



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"

دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷

<http://arpe.gonbad.ac.ir>

## ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلات بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام ذرت (Zea maize) در شرایط تنش آبی

محمد میرزاخانی<sup>۱</sup>، زهرا همتی<sup>۲</sup>

۱) گروه علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان

۲) دانشجوی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، واحد اراک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۸

### چکیده

مقدمه: گیاهان زراعی ممکن است در مقطعی از دوره رشد خود با یکی از تنش‌های محیطی از جمله کم‌آبی، شوری، گرما و غیره برخورد نمایند که به صورت طبیعی موجب کاهش عملکرد آن‌ها می‌شود. از عمومی‌ترین پاسخ‌ها به تنش در گیاهان می‌توان به تولید انواع مختلفی از ترکیبات با نام عمومی محلول‌های سازگار نام برد. اسیدسالیسیلیک از گروه ترکیبات فنولی در گیاهان است و یک شبه هورمون و تنظیم‌کننده رشد گیاهی به حساب می‌آید و نقش مهمی را در تنظیم رشد و نمو گیاه ایفا می‌کند.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه پیام‌نور اراک اجرا شد. تنش آبی به عنوان عامل اصلی در سه سطح ( $I_0$ =آبیاری براساس نیاز آبی گیاه (شاهد)،  $I_1$ =آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و  $I_2$ =آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) در کرت‌های اصلی و ارقام مختلف ذرت به عنوان عامل فرعی در سه سطح ( $V_1$ =S.C370،  $V_2$ =Apex،  $V_3$ =S.C704) در کرت‌های فرعی و تیمار محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک به عنوان عامل فرعی در دو سطح (عدم مصرف ( $Sa_0$ ) و مصرف ۳۰۰ پی‌پی‌ام ( $Sa_1$ ) در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. صفاتی مانند ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ سبز، تعداد بلال در بوته، عملکرد بیولوژیکی گیاه و هدایت الکتریکی شیره سلولی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

\*نویسنده مسئول: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

**نتایج:** نتایج نشان دادند که اثر سطوح مختلف تنش آبی بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد بلل در بوته، عملکرد بیولوژیکی گیاه و هدایت الکتریکی شیره سلولی معنی‌دار بود. همچنین اثر تیمار ارقام مختلف ذرت نیز بر صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ سبز، عملکرد بیولوژیکی گیاه و هدایت الکتریکی شیره سلولی معنی‌دار بود. در بین سطوح تیمار تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی با میانگین  $40/33$  و  $28/06$  تن در هکتار به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (آبیاری نرمال) و تیمار آبیاری براساس  $60$  درصد نیاز آبی گیاه بود. در بین ارقام ذرت نیز، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی با میانگین  $40/83$  و  $26/44$  تن در هکتار به ترتیب متعلق به ارقام  $S.C704$  و  $S.C3704$  بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان دادند که با افزایش شدت تنش آبی، رشد و نمو ذرت نیز تحت تأثیر منفی قرار گرفت؛ به طوری که عملکرد بیولوژیکی ذرت از میانگین  $40/33$  تن در هکتار در تیمار آبیاری شاهد به میانگین  $28/06$  تن در هکتار در آبیاری براساس  $60$  درصد نیاز آبی گیاه کاهش یافت. استفاده از محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی ارقام ذرت شد؛ ولی این افزایش معنی‌دار نبود.

**واژه‌های کلیدی:** ذرت، رژیم آبی، عملکرد بیولوژیکی، هدایت الکتریکی، هیبرید

## مقدمه

ذرت به عنوان یک گیاه زراعی دو منظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) سومین گیاه زراعی مهم در جهان است که در تغذیه انسان و دام نقش مهمی دارد. علوفه ذرت نه تنها انرژی زیادی برای دام تولید می‌کند بلکه بهدلیل نداشتن ترکیبات مضر تغذیه ای مانند اسیدپروسیک و اسیداگزالیک که در گیاهانی مانند سورگوم وجود دارند، در تمامی مراحل رشد، توسط دام قابل مصرف می‌باشد (*et al., 2005*). گیاهان زراعی ممکن است در مقطعی از دوره رشد خود با یکی از تنش‌های محیطی از جمله کم آبی، شوری، گرما و غیره برخورد نمایند که به صورت طبیعی موجب کاهش عملکرد آن‌ها می‌شود. از عمومی‌ترین پاسخ‌ها به تنش در گیاهان می‌توان به تولید انواع مختلفی از ترکیبات با نام عمومی محلول‌های سازگار نام برد. این ترکیبات عموماً دارای وزن مولکولی پائین هستند و از آن جمله می‌توان ترکیباتی نظیر پرولين، گلایسین، بتائین، اسیدسالیسیلیک و غیره را نام برد که از نظر تنظیم اسمرزی، سمیت‌زدایی، حفظ انسجام غشاء و حفظ نسبت آنزیم‌ها و پروتئین‌ها موجب بهبود وضیت عمومی گیاه می‌گرددن (*Ashraf and Foolad, 2007*).

اسیدسالیسیلیک از گروه ترکیبات فنولی در گیاهان است و یک شبه هورمون و تنظیم‌کننده گیاهی به حساب می‌آید و نقش مهمی را در تنظیم رشد و نمو گیاه ایفا می‌کند (*Raskin, 1992*). اسیدسالیسیلیک به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می‌کند. القای

گلدهی، جلوگیری از سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از دیگر نقش‌های مهم آن به شمار می‌رود (El-Tayeb *et al.*, 2005). اسیدسالیسیلیک یکی از مولکول‌های سیگناال‌دهنده مهم است که باعث عکس‌العمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. این ماده همانند یک آنتی‌اسیدان غیرآنزیمی نقش مهمی را در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاه ایفا می‌کند (Arfan *et al.*, 2007). علاوه‌بر این اسیدسالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام‌رسان در مقاومت اکتسابی سیستمیک شناخته می‌شود (Raskin, 1992). این ماده در واکنش‌های دفاعی گیاه به تنش‌های غیرزنده هم‌چون خشکی، سرما و گرمای مشارکت می‌کند (Yuan and Lin, 2008). اثر تنش خشکی و اسیدسالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت رقم دابل کراس ۳۷۰ بررسی کردند، آن‌ها گزارش کردند که خشکی باعث کاهش کلروفیل، محتوی نسبی آب، وزن تر و خشک علوفه و افزایش نشت یونی گردید. در مقابل، اسیدسالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل، محتوی نسبی آب، وزن خشک علوفه و کاهش معنی‌دار نشت یونی گردید و بیشترین تأثیر مربوط به تیمار خیساندن بذر بود. هم‌چنین اثر اسیدسالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش محسوس بود و به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه گردید (Mehrabian-moghaddam *et al.*, 2011).

