Archive of SID.ir

مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۷ / شماره ۳/ ۱۴۰۲. ص۲۶۹-۲۸۴
https://doi.org/10.22092/jwra.2023.363044.1002

# اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد گیاه موسیر، در شرایط تنش شوری

رضا سعیدی*، محمدمهدی ضرّابی و داود بابائی

گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.
**saeidi@org.ikiu.ac.ir**
دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.
**zarrabi@eng.ikiu.ac.ir**
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.
**davoodbabaei744@yahoo.com**

دریافت: مرداد ۱۴۰۲ و پذیرش: مهر ۱۴۰۲

## چکیده

**در این پژوهش، اثر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد گیاه موسیر رقم بومی قزوین بررسی شد. تیمارهای شوری آب در چهار سطح ($S_1$) ۲، ($S_2$) ۴، ($S_3$) ۶ و ($S_4$) ۸ دسی‌زیمنس بر متر و تیمارهای سالیسیلیک اسید در چهار غلظت ($A_1$) ۰، ($A_2$) ۰/۵، ($A_3$) ۱ و ($A_4$) ۲ میلی‌مولار اعمال شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار، در محیط گلخانه اجرا شد. مقدار رطوبت خاک به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد و برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس آن انجام شد. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش جذب آب توسط گیاه و کاهش وزن غده موسیر شد. اما کاربرد سالیسیلیک اسید موجب بهبود وضعیت رطوبتی گیاه و افزایش عملکرد غده‌ها در شرایط تنش شوری شد. تیمار $A_4$ غلظت ایده‌آل سالیسیلیک اسید برای تولید حداکثر محصول در سطوح مختلف تنش شوری بود. به‌طوری که کاربرد دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در سطوح شوری $S_1$، $S_2$، $S_3$ و $S_4$ به ترتیب باعث افزایش عملکرد تَر غده‌ها به میزان ۱۱/۶٪، ۳۲٪، ۴۰٪ و ۹۱٪ در مقایسه با عدم کاربرد سالیسیلیک اسید ($A_1$) شد. پاسخ عملکرد خشک غده به تبخیر-تعرق نشان داد که با افزایش تنش شوری، درصد کاهش عملکرد بیش از درصد کاهش تبخیر و تعرق بود. اما مصرف سالیسیلیک اسید باعث کاهش حساسیّت عملکرد خشک غده نسبت به تنش شوری شد، به‌طوری که از تیمار $S_1$ تا $S_4$ مقدار ضریب واکنش عملکرد (Ky) بین ۱/۰۱- ۱/۶۲ (در تیمار $A_1$)، ۰/۹۳- ۱/۳ ($A_2$)، ۰/۴۸- ۱/۰۹ ($A_3$) و ۰/۳۱- ۰/۹۷ ($A_4$) برآورد شد. اثر سالیسیلیک اسید بر میزان بهره‌وری آب در شرایط تنش شوری بین ۲/۱۳-۱/۱۴ (در تیمار $A_1$)، ۲/۱۵-۱/۶۸ ($A_2$)، ۲/۲۶-۲ ($A_3$) و ۲/۳۸-۲/۱۹ ($A_4$) کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج نشان داد که در صورت استفاده از آب‌های لب‌شور برای آبیاری گیاه، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش بهره‌وری آب خواهد شد. بر اساس این نتایج، در شرایط نبود منابع آب باکیفیت برای آبیاری، برای مقابله با اثرات زیان‌بار تنش شوری بر عملکرد محصول، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید روی گیاه راه‌کاری مناسب خواهد بود.**

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری آب، شوری خاک، ضریب واکنش عملکرد، گیاه دارویی

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: saeidi@org.ikiu.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



**مقدمه**

کمبود منابع آب‌وخاک باکیفیت در بخش کشاورزی باعث می‌شود که پژوهش‌هایی در زمینه استفاده بهینه از منابع آبی و کشت گیاهان راهبردی، انجام بگیرد. موسیر از جمله گیاهان راهبردی است که تأمین‌کننده نیازهای غذایی و دارویی انسان‌ها است. این گیاه در دنیا چهار نوع مختلف ایرانی، دانمارکی، هلندی و روسی دارد. هم‌چنین دارای حدود یک درصد اسانس و دو ترکیب گوگردی به نام‌های آلیسین و آلیساتین است. در مورد خواص دارویی و درمانی گیاه موسیر گزارش شده است که موسیر مانع از تکثیر سلول‌های سرطانی شده و در درمان رماتیسم، ترمیم زخم‌های سطحی، دفع سنگ کلیه، کاهش فشار خون و تقویت سیستم گوارش مؤثر بوده است (باریل، ۲۰۰۵). این گیاه به‌صورت بومی از شمال‌غرب تا مناطقی در جنوب ایران و در ارتفاعات استان‌های مختلف (بالای ۱۰۰۰ متر از سطح آزاد دریا) از آب‌وهوای سرد تا معتدل، قابلیت کشت و بهره‌برداری دارد (فصیح‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶). موسیر یکی از گونه‌های دارویی و صنعتی مهم از جنس Allium در ایران است که در سراسر ایران از نواحی بیابانی شنی تا ارتفاعات کوهستانی دارای پراکندگی کشت است. از این‌رو تقریباً به‌جز مناطق ساحلی جنوب ایران، در اغلب نقاط کشور از اراضی زراعی، باغ‌ها و کوه‌های مرتفع قابلیت کشت دارد (شیرمردی و همکاران، ۱۳۹۹). به‌طور متوسط ارقام موسیر دارای طول ساقه بین ۲۵ تا ۴۴ سانتی‌متر بوده و عملکرد وزن تَر غده (پیاز) آن‌ها تا حدود ۱۰ تن در هکتار گزارش شده است (یولیانی، ۲۰۱۷). در حال حاضر رویشگاه‌های طبیعی گیاه موسیر پاسخ‌گوی نیازهای صنایع غذایی و دارویی نبوده و از سویی، احتمال نابودی این گیاه بر اثر برداشت بی‌رویه در طبیعت وجود دارد. از این‌رو لازم است که تحقیقات گسترده‌ای در خصوص کشت انبوه این محصول در مقیاس صنعتی و در شرایط مختلف محیطی و مدیریتی انجام گیرد (کافی و همکاران، ۱۳۹۰). به‌دلیل محدودیت دسترسی به منابع آب باکیفیت، لزوم پژوهش در خصوص کشت گیاهان راهبردی با آب‌های کم کیفیت (لب‌شور) و نحوه مقابله با اثرات منفی تنش شوری ضروری است.

تنش شوری از جمله تنش‌های محیطی است که در دو حالت شوری خاک و شوری آب آبیاری، می‌تواند بر کاهش تبخیر-تعرق گیاه و عملکرد محصولات گیاهی نقش مؤثری داشته باشد. به این صورت که املاح موجود در آب‌وخاک موجب کاهش پتانسیل آب سهل‌الوصول خاک (RAW[1]) و کاهش جذب آب توسط گیاه، افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ‌ها و کاهش تبخیر-تعرق گیاه می‌شود. به‌خصوص اثر سمّی یون‌هایی مانند سدیم و کلر، باعث کاهش تولید اندام‌های گیاهی و عملکرد محصول می‌شوند (سعیدی و همکاران، ۲۰۲۱). در پژوهشی گزارش شد که پیازهای خوراکی از جنس Allium (مانند سیر، موسیر، پیاز و ...)، جزءِ گیاهان حساس به شوری محسوب می‌شوند. به‌طوری‌که حد آستانه تحمل به شوری گیاهان مذکور، به‌طور متوسط حدود ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده و به ازای افزایش هر یک دسی‌زیمنس بر متر تنش شوری بیش‌ازحد آستانه، میزان کاهش عملکرد محصول آن‌ها حدود ۱۶ درصد خواهد بود (مَس و گراتان، ۱۹۹۹). در آزمایشی اثر شوری خاک شامل سطوح ۱/۶، ۲/۸۷، ۴/۱۴، ۵/۴۱، ۶/۶۸ و ۷/۹۵ دسی‌زیمنس بر متر بر روی عملکرد گیاه سیر بررسی شد. نتایج نشان داد که کاهش عملکرد محصول نهایی گیاه سیر تا سطح شوری ۴/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، قابل اغماض بود؛ اما مقدار ماده خشک آن در سطوح شوری بالاتر به‌میزان قابل توجهی کاهش یافت (تورهان و همکاران، ۲۰۱۴). عزیزی و کامران نژاد، (۱۳۹۷) با بررسی سه سطح شوری ۱/۸۳۵، ۸/۷۴ و ۱۳/۸ دسی‌زیمنس بر متر و دو بافت خاک سبک (شنی لومی) و سنگین (رسی لومی) بر عملکرد گیاه سیر نشان دادند که افزایش شوری (بیش از حد آستانه) منجر به کاهش صفات رویشی گیاه شد و در سطح شوری ۱۳/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بوته‌ها کاملاً خشک

1 -Readily Available Water, RAW

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شدند. البته خشک شدن بوته‌ها در خاک‌های سنگین، دو هفته زودتر از خاک‌های سبک اتفاق افتاد.

