اثر اسیدهای آلی بر ویژگی‌های رویشی گیاه منداب در آبیاری با آب شور

مریم محمدی[۱]، محمد حشمتی رفسنجانی[۲*] ، امان الله جوانشاه [۳]

[1و 2] به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

[3]استادیار مرکز تحقیقات پسته، رفسنجان، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثرات اسیدهای آلی بر رشد گیاه منداب در شرایط آبیاری با آب شور، این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل ۱۲ تیمار و در ۴ تکرار در ۴۸ واحد آزمایشی انجام شد. فاکتورها شامل ترکیب اسیدهای آلی (فولویک اسید و سیتریک اسید به نسبت یک به سه) در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم بر لیتر آب آبیاری و فاکتور شوری آب آبیاری در سه سطح ۰/۸ (آب شهر)، پنج و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بودند. پس از استقرار بوته‌ها، تعداد پنج بوته در گلدان نگه‌داری و از هفته‌ی سوم (سه تا چهار برگه شدن نهال‌ها) تیمارها اعمال شدند. ترکیب اسیدهای آلی همراه با آب آبیاری هر پنج روز یکبار طی هشت هفته، به گلدان‌ها داده شد. نتایج تجزیه‌ی واریانس اثر معنی‌دار فاکتورهای شوری و غلظت اسیدهای آلی در آب آبیاری بر روی ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و مقدار کلروفیل برگ را نشان داد و در مورد میزان کاروتنوئید فقط اثر متقابل دو فاکتور معنی‌دار بود. با افزایش شوری تمامی ویژگی‌های رشدی مورد مطالعه کاهش و با مصرف اسیدهای آلی بهبود پارامترهای رشدی مشاهده گردید. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد اسیدهای آلی سبب افزایش وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته گیاه منداب شد. در شرایط شور بیش‌ترین عملکرد ریشه و اندام هوایی در سطح ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی مشاهده گردید اما مقدار کلروفیل بین سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی تفاوت معنی‌داری نداشت و بیشترین میزان کاروتنوئید در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در سطح ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی بود.

واژه‌های کلیدی: اسید سیتریک، اسید فولویک،کلروفیل، ماده خشک، هدایت الکتریکی

مقدمه

شوری پس از خشکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است. امروزه شوری خاک‌های کشاورزی و منابع آب که منجر به تخریب اراضی می‌گردد، به یک معضل جهانی در اراضی تحت آبیاری تبدیل شده است، که بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارند (Farooq *et al.*, 2015). استفاده از آب‌های شور با کیفیت نامناسب، عملیات کشاورزی از قبیل کوددهی، تبخیر و تعرق شدید با آبشویی ناکافی، فقدان زمین‌های مناسب و عدم مدیریت آبیاری و زهکشی مشخص، از جمله دلایل اصلی شور و سدیمی شدن خاک هستند. اثرات مضر شوری بر رشد گیاه از دو جنبه افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش آب قابل دسترس و همچنین اثرات خاص برخی از عناصر موجود در غلظت‌های بالا اهمیت دارد.

منداب، *Eruca sativa Mill.*، گیاهی یک ساله از خانواده Brassicaceae است که در ایران در محدوده وسیعی از بلوچستان تا کناره‌های دریای خزر می‌روید. اگرچه این گیاه در بعضی مناطق به عنوان یک علف هرز شناخته شده، ولی به‌دلیل کاربردهای گوناگون مانند استفاده‌های مختلف دارویی و علوفه‌ای و همچنین داشتن صفات با ارزش مانند

رشد رویشی سریع، مقاومت عالی در برابر تنش زنده و غیر زنده و تنوع ژنتیکی، به‌ویژه در سال‌های اخیر، مورد توجه قرار گرفته‌است (نژادحسن و همکاران، ۱۳۹۶).

استفاده از اسید فولویک در خاک‌های شور یک راهکار مناسب برای اصلاح آن است. فولویک اسید حلالیت بالایی در محلول خاک و پهاش خاک‌های کشاورزی دارد و در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و نگهداشت آب در خاک موثر است. فولویک اسید با عناصر ضروری از جمله آهن، روی و کلسیم به آسانی کمپلکس شده و انتقال آنان را از محلول خاک به سمت ریشه افزایش می‌دهد. از طرفی با گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و رشد آن، جذب عناصر غذایی توسط گیاه را بهبود بخشیده و افزایش عملکرد گیاه را منجر می‌شود (Moradi *et al*., 2017). اسید سیتریک نیز یک اسید آلی مهم برای رشد گیاه است، که با افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش فلزات سنگین در ارتباط است. ترشح اسید سیتریک از ریشه گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی قرار گرفته‌اند سبب افزایش مکانیسم‌های دفاعی گیاه، افزایش رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌شود. سیتریک اسید هم‌چنین از کاهش محتوی آب گیاه ناشی از تنش شوری یا قلیایی خاک جلوگیری کرده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Sun and Hong, 2011).