محققان گزارش نمودند افزودن اسیدسالیسیلیک به محلول رشد آبکشت نهال‌های ذرت با تحریک تولید عوامل آنتی‌اسیدان، باعث افزایش تحمل به سرما گردید (Janda *et al.*, 1999). در گزارش دیگری غلظت  $1/4$  میلی‌مول از اسیدسالیسیلیک سبب ایجاد مقاومت به شوری در ذرت گردید (Hussein *et al.*, 2007). گزارش شد که استفاده از استیل اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های  $0/1$  میلی‌مolar به صورت خیساندن بذری و اسپری برگی بر روی دانه‌های خربزه اثرات تنش خشکی را در این گیاه کاهش می‌دهد (Korkmaz *et al.*, 2007). استفاده از اسید الیسیلیک به صورت اسپری برگی بر روی برگ‌های خیار (Yildirim *et al.*, 2008) و ذرت (Khodary, 2004) میزان وزن تر شاخصاره و ریشه، وزن خشک شاخصاره و ریشه، قطر ساقه و تعداد برگ را در شرایط شوری نسبت به شاهد افزایش داد.

آزمایشی جهت بررسی تأثیر پرایمینگ اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی رقم پرستو تحت تنش کم‌آبی، انجام شده است و نتایج آن حاکی از آن بود که پرایمینگ بذور با اسیدسالیسیلیک، باعث افزایش طول غلاف، تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن صد دانه در غلاف‌های شاخه اصلی و فرعی، زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت در هر دو شرایط آبیاری و تنش شد (Pak *et al.*, 2011). به منظور بررسی اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه زنی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اسیدان و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشای گیاهچه گندم در تنش شوری، آزمایشی انجام دادند که در آن بذرهای گندم، رقم روشن پس از خیساندن در محلول‌های  $0/5$  و  $1$

میلی مولار اسیدسالیسیلیک منتقل کردند، نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش درصد جوانهزنی در بذرهای گندم شده، به طوری که غلظت ۲۰۰ میلی مولار نمک سبب کاهش ۱۷/۶۴ درصد جوانهزنی نسبت به تیمار شاهد شد (Dolat Abadi *et al.*, 2008). هدف از انجام آزمایش ارزیابی محلول پاشی اسیدسالیسیلات بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام ذرت در شرایط کم آبیاری در اراک بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه پیام نور واحد اراک با خاک زراعی شنی لومی، اجرا گردید. از خصوصیات آب و هوایی این منطقه، تابستان‌های نسبتاً ملایم و زمستان‌های سرد است. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی به تنش آبی در سه سطح  $I_0$ =آبیاری براساس نیاز آبی گیاه (شاهد)،  $I_1$ =آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه،  $I_2$ =آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، و کرت‌های فرعی به ارقام ذرت در سه سطح  $V_1$ =S.C370،  $V_2$ =Apex،  $V_3$ =S.C704 و  $Sa_0$ =Control در دو سطح  $Sa_0$ =300 و  $Sa_1$ =300 پی‌پی‌ام در هکتار اختصاص یافتند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر (تراکم ۸۰۰۰ بوته در هکتار) بود. با توجه به نتایج آزمایش خاک مزرعه محل مورد نظر (جدول ۱)، عناصر نیتروژن و فسفر خالص به ترتیب به مقدار ۳۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از کودهای اوره و سوپرفسفات‌تریپل به خاک مزرعه اضافه شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)  
Table 1-Physical and chemical properties of the soil (deep of 0-30 cm)

اسیدیته pH	پتاسیم K (ppm)	نیتروژن N (%)	فسفر P (ppm)	بافت خاک Soil Texture	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)
7.7	240	0.04	10	Loami	40	23	37

مبارزه با علف‌های هرز به موقع و به روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ سبز، تعداد بلال در بوته، عملکرد بیولوژیکی گیاه و هدایت الکتریکی

شیره سلولی اندازه‌گیری و ثبت شد. نحوه اعمال تنفس (حجم آب مصرفی بر حسب مترمکعب) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$60 \div \{(\text{دبی آب ورودی}) \div (\text{ارتفاع تبخیر از تشک} \times \text{حجم تشک تبخیر} \times \text{راندمان آبیاری} \times \text{مساحت کرت} \times \text{ضریب گیاهی}) \times 1000\}$$

در این فرمول برای جایگذاری اعداد، از تشک تبخیر کلاس A و از آمارهای روزانه‌ی ایستگاه هواشناسی اراک استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفون‌ها محاسبه شد و ضریب گیاهی از جدول کتاب نیاز آبی گیاهان در ایران به دست آمد (Alizadeh and Kamali, 2007). سپس با توجه به اعداد حاصل شده و میزان اعمال تنفس، اقدام به آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاهان گردید.

جهت تعیین هدایت الکتریکی شیره سلولی، ابتدا به تعداد کرت‌های آزمایش لوله‌های آزمایشگاهی ۱۵ میلی‌لیتری انتخاب و داخل هر یک ۱۰ میلی‌لیتر محلول مانیتول با پتانسیل اسمزی ۲-اتمسفر ریخته شد. سپس ۵ دیسک به قطر یک سانتی‌متر از پهنک برگ‌های گیاهان هر تیمار تهیه و به مدت ۲۴ ساعت داخل لوله‌های آزمایش قرار داده شد. پس از گذشت مدت زمان لازم مقدار هدایت الکتریکی محلول هر لوله آزمایش به طور جداگانه با دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه‌گیری و ثبت شد. محلول هر لوله آزمایشی که هدایت الکتریکی بیشتری را نشان دهد، بیانگر تخریب بیشتر غشای سلولی بافت گیاهان موجود در آن است (Ashkani *et al.*, 2007). همچنین برای تعیین عملکرد علوفه، در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دو خط میانی مساحت ۴ مترمربع برداشت، توزین و عملکرد علوفه چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. همچنین کلیه ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، محاسبه و معنی‌دار بودن آن‌ها به وسیله نرم‌افزار Mstat-c تعیین گردید.