در پژوهش دیگر، اثر وزن اولیه غده و کود دامی بر عملکرد موسیر جنس Allium بررسی شد. عامل وزن اولیه در چهار دسته ۵۵-۴۵، ۴۵-۳۵، ۳۵-۲۵ و ۲۵-۱۵ گرم و عامل کود دامی در سه سطح مصرف ۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار تعریف شد. نتایج نشان داد که بیشترین وزن غده تک بوته پس از برداشت مربوط به محدوده وزن اولیه ۵۵-۴۵ گرم و مصرف کود دامی به میزان ۶۰ تن در هکتار بود. علت نتایج مذکور این بود که کاشت غده‌های با وزن بالا موجب افزایش شاخص سطح برگ و مصرف کود دامی باعث افزایش عملکرد محصول موسیر شد (عارفخانی و همکاران، ۱۳۹۶)؛ بنابراین علاوه بر شرایط محیطی، وزن اولیه پیاز موسیر نیز می‌تواند بر عملکرد نهایی محصول مؤثر باشد. منصوری و همکاران، (۱۳۹۳) با بررسی تیمارهای مصرف کود نیتروژن در دو سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، آبیاری در دو حجم ۱۵۰۰ و ۳۵۰۰ متر مکعب و تراکم کاشت در دو تعداد ۱۰ و ۱۸ بوته در مترمربع بر روی موسیر ایرانی نتیجه گرفتند که افزایش مصرف کود و حجم آب آبیاری باعث افزایش عملکرد غده موسیر و تلفات نیتروژن شد؛ اما افزایش تراکم بوته موجب افزایش عملکرد و کاهش تلفات نیتروژن شد. در پژوهشی نیز اثر تنش خشکی بر عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیک موسیر بررسی شد. فاکتور تنش خشکی شامل دو سطح آبیاری به‌صورت کامل و عدم آبیاری (دیم) بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش وزن موسیرها (با وزن بین ۲۰ تا ۳۰ گرم) شد. هم‌چنین تنش خشکی تعداد پیازهای تولید شده (با وزن ۱۰ تا ۲۰) را کاهش داد (نقاشی و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی تحقیقات گذشته نشان داد که تاکنون اثر برخی از فاکتورهای محیطی و مدیریتی بر روی گیاه موسیر مطالعه شده است؛ اما پژوهش چندانی در مورد تأثیر تنش شوری بر روی عملکرد گیاه موسیر مشاهده نشده است.

از سوی دیگر گزارش شد که در میان هورمون‌های گیاهی، سالیسیلیک اسید (SA[1]) و مشتقات آن نقش مهمی در انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان، از جوانه‌زنی بذر تا گل‌دهی و رسیدن محصول بر عهده دارند. به این صورت که بیش‌ترین نقش آن بر القای سیستم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی بوده است (کو و همکاران، ۲۰۲۰). در این‌باره گزارش شد که سالیسیلیک اسید با تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان، عوارض ناشی از تنش‌های محیطی را کاهش داده و اثرات منفی آن ها را بهبود می‌بخشد (بیارِه و همکاران، ۲۰۲۲). در تأیید مطالب مذکور گزارش شد که محلول‌پاشی یک میلی‌مول سالیسیلیک اسید بر روی گیاه موسیر در شرایط تنش خشکی (در کشت دیم) باعث افزایش ۱۵/۱۲ درصدی در عملکرد پیاز این گیاه شد که نشان‌دهنده اثر مثبت هورمون SA برای مقابله با شرایط تحت تنش (کمبود آب) بود (یوسفوند و همکاران، ۲۰۲۲). به‌طور مشابه و در کشت گیاهان دیگر، اثر SA بر روی عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی بررسی شد. سطوح آبیاری شامل عدم آبیاری، یک بار آبیاری در مرحله گل‌دهی، یک بار آبیاری در مرحله پرشدن دانه و دو بار آبیاری در مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه بود. فاکتور سالیسیلیک اسید نیز در سه سطح عدم مصرف، پیش تیمار بذر با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و محلول‌پاشی برگ‌ها به‌میزان ۰/۵ میلی‌مولار انتخاب شد. نتایج نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید آن‌هم به‌صورت محلول‌پاشی برگی باعث فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی، بهبود وضعیت رطوبتی و محتوای کلروفیل گیاه و عملکرد مطلوب گیاه شده است. درنتیجه محلول‌پاشی برگ‌های گیاه با هورمون SA، راه‌کاری برای کاهش اثرات تنش و تولید عملکرد مناسب محصول در شرایط تحت تنش آبی بود (آزادواری و همکاران، ۱۳۹۸). با جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های گذشته، لزوم بررسی عملکرد گیاه موسیر در شرایط تنش شوری و اثر هورمون سالیسیلیک اسید بر روی آن مشاهده می‌شود. از این‌رو

1- Salicylic Acid, SA

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



هدف از پژوهش حاضر، در قالب اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد گیاه موسیر، در شرایط تنش شوری تعیین می‌گردد. در صورت حصول نتایج مثبت در این زمینه، می‌توان توصیه‌های کاربردی در خصوص مصرف بهینه منابع آب موجود در منطقه و راه‌کارهای مقابله با اثرات تنش شوری در کشت گیاهان راهبردی ارائه کرد.

## مواد و روش‌ها

### کلیات پژوهش

پژوهشی در سال ۱۴۰۱ در گلخانه گروه مهندسی باغبانی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، واقع در شهر قزوین انجام شد. شرایط محیطی داخل گلخانه در طول دوره رشد گیاه، از نظر خصوصیات هواشناسی به شرح جدول (۱) بود. گیاه مورد مطالعه، موسیر رقم مرتعی بومی قزوین بود که در گلدان‌هایی با قطر ۴۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر کشت شد (شکل ۱). انتخاب بستر کشت به‌صورت گلدان در پژوهشی مشابه در کشور اندونزی گزارش شد و آزمایشی به‌صورت کشت گلدانی بر روی ارقام موسیر محلی آن منطقه انجام شد (سیامسیاه و همکاران، ۲۰۲۰). خاک فراهم‌شده برای پُر کردن گلدان‌ها، مخلوطی از خاک مزرعه، ماسه‌بادی و کود حیوانی با نسبت ۳، ۱ و ۱ بود (سعیدی، b ۱۴۰۰) که مشخصات آن در جدول (۲) ارائه شد. در شرایط طبیعی مزرعه، خاک شخم خورده (با بافت لومی شنی) و آماده کشت، دارای چگالی ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. از این‌رو با توجه به حجم هر گلدان، وزن مشخصی از خاک برای رسیدن به تراکم مذکور، در آن‌ها ریخته شد. به‌طوری که خاک به‌صورت لایه لایه به گلدان‌ها اضافه شد و براساس چگالی مدنظر، تحت کوبش مناسب قرار گرفت. برای اطمینان بیشتر از عدم ایجاد جریان‌های ترجیحی و یا نشت احتمالی خاک در دوره رشد، قبل از کشت به گلدان‌ها آب داده شد. در انتخاب غده‌های (پیازهای) موسیر سعی شد از غده‌هایی با وزن نزدیک به‌هم و یکسان برای کشت استفاده شود؛ اما برای خنثی‌سازی اثر احتمالی وزن اولیه غده بر عملکرد نهایی محصول، وزن همه غده‌ها با ترازوی دقیق (دقت صدم گرم) اندازه‌گیری شد و سپس در تاریخ ۱۴۰۱/۰۸/۰۴، کاشت با یک غده موسیر در هر گلدان انجام و بلافاصله آبیاری شدند. حدود یک هفته بعد نیز، جوانه‌های گیاهان نمایان شد. به‌طوری که در هر گلدان، یک بوته موسیر تحت تیمار وجود داشت.

**جدول ۱- شرایط محیطی داخل گلخانه در طول دوره رشد گیاه**

| ماه | دمای هوا (°C) | | متوسط شدت نور (FC[1]) | رطوبت نسبی (درصد) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | کمینه | بیشینه | | کمینه | بیشینه |
| آبان ۱۴۰۱ | ۱۸ | ۲۴ | ۳۹۶۰ | ۶۸ | ۷۴ |
| آذر ۱۴۰۱ | ۱۷ | ۲۴ | ۳۹۲۰ | ۷۰ | ۷۸ |
| دی ۱۴۰۱ | ۱۶ | ۲۳ | ۴۰۱۰ | ۷۲ | ۸۱ |
| بهمن ۱۴۰۱ | ۱۷ | ۲۲ | ۳۹۷۰ | ۷۱ | ۷۶ |
| اسفند ۱۴۰۱ | ۱۷/۵ | ۲۵ | ۳۹۸۰ | ۶۵ | ۸۳ |
| فروردین ۱۴۰۲ | ۱۹ | ۲۷ | ۳۹۴۰ | ۶۰ | ۷۵ |
| اردیبهشت ۱۴۰۲ | ۲۱ | ۳۰ | ۳۹۱۰ | ۶۳ | ۷۲ |

[1]- Foot candle, FC

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

**شکل ۱- تصویری از موقعیت کشت گیاه موسیر در پژوهش حاضر**

**جدول ۲- مشخصات خاک بستر کشت**

| پارامتر | واحد | مقدار |
|---|---|---|
| هدایت الکتریکی عصاره اشباع | $dS\ m^{-1}$ | ۰/۵۶ |
| pH | – | ۷/۲ |
| بافت خاک | – | لوم شنی |
| رطوبت وزنی حد ظرفیت مزرعه | % | ۲۴/۵ |
| رطوبت وزنی حد پژمردگی | % | ۱۱ |
| چگالی ظاهری | $g\ cm^{-3}$ | ۱/۴ |

