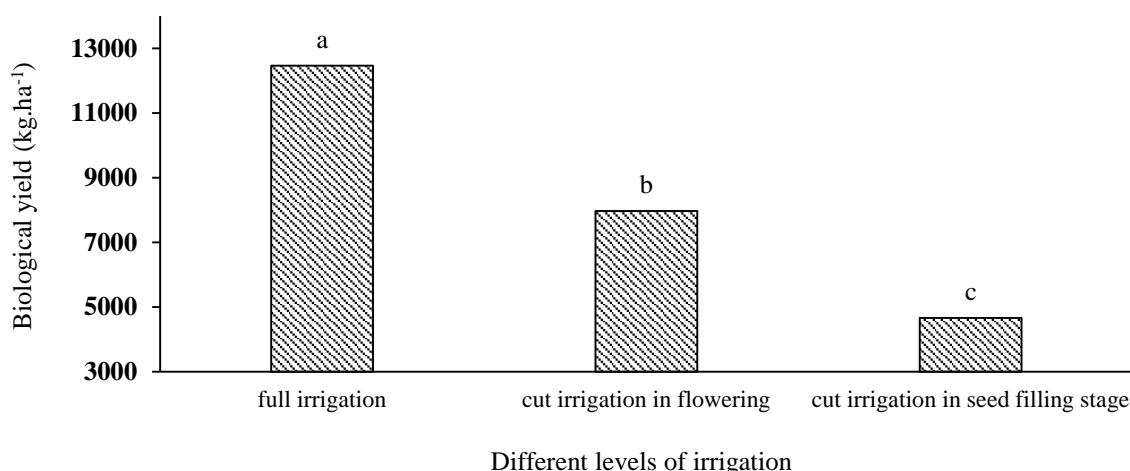
اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود و بین کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، تفاوت معنی‌داری وجود داشت و کاربرد همزمان این دو اسید آلی، عملکرد زیستی را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). بیشترین (۱۲۴۶۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۴۶۶۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به ترتیب در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه به دست آمد (شکل ۱).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد زیستی (۱۱۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد همزمان اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کمترین آن (۶۰۷۱ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم استفاده از این دو کود به دست آمد (شکل ۲).

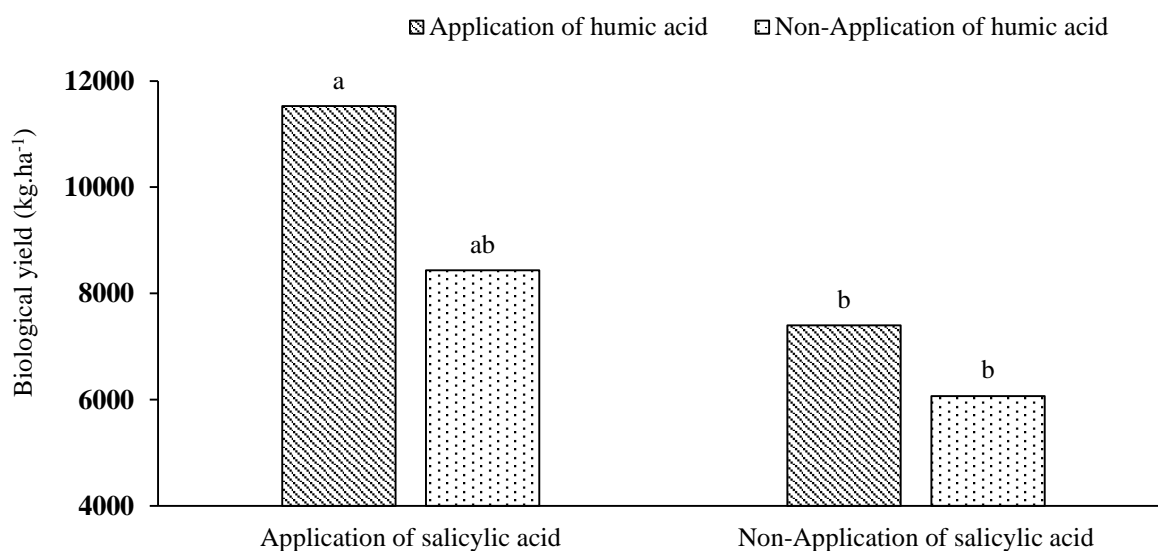
سورگوم به تنش خشکی، مرحله پر شدن دانه بود که کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک توانست اثرات منفی این تنش را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش گویای آن است که در سطوح مختلف آبیاری، استفاده از تیمار اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، احتمالاً از طریق بهبود جذب و انتقال مواد غذایی، منجر به افزایش خصوصیات کمی گیاه شد؛ از این رو تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به سوی بذرها افزایش یافت و موجب افزایش وزن هزار دانه در شرایط حاکم شد. تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز در گیاه و تولید مواد فتوسنتزی حاصل از آن و از سوی دیگر با تسریع فرآیند رسیدن دانه‌ها، منجر به کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Amiri et al., 2011). افزایش کارایی جذب آب و بهبود فعالیت‌های آنزیمی ناحیه‌ی ریزوسفر ریشه با کاربرد اسید هیومیک، می‌تواند اثر مثبتی بر رشد و نمو گیاه داشته باشد و در نتیجه وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار دهد (Canellas et al., 2002). همسو با نتایج این پژوهش Chamani et al. (2017) اذعان داشتند که کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش محیطی، منجر به افزایش (۶/۵ درصد) وزن هزار دانه در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) نسبت به عدم کاربرد آن شد. در پژوهشی دیگر نتایج نشان داد اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر صفت وزن هزار دانه گندم معنی‌دار بود، به گونه‌ای که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش وزن هزار دانه در شرایط آبیاری کامل شد (Tarfi et al., 2019).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات ساده سطوح مختلف آبیاری، محلول پاشی اسید هیومیک و پاشی اسید سالیسیلیک قرار گرفت و اثرات متقابل دوگانه آبیاری و محلول پاشی اسید هیومیک و اثرات متقابل سه‌گانه آبیاری، محلول پاشی اسید هیومیک و پاشی اسید سالیسیلیک نیز بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت



شکل ۱- عملکرد زیستی سورگوم تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری.
Figure 1. Biological yield of sorghum affected by different levels of irrigation.



شکل ۲- عملکرد زیستی سورگوم، تحت تأثیر اثرات متقابل محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک
Figure 2. Biological yield of sorghum affected by interaction effect of humic and salicylic acids spraying

کاهش عملکرد محصول شده است و در نتیجه میزان ماده تجمع یافته در گیاه کاهش یافته است (Shekari, Labid *et al.*, 2001). همسو با نتایج این پژوهش، (2009) گزارش کردند که تنش خشکی در ارقام مختلف نخود تونسسی، منجر به کاهش عملکرد زیستی آن شد. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که اثر تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود به طوری که کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول پاشی، با ایجاد شرایط

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تلفیق مواد طبیعی، باعث افزایش عملکرد زیستی گیاه سورگوم شد، اما مقدار این پارامتر در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی، آب و مواد غذایی به میزان کافی در اختیار گیاه قرار نگرفته است و در نتیجه عملکرد زیستی سورگوم کاهش پیدا کرده است. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز گویای این است که کاهش میزان زیست توده به دلیل کمبود آب در شرایط تنش خشکی، منجر به

برداشت در گیاه لوبیا شد. Rai *et al.* (2007) در پژوهش خود بیان کردند تنش خشکی، میزان شاخص برداشت را نسبت به آبیاری کامل کاهش داد و قرار گرفتن گیاه در دوره رشد زایشی در معرض تنش خشکی به مدت طولانی، منجر به افزایش شاخص برداشت در گیاه شد، زیرا احتمالاً گیاه در این مرحله، فرآیند انتقال مجدد مواد ذخیره شده در دوره رشد رویشی را به سمت دانه افزایش داده است که منجر به افزایش این پارامتر در گیاه شده است.

با توجه به نتایج ضرایب همبستگی صفات در این پژوهش (جدول ۴)، مشاهده شد که تمام صفات در سطح احتمال یک درصد، همبستگی مثبت و معنی دار با یکدیگر داشتند، اما نتایج حاکی از آن است که علی با وجود همبستگی مثبت و معنی دار کلیه صفات (به جز صفت شاخص برداشت) با عملکرد دانه، میزان این همبستگی در صفات عملکرد زیستی و تعداد دانه در خوشه، بیشتر از سایر صفات بود و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در شرایط کاربرد نهادهای بومسازگاری همچون اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک که توانسته بودند عملکرد زیستی و تعداد دانه در خوشه را بهبود دهند (جدول ۳)، منطقی به نظر می رسد. همچنین ویژگی تعداد دانه در خوشه با ارتفاع بوته بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار را داشت.