## نتایج و بحث

**ارتفاع گیاه:** در جدول تجزیه واریانس اثر تیمار تنفس آبی و ارقام مختلف ذرت بر صفت ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین ارقام مورد بررسی، بیشترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۵۰/۸ سانتی‌متر و کمترین آن با میانگین ۱۱۷/۶۱ سانتی‌متر به ترتیب متعلق به ارقام S.C704 و S.C370 بود (جدول ۳). این تفاوت مربوط به طول دوره رشد و نمو ارقام ذرت است که رقم S.C704 نسبت به سایر ارقام از همه دیررس‌تر می‌باشد. با مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌گانه بیشترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۶۹/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری نرمال + هیبرید pex + اسیدسالیسیلیک و کمترین آن با میانگین ۹۴/۱۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + هیبرید ۳۷۰ + مصرف اسیدسالیسیلیک بود (جدول ۴).

ارزیابی اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلات بر خصوصیات زراعی و ...

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مرباعات) صفات ذرت تحت شرایط تنش آبی و کاربرد اسیدسالیسیلیک

Table 2- Variance analysis (MS) of corn characters under water stress and salicylic acid application

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ سبز Number of green leaf
تکرار Replication	2	1940.79 ns	0.09 ns	1.28 ns
تنش آبی Water stress (W)	2	6223.68 **	0.17 ns	0.91 ns
a خطای Error (a)	4	352.79	0.28	0.81
هیبرید Hybrid (V)	2	5955.47 **	1.65 **	9.62 **
تنش آبی×هیبرید W × V	4	133.71 ns	0.12 ns	0.50 ns
b خطای Error (b)	12	202.73	0.15	0.37
اسیدسالیسیلیک Salicylic Acid (Sa)	1	38.67 ns	0.07 ns	0.90 ns
تنش آبی×اسیدسالیسیلیک W × Sa	2	61.11 ns	0.33 **	0.47 ns
هیبرید×اسیدسالیسیلیک V × Sa	2	33.22 ns	0.22 *	0.36 *
تنش×هیبرید×اسیدسالیسیلیک W × V × Sa	4	15.83 **	0.17 *	0.02 ns
c خطای Error (c)	18	50.04	0.046	0.38
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.11	11.78	5.97

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.  
ns, \* and \*\*: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

به نظر می‌رسد که در این آزمایش با ایجاد محدودیت آبی روند کاهشی ارتفاع بوته مشاهده شد. با کاهش میزان رطوبت قابل دسترس گیاه، معمولاً رشد و تقسیم سلولی نیز کاهش خواهد یافت و در نتیجه گیاه ارتفاع کمتری تولید می‌نماید؛ همچنین تنش آبی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. هرچه اعمال تنش زودتر آغاز گردد؛ تأثیر بیشتری بر ارتفاع گیاه دارد. نتایج محققان نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی و تیمار اسیدسالیسیلیک از نظر ارتفاع بوته

**نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی / دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷**

اختلاف آماری معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. به طوری که بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع گیاه در تیمار آبیاری ۷ روز یکبار با میانگین ۱۳۷/۵ و ۱۲۱/۱ سانتیمتر به ترتیب متعلق به تیمار خیساندن بذر با محلول اسیدسالیسیلیک (غلظت ۰/۱ میلیمولار) و تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله سه برگی ذرت بود (Mehrabian-moghaddam et al., 2011).

**جدول ۳- مقایسه میانگین های اثر تنش آبی، رقم و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات زراعی ذرت**  
Table 3- Average comparison of effects of water stress, cultivar and salicylic acid on agronomic characteristics of corn

تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد برگ سبز Number of green leaf
<b>تنش آبی Water stress</b>			
<b>شاهد</b>			
I <sub>0</sub>	157.4 a	1.89 a	10.49 a
۸۰٪ نیاز آبی گیاه I <sub>1</sub>	137.7 b	1.84 a	10.41 a
۶۰٪ نیاز آبی گیاه I <sub>2</sub>	120.2 c	1.70 a	10.07 a
<b>هیبرید Hybrid</b>			
S.C370	117.6 b	1.48 b	9.47 b
Apex	147.0 a	2.08 a	10.76 a
S.C704	150.8 a	1.86 a	10.73 a
<b>اسیدسالیسیلیک Salicylic acid</b>			
عدم مصرف Sa <sub>0</sub>	139.3 a	1.77 a	10.45 a
۳۰۰ میکرومولیتر Sa <sub>1</sub>	137.6 a	1.85 a	10.18 a

میانگین هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

### ارزیابی اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلات بر خصوصیات زراعی و ...

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنفس آبی، رقم و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات زراعی ذرت  
Table 4- Average comparison of interaction effect water stress, cultivar and salicylic acid on agronomic characteristics of corn

تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد برگ سبز Number of green leaf
W <sub>0</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>0</sub>	133.8 cd	1.56 ef	9.33 b-e
W <sub>0</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>1</sub>	136.1 cd	1.60 ef	9.56 c-e
W <sub>0</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>0</sub>	166.6 a	2.16 bc	11.03 ab
W <sub>0</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>1</sub>	169.4 a	1.93 b-e	10.83 ab
W <sub>0</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>0</sub>	168.0 a	2.06 b-d	10.60 a-c
W <sub>0</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>1</sub>	170.5 a	2.03 b-d	11.00 ab
W <sub>1</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>0</sub>	124.1 de	1.66 d-f	9.90 b-e
W <sub>1</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>1</sub>	117.5 e	1.60 ef	9.16 e
W <sub>1</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>0</sub>	144.5 bc	2.03 b-d	10.90 ab
W <sub>1</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>1</sub>	135.9 cd	2.20 b	10.20 a-e
W <sub>1</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>0</sub>	150.6 b	1.96 b-e	11.37 a
W <sub>1</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>1</sub>	153.6 b	1.60 ef	10.90 ab
W <sub>2</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>0</sub>	99.77 f	1.16 g	9.26 de
W <sub>2</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>1</sub>	94.13 f	1.33 fg	9.03 e
W <sub>2</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>0</sub>	134.9 cd	1.60 ef	10.93 ab
W <sub>2</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>1</sub>	130.9 cd	2.60 a	10.63 a-c
W <sub>2</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>0</sub>	131.5 cd	1.76 c-e	10.13 b-e
W <sub>2</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>1</sub>	130.3 d	1.76 c-e	10.40 a-d