**تیمارها**

فاکتور اصلی در پژوهش حاضر تنش شوری بود که از طریق آب آبیاری و در چهار سطح ($S_1$) ۲، ($S_2$) ۴، ($S_3$) ۶ و ($S_4$) ۸ دسی‌زیمنس بر متر اِعمال شد. فاکتور فرعی شامل کاربرد سالیسیلیک اسید در چهار غلظت ($A_1$) ۰، ($A_2$) ۰/۵، ($A_3$) ۱ و ($A_4$) دو میلی‌مولار بود که در یک نوبت و در تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ (در زمان پنج برگی شدن) بر روی گیاه موسیر محلول‌پاشی شد. محلول‌پاشی تا خیس شدن کامل سطح برگ‌های هر گیاه انجام شد. در مجموع ۱۶ تیمار با سه تکرار، به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شدند. تعداد سه گلدان نیز بدون اعمال هیچ تیماری و به‌عنوان شاهد، با شوری آب آبیاری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر (آب باکیفیت چاه) و بدون محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در نظر گرفته شد. داده‌های گلدان‌های شاهد صرفاً بیانگر شرایط استاندارد (بدون اعمال تیمار) در محیط کشت بود و در تحلیل آماری آورده نشد. لازم به‌ذکر است که آب شور مورد نیاز برای آبیاری، از طریق اضافه‌کردن نمک صنعتی به آب باکیفیت چاه تهیه شد. عناصر موجود در نمک صنعتی شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و پتاسیم با درجه خلوص به‌ترتیب برابر با ۹۲، ۳/۸۴، ۱/۸۹، ۱/۷۳ و ۰/۵۴ درصد بود. برای تهیه آب شور، نسبت بین وزن نمک صنعتی مصرف شده (در هر یک لیتر آب چاه) با هدایت الکتریکی آب، مطابق نمودار شکل (۲) بود. قبل از هر نوبت آبیاری، مقدار مورد نیاز آب شور بر اساس شوری مدنظر در تیمارها، در ظرف‌های بزرگ تهیه شد و پس از کنترل هدایت الکتریکی (EC[1]) مورد استفاده قرار گرفت. در پایان فصل کشت نیز شوری خاک

[1]- Electrical conductivity. EC

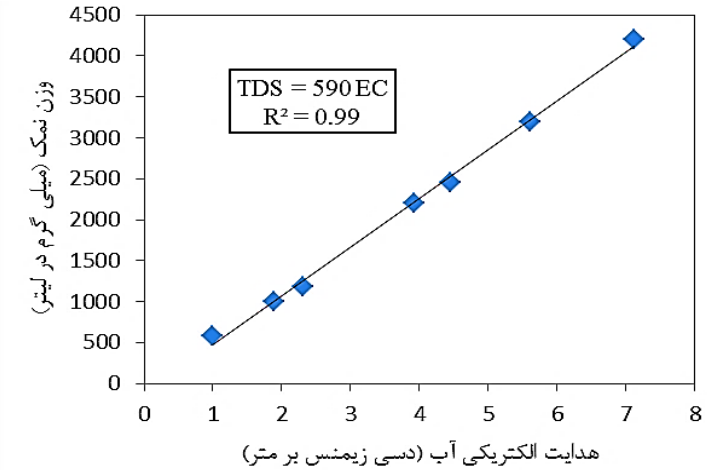
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



همه گلدان‌ها اندازه‌گیری شد و مشخص شد که شوری تجمعی املاح (حاصل آبیاری‌های مداوم) در گلدان‌های شاهد حدود یک دسی‌زیمنس بر متر بود. از این‌رو اطمینان حاصل شد که در تیمار شاهد هیچ‌گونه تنش شوری بر گیاه اِعمال نشده است. در این پژوهش کَسر آبشویی (LF[1])

برای ثابت نگه‌داشتن شوری خاک، در نظر گرفته نشد؛ زیرا بررسی اثر تیمارهای مختلف بر میزان تجمع نمک‌ها در خاک، مد نظر قرار گرفت. از این‌رو ضمن آگاهی از تجمع نمک‌ها به‌دلیل آبیاری‌های مداوم، میزان شوری نهایی خاک (در پایان فصل کشت) اندازه‌گیری شد.




**شکل ۲- نمودار واسنجی میزان هدایت الکتریکی آب نسبت به وزن نمک مصرف شده**

### زمان و حجم آب آبیاری

برای تنظیم زمان آبیاری گیاه به‌طوری که تنش خشکی بر گیاه اِعمال نشود، مقدار رطوبت روزانه خاک توسط دستگاه رطوبت‌سنج ساخت شرکت دِلتا تی (ΔT) مدل $HH_2$، در مرکز هر گلدان اندازه‌گیری شد. در مورد نحوه کار با دستگاه رطوبت‌سنج نیز قبل از شروع آزمایش، اعداد ثبت‌شده توسط دستگاه مذکور نسبت به مقادیر واقعی رطوبت خاک واسنجی شد. به این صورت که در یک نمودار، داده‌های واقعی رطوبت خاک در محور عمودی و داده‌های ثبت‌شده توسط دستگاه در محور افقی قرار داده شد و منحنی اِشِل (با معادله مشخص) برای تبدیل داده‌های دستگاه به داده‌های واقعی رطوبت تهیه شد. برای نیل به این هدف که هیچ‌گونه تنش آبی بر گیاه اِعمال نشود، باید در فواصل بین دو آبیاری همواره آب به‌صورت سهل‌الوصول در دسترس گیاه باشد. نشریه فائو-۵۶ ضریب تخلیه آب خاک در حد سهل‌الوصول را برای گیاه موسیر، عدد ۰/۳ گزارش کرده است (آلِن و همکاران، ۱۹۹۸). از این‌رو به محض اتمام ۳۰ درصد از رطوبت خاک بین دو حد ظرفیت مزرعه (FC[2]) و نقطه پژمردگی دائم (PWP[3])، عملیات آبیاری انجام شد. این کار باعث ایجاد فواصل زمانی متفاوت بین آبیاری‌ها (دورهای متفاوت آبیاری) در طول دوره رشد گیاه شد. درصد رطوبت وزنی خاک در حد FC و PWP نیز با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (به‌ترتیب تحت فشارهای مکشی یک‌سوم و ۱۵ اتمسفر) و خشک‌کردن خاک در گرم‌خانه، محاسبه و در جدول (۲) ارائه شد. لازم به‌ذکر است که برای محاسبه و کنترل حد آب سهل‌الوصول خاک از رابطه (۱) استفاده شد (سعیدی، ۱۴۰۰ a).

$$RAW = \frac{\theta_{FC} - \theta_i}{\theta_{FC} - \theta_{PWP}} \qquad (1)$$

در رابطه (۱)، RAW: معرف ضریب آب سهل‌الوصول خاک است و کسری از کل آب قابل استفاده خاک (TAW)[4] است که در آن محدوده رطوبتی، هیچ تنش آبی برای گیاه ایجاد نمی‌شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). $\theta_{FC}$: رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه (درصد)، $\theta_{PWP}$: رطوبت وزنی خاک در حد نقطه پژمردگی دائم (درصد) و

1- Leaching fraction, LF
2 -Field capacity, FC
3- Permanent wilting point, PWP
4- Total available water, TAW

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



$\theta_i$: مقدار رطوبت وزنی خاک (درصد) در حد تخلیه مجاز آب خاک (RAW=۰/۳ ) و در زمان انجام آبیاری است. در این پژوهش با توجه به یکسان بودن بافت و تراکم خاک در همه گلدان‌ها، مقدار $\theta_i$ در زمان آبیاری عدد ۲۰/۴ درصد برآورد شد.

در هر دور آبیاری، مقدار حجم آب مصرفی به‌گونه‌ای تعیین شد که کمبود رطوبت خاک را از حد تخلیه مجاز تا حد ظرفیت مزرعه (FC) تأمین کند. ازاین‌رو زهاب خروجی از گلدان‌ها وجود نداشت و تأثیر تجمع املاح در خاک (حاصل از تیمارهای آبیاری)، بخشی از سناریوهای پژوهش در مورد اِعمال تنش شوری بر روی گیاهان بود؛ یعنی شیوه اعمال تنش شوری به این صورت بود که آبیاری با شوری مشخص در یک خاک بدون زهکش، چه اثری بر عملکرد گیاه و شوری نهایی خاک خواهد داشت. لازم به‌ذکر است که زمان اعمال تیمارهای شوری پس از جوانه‌زنی غده‌ها و استقرار گیاه، در تاریخ ۱۴۰۱/۰۹/۲۰ (مرحله سه برگی گیاه) آغاز شد. به‌دلیل کاهش جذب آب توسط گیاه با افزایش تنش شوری، تعداد آبیاری در همه تیمارها یکسان نبود؛ اما به‌طور متوسط گلدان‌ها به تعداد ۱۵ نوبت با آب شور آبیاری شدند. به این منظور با توجه به مقدار کمبود رطوبت خاک$(\theta_{FC}-\theta_i)$، چگالی خاک، عمق و مساحت سطح خاک در گلدان، حجم آب آبیاری بر اساس رابطه (۲) تعیین شد. در این شرایط آب اضافی برای تبدیل به زهاب و رواناب وجود نداشت و راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد بود. به‌طوری‌که حجم آب آبیاری در هر دور ثابت بود و برای یک گلدان، ۳/۶ لیتر برآورد شد. لازم به ذکر است که تنش شوری بر میزان پتانسیل آب و جذب آب توسط گیاه مؤثر بود و باعث شد که در شوری‌های بیش از آستانه تحمل گیاه، جذب آب کاهش یابد. ازاین‌رو در کل دوره رشد گیاه، عمق آب آبیاری گلدان‌ها در تیمارهای $S_0$، $S_1$، $S_2$، $S_3$، $S_4$ به‌ترتیب برابر با ۳۴۳، ۳۰۸، ۲۷۳، ۲۴۱ و ۱۹۶ میلی‌متر بود. با توجه به عدم وجود زهاب و رواناب در گلدان‌ها، عمق آب مصرفی بیانگر ارتفاع تبخیر-تعرق صورت گرفته در دوره رشد گیاه بوده است.

$$V=\frac{(\theta_{FC}-\theta_i)}{100}\times \rho b\times Z\times A \qquad (۲)$$

V: حجم آب آبیاری (مترمکعب)، $\theta_{FC}$: رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت مزرعه (درصد)، $\theta_i$: رطوبت وزنی خاک در زمان اتمام آب سهل‌الوصول خاک و قبل از انجام آبیاری (درصد)، $\rho b$: چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) ، Z: عمق گلدان (متر) و A: مساحت سطح خاک (مترمربع).