مطلوب برای افزایش نیتروژن در گیاه، منجر به افزایش ۵۰٪ عملکرد زیستی گیاه نخود شد (Haghparast *et al.*, 2012).

شاخص برداشت

سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به طور معنی داری بر شاخص برداشت تأثیر داشت و اثرات متقابل دوگانه آبیاری و محلول پاشی اسید هیومیک و اثرات متقابل سه گانه عوامل بر شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۲). نتایج اثرات متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی و عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به دست آمد (جدول ۳)، به گونه ای که به نظر می رسد که کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، رشد رویشی را بیشتر از رشد زایشی تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین در این پژوهش، بالا بودن شاخص برداشت در تیمار قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه، حاکی از آن است که گیاه در این سطح آبیاری، احتمالاً تحت تنش خشکی بیشتری قرار گرفته است و برای مقابله با تنش بیشترین توان خود را صرف رشد زایشی کرده است و رشد رویشی خود را کاهش داده است تا عملکرد مطلوبی را در این شرایط اتخاذ کند. German & teran (2006) در پژوهش خود اذعان داشتند که تنش خشکی به طور قابل توجهی منجر به کاهش شاخص

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در سورگوم، تحت تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی

Table 4. Correlation coefficients between studied traits in sorghum affected by humic acid and salicylic acid spraying in different drought stress conditions

	Plant height (1)	Tiller number per plant (2)	Seed number per panicle (3)	1000 seed weight (4)	Seed yield (5)	Biological yield (6)	Harvest Index (7)
1	1						
2	0.973**	1					
3	0.978**	0.978**	1				
4	0.958**	0.970**	0.946**	1			
5	0.949**	0.958**	0.960**	0.939**	1		
6	0.948**	0.947**	0.954**	0.921**	0.956**	1	
7	0.660**	-0.600**	-0.656**	-0.554**	-0.583**	-0.746**	1

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

** : Significant at 1% of probability level.

کرد که اگر چه تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش می توان عنوان

آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی، کاربرد جداگانه اسید هیومیک در کلیه صفات (بجز عملکرد زیستی)، تأثیر بیشتری در بهبود صفات نسبت به کاربرد جداگانه اسید سالیسیلیک داشت و در شرایط قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه در اکثر صفات (بجز ارتفاع بوته و تعداد دانه در بوته)، تفاوت معنی‌داری بین کاربرد جداگانه اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک وجود نداشت. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد که کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک توانست احتمالاً از طریق کاهش اثرات منفی تنش مقطعی، صفات رویشی و عملکرد گیاه را بهبود بخشد؛ بنابراین استفاده همزمان از این نهاده‌ها تحت شرایط تنش خشکی در کشت و کار گیاه سورگوم توصیه شود.

اثر منفی داشت، ولی کاربرد همزمان از اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی و پر شدن دانه، منجر به تخفیف این اثرات نامطلوب شد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در هر یک از سطوح آبیاری مورد مطالعه زمانی به‌دست آمد که مزرعه با محلول‌پاشی شش لیتر اسید هیومیک در هکتار و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سکپاشی شد و با وجود تأثیر مثبت کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در کلیه سطوح آبیاری، مقدار عددی صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه و زیستی در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی، بیشتر از مقدار این صفات در شرایط قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه بود. در شرایط