:W<sub>0</sub>, W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>: به ترتیب شامل: آبیاری شاهد، آبیاری براساس ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، V<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>1</sub>: به ترتیب شامل: هیبریدهای S.C370 و Apex و S.C704 و Sa<sub>1</sub>, Sa<sub>0</sub>: به ترتیب شامل: عدم مصرف و مصرف ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم اسیدسالیسیلیک.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

در پژوهشی ارقام مختلف ذرت و سطوح مختلف مصرف اسیدسالیسیلیک از نظر ارتفاع گیاه در گروه‌های آماری متفاوت قرار گرفتند. به طوری که بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع گیاه‌چههای ذرت با میانگین ۳۲/۴۷ میلی‌متر و ۲۲/۷۱ سانتی‌متر به ترتیب مربوط به تیمار رقم ۷۰۴ ذرت + مصرف یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و تیمار رقم ۵۰۴ ذرت + عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود ( Zarei et al., 2012). محققان اظهار داشتند که در شرایط بدون تنفس، سطوح تیمار اسیدسالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشتند، ولی در شرایط تنفس خشکی، کلیه سطوح تیمار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش ارتفاع گیاه گردیدند و بیشترین افزایش مربوط به تیمار خیساندن بذر با میانگین ۱۲۱ سانتی‌متر و تیمار

## نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی / دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷

خیساندن بذر + محلول پاشی در مرحله گرده افشاری با میانگین ۱۲۱/۷ سانتی متر به میزان ۱۴ درصد بود. تیمار شاهد با میانگین ۱۰۶/۷ سانتی متر کمترین مقدار ارتفاع بوته را داشت ( Mehrabian et al., 2011). گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک باعث افزایش تقسیم سلولی درون مریستم گیاهچه‌ها می‌شود و همچنین رشد گیاه را بهبود می‌بخشد ( Shakirova et al., 2003 ). قطر ساقه: از بین تیمارهای مورد بررسی، قطر ساقه در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر ارقام مختلف ذرت قرار گرفت و اثر تنش آبی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک غیرمعنی دار شدند ( جدول ۲ ). در بین سطوح مختلف مصرف اسیدسالیسیلیک تفاوت معنی داری از نظر قطر ساقه مشاهده نشد؛ ولی تیمار مصرف ۳۰۰ پی‌پی‌ام اسیدسالیسیلیک با میانگین ۱/۸۵ سانتی متر و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک با میانگین ۱/۷۷ سانتی متر به ترتیب بیشترین و کمترین قطر ساقه را به خود اختصاص دادند ( جدول ۳ ). در جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل، بیشترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۲/۶۰ سانتی متر مربوط تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + هیبرید Apex + مصرف اسیدسالیسیلیک و کمترین مقدار آن با میانگین ۱/۱۶ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + هیبرید S.C370 + عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود ( جدول ۴ ). با افزایش طول دوره رشد و نمو ارقام ذرت، عموماً حجم رویشی گیاه و ارتفاع بوته نیز افزایش می‌یابد و به همین خاطر گیاه باید دارای قطر ساقه بیشتری باشد تا بتواند وزن اندام‌های هوایی را تحمل نماید. محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک بر صفت قطر ساقه اختلاف آماری معنی داری نداشت؛ ولی بیشترین و کمترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۱/۹۰ و ۱/۷۲ سانتی متر به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک ( با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام ) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود ( Hussein et al., 2007 ). در تحقیقی قطر ساقه تحت تأثیر تیمار تنفس خشکی و مصرف اسیدسالیسیلیک در سطح آماری یک درصد معنی دار شد. در بین سطوح تنفس آبی، بیشترین و کمترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۳/۷ و ۲/۹ سانتی متر به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری به مدت شش روز بود. همچنین بیشترین و کمترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۴/۳ و ۳/۳ سانتی متر به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک ( با غلظت یک میلی مولار ) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود ( Bayat et al., 2011 ). سایر پژوهشگران بیان داشتند که بین سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک و تنفس شوری از نظر قطر ساقه ذرت اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت؛ ولی بیشترین و کمترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۱۸/۴۶ میلی متر و ۱۴/۴۵ میلی متر به ترتیب متعلق به تیمار ( تنفس شوری + مصرف دو میلی مولار اسیدسالیسیلیک ) و تیمار ( تنفس شوری + مصرف یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک ) بود ( Levent Tuna et al., 2007 ).

در تحقیقی مشخص شد که ارقام مختلف ذرت و سطوح مختلف مصرف اسیدسالیسیلیک از نظر قطر ساقه در گروههای آماری متفاوت قرار گرفتند؛ به طوری که بیشترین و کمترین مقدار قطر ساقه گیاهچه‌های ذرت با میانگین  $20/10$  میلی‌متر و  $15/29$  میلی‌متر به ترتیب مربوط به تیمار رقم  $70/4$  ذرت + مصرف یک میلی‌مولا ر اسیدسالیسیلیک و تیمار رقم  $50/4$  ذرت + عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (Zarei *et al.*, 2012). محققان اظهار داشتند صفت قطر ساقه ذرت تحت تأثیر تیمار تنفس آبی قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. تیمار آبیاری شاهد (آبیاری پس از تخلیه  $50$  درصد رطوبت خاک) با میانگین  $1/68$  سانتی‌متر و تیمار تنفس آبی شدید (آبیاری پس از تخلیه  $70$  درصد رطوبت خاک) با میانگین  $1/36$  سانتی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص دادند (Sheykhbagloo *et al.*, 2009).

**تعداد برگ سبز:** صفت تعداد برگ سبز در بوته تحت تأثیر تیمار ارقام مختلف ذرت علوفه‌ای قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)؛ به طوری که در جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی، بیشترین تعداد برگ سبز در گیاه با میانگین  $10/76$  عدد مربوط به رقم Apex و کمترین تعداد آن با میانگین  $9/47$  عدد مربوط به رقم S.C370 بود (جدول ۳). تعداد برگ در گیاه تحت تأثیر عامل داخلی (عنیک گیاه) بوده و به ندرت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. به همین دلیل است که در این آزمایش هم، اثر تیمار تنفس آبی و مصرف اسیدسالیسیلیک بر تعداد برگ سبز در گیاه غیر معنی‌دار شده است. عموماً هر چه رقم دیررس‌تر باشد و طول دوره رشد و نمو آن بیشتر باشد؛ تعداد برگ تولیده شده در آن نیز بیشتر خواهد بود.