## عملکرد محصول و تحلیل آماری

برداشت محصول نهایی موسیر (غده‌های زیرزمینی) در تاریخ ۱۴۰۲/۰۲/۰۷ انجام شد. قبل از برداشت غده‌ها، طول اندام هوایی گیاه بر اساس روش هان (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. به‌طور مشابه در پژوهشی بر روی گندم، از روش مذکور برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته و صفات رویشی گیاه استفاده شد (ظفری قلعه‌رودخانی و همکاران، ۱۳۹۶). سپس وزن خشک و تَر غده‌های خوراکی و اندام هوایی گیاه موسیر با ترازوی دقیق (دقت صدم گرم) اندازه‌گیری شد. لازم به‌ذکر است که در فرآیند اندازه‌گیری وزن خشک غده‌ها، ابتدا اجازه داده شد که به مدت دو هفته غده‌های تَر هوا خشک شوند. سپس آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در گرم‌خانه حرارتی (آوِن) و در دمای تنظیم‌شده ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. روش مذکور در پژوهشی برای اندازه‌گیری بهره‌وری آب گیاه سیر در زهک دشت سیستان گزارش شد (پیری و بامری، ۱۳۹۸). تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به مقادیر عملکرد محصول توسط نرم‌افزار SPSS و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای برآورد میزان بهره‌وری آب (WP[1]) در تیمارهای مختلف، از رابطه (۳) استفاده شد (سعیدی، ۱۴۰۱).

$$WP=\frac{Y}{V} \qquad (۳)$$

1 -Water Productivity, WP

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



WP: بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) ، Y: عملکرد زیست‌توده خشک گیاه در واحد سطح (کیلوگرم بر هکتار) ، V: کل حجم آب مصرفی در دوره رشد گیاه و در واحد سطح (مترمکعب بر هکتار).

لازم به‌ذکر است که در شرایط اعمال تنش شوری بر گیاه، مقدار تبخیر- تعرق و عملکرد زیست‌توده گیاه نسبت به شرایط استاندارد (بدون تنش) کاهش یافت. از این‌رو حساسیت کاهش عملکرد محصول نسبت به تبخیر- تعرق گیاه، با استفاده از ضریب Ky (ضریب پاسخ عملکرد به تبخیر-تعرق) تبیین شد و از طریق رابطه (۴) محاسبه شد (دورنبوث و کسّام، ۱۹۷۹).

$$1-\frac{Y_a}{Y_{max}}=K_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_{max}}\right) \qquad (۴)$$

$K_y$: ضریب پاسخ عملکرد گیاه به تبخیر-تعرق (بی بُعد)، $Y_a$: وزن زیست‌توده خشک گیاه در شرایط تنش (کیلوگرم)، $Y_{max}$: وزن زیست‌توده خشک گیاه در شرایط بدون تنش و کنترل‌شده (کیلوگرم)، $ET_a$: مقدار تبخیر- تعرق گیاه در شرایط تنش (میلی‌متر)، $ET_{max}$: مقدار تبخیر- تعرق گیاه در شرایط بدون تنش و کنترل‌شده (میلی‌متر).

## نتایج و بحث

### عملکرد محصول

در پژوهش حاضر اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر روی برگ‌های گیاه موسیر، به‌منظور مقابله با اثرات زیان‌بار تنش شوری آب آبیاری بررسی شد. تجزیه واریانس صفات در جدول (۳) نشان داد که اثر هر یک از تیمارهای تنش شوری و سطوح کاربرد سالیسیلیک اسید بر میزان وزن خشک و تَر غده‌های موسیر، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. البته اثر متقابل دو فاکتور مذکور بر وزن خشک و تَر غده‌های موسیر در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. در مورد میزان ارتفاع اندام هوایی نیز، اثر تنش شوری در سطح یک درصد و اثر کاربرد سالیسیلیک اسید در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل آن‌ها بی‌معنی بود.

علت واکنش معنی‌دار گیاه موسیر به افزایش شوری آب آبیاری این بود که بنابر گزارش پژوهش‌های گذشته، گونه‌های جنس آلیوم موسیر از گیاهان نسبتاً حساس به تنش شوری به‌شمار می‌روند (کادایفسی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کرمیت و آرسلان، ۲۰۱۶). کاهش جذب آب توسط گیاه (به‌دلیل کاهش پتانسیل آب خاک) و از سوی دیگر جذب عنصر سدیم (موجود در آب شور)، از عوامل کاهش عملکرد اندام هوایی گیاه موسیر در شرایط تنش شوری بوده است (سیامسیاه و همکاران، ۲۰۲۰). در مورد کاربرد سالیسیلیک اسید نیز گزارش شد که این هورمون گیاهی باعث افزایش ذخیره آبی و پرولین در سلول‌های گیاهی شده و با حفظ فشار اسمزی (در شرایط تنش شوری) موجب افزایش فتوسنتز، رشد گیاه و عملکرد محصول می‌شود (هایات و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهشی مشابه بر روی گندم نیز اعلام شد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با تأثیر مثبت بر پروتئین‌های آپوپلاستی، موجب افزایش تحمل گندم به تنش شوری شده است (تاسگین و همکاران، ۲۰۰۶).

**جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در طرح**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد غده (وزن تَر) | عملکرد غده (وزن خشک) | ارتفاع بوته |
| تنش شوری | ۳ | ۲۷۷۵$^{**}$ | ۱۷۳/۴$^{**}$ | ۲۹۴/۵$^{**}$ |
| سالیسیلیک اسید | ۳ | ۱۱۴۰/۳$^{**}$ | ۹۵/۲$^{**}$ | ۱۷۱/۲$^{*}$ |
| تنش شوری× سالیسیلیک اسید | ۹ | ۵۱/۲$^{*}$ | ۳/۲$^{*}$ | ۱۱۱$^{ns}$ |
| خطای آزمایشی | ۳۲ | ۲۵ | ۱/۵۶ | ۶۱/۴۸ |

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد آماری

به‌منظور مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده، جدول (۴) ارائه شد. در تیمار بدون کاربرد سالیسیلیک اسید ($A_1$)، افزایش شوری آب از ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به دو، چهار، شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر (تیمارهای تنش

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شوری) باعث شد که وزن تَر غده‌ها به‌ترتیب به میزان ۲۱، ۳۱/۸، ۴۷/۱ و ۶۷/۵ درصد کاهش یابد؛ اما با افزایش میزان سالیسیلیک اسید (از تیمار $A_1$ به $A_4$)، مقدار وزن تَر غده‌ها در تیمارهای تنش شوری افزایش یافت. به‌این صورت که از تیمار $A_1$ تا $A_4$، مقدار وزن تَر غده‌های موسیر در سطوح شوری $S_1$، $S_2$، $S_3$ و $S_4$ به‌ترتیب ۱۱/۶، ۳۲، ۴۰ و ۹۱ درصد افزایش داشت. از سوی دیگر شیب کاهش عملکرد غده‌های تَر در شرایط با و بدون کاربرد سالیسیلیک اسید در شکل (۳) بررسی شد. نتایج نشان داد که به‌ازای هر یک دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری آب، عملکرد محصول در تیمارهای $A_1$، $A_2$، $A_3$ و $A_4$ به‌ترتیب ۸/۸، ۷، ۶/۴ و ۶/۳ گرم کاهش یافته است؛ یعنی با کاربرد سالیسیلیک اسید علاوه بر افزایش عملکرد محصول در شرایط تنش شوری، از شدت کاهش عملکرد نیز کاسته شده است. به‌طور مشابه در پژوهشی در کشور اندونزی، اثر شوری آب آبیاری شامل سطوح صفر، یک، دو و سه دسی‌زیمنس بر متر، بر روی ویژگی‌های شیمیایی خاک، رشد و عملکرد ارقام موسیر محلی بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری آب آبیاری، باعث افزایش میزان pH و درصد سدیم قابل تبادل خاک شد. از سطح شوری صفر تا سه دسی‌زیمنس بر متر مقدار وزن تازه غده موسیر از ۳۲/۴۳ گرم به ۲۷/۷ گرم و مقدار وزن خشک غده موسیر از ۲۶/۵۵ به ۲۴/۲۷ گرم رسید. همچنین ارقام Brebes و Purbalingga به‌عنوان ارقام محلی موسیر مقاوم به شوری آب تا سطح سه دسی‌زیمنس بر متر معرفی شدند (سیامسیاه و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش دیگر در استان لرستان، اثر فاکتور اصلی تنش خشکی در چهار سطح بدون آبیاری (دیم) و آبیاری بر اساس ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و فاکتور فرعی شامل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (SA) در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مول بررسی شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد غده موسیر در تیمار آبیاری کامل و محلول‌پاشی یک میلی‌مول SA، به‌مقدار ۱۴۲۷ گرم بر مترمربع به‌دست آمد. از سوی دیگر، کم‌ترین عملکرد غده موسیر در تیمار بدون آبیاری و بدون کاربرد SA به‌میزان ۴۱۹/۸ گرم بر مترمربع اندازه‌گیری شد. درنتیجه هورمون SA با بهبود صفات فیزیولوژیکی مؤثر در مقاومت به کمبود آب، باعث کاهش اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه موسیر شد (یوسفوند و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج پژوهش‌های اخیر از نظر اثر منفی تنش شوری آب و اثر مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد موسیر، مؤید نتایج پژوهش حاضر بود.

**جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده**

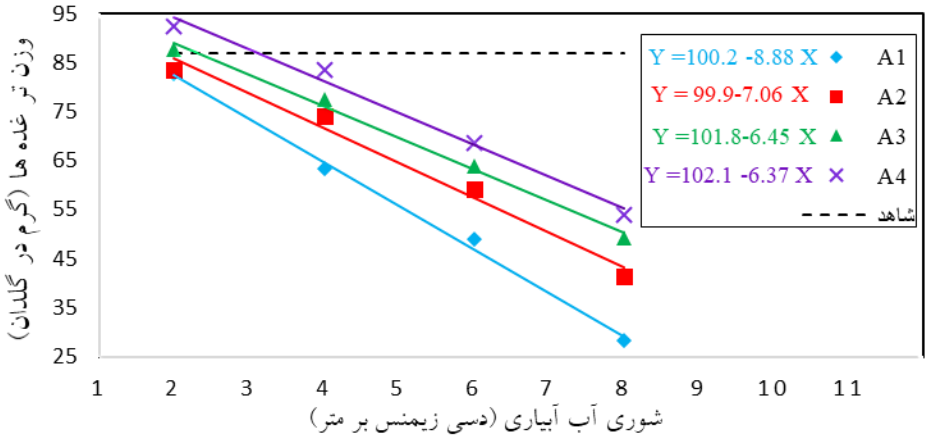
| تیمار | وزن تَر غده (گرم در بوته) | وزن خشک غده (گرم در بوته) | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) |
|---|---|---|---|
| $A_1S_1$ | ۶۸ cd* | ۱۶/۴ d | ۸۴ cd |
| $A_1S_2$ | ۵۹/۳ e | ۱۴/۸ e | ۸۲/۶ cd |
| $A_1S_3$ | ۴۵/۹ f | ۱۱/۵ f | ۸۲ cd |
| $A_1S_4$ | ۲۸/۲ g | ۷/۱ g | ۸۰ d |
| $A_2S_1$ | ۶۸/۴ cd | ۱۷/۱ d | ۸۹/۷ abcd |
| $A_2S_2$ | ۶۴/۱ de | ۱۶ de | ۸۶/۷ abcd |
| $A_2S_3$ | ۵۸/۲ e | ۱۴/۵ e | ۸۶/۴ abcd |
| $A_2S_4$ | ۴۴/۳ f | ۱۱/۱ f | ۸۵/۶ bcd |
| $A_3S_1$ | ۸۰/۷ b | ۲۰/۲ bc | ۹۵ abcd |
| $A_3S_2$ | ۷۲/۴ c | ۱۸/۱ cd | ۹۴/۳ abcd |
| $A_3S_3$ | ۶۳/۹ de | ۱۶ de | ۹۰ abcd |
| $A_3S_4$ | ۴۹/۱ f | ۱۱/۷ f | ۸۹/۷ abcd |
| $A_4S_1$ | ۹۲/۳ a | ۲۳ a | ۱۰۱/۳ a |
| $A_4S_2$ | ۸۳/۶ b | ۲۰/۹ b | ۱۰۰/۳ ab |
| $A_4S_3$ | ۶۸/۵ cd | ۱۷/۱ d | ۹۷/۳ abc |
| $A_4S_4$ | ۶۸ f | ۱۲ f | ۹۶/۳ abc |

*: میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Archive of SID.ir

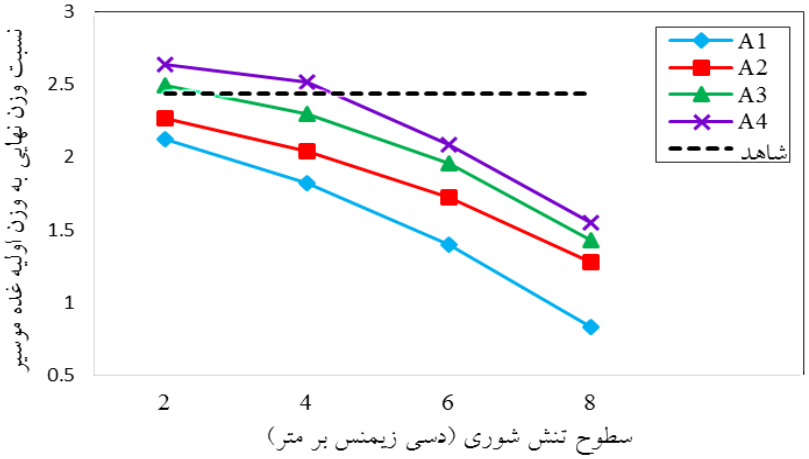
Archive of SID.ir






**شکل ۳- اثر شوری آب بر شیب کاهش عملکرد گیاه، در شرایط با و بدون کاربرد سالیسیلیک اسید**

برای خنثی‌سازی اثر احتمالی وزن اولیه غده‌های موسیر (قبل از کاشت)، نسبت وزن نهایی به وزن اولیه غده‌های موسیر در شکل (۴) ارائه شد. نتایج نشان داد که به‌علت کاربرد سالیسیلیک اسید، عملکرد وزن تَر غده‌های موسیر در برخی از تیمارهای تحت تنش شوری ($S_1A_3$، $S_1A_4$ و $S_2A_4$)، حتی از تیمار شاهد (بدون تنش شوری و بدون کاربرد سالیسیلیک اسید) نیز بیشتر بوده است. برای تأیید نتایج به‌دست آمده، در پژوهش‌هایی بر روی سایر گیاهان گزارش شد که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد محصول حتی بیش‌تر از تیمار تحت کنترل (شاهد) شد. به‌طوری‌که در پژوهشی مشابه اثر پنج غلظت سالیسیلیک اسید بر واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله تحت پنج سطح تنش شوری بررسی شد. نتایج نشان داد که سالیسیلیک اسید با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه موجب افزایش عملکرد در شرایط تنش شوری نسبت به گیاهان شاهد (غلظت صفر سالیسیلیک اسید) شد (پسندی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).




**شکل ۴- نسبت وزن نهایی به وزن اولیه (قبل از کشت) غده‌های موسیر، در تیمارهای مختلف**

از سوی دیگر به‌منظور بررسی پاسخ عملکرد وزن خشک غده‌های موسیر به تبخیر-تعرق در تیمارهای مختلف پژوهش، ضریب Ky برآورد شد و در قالب منحنی‌های هم‌مقدار، در شکل (۵) ارائه شد. مقدار ضریب Ky در تیمارهای $S_1$، $S_2$، $S_3$ و $S_4$ به‌ترتیب برابر با ۱/۰۱، ۱/۵۴، ۱/۵۸ و ۱/۶۲ (در تیمار $A_1$)، ۰/۹۳، ۰/۹۶، ۱/۲ و ۱/۳ (در تیمار $A_2$)، ۰/۴۸، ۰/۷۹، ۱/۰۳ و ۱/۰۹ (در تیمار $A_3$) و ۰/۳۱، ۰/۴۶، ۰/۸۶ و ۰/۹۷ (در تیمار $A_4$) محاسبه شد. تاکنون پژوهشی در مورد برآورد ضریب Ky برای گیاه موسیر در شرایط مشابه پژوهش حاضر گزارش نشده است.