REFERENCES

- Amiri, A., Parsa, S. R., Nezami, M. & Ganjeali, A. (2011). The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 1, 69-84.
- Arvin, M. J., Beidshki, A., Kramt, B. & Maghsodi, K. (2011). The study salicylic acid (SA) role in contrast with drought stress by affecting on morphological and physiological parameters in garlic plant. In: *Proceeding of 7th Iranian Horticultural Science Congress*, Isfahan Industrial University. Iranian 4-7 September 2011. (In Persian)
- Ayuo, M., Hernandez, T., Garcia, C. & Pascual, J. A. (1996). Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology*, 57, 251-257.
- Azari Nasrabad, A., Mousavi Nik, S. M., Galavi, M., Siroomsmehr, A. & Beheshti, S. A. (2016). Evaluation of water stress at different growth stages on yield, its components, cell membrane stability and leaf relative water content of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9(3), 217-228. (In Persian)
- Azhdar Afshari, M., Shekari, F., Afsahi, K. & Azikhani, R. (2016). Effect of floral applied salicylic acid on dry weight, harvest index, yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit stress. *Environmental Stress Crop Science*, 9(1), 51-58. (In Persian)
- Baiat, H., Nemati, S.H., Tehranifar, A., Vahdati, N. & Salahvarzi, A. (2012). Effect of salicylic acid on growth and ornamental properties of *Petunia hybrida* under salinity stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3(11), 43-50. (In Persian)
- Bayat, S., Sepehri Zare, A., Abyaneh, H. & Abdollahi, M. R. (2010). Effect of salicylic acid and paclobutrazol on some growth characteristics and yield of maize in conditions of drought stress. *Journal of Crops Ecophysiology*, 2, 34-41. (In Persian)
- Behniafar, A., Habibi Nokhandan, M. & Dolati, R. (2010). The drought effects on Gonabad central basin water resources (period 1986-2006). *Journal of Physical Geography*, 3(7), 53-66. (In Persian)
- Bideshki, A. & 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 Ecophysiol*, 2, 73-79.
- Bronick, C. J. & Lal, R. (2005). *Soil structure and management*. A review. *Geoderma*, 124, 3-22.
- Canellas, L. P., Facanha, A. Q., Olivares, F. L. & Facanha, A. R. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130, 1951-1957.
- Del Amor, M. A. & Del Amor, F. M. (2007). Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. *Journal of Applied Horticulture*, 9, 97-100.

13. Dursun, A., Guvenc, I. & Turan, M. (2002). Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agronomy Botanica*, 56, 81-88.
14. El-Nemr, M. A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A. M. & Fawzy, Z. F. (2012). Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6, 630-637.
15. German, C. & Teran, H. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landrace and cultivars. *Crop Science*, 46, 2111-2120.
16. Ghadimian, T., Madani, H. & Gamarian, M. (2018). Investigation of the effect of irrigation cessation and foliar application of humic acid on some agricultural, physiological and qualitative characteristics of red bean cultivar D81083. *Iranian Bean Research Journal*, 8(2): 141-154. (In Persian)
17. Ghai, N., Setia, R. C. & Setia, N. (2002). Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in (*Brescia napus* L.) (Cv. GSL-1). *Phytomorphol*, 52, 83-87.
18. Ghorbani, S., Khazaee, H. R., Kafi, M. & Banayan Aval, M. (2009). Effect of humic acid application in water of irrigation on yield and yield components of (*Zea mays* L.) *Agroecology*, 2, 123-131. (In Persian)
19. Haghparast, M., Maleki Farahani, S., Massoud Sinki, J. & Zarei, Q. (2012). Reduce the negative effects of drought stress on chickpeas by using humic acid and seaweed extract. *Journal of Crop Production in Environmental Stress*, 4(1), 59-71. (In Persian)
20. Harper, S. M., Kerven, G. L., Edwards, D. G. & Ostatek-Boczynski, Z. (2000). Characterization of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* and from decomposed hay. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1331-1336.
21. Hussein, M. M., Balbaa, L. K. & Gaballah, M. S. (2007). Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3, 321-328.
22. Kafi, M., Borzoi, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. & Nabati, J. 2009. *Physiology Environmental tensions in the plants*. Jihad Publications of Mashhad University. (In Persian)
23. Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H. & Padem, H. (2009). The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 59, 233-237.
24. Khalafallah, A. A. & Abo Ghalia H. H. (2008). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(5), 559-569.
25. Khoshbakt, D., Ramin, A. A. & Baghbanha, M. R. (2012). Possible reduction of the effect of salinity on bean (*Phaseolus vulgaris*) with application of salicylic acid. *Journal of Crop Production*, 2, 189-199. (In Persian)
26. Labid, N. H., Mahmoudi, M., Dorsa, I. & Salman, E. (2009). Assessment of inter varietal differences in drought tolerance in chickpea using both nodule and plant traits as indicator. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4, 80-86.
27. Liu, L., Maier, A., Klocks, N., Yan, S., Rogers, D., Tesso, T. & Wang, D. (2013). Impact of deficit irrigation on sorghum physical and chemical properties and ethanol yield. *American Society of Agriculture and Biological Engineers Journal*, 56(4), 1541-1549.
28. Madah, S. M., Fallahian, F., Sabbaghpour, S. H. & Chelebian, F. (2006). Effect of Salicylic acid on yield, yield components and anatomical structure of *Cicer arietinum* L. *Journal of Sciences*, 62, 61-70. (In Persian)
29. Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M. J., Khajueenejad, Gh. & Maghsudi, K. (2011). Effect of salicylic acid on growth and seed and forage yield of maize in conditions of drought stress in farm. *Journal of Seed Plant Production*, 27, 41-55. (In Persian)
30. Mohammadipour, E., Golchin, A., Mohammadi, J., Negahdar, N. & Zarchini, M. (2012). Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research*, 3, 5095-5098.
31. Nasiri, S., Azizi, M. & Aroui, H. (2013). *Studying the effect of humic acid and yeast (Saccharomyces cerevisiae) on morphological and phytochemical characteristics of European borage (Borago officinalis L.) under two levels of manure*. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. MSc thesis. (In Persian)
32. Nawaz, F., Ahmad, R., Waraich, E. A., Naeem, M. S. & Shabbir R. N. (2012). Nutrient uptake, physiological responses, and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.) exposed to early and late drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 961-974.
33. Nezhad, T. S., Mobasser, H. R., Dahmardeh, M. & Karimian, M. (2014). Effect of foliar application of salicylic acid and drought stress on quantitative yield of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Journal of Novel Applied Science*, 3(5), 512-515.

34. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H. & Soltani, E. (2010). Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Electron. Journal of Crop Production*, 3(1), 57-72. (In Persian)
35. Rai, y., Moghisi, N. & Seeyd Sharifi, R. (2007). Effect of irrigation and plant density on grain yield and yield components in chickpea. *Iranian Journal of Crop Science*, 9, 381-371.
36. Rezai-e Chiane, A. & Pirzad, A. (2014). The effect of salicylic acid on yield, yield components and black seed oil (*Nigella sativa* L.) in conditions of water stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(3), 427-437. (In Persian)
37. Roudgarnezhad, S., Sam Deliri, M., Mousavi Mirkalaei, A. A. & Neshae Moghaddam, M. (2018). The effect of spraying humic acid on some morphological and physiological traits of bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Iranian Plant Ecophysiology Research*, 13(49), 33-44. (In Persian)
38. Saburi, F., Cyrus Mehr, A. & Night wolf, H. (2017). Effect of irrigation regimens and humic acid foliar application on some morphological and physiological characteristics of safflower (*Satureia. horrtensis*). *Iranian Plant Biology Journal*, 9(34), 13-24.
39. Salehi, B., Bagherzadeh, A. & Ghasemi, M. (2010). The effect of organic matter and humic acid on growth characteristics, yield, and three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agroecology*, 2(4), 640-647. (In Persian)
40. Sarir, M. S., Sharif, M., Zeb, A. & Akhlaq, M. (2005). Influence of different levels of humic acid application by various methods on the yield and yield components of maize. *Sarhad. Journal of Agriculture*, 21, 75-81.
41. Sebastiano, D., Roberto, T., Ersilio, D. & Arturo, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Journal of Agricultural Research*, 25, 183191.
42. Senaranta, T., Ouchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulator*, 30, 157-161.
43. Shekari, F. (2001). *Evaluation of common bean characters to drought stress tolerance*. Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University. (In Persian)
44. Shi, Q., Ding, F., Wang, X. & Wei, M. (2007). Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 542-550.
45. Shoghian, M. & Rouzbahani, A. (2016). Effect of salicylic acid spraying on morpho-physiological characteristics, yield and yield components of bean in conditions of drought stress. *Crop Physiology Journal*, 9(34), 131-147. (In Persian)
46. Tarfi, F. & Shokooh Far, A. (2019). The effect of humic acid on yield, and yield components and physiological characteristics of wheat in low irrigation conditions. *Quarterly Journal of Plant Crop Science*, 9(2), 122-131.
47. Veisi, A., Pasari, B. & Rakhzadi, V. (2018). The effect of humic acid and micronutrient nanofertilizers on the response of rainfed chickpea in autumn cultivation. *Crop Physiology Journal*, 10(40), 93-110. (In Persian)
48. Veronica, M., Eva, B., Angel-Maria, Z., Elena, A., Maria, G., Marta, F. & Jose'-Maria, G. M. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins. Polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology*, 167, 633-642.
49. Yildirim, E. (2007). Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 57, 182-186.
50. Yousefi Rad, M. & Masoumi Zavvarian, A. (2017). Effect of humic acid and mycorrhiza on morphological characteristics and nutrient concentration of bean. *Journal of Iranian Plant Ecophysiology Research*, 12, 92-102. (In Persian)