تحقیقان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک بر صفت تعداد برگ سبز گیاه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد داشت. به طوری که بیشترین و کمترین تعداد برگ سبز با میانگین  $10$  و  $8/7$  عدد به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک (با غلظت  $200$  پی‌پی‌ام) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (Hussein *et al.*, 2007). در تحقیق دیگری بین سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک از نظر شاخص سطح برگ اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت؛ به طوری که بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ با میانگین  $3/76$  و  $0/79$  به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک (با غلظت  $25$  میلی‌مول) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (He *et al.*, 2005). نتایج یک پژوهش نشان داد که صفت تعداد برگ تحت تأثیر تیمار تنفس خشکی قرار نگرفت؛ ولی مصرف اسیدسالیسیلیک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین تعداد برگ با میانگین  $4/5$  و  $2/8$  عدد به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک (با غلظت یک میلی‌مولا) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (Bayat *et al.*, 2011).

نتایج تحقیقی نشان داد که اثر سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک بر صفت تعداد برگ در گیاه ذرت اختلاف آماری معنی داری در سطح یک درصد داشت؛ به طوری که بیشترین و کمترین تعداد برگ سبز در مرحله رشد رویشی ذرت با میانگین  $4/17$  و  $3/25$  عدد به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک (با غلظت  $200$  پی پی ام) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (Farahbakhsh and Shamsaddin Saiid, 2011) برگ در گیاه ذرت تحت تأثیر تیمار تنفس آبی قرار نگرفت؛ ولی در جدول مقایسه میانگین ها تیمار آبیاری شاهد (آبیاری پس از تخلیه  $50$  درصد رطوبت خاک) با میانگین  $13$  عدد و تیمار تنفس آبی شدید (آبیاری پس از تخلیه  $70$  درصد رطوبت خاک) با میانگین  $12/8$  عدد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را به خود اختصاص دادند (Sheykhbagloo *et al.*, 2009).

**تعداد بلال در بوته:** در جدول تجزیه واریانس صفات، تعداد بلال در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنفس آبی قرار گرفت و در سطح آماری پنج درصد معنی دار شد (جدول ۵). هر چند اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر صفت تعداد بلال در بوته معنی دار نشد؛ ولی باعث افزایش تعداد بلال از  $76000$  به  $77600$  عدد در هکتار شد (جدول ۶). در جدول مقایسه میانگین ها، در بین سطوح تیمار تنفس آبی، بیشترین تعداد بلال در بوته با میانگین  $1/07$  عدد در هر بوته مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کمترین تعداد آن با میانگین  $87/0$  عدد در هر بوته مربوط به تیمار تنفس شدید آبی (آبیاری براساس  $60$  درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۶).

تعداد بلال در بوته در زراعت ذرت از اهمیت خاصی برخوردار است؛ زیرا یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت علوفه در تغذیه دامها می باشد. با شدت یافتن تنفس آبی مقدار رشد رویشی و توسعه برگ ها در گیاه کاهش می یابد و در پی آن نیز مجموع کربوهیدرات های تولید شده در گیاه نقصان خواهد یافت و شرایط برای تولید تعداد بیشتری از بلال فراهم نخواهد شد. محققان گزارش نمودند که صفت تعداد سنبله در متربربع تحت تأثیر تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک در سطح آماری یک درصد معنی دار شد. بیشترین و کمترین تعداد سنبله با میانگین  $5/20$  و  $416$  عدد به ترتیب متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت  $25/0$  میلی مولار در لیتر + خیساندن بذور در محلول  $25/0$  میلی مولار در لیتر اسیدسالیسیلیک) و تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت  $5/0$  میلی مولار در لیتر + خیساندن بذور در محلول  $5/0$  میلی مولار در لیتر اسیدسالیسیلیک بود (Shoaa and Miri, 2012). در تحقیق دیگری بین سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک و تنفس شوری از نظر تعداد بلال در گیاه ذرت اختلاف آماری معنی داری وجود داشت. به طوری که بیشترین و کمترین تعداد بلال در گیاه با میانگین  $2/77$  عدد و  $1/88$  سانتی متر به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمار (تنفس شوری + مصرف یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک بود (Levent Tuna *et al.*, 2007).

ارزیابی اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلات بر خصوصیات زراعی و ...

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربوط) صفات ذرت تحت شرایط تنفس آبی و کاربرد اسیدسالیسیلیک

Table 5- Variance analysis (MS) of corn characters under water stress and salicylic acid application

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	تعداد بلل در بوته Number of ear/plant	عملکرد بیولوژیکی گیاه Biological yield of plant	هدایت الکتریکی شیره سلولی Electrical conductivity of cell sap
تکرار Replication	2	0.001 ns	4.13 ns	1224.01 ns
تنفس آبی Water stress (W)	2	0.189 *	692.35 **	554792.51 **
خطای Error (a)	4	0.01	20.32	7459.74
هیبرید Hybrid (V)	2	0.030 ns	992.90 **	15796.07 *
تنفس آبی × هیبرید W × V	4	0.021 ns	32.26 *	14956.29 *
خطای Error (b)	12	0.014	6.34	3606.38
اسیدسالیسیلیک Salicylic Acid (Sa)	1	0.005 ns	18.96 ns	2360.16 ns
تنفس آبی × اسیدسالیسیلیک W × Sa	2	0.064 **	32.01 ns	9004.66 ns
هیبرید × اسیدسالیسیلیک V × Sa	2	0.036 ns	51.46 ns	1066.88 ns
آبی × هیبرید × اسیدسالیسیلیک W × V × Sa	4	0.013 ns	31.93 ns	4153.22 *
خطای Error (c)	18	0.01	9.24	3863.24
ضریب تغییرات CV (%)	-	10.65	8.76	3.46

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, \* and \*\*: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی / دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های اثر تنفس آبی، رقم و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت

Table 6- Average comparison of effects water stress, cultivar and salicylic acid on physiological characteristics of corn