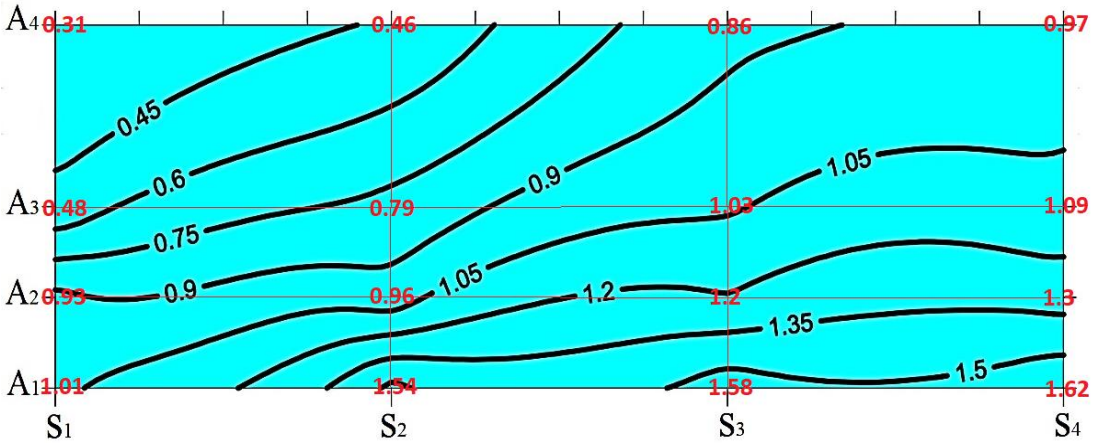
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



صرفاً در نشریه فائو-۳۳ برای شرایط اعمال تنش آبی در کشت گیاه پیاز، مقدار ضریب Ky عدد ۱/۱ اعلام شده است (دورنبوث و کسّام، ۱۹۷۹). با توجه به تشابه پیاز به موسیر و رَوَند مشابه کاهش پتانسیل آب خاک در شرایط تنش‌های شوری و آبی، می‌توان گفت که اعداد محاسبه شده برای ضریب Ky منطقی بوده و به گزارش فائو-۳۳ نزدیک بوده است.

در پژوهش حاضر، بیشتر شدن ضریب Ky از عدد یک نشان‌دهنده‌ی این بود که عملکرد غده‌های گیاه نسبت به تبخیر- تعرق، کاهش بیشتری داشته است. در تیمارهای با ضریب Ky بزرگ‌تر، حساسیّت بیشتری در مورد کاهش عملکرد محصول وجود داشت، زیرا اثر تنش شوری در تیمارهای مدنظر بیشتر بود. به‌طورکلی شکل (۵) نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری و افزایش میزان سالیسیلیک اسید کاربردی، مقدار ضریب Ky به‌ترتیب افزایش و کاهش یافته است. درنتیجه با استفاده از مجموعه منحنی‌های مشابه شکل (۵) می‌توان سطح بهینه دو فاکتور تنش شوری و سالیسیلیک اسید را شناسایی نمود تا حتی‌الامکان اثر منفی وارد بر عملکرد محصول را کاهش داد.




**شکل ۵- منحنی‌های دارای ضریب Ky یکسان در تیمارهای تحت تنش شوری و سالیسیلیک اسید**

## بهره‌وری آب

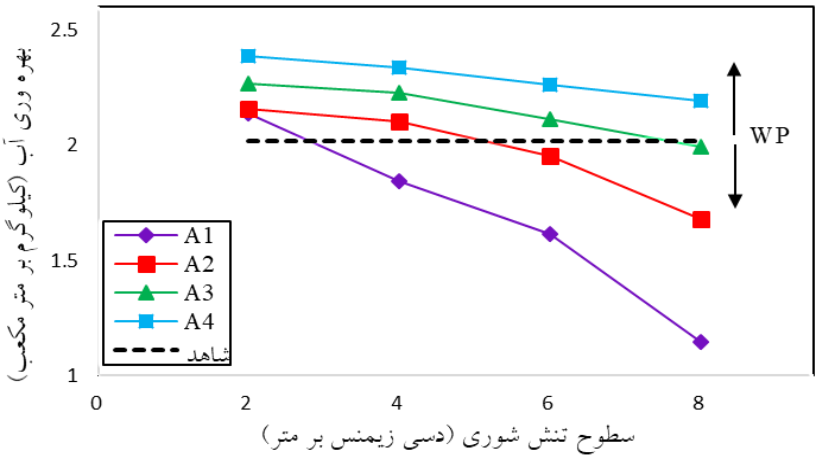
در شرایط تنش شوری میزان جذب آب توسط گیاه، حجم آب مصرفی و عملکرد غده‌های موسیر کاهش یافت و در مقابل، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید باعث تحمل تنش شوری توسط گیاه و افزایش عملکرد غده‌ها شد. از این‌رو برای تحلیل بهتر اثر متناقض دو فاکتور مذکور، مقادیر بهره‌وری آب محاسبه و در شکل (۶) ارائه شد. به‌طوری که مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای $S_1$، $S_2$، $S_3$ و $S_4$ به‌ترتیب برابر با ۲/۱۳، ۱/۸۴، ۱/۶۱ و ۱/۱۴ (در تیمار $A_1$)، ۲/۱۵، ۲/۱، ۱/۹۵ و ۱/۶۸ (در تیمار $A_2$)، ۲/۲۶، ۲/۲۲، ۲/۱۱ و ۲ (در تیمار $A_3$) و ۲/۳۸، ۲/۳۳، ۲/۲۶ و ۲/۱۹ (در تیمار $A_4$) کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. بر اساس شکل (۶)، تیمارهایی که از نظر میزان تنش شوری و مصرف سالیسیلیک اسید در شرایط بهینه‌تر بودند، دارای بهره‌وری آب بیشتر نسبت به تیمار شاهد (با بهره‌وری آب ۲/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب) بودند. نتایج به‌دست آمده به این دلیل بود که با کاربرد سالیسیلیک اسید، هدایت روزنه‌ای گیاه کاهش پیدا می‌کند که این امر به اثر ضد تعرقی سالیسیلیک اسید نسبت داده می‌شود. در این صورت کاربرد سالیسیلیک اسید باعث حفظ آب در گیاه شده و مصرف بهینه آب را به‌همراه دارد (بیات و همکاران، ۱۳۹۰). در پژوهشی مشابه که بر روی گیاه سیر انجام شد، بهره‌وری فیزیکی آب در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی در استان همدان بررسی شد. نتایج نشان داد که مقدار بهره‌وری فیزیکی آب در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی به‌ترتیب برابر با ۲/۶ و ۱/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد (سیدان و قدمی فیروزآبادی، ۱۳۹۸). با توجه به این‌که گیاه سیر و موسیر از نظر گیاه‌شناسی هم‌خانواده می‌باشند، نتایج

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



پژوهش مذکور با پژوهش حاضر قابل مقایسه و نزدیک به‌هم بود. در پژوهش دیگر اثر برهم‌کنش مقدار آب و مصرف کود بر بهره‌وری آب گیاه سیر در زهک (دشت سیستان) مطالعه شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری به میزان ۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری ۶۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰ درصد به‌دست آمد (پیری و بامری، ۱۳۹۸). مقدار بهره‌وری آب به‌دست آمده در پژوهش اخیر نیز در محدوده نتایج پژوهش حاضر قرار داشت. نتیجه کلی این‌که حتی در شرایط کمبود منابع آب باکیفیت، می‌توان با کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد محصول نسبت به حجم آب مصرفی شد و از منابع آب‌های کم‌کیفیت نیز استفاده بهینه نمود.




**شکل ۶- مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف**

### تغییرات شوری خاک

به‌طورکلی تنش شوری از دو طریق کاهش پتانسیل و جذب آب خاک توسط گیاه و هم‌چنین جذب عناصر سمّی موجود در آب خاک (مانند سدیم و ...)، بر کاهش عملکرد محصول گیاهی تأثیرگذار است. در پژوهش حاضر، آبشویی خاک در نظر گرفته نشد و آبیاری به حد نیاز گیاه بود (خروج زهاب وجود نداشت) تا اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر روی میزان جذب املاح توسط گیاه موسیر مشخص شود. از این‌رو شوری نهایی عصاره اشباع خاک (منطقه ریشه گیاه) در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری و تغییرات شوری نهایی خاک (پس از فصل کشت) بررسی شد (جدول ۵). به‌طوری‌که مقدار شوری عصاره اشباع خاک در تیمارهای $S_1$، $S_2$، $S_3$ و $S_4$ به‌ترتیب برابر با ۲/۸۳، ۵/۴۸، ۷/۵۵ و ۱۰ (در تیمار $A_1$)، ۳/۵۳، ۶/۴، ۸/۲۳ و ۱۱/۲ (در تیمار $A_2$)، ۴/۳۵، ۷/۲، ۹/۶ و ۱۲/۳۴ (در تیمار $A_3$) و ۵/۴۲، ۸، ۱۰/۸۴ و ۱۴/۲۴ (در تیمار $A_4$) دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. نتایج در جدول (۵) نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری میزان شوری خاک افزایش یافته است که به‌علت تجمع املاح حاصل از آبیاری‌های مداوم در خاک، واکنش مذکور طبیعی بود؛ اما با افزایش مصرف سالیسیلیک اسید نیز، میزان شوری خاک افزایش یافت. از این‌رو برای بررسی واکنش شوری خاک به تیمارهای سالیسیلیک اسید، به‌نتایج پژوهش‌های گذشته مراجعه شد.

از اثرات منفی تنش شوری این‌است که موجب افزایش نشت‌پذیری (نشت یونی) غشای سلول‌های گیاهی می‌شود. دلیل افزایش نشت‌پذیری غشاء، نفوذ و جایگزینی عنصر نامطلوب $Na^+$ به‌جای $Ca^+$ در غشاء است (گوپتا، ۲۰۰۵). در این‌باره گزارش شد که در شرایط تنش شوری، جذب یون‌های کلرید سدیم توسط گیاه افزایش یافت و به‌دلیل عدم تعادل در جذب سایر عناصر غذایی مفید، باعث کاهش عملکرد محصول گیاهی شد (کینگزباری و همکاران، ۱۹۸۴). در پژوهش دیگر نیز اعلام شد که افزایش غلظت عناصر سدیم و کلر در آب خاک، می‌تواند بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشای گیاه اثرگذار باشد که موجب کاهش وزن خشک زیست‌توده گیاه می‌گردد (توکلی و همکاران، ۲۰۱۰). در

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



تحقیقی اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر بر روی ارقام مختلف گیاه جو، در محیط کشت پتری‌دیش بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری، عملکرد دانه جو را کاهش داد، اما باعث افزایش مقدار سدیم و پتاسیم در دانه‌های گیاه گردید (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان دادند که در شرایط تنش شوری، جذب عناصر مُضِر (مانند سدیم، کلرو ...) توسط گیاه انجام می‌گیرد که این عمل موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود.