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر اسیدهای آلی فولویک و سیتریک بر روی رشد گیاه منداب در شرایط آب شور، در شرایط گلخانه، در رفسنجان انجام گردید. این طرح به صورت فاکتوریل کاملاً تصادفی شامل ۱۲ تیمار و در چهار تکرار انجام شد. فاکتورها شامل ترکیب اسیدهای آلی فولویک و سیتریک به نسبت یک به سه در چهار سطح صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و فاکتور قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری، در سه سطح ۰/۸ (آب شهر)، پنج و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بودند. تیمارهای هدایت الکتریکی پنج و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، با استفاده از آب شور یک چاه آب آبیاری منطقه و رقیق‌سازی با آب شهر تهیه شدند.

هر گلدان محتوی پنج کیلوگرم خاک بود که برای متعادل شدن وضعیت عناصر غذایی از ترکیب مشابه هوگلند همراه با آب آبیاری استفاده شد. دو روز بعد از آبیاری و استقرار خاک در گلدان‌ها، در هر گلدان تعداد ۱۲ عدد بذر منداب کشت و طی دو هفته آبیاری گلدان‌ها با آب شهر، با قابلیت هدایت الکتریکی برابر با ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند. در این مرحله که بوته‌ها سه تا چهار برگه شده بودند اقدام به تنک کردن بوته‌ها کرده و در هر گلدان ۵ بوته منداب باقی گذاشته شد، سپس گلدان‌ها را به‌صورت تصادفی در گلخانه قرار داده و به مدت هشت هفته، تیمارها اعمال شدند. در اعمال تیمارها، از صفر، پنج، ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر محلول یک در هزار ترکیب اسیدها، در حجم نهایی یک لیتر آب آبیاری، استفاده گردید. آبیاری هر ۵ روز یک نوبت با ۵۰۰ میلی‌لیتر طی هشت هفته انجام شد، بدین ترتیب در سطوح مختلف اسیدهای آلی، گلدان‌ها به ترتیب مقادیر صفر، ۲۷/۵، ۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم از ترکیب اسیدهای آلی دریافت کردند. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ و تجزیه‌ی آماری با نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال آماری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر معنی‌دار شوری آب آبیاری، کاربرد اسیدهای آلی و برهم‌کنش معنی‌دار این دو فاکتور را در سطح یک درصد آماری بر روی ماده‌ی خشک ریشه و اندام هوایی، ارتفاع بوته و مقدار کلروفیل برگ نشان داد و در مورد کارتنوئید برگ فقط برهم‌کنش بین دو فاکتور در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به

معنی‌دار شدن بر هم‌کنش دو فاکتور، مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد بررسی، با آزمون دانکن در سطح پنج درصد آماری، انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ریشه و اندام هوایی (گرم بر گلدان) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) گیاه منداب.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع بوته	کلروفیل کل	کارتنوئید
شوری آب آبیاری	۲	۱۱/۷ **	۱۳/۹ **	۶۵۶ **	۱۴/۶ **	۰/۰۹ ns
اسیدآلی	۳	۴/۳ **	۸/۲ **	۲۱۶ **	۲۶/۲**	۰/۳۱ ns
شوری آب آبیاری * اسیدآلی	۶	۱۲/۵ **	۲۴/۹ **	۱۲۷۴ **	۲۷/۶**	۱/۹۲ **
خطا	۳۶	۰/۸	۱/۳	۲۷/۲	۰/۳۵	۰/۲۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۵	۱۳/۸	۱۳/۲	۲/۷۱	۷/۰۲

ns و ** به ترتیب بدون اثر معنی‌دار و اثر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد آماری.

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته گیاه منداب (جدول ۲) نشان داد که تغییرات معنی‌دار ارتفاع بوته با افزایش غلظت اسیدهای آلی در آب آبیاری بستگی به مقدار هدایت الکتریکی آب آبیاری داشته و روند تغییرات در سطوح شوری مختلف، متفاوت بود به طوری‌که در غلظت پنج میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی ارتفاع بوته در شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر از دو سطح قبلی اسید به طور معنی‌داری بیشتر بود ولی در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در این سطح کمترین ارتفاع بوته مشاهده شد که با غلظت صفر و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی، اختلاف معنی‌دار داشت، البته در اثرات اصلی، میانگین در شوری‌های مختلف، ارتفاع بوته در سطح ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی، به‌طور معنی‌داری بیشتر از سطوح دیگر بود.