تیمارها Treatments	تعداد بلال در بوته Number of ear/plant	عملکرد بیولوژیکی گیاه Biological yield of plant (ton/ha)	هدایت الکتریکی شیره سلولی Electrical conductivity of cell sap ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
تنفس آبی Water stress			
شاهد I <sub>0</sub>			
شاهد I <sub>0</sub>	1.07 a	40.33 a	1646 c
۸۰٪ نیاز آبی I <sub>1</sub>	0.93 b	35.72 b	1748 b
۶۰٪ نیاز آبی I <sub>2</sub>	0.87 b	28.06 c	1988 a
هیبرید Hybrid			
S.C 370 V <sub>1</sub>			
S.C 370 V <sub>1</sub>	0.93 a	26.44 c	1828 a
Apex V <sub>2</sub>			
Apex V <sub>2</sub>	0.95 a	36.83 b	1780 b
S.C 704 V <sub>3</sub>			
S.C 704 V <sub>3</sub>	1.01 a	40.83 a	1774 b
اسیدسالیسیلیک Salicylic acid			
عدم مصرف SA <sub>0</sub>			
عدم مصرف SA <sub>0</sub>	0.95 a	34.11 a	1787 a
۳۰۰ پی‌پی‌ام SA <sub>1</sub>			
۳۰۰ پی‌پی‌ام SA <sub>1</sub>	0.97 a	35.29 a	1800 a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

**عملکرد بیولوژیکی:** اثر تیمار تنفس آبی و ارقام مختلف ذرت بر صفت عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۵)؛ به طوری که در جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی با میانگین  $40/3$  تن در هکتار مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کمترین مقدار آن با

ارزیابی اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلات بر خصوصیات زراعی و ...

میانگین ۲۸/۰۶ تن در هکتار مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۶).

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثر تنش آبی، رقم و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت

Table 7- Average comparison of effects water stress, cultivar and salicylic acid on physiological characteristics of corn

تیمارها Treatments	تعداد بلال در بوته Number of ear/plant	عملکرد بیولوژیکی گیاه Biological yield of plant (ton/ha)	هدایت الکتریکی شیره سلولی Electrical conductivity of cell sap ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
W <sub>0</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>0</sub>	0.83 de	31.67 cd	1681 de
W <sub>0</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>1</sub>	1.13 ab	33.33 c	1650 ef
W <sub>0</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>0</sub>	1.03 ab	43.00 ab	1550 f
W <sub>0</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>1</sub>	1.16 a	40.67 b	1625 ef
W <sub>0</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>0</sub>	1.13 ab	48.00 a	1661 d-f
W <sub>0</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>1</sub>	1.16 a	45.33 ab	1710 c-e
W <sub>1</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>0</sub>	0.90 b-e	26.00 d-f	1805 bc
W <sub>1</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>1</sub>	1.00 a-e	24.33 ef	1807 bc
W <sub>1</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>0</sub>	0.93 b-e	31.67 cd	1779 cd
W <sub>1</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>1</sub>	0.80 e	44.00 ab	1740 c-e
W <sub>1</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>0</sub>	1.06 a-c	43.33 ab	1760 c-e
W <sub>1</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>1</sub>	0.93 b-e	45.00 ab	1640 ef
W <sub>2</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>0</sub>	0.90 c-e	21.67 f	2005 a
W <sub>2</sub> V <sub>1</sub> Sa <sub>1</sub>	0.83 de	21.67 f	2020 a
W <sub>2</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>0</sub>	0.86 c-e	28.33 c-e	1977 a
W <sub>2</sub> V <sub>2</sub> Sa <sub>1</sub>	0.90 c-e	33.54 c	2008 a
W <sub>2</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>0</sub>	0.93 b-e	33.29 c	1912 ab
W <sub>2</sub> V <sub>3</sub> Sa <sub>1</sub>	0.83 de	33.00 c	2005 a

: بهترتب شامل: آبیاری شاهد، آبیاری براساس ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، V<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>1</sub>: بهترتب شامل: هیبریدهای S.C370 و S.C704 و Apex و Sa<sub>1</sub>, Sa<sub>0</sub> بهترتب شامل: عدم مصرف و مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدسالیسیلیک.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

اگر دسترسی ریشه گیاهان به منابع آبی دچار محدودیت نگردد، گیاه می‌تواند با توسعه مناسب سیستم ریشه‌ای و شاخ و برگ خود، سطح فتوسنترکننده بیشتری را در مقابل نور خورشید ایجاد نماید و با افزایش میزان آسیمیلات‌های تولیدی سرعت رشد و در نتیجه تجمع ماده خشک را در بافت‌های

خود افزایش دهد؛ اما اگر از نظر دسترسی به مقادیر کافی از آب دچار محدودیت گردد، سرعت تولید و تجمع کربوهیدرات‌های فتوسنتزی در آن کاهش خواهد یافت. در این بررسی محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک از طریق کاهش اثرات سوء عوامل نامساعد محیطی باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه از ۳۴/۱۱ به ۳۵/۲۹ تن در هکتار شد.

نتایج پژوهشی نشان داد که اثر تیمار اسیدسالیسیلیک بر عملکرد ماده خشک در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار عملکرد ماده خشک در بین سطوح تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک با میانگین ۱۳۱۳ و ۱۰۰۳ گرم بر متر مربع به‌ترتیب متعلق به تیمار خیساندن بذر با محلول اسیدسالیسیلیک (غلظت ۰/۱ میلی‌مولا) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (Mehrabian-moghaddam *et al.*, 2011). محققان گزارش نمودند که اثر تیمار تنش آبی و ارقام مختلف ذرت بر صفت عملکرد ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند؛ به‌طوری که بیشترین مقدار عملکرد ذرت در شرایط آبیاری نرمال با میانگین ۱۱۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم ۷۰۴ و کمترین مقدار آن در شرایط تنش آبی با میانگین ۴۷۵۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم ۷۰۴ بود (Norouzian *et al.*, 2011).

پژوهشگران اظهار داشتند که صفت وزن خشک کل بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک قرار گرفت و در سطح آماری پنج درصد معنی‌داری شد؛ به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک بوته با میانگین ۴۳/۴ و ۲۹/۷ گرم به‌ترتیب متعلق به تیمار محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام) و تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک بود (Hussein *et al.*, 2007). در تحقیقی مشخص شد که اثر تیمار دور آبیاری بر صفت وزن تر علوفه در سطح یک درصد معنی‌دار شد و وزن تر در تیمار آبیاری هر ۱۰ روز یکبار ۱۵ درصد نسبت به شاهد (آبیاری ۷ روز) کاهش نشان داد (Mehrabian Moghaddam *et al.*, 2011). سایر محققان گزارش نمودند که اثر تیمار اسیدسالیسیلیک بر وزن خشک علوفه معنی‌دار بود و باعث افزایش وزن خشک علوفه از ۱۰۰۰ گرم بر مترمربع در تیمار شاهد به ۱۳۰۰ گرم بر مترمربع در تیمار مصرف ۰/۱ میلی‌مولا ر اسیدسالیسیلیک شد (Daneshmand *et al.*, 2012).