از سوی دیگر نتایج برخی از پژوهش‌ها، اثر مثبت کاربرد سالیسیلیک اسید را بر کاهش نشت‌پذیری یونی غشای سلولی در شرایط تنش شوری، اثبات کردند. در تحقیق گانِس و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شد که کاربرد سالیسیلیک اسید موجب کاهش نفوذپذیری غشای سلول‌های گیاهی ذرت نسبت به عناصر مضر $Na^+$ و $Cl^-$ شد. به‌طوری‌که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در شرایط تحت تنش شوری، از تجمع دو عنصر مذکور در غشای سلول‌های گیاه جلوگیری نموده و باعث افزایش رشد و عملکرد محصول شد. در پژوهشی اعلام شد که کاربرد سالیسیلیک اسید به‌صورت محلول‌پاشی برگی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه را افزایش داده و درنهایت گیاه را از واکنش‌های اکسیداتیو (نفوذ کاتیون‌ها و آنیون‌ها مانند سدیم و کلر به غشای سلول‌های گیاهی) محافظت می‌نماید (بیات و همکاران، ۱۳۹۰). در تحقیقی بر روی ذرت، نشان داده شد که کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۱۵ پی‌پی‌ام باعث شد که شدت واکنش‌های اکسیداتیو در گیاهان تحت تنش شوری به‌طور قابل توجهی کاهش یابد (سنارانتا و همکاران، ۱۹۹۹). در پژوهش دیگر اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه جو در شرایط تنش شوری بررسی شد. نتایج نشان داد که کاربرد غلظت بیشتر از یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث کاهش معنی‌دار نشت یونی در بوته‌های جو گردید. به‌این صورت که تیمارهای ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار به‌ترتیب ۲۷/۱، ۴۱/۸ و ۴۷/۷ درصد میزان نشت یونی را کاهش داد (پیرسته انوشه، ۱۳۹۵). جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که در پژوهش حاضر از طریق محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، جذب عناصر نامطلوب (سمّی) موجود در آب آبیاری (مانند سدیم و ...) توسط گیاه کاهش‌یافته است که حاصل آن افزایش عملکرد غده‌های موسیر بوده است. درنهایت به‌دلیل کاهش جذب کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب خاک (توسط گیاه)، عناصر مذکور در خاک تجمع یافته (باقی‌مانده) و باعث افزایش شوری عصاره اشباع خاک شده‌اند؛ بنابراین کاربرد سالیسیلیک اسید اگرچه برای مقابله گیاه با تنش شوری و افزایش عملکرد محصول مفید است، اما از جهت تجمع نمک‌ها در خاک و شور شدن خاک می‌تواند زیان‌بار باشد.

**جدول ۵- شوری عصاره اشباع خاک پس از پایان برداشت محصول**

| تیمار شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر) | غلظت کاربردی سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ۰ | ۰/۵ | ۱ | ۲ |
| ۲ | ۲/۸۳ | ۳/۵۳ | ۴/۳۵ | ۵/۴۲ |
| ۴ | ۵/۴۸ | ۶/۳۹ | ۷/۲۱ | ۸ |
| ۶ | ۷/۵۵ | ۸/۲۳ | ۹/۶ | ۱۰/۸۴ |
| ۸ | ۱۰ | ۱۱/۲ | ۱۲/۳۴ | ۱۴/۲۴ |

## نتیجه‌گیری

اثر هر یک از تیمارهای تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر میزان عملکرد خشک و تَر غده‌ها، در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. کاهش پتانسیل آب خاک و جذب آب توسط گیاه، افزایش جذب عناصر سمّی (مانند سدیم) در تقابل با سایر عناصر غذایی مفید و درنهایت کاهش عملکرد محصول، از اثرات زیان‌بار تنش شوری بود. از سوی دیگر سالیسیلیک اسید با حفظ فشار اسمزی در سلول‌های گیاهی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه، باعث کاهش جذب عناصر سمّی،

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



افزایش فتوسنتز و تحمل سطوح تنش شوری توسط گیاه شد که نتیجه آن افزایش عملکرد محصول (نسبت به شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک اسید) بود. از این‌رو در تیمارهای تحت تنش شوری، بهترین غلظت سالیسیلیک اسید برای تولید حداکثر محصول، تیمار $A_4$ بود. به‌طوری‌که کاربرد دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در سطوح شوری $S_1$، $S_2$، $S_3$ و $S_4$ به ترتیب باعث افزایش عملکرد تَر غده‌ها به میزان ۱۱/۶، ۳۲، ۴۰ و ۹۱ درصد، در مقایسه با عدم کاربرد سالیسیلیک اسید ($A_1$) شد. نتایج مذکور نشان داد که در سطوح شوری کم (مانند $S_1$) که گیاه تا حدودی می‌تواند با تنش شوری سازگار باشد، اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد محصول چندان قابل توجه نیست؛ اما در سطوح شوری زیاد (مانند $S_4$) که احتمال انسداد روزنه‌ها، توقف تبخیر-تعرق و اختلال در رشد گیاه وجود دارد، سالیسیلیک اسید می‌تواند اثر چشم‌گیری بر افزایش عملکرد محصول داشته باشد.

با بررسی پاسخ عملکرد وزن خشک غده‌ها به تبخیر-تعرق گیاه موسیر مشخص شد که با افزایش تنش شوری، مقدار ضریب Ky به بیش از عدد یک افزایش یافت. به‌این معنی که راندمان عملکرد محصول کمتر از راندمان تبخیر-تعرق گیاه شد؛ اما با کاربرد سالیسیلیک اسید، مقدار ضریب Ky کاهش یافت و تعادل میان عملکرد و تبخیر-تعرق گیاه برقرار شد. مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف نیز نشان داد که در صورت استفاده از منابع آب‌های نامتعارف لب‌شور در منطقه، کاربرد سالیسیلیک اسید موجب استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری آب می‌شود. آبیاری مداوم در محیط ایزوله کشت گیاه (بدون خروج آب)، باعث تجمع و بیلان مثبت نمک‌ها در خاک شد. داده‌های شوری نهایی عصاره اشباع خاک نشان داد که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، میزان شوری نهایی خاک نیز افزایش یافته است. دلیل نتایج مذکور، کاهش جذب نمک‌ها توسط گیاه در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بود که منجر به باقی‌ماندن نمک‌ها در خاک و افزایش شوری نهایی خاک شد؛ زیرا کاربرد سالیسیلیک اسید بر روی گیاه، باعث فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه و کاهش نفوذ عناصر مُضِر (موجود در آب خاک) به غشای سلول‌های گیاهی می‌شود. جمع‌بندی کلی و کاربردی نتایج این است که در شرایط بحران کمیّت و کیفیت منابع آب در بخش کشاورزی، می‌توان با کاربرد هورمون‌های گیاهی مانند سالیسیلیک اسید در دوره رشد گیاه، اثرات زیان‌بار تنش‌های محیطی (مانند شوری) را بر عملکرد محصول موسیر کاهش داد.

## فهرست منابع


۱. آزادواری، ح.، نعیمی، م.، قلی‌زاده، ع.، و نخزری مقدم، ع.، ۱۳۹۸. بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۲(۳): ۸۵-۱۰۰.

۲. بیات، ح.، مردانی، ح.، آرویی، ح.، و سلاح‌ورزی، ی.، ۱۳۹۰. تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانهال‌های خیار تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸(۳): ۶۳-۷۶.

۳. پسندی‌پور، ا.، فرح‌بخش، ح.، صفاری، م .، و کرامت، ب.، ۱۳۹۲. اثر سالیسیلیک اسید بر برخی واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه شنبلیله تحت تنش شوری. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲۶): ۲۱۵-۲۲۸.

۴. پیرسته‌انوشه، ه.، امام، ی.، روستا، م ج.، و هاشمی س ا.، ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو رقم نصرت در شرایط تنش شوری. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۳۲-۲۴۴.

۵. پیری، ح.، و بامری ا.،۱۳۹۸. برهم‌کنش مقادیر آب و کودهای آلی و شیمیایی بر بهره‌وری آب گیاه سیر در زهک دشت سیستان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۲): ۲۴۹-۲۶۳.


Archive of SID.ir

Archive of SID.ir




۶. سعیدی، ر.، ۱۴۰۱. اثر آبیاری با آب شور بر روی عملکرد عدس، در مقایسه با شرایط غیرشور کشت دیم (در قزوین). مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۵۳(۲): ۲۶۳-۲۷۵.

۷. سعیدی، ر.، a ۱۴۰۰. اثر تنش خشکی و شوری در برآورد عملکرد ذرت علوفه‌ای از طریق تبخیر-تعرق دوره‌ای، با استفاده از مدل‌های مختلف. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۵(۲): ۱۰۷-۱۲۲.

۸. سعیدی، ر.، b ۱۴۰۰. جداسازی تبخیر و تعرق در کشت ذرت و بررسی پاسخ آن‌ها به سطوح مختلف آبیاری. مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۵۲(۵): ۱۲۶۳-۱۲۷۳.

۹. سیدان، س. م.، و قدمی فیروزآبادی ع.، ۱۳۹۸. بهره‌وری عوامل تولید محصول سیر در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی در استان همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳(۱۳): ۸۴۵-۸۵۴.

۱۰. شیرمردی، ح ع.، قلی‌پور، ز.، جهانبازی، ح.، ایرانمنش، ی.، طالبی، م.، و محمدی، ح.، ۱۳۹۹. کشت موسیر در اراضی دیم رها شده و مراتع کم بازده. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری. چاپ اول. ۱-۲۱.

۱۱. ظفری قلعه‌رودخانی، ب.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، کامکار، ب.، و فیروزفرد، م.، ۱۳۹۶. تأثیر تراکم بوته بر روابط آلومتریک بین ارتفاع بوته و صفات رویشی در گندم.نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۵(۲): ۲۸۶-۲۹۷.

۱۲. طباطبایی، س. ع.، کوچکی، ه ر، و ملاصادقی، ج.، ۱۳۹۲. ارزیابی تحمل به شوری ارقام جو در شرایط آزمایشگاه و مزرعه. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۵(۲۰): ۸۷-۱۰۱.

۱۳. عارفخانی، م.، خیرخواه، م.، قربانزاده نقاب، م.، و بابائیان، م.، ۱۳۹۶. مطالعه تأثیر وزن اولیه غده بذری و کود دامی بر زادآوری و عملکرد موسیر (*Allium altissimum* Regel) در شرایط آب و هوایی شیروان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۹(۳): ۷۴۹-۷۵۹.

۱۴. عزیزی، م.، و کامران نژاد ج.، ۱۳۹۷. مطالعه تأثیر شوری و بافت خاک بر عملکرد سیر (*Allium sativum* L.). دومین کنفرانس بین‌المللی گیاهان دارویی، کشاورزی ارگانیک. ۲۲ اسفند. مشهد.۱- ۷.

۱۵. کافی، م.، رضوان بیدختی، ش.، و سنجابی، س.، ۱۳۹۰. اثر زمان کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه موسیر(Allium altissimum Regel) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه علوم باغبانی. ۲۵(۳): ۳۱۰-۳۱۹.

۱۶. منصوری، ح.، بنایان اول، م.، رضوانی مقدم، پ.، و لکزیان، ا.، ۱۳۹۳. مدیریت کوددهی نیتروژن، آبیاری و تراکم کاشت در گیاه دارویی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium*) با استفاده از روش بهینه‌سازی مرکب مرکزی. ویژه نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۴۱-۶۰.

۱۷. نقاشی، ع. م.، رستمی، م.، و قبولی، م.، ۱۳۹۹. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیک موسیر. ششمین کنفرانس ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری. شهریور. تهران. ۱-۷.

18. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and M., Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper No.56, 1-326.

19. Barile, E., Capasso, R., Izzo, A A., Lanzotti, V., Sajjadi, S. E., and Zolfaghari, B., 2005. Structureactivity relationships for saponins from Allium hirtifolium and Allium elburzense and their antispasmodic activity. Planta Medica. 71: 1010-1018.

20. Biareh, V., Shekari, F., Sayfzadeh, S., Zakerin, H., Hadidi, E., Beltrao, J G T., and Mastinu, A., 2022. Physiological and qualitative response of Cucurbita pepo L. to salicylic acid under controlled water stress conditions. Horticulturae. 8: 79.


Archive of SID.ir

Archive of SID.ir




21. Doorenbos, J., and Kassam, A K., 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, United Nations, Rome. 176 p.
22. Fasihzadeh, S., Lorigooini, Z., and Jivad, N., 2016. Chemical constituents of Allium stipitatum regel (Persian shallot) essential oil. Journal of Der Pharmacia. 8(1): 175-180
23. Gunes, Y., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E G, and Cicek, G N., 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (Zea maysL.) grown under salinity. Journal of plant physiology, 164: 728-736.
24. Gupta, U S., 2005. Physiology of stressed crops; (Vol. II) Nutrient relations. Science Publishers, Inc. 253 p.
25. Han, J R., 1973. Visual qualification of wheat development. Journal of Agron. 65:116-119.
26. Hayat, S., Hasan, S A., Fariduddin, Q., and Ahmad, A., 2008. Growth of tomato in response to salisylic asid under water stress. Journal of plant interact. 3: 297-304.
27. Kadayifci, A., Tuylu, G İ., Ucar, Y., and Cakmak, B., 2005. Crop water use of onion (Allium cepa L.) in Turkey. Journal of Agricultural water management. 72(1): 59–68.
28. Kingsbury, R W., Epstein, E, and Pearcy, R W., 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Journal of plant physiology, 74: 417-423.
29. Kiremit, M S, and Arslan, H., 2016. Effects of irrigation water salinity on drainage water salinity, evapotranspiration, and other leek (Allium porrum L.) plant parameters. Journal of scientia horticulturae. 201: 211–217
30. Koo, Y M., Heo, A Y., and Choi, H W., 2020. Salicylic acid as a safe plant protector and growth regulator. Plant. Pathol. 36: 1–10
31. Maas, E V., and Grattan, S R., 1999. Crop yields as affected by salinity. In: Agricultural drainage agronomy monograph. 55-108.
32. Saeidi, R., Ramezani Etedali, H., Sotoodenia, A., Kaviani, A., and Nazari, B., 2021. Salinity and fertility stresses modifies $K_s$ and readily available water coefficients in maize (Case study: Qazvin region). Journal of irrigation science. 39: 299- 313.
33. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon. K., 1999. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant growth regulation. 30: 157-161.
34. Tasgin, E., Atici, O., Nalbantoglou, B., and L Popova, P., 2006. Effects of salicylic acid and cold treatments on protein levels and on the activities of antioxidants enzymes in the apoplast of winter wheat leaves. Phytochemistry. 67: 710-15.
35. Tavakkoli, E., Rengasamy, P., and McDonald, G K., 2010. High concentrations of $Na^+$ and $Cl^-$ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. Journal of experimental botany, 61: 4449-4459.
36. Turhan, M S., Kuscu, H., Özmen, N., and Demir, A O., 2014. The effect of different salinity levels on the yield and some quality parameters of garlic (Allium sativum L.). Journal of agricultural sciences. 20: 280–287.
37. Yousefvand, P., Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., and Mastinu, A., 2022. Salicylic acid stimulates defense systems in allium hirtifolium grown under water deficit stress. Journal of molecules. 27: 1-23.
38. Yuliani, F., 2017. Respon morfologi dan fisiologi tanaman bawang merah (Allium cepa L.) Terhadap cekaman salinitas. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.


Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



# Effect of Salicylic Acid Spraying on Shallot Yield under Salinity Stress Conditions

**R. Saeidi*, M. M. Zarrabi, and D. Babaei**

Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. **saeidi@org.ikiu.ac.ir**

Associate Prof., Department of Horticultural Science Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. **zarrabi@eng.ikiu.ac.ir**

MSc. student, Department of Horticultural Science Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. **davoodbabaei744@yahoo.com**

Received: July 2023 and Accepted: September 2023

## Abstract

In this research, the effect of irrigation water salinity and salicylic acid spraying were investigated on the yield of shallot (Qazvin local variety). Water salinity treatments at four levels of 2($S_1$), 4($S_2$), 6($S_3$), and 8($S_4$) $dS.m^{-1}$ and salicylic acid at four concentrations of 0($A_1$), 0.5($A_2$), 1($A_3$) and 2($A_4$) mM were applied in the greenhouse. The experiment was performed as factorial and in a completely randomized design, with three replications. Soil moisture was measured daily, and irrigation scheduling was done based on it. Results showed that salinity stress reduced crop water uptake and shallot tuber weight. Salicylic acid application improved crop water status and increased tubers weight under salinity stress. $A_4$ treatment was the ideal concentration for maximum yield. Application of 2 mM salicylic acid at salinity levels of $S_1$, $S_2$, $S_3$, and $S_4$ increased tubers yield by 11.6%, 32%, 40% and 91%, respectively, compared to the control ($A_1$). The response of dry yield to evapotranspiration showed that by increasing salinity stress, percentage of yield decreased more than the percentage of evapotranspiration. Use of salicylic acid decreased dry yield sensitivity to salinity stress, such that from treatment $S_1$ to $S_4$ yield response coefficients (Ky) were between 1.01- 1.62 (in $A_1$ treatment), 0.93- 1.3 ($A_2$), 0.48- 1.09 ($A_3$) and 0.31- 0.97 ($A_4$). The effect of salicylic acid on water productivity were calculated between 2.13- 1.14 (in $A_1$), 2.15- 1.68 ($A_2$), 2.26- 2 ($A_3$), and 2.38- 2.19 $kg.m^{-3}$ ($A_4$). In conditions of using saline water for crop irrigation, application of salicylic acid will increase water productivity. Based on the experiment results and in conditions of lack of high-quality water for irrigation, salicylic acid spraying on crops will be a suitable method to reduce the harmful effects of salinity stress.

**Keywords:** Yield response coefficient, Medicinal crop, Soil salinity, Water productivity

* - Corresponding author's email: saeidi@org.ikiu.ac.ir

Archive of SID.ir