نتایج یک پژوهش نشان داد که اثر متقابل تیمار (دور آبیاری + مواد ضد تعرق) بر صفت عملکرد دانه ذرت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و تیمار (دور آبیاری ۷ روز + مصرف اسیدسالیسیلیک) با میانگین ۱۳۷/۲۹ گرم در بوته و تیمار (دور آبیاری ۱۰ روز + عدم مصرف مواد ضد تعرق) با میانگین ۴۷/۲۴ گرم بوته به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد را تولید نمودند (Bayat *et al.*, 2010). گزارش نمودند که با اعمال تنش عملکرد بیولوژیک ذرت ۱۴/۷۹ درصد کاهش یافت. با کاهش بیشتر رطوبت در تنش شدید، عملکرد بیولوژیک نسبت به آبیاری بهینه و تنش ملایم به ترتیب ۳۱/۵۶ و

۱۹/۶۸ درصد کاهش نشان داد. بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک متعلق به آبیاری بهینه با میانگین ۱۱۷۵۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن با میانگین ۸۰۴۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به شرایط تنش شدید بود (Mahrokh *et al.*, 2011).

**هدايت الکترویکی شیره سلولی:** اثر تیمار تنش آبی در سطح یک درصد و اثر ارقام مختلف ذرت در سطح پنج درصد بر صفت هدايت الکترویکی شیره سلولی معنی دار شدند (جدول ۵). با مقایسه میانگین های اثرات اصلی، بیشترین مقدار هدايت الکترویکی شیره سلولی ناشی از تخریب غشای سلولی با میانگین ۱۹۸۸ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار تنش کمبود آبی شدید (تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۶۴۶ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به آبیاری شاهد بود (جدول ۶). همچنین در بین سطوح ارقام ذرت مورد بررسی، رقم S.C704 با میانگین ۱۷۷۴ میکروزیمنس بر سانتی متر کمترین و رقم S.C370 با میانگین ۱۸۲۸ میکروزیمنس بر سانتی متر، بیشترین مقدار هدايت الکترویکی شیره سلولی را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین هدايت الکترویکی شیره سلول مربوط به تیمار ۶۰ درصد آبیاری + Apex + مصرف اسیدسالیسیلیک (۳۰۰ پی ام) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد (عدم آبیاری) + Apex + عدم مصرف اسیدسالیسیلیک می باشد (جدول ۷).

نوسانات شدید رطوبت خاک ناشی از اعمال سطوح تیمار تنش آبی، باعث ایجاد اختلال در تراوایی غشای سلول ها خواهد شد؛ به طوری که اینگونه سلول ها قابلیت کنترلی خود را بر روی الکتروولیت های موجود در سلول از دست داده و یا اینکه سطح کنترل آن ها بسیار کاهش خواهد یافت و در نتیجه شاهد نشت و برون رفت الکتروولیت های سلول به فضای خارج سلولی خواهیم بود. بر پایه آزمایش اندازه گیری هدايت الکترویکی ناشی از تخریب غشای سلولی، محلول محتوای بافت گیاهی که دارای هدايت الکترویکی بیشتری باشد، در واقع دلالت بر تخریب بیشتر خاصیت تراوایی غشای سلول های آن دارد.

حققان گزارش نمودند که اثر تیمار اسیدسالیسیلیک بر نشت یونی سلول ها در سطح یک درصد معنی دار شد؛ به طوری که بیشترین و کمترین مقدار نشت یونی سلول ها در بین سطوح تیمار مصرف اسیدسالیسیلیک با میانگین ۷۹/۷ و ۴۲/۲ درصد به ترتیب متعلق به تیمار عدم مصرف محلول اسیدسالیسیلیک (غلظت ۰/۱ میلی مولار) و تیمار (خیساندن بذر + محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله گرده افشاری) بود. بین سطوح مختلف تنش خشکی و سطوح اسیدسالیسیلیک از نظر میزان نشت یونی به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد؛ به طوری که تنش خشکی ۲۴ درصد نشت یونی سلول ها را افزایش داد. در شرایط تنش خشکی محتویات بیشتری از سلول در اثر تخریب غشا به بیرون تراوش می کنند. تغییراتی که در ساختار غشای سلول در اثر تغییر چربی ها و تغییرات دیگر ایجاد می شود، سبب افزایش نفوذ پذیری غشا نسبت به یون ها و ماکرونولکول ها

می‌گردد. کمیود آب از یک طرف با تأثیر بر ساختار غشای سلول سبب افزایش نفوذپذیری غشا نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد و از طرف دیگر با افت محتوی رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه کاهش فتوسنتر در واحد سطح برگ را فراهم آورد (Mehrabian Moghaddam *et al.*, 2011).

در تحقیقی مشخص شد که اثر تیمار تنفس آبی بر صفت پایداری غشاء سلولی در مرحله گلدهی ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و بیشترین مقدار پایداری غشاء سلولی با میانگین ۸۱/۹۳ درصد مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۰۵ میلی‌متر تبخیر و کمترین مقدار آن با میانگین ۸۰/۰۹ درصد مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر بود (Khadem *et al.*, 2010).

پژوهشگران اظهار داشتند که تأثیر مثبت اسیدسالیسیلیک بر کاهش میزان نشت یونی گیاهان تحت تأثیر تنفس‌های مختلف مشاهده شده است. برای مثال این ماده کاهش معنی‌داری بر نشت یونی در ذرت داشته است (Gunes *et al.*, 2007; Tuna *et al.*, 2007). در پژوهشی اثر تیمار اسیدسالیسیلیک بر پایداری غشاء سلول‌ها معنی‌دار بود و باعث افزایش پایداری غشاء سلول از ۶۰ درصد در تیمار شاهد به ۷۷ درصد در تیمار مصرف ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک شد (Daneshmand *et al.*, 2012). محققان گزارش نمودند که اثر تیمار تنفس آبی و ارقام مختلف ذرت بر صفت خسارت بر غشاء سلولی در مرحله کاکل دهی ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند؛ به‌طوری‌که بیشترین خسارت به غشاء سلول در شرایط تنفس آبی با میانگین ۵۹/۵۶ درصد مربوط به رقم ۶۴۷ و کمترین مقدار خسارت به غشاء سلول در شرایط آبیاری نرمال با میانگین ۱۶/۵۴ درصد مربوط به رقم ۵۰۰ بود (Norouzian *et al.*, 2011).

### نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت محدودیت آبی، رشد و نمو ذرت نیز تحت تأثیر منفی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیکی ذرت از میانگین ۴۰/۳۳ تن در هکتار در تیمار آبیاری شاهد به میانگین ۲۸/۰۶ تن در هکتار در آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه کاهش یافت. استفاده از محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی ارقام ذرت شد؛ ولی این افزایش معنی‌دار نبود. در بین هیبریدهای مختلف ذرت از نظر عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۴۰/۸۳ تن در هکتار نسبت به سایر هیبریدها از برتری محسوسی برخوردار بود.

منابع

- Alizadeh A., Kamali GH. 2007. Crops water requirement in Iran. Astan Ghodse Razavi Publisher, 227 p.
- Arfan M., Athar H.R., Ashraf M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. Journal of Plant Physiology, 164: 685-694.
- Ashkani J., Pakniyat H., Emam Y., Assad M.T., Bahrami M.J. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius L.*) under stress and non-stress water regimes. Journal of Agricultural Sciences and Technology, 9: 267-277.
- Ashraf A., Foolad M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 56: 206-216.
- Bayat H., Mardani H., Arouie H., Salahvarzi Y. 2011. Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus cv. Super Dominus*) under drought stress. Journal of Plant Production, 18 (3): 63-76.
- Bayat S., Sepehri, A., Zare Abyaneh, H., Abdollahi M. R. 2010. Effect of salicylic acid and pachlobutrazol on some of growth indices and corn yield under drought stress. Journal of Crop Ecophysiology, 2 (1): 34-40. (In Persian).
- Dahmardeh M., Ghanbari A., Syasar B., Ramroodi M. 2009. Effect of intercropping maize with cowpea on green forage yield and quality evaluation. Asian Journal of Plant Science, 8 (3): 235-239.
- Daneshmand F., Arvin M.J., Keramat B., Momeni N. 2012. Interactive effects of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays L.*) under field conditions. Journal of Plant Function and Processing, 1 (1): 56-70. (In Persian).
- Dolat Abadi A., Modarres A.M., Atemadi, F. 2008. Effect of priming by Salicylic Acid on wheat germination under salt stress condition. Iranian Journal of Biology, 21 (3): 692-702. (In Persian).
- El-Tayeb M.A. 2005. Responses of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.
- Farahbakhsh H., Shamsaddin Saiid M. 2011. Effects of foliar application of salicylic acid on vegetative growth of maize under saline conditions. African Journal of Plant Science, 5 (10): 575-578.
- Gunes A., Inal A., Alpaslan M., Eraslan F., Guneri E., Cicek N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays L.*) grown under salinity. Journal of Plant Physiology, 164: 728-736.

- He Y., Liu Y., Cao W., Huai M., Xu B., Huang B. 2005. Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in Kentucky Bluegrass. *Crop Science*, 45: 988-995.
- Hussein M.M, Balbaa L.K., Gaballah M.S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Agricultural and Biological Sciences*, 3 (4): 321-328.
- Janda T., Szalai G., Tari I., Paldi E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. *Planta*, 208: 175-180.
- Khadem S.A., Galavi M., Ramrodi M., Mousavi S.R., Rousta M.J., Rezvani-moghadam P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian Journal of Crop Science*, 4 (8): 642-647.
- Khodary S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6: 5-8.
- Korkmaz A., Uzunlu M., Demirkiran, A.R. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta, Physiology Plant*, 29: 503-508.
- Levent Tuna A., Kaya C., Diklitas M., Yokas I., Burun B., Altulu H. 2007. Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize plants. *Pakistan Journal of Botany*, 39 (3): 787-798.
- Mahrokh A., Azizi F., Sadeghi A., Karimi A. 2011. Effect of application of streptomyces bacterium on grain yield and its components of maize cv. KSC260 under drought stress conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 27 (2): 165-181. (In Persian).
- Mehravian Moghaddam N., Arvin M.J., Khajouee Nejad Gh.R., Maghsoudi K. 2011. Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. *Seed and Plant Production Journal*. 27-2 (1): 41-55. (In Persian).
- Norouzian1 M., Jabbari F., Jamshidi K.H., Saba J., Pouryousef M. 2011. The effects of drought stress on cell membrane damage and kernel yield in three maize (*Zea mays* L.) cultivars. *Cereal Research*, 1 (1): 53-64.
- Pak Mehr A., Rastghou M., Shekari F., Saba J., Vazayefi M., Zangani A. 2011. Effect of priming by salicylic acid on yield and components yield of *Vigna unguiculata* L. under water deficit stress in vegetative stage. *Iranian Journal of Pulses Research*, 2 (1): 53-64. (In Persian).
- Raskin I. 1992. Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99: 799-803.
- Shakirova M.F., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A., Fatkhutdinova D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164 (3): 317-322.

- Sheykhbagloo N., Hassanzadeh Gortapeh A., Baghestani M., Zand Z. 2009. Study the effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. Electronic Journal of Crop Production, 2 (2): 59-74.
- Shoaa SH., Miri H.R. 2012. Reducing detrimental effects of salt stress on morphophysiological characteristics of wheat by application of salicylic acid. Eletronic Journal of Crop Production, 5 (1): 71-88.
- Tuna L.A., Kaya C., Dikilitas M., Yokas I., Burun B., Altulu H. 2007. Comparative effects of varius salicylic acid derivatives on growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize plants. Pakistan Journal of Botany, 39: 787-798.
- Yildirim E., Turan M., Guvenc I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber crown under salt stress. Journal of Plant Nutrition, 31: 593-612.
- Yuan S., Lin H.H. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. Zeitschrift fur Naturforschung C, 63: 313-320.
- Zarei M., Masood Sinaki J., Rahbari A., Abaspour H. 2012. Effects of planting date and salicylic acid on physiological traits of forage maize hybrids. Iranian Journal of Plant Physiology, 3 (2): 687-693.