مقایسه اثرات اصلی شوری آب بر ارتفاع بوته نشان داد که با افزایش شوری ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت و کم‌ترین آن در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد که در مقایسه با آب شهر (۰/۸ EC دسی‌زیمنس بر متر) ۲۷ درصد کاهش معنی‌دار داشت. برهمکنش کاربرد اسیدهای آلی و شوری آب بر ارتفاع بوته گیاه منداب نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته با کاربرد تیمار ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمده است که در مقایسه با تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) ۶۵ درصد افزایش معنی‌دار داشت و با تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی در شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین ارتفاع بوته نیز با کاربرد تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ترکیب اسیدهای آلی در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد ۵۳ درصد کاهش معنی‌دار داشت و با برخی دیگر از تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۲ - مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته منداب (سانتی‌متر) در تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و شوری آب آبیاری.

اسیدهای آلی	قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)			
(میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۸	۵	۱۰	
۰	۳۷/۰ ef	۳۳/۰ f	۴۱/۲e	**۳۷/۱ BC**
۵	۶۰/۰ab	۲۱/۰ h	۲۵/۰ gh	**۳۵/۳ C**
۱۰	۵۰/۲ cd	۵۳/۰ bc	۱۷/۵ h	**۴۰/۲ B**
۲۰	۲۹/۲ fg	۶۱/۰ a	۴۴/۷ de	**۴۵/۰ A**
	۴۴/۱ A	**۴۲/۰ A**	**۳۲/۱B**	

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند. میانگین اثرات اصلی با حروف مشترک بزرگ در هر سطر یا ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

کاهش ماده‌ی خشک تولیدی، کم شدن کارایی فتوسنتز و تغییر در میزان تورگر برگ از اثرات اولیه تنش شوری در گیاهان است (Munns, 2002). رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از راه اسمزی و بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، یا به دلیل تاثیرات ویژه‌ی یون‌ها در فرآیندهای متابولیسمی کاهش یابد و یکی از بارزترین اثرات کاهش رشد کاهش سطح برگ است. رهی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که مصرف کود هیومیک اسید موجب افزایش سطح و تعداد برگ و افزایش رشد عمومی گیاه *Dactylis glomerata* شده است که با نتایج کاریرد فولیک اسید و سیتریک اسید در این پژوهش و افزایش ارتفاع بوته در یک راستا بوده و هم‌خوانی دارد.

وزن خشک ریشه و اندام هوایی

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین با افزایش مقدار اسیدهای آلی در آب آبیاری، وزن خشک ریشه گیاه منداب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول۳). بیشترین مقدار وزن خشک ریشه گیاه منداب در سطح۴ (۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی) به‌دست آمد که به‌طور متوسط ۳۱ درصد نسبت به سطح عدم کاربرد اسیدهای آلی افزایش نشان می‌داد. با افزایش سطوح شوری وزن خشک ریشه گیاه منداب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین مقدار آن در سطح ۳، یعنی هدایت الکتریکی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری بود که در مقایسه با سطح شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، متوسط ۲۹ درصد کاهش داشت؛ هرچند بین سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و آب شهر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های وزن خشک ریشه گیاه منداب (گرم بر گلدان) در تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و شوری آب آبیاری

اسیدهای آلی	قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)			
(میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۸	۵	۱۰	
۰	۵/۰۵ cd	۴/۳۳ de	۳/۸۵ de	**۴/۴۰C**
۵	۷/۸۵ a	۳/۲۷ e	۳/۶۵ de	**۴/۹۳ BC**
۱۰	۶/۳۵bc	۶/۷۵ ab	۳/۲۵ e	**۵/۴۵ AB**
۲۰	۴/۳۱de	۶/۹۵ ab	۶/۰۷ bc	**۵/۷۸ A**
	۵/۹۰ A	**۵/۳۰ A**	**۴/۲۰ B**	

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند. میانگین اثرات اصلی با حروف مشترک بزرگ در هر سطر یا ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج برهم‌کنش تیمارهای شوری و ترکیب اسیدهای آلی بر وزن خشک ریشه گیاه منداب (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک ریشه، ۷/۸۵ گرم در گلدان، در تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) ۵۵ درصد افزایش معنی‌دار نشان داد. هرچند با تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی در شوری ۵ دسی-زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن خشک ریشه، ۳/۲۵ گرم، نیز در سطح۳ اسیدهای آلی (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی) و سطح۳ شوری (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد ۳۶ درصد کاهش نشان داد و با برخی دیگر از تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین اثر مثبت سطح ۴ اسیدهای آلی، در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود و در آب با شوری پایین حتی کاهش وزن خشک ریشه نیز مشاهده شد ولی در شوری متوسط (پنج دسی‌زیمنس بر متر) کاربرد ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی کافی بوده و با سطح ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی اختلاف معنی‌داری نداشتند.

بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر ترکیب اسیدهای آلی و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) ۹۶ درصد افزایش معنی‌دار داشت (جدول ۴). کم‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی نیز در تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که با تیمار شاهد و برخی دیگر از تیمارها، تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی منداب (گرم گلدان) در تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و شوری آب آبیاری.

اسیدهای آلی	قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)			
(میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۸	۵	۱۰	
۰	۶/۴۵^{ef}	۶/۹۰^{def}	۷/۸۵^{de}	۷/۰۶^{b}
۵	۱۲/۶۵^{a}	۵/۵۲^{f}	۶/۸۷^{def}	۸/۳۵^{a}
۱۰	۹/۸۸^{bc}	۹/۶۵^{bc}	۶/۰۲^{ef}	۸/۵۲^{a}
۲۰	۷/۷۰^{de}	۱۰/۸۳^{b}	۸/۴۸^{cd}	۹/۰۰^{a}
	۹/۱۷^{a}	۸/۲۲^{b}	۷/۳۱^{c}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند. میانگین اثرات اصلی با حروف مشترک بزرگ در هر سطر یا ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که اسیدهای آلی، از جمله اسید فولویک، با بهبود وضعیت تغذیه‌ای، رشد و نمو گیاهان را افزایش می‌دهند. اسید فولویک هم‌چنین می‌تواند جذب برخی از یون‌های فلزات سمی را کاهش دهد (Mindari, et al., 2014). براساس نتایج یک پژوهش، مصرف اسید هیومیک موجب افزایش سطح برگ، تعداد برگ، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه‌ی گیاه *Dactylis glomerata* گردید (رهی و همکاران، ۱۳۹۱) که بیانگر نقش مثبت اسیدهای آلی در تغذیه و بهبود عوامل مؤثر بر رشد گیاه است و بر اساس نتایج این پژوهش ترکیب دو اسید آلی فولیک و سیتریک نیز می‌تواند نقش مشابهی در شرایط آبیاری با آب شور، داشته باشد.

کلروفیل و کارتنوئید

مقایسه میانگین کلروفیل کل در گیاه منداب (جدول ۵) نشان داد که در آب با شوری پایین، کاربرد اسیدهای آلی مقدار کلروفیل کل را به‌طور معنی دار نسبت به سطح عدم کاربرد، کاهش داد در حالی‌که در آب با هدایت الکتریکی پنج کاربرد ۱۰ و میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی، و در شوی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر هر سه سطح مصرف اسیدهای آلی مقدار کلروفیل را به‌طور معنی داری افزایش داد. بیش‌ترین میزان کلروفیل در تیمار پنج میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که ضمن اختلاف ناچیز با تیمار ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی و شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر با تیمارهای با سطح بالاتر اسیدهای آلی در همان شوری، اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان کلروفیل نیز در تیمار عدم کاربرد اسیدهای آلی و شوری پنج دسی‌زیمنس برمتر به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد ۲۱ درصد کاهش معنادار نشان داد و با تیمار پنج میلی‌گرم بر لیتر ترکیب اسیدهای آلی و شوری پنج دسی‌زیمنس برمتر، تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۴- **مقایسه میانگین‌های میزان کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم) در تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و شوری آب آبیاری در گیاه منداب.**

اسیدهای آلی	قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)			
(میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۸	۵	۱۰	
۰	۲۲/۷۳ b	۱۸/۰۰ e	۱۹/۴۷ d	۲۰/۰۷ d
۵	۲۱/۱۵ c	۱۸/۵۴ e	۲۴/۷۳ a	۲۱/۴۷ c
۱۰	۱۹/۷۱ d	۲۴/۳۱ a	۲۴/۰۵ a	۲۲/۶۹ b
۲۰	۲۱/۷۰c	۲۴/۷۲ a	۲۳/۹۰ a	۲۳/۴۵ a
	۲۱/۳۲ b	۲۱/۴۰ b	۲۳/۰۴ a	

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند. میانگین اثرات اصلی با حروف مشترک بزرگ در هر سطر یا ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

نیتروژن ساختار اصلی تمامی آمینواسیدها در پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌باشد که به عنوان ترکیبات ساختاری کلروپلاست فعالیت می‌کنند که در نهایت باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه می‌گردد. نتایج تحقیقات نشان داده است که کاربرد اسید فولویک باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ زیره سبز می‌گردد (Khan *et al.*, 2012).

بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۶) بیشترین میزان کارتنوئید در تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم بر لیتر ترکیب اسیدهای آلی و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) به دست آمد که با تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی، در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی، در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری ندارد. کم‌ترین میزان کارتنوئید نیز در تیمار بدون کاربرد اسیدهای آلی و شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد ۲۳ درصد کاهش معنی‌دار داشت.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های مقدار کارتنوئید منداب (میلی‌گرم بر گرم) در تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و شوری آب آبیاری

ترکیب اسیدهای آلی (میلی‌گرم بر لیتر)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)		
	۰/۸	۵	۱۰
۰	۷/۷۲ a	۶/۲۰ ef	۵/۹۲ f
۵	۶/۴۸ def	۶/۶۴ b-f	۷/۲۶ a-d
۱۰	۶/۵۶ c-f	۷/۱۵ a-d	۷/۲۸ a-c
۲۰	۶/۷۶ b-e	۷/۳۶ ab	۶/۴۸ d-f

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

براساس نتایج کاربرد اسیدهای آلی، در آب آبیاری با شوری پنج و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کاروتنوئید را به طور معنی داری افزایش داد اما بیشترین تأثیر بسته به سطح شوری آب مربوط به مقادیر مصرف ۱۰ یا ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی بود (جدول ۶). کاروتنوئیدها به عنوان آنتی اکسیدان عمل کرده و از کلروفیل‌های موجود در گیاهان محافظت می‌کنند. بنابر این می‌توان گفت کاربرد اسیدهای آلی در آب آبیاری شور، می‌تواند تا حد زیادی اثرات منفی شوری بر کلروفیل را کاهش داده و با افزایش عمر بافت‌های گیاهی موثر در فرآیند فتوسنتز، بهبود عملکرد گیاه را سبب شود. این نتیجه با گزارش سوفی و همکاران (۲۰۱۸) در خصوص تأثیرات مثبت کاربرد اسید هیومیک در افزایش کلروفیل a، b و کاروتنوئید و تأمین آب و عناصر غذایی در گیاه تحت تنش شوری، هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر بیانگر آن است که در شرایطی که شوری آب آبیاری باعث کاهش رشد عمومی گیاه منداب (ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و اندام هوایی) و کاهش ویژگی‌های مرتبط با رشد، کلروفیل و کاروتنوئید، می‌شود مصرف ترکیبی اسیدهای آلی فولویک و سیتریک تا حدود زیادی می‌تواند این اثرات منفی را کاهش داده و موجب افزایش رشد گیاه گردد. تأثیر کاربرد اسیدهای آلی در تمام سطوح شوری دیده می‌شود اما با شوری‌های پنج و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، کاربرد حداکثر ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهای آلی قابل توصیه است.

منابع

رهی، ع.، داوودی فرد، م.، عزیزی، ف.، حبیبی، د. ۱۳۹۱. بررسی تاثیرات مقادیر مختلف هیومیک اسید و مطالعه روند منحنی های پاسخ در گونه *Dactylis glomerata*. مجله زارعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره ۳: ۲۸-۱۵.

نژاد حسن، ب.، زینلی، ا.، سیاهمرگویی، آ.، قادری فر، ف .، سلطانی، ا. ۱۳۹۶. مطالعه واکنش جوانه زنی بذر گیاه فراموش شده منداب (*Eruca sativa Mill.*) به برخی عوامل محیطی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد ۲۴، شماره ۲: ۷۷-۹۱.

Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., Siddique, K.H. 2015. Salt stress in maize: Effects, resistance mechanisms, and management. A review. Agronomy for Sustainable Development, 35: 461-481.

Khan, A., Guramni, A.R., Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar, M.E., Khan,S., 2012. Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). Journal of Chemical Society of Pakistan, 6:56-63.

Mindari, W., Kusuma, Z., Aini, N., Syekhfani. 2014. Effects of humic acid-based buffer + cation on chemical characteristics of saline soils and maize growth. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 2(1): 259-268.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 28, 239-250.

Sofi, A., Ebrahimi, M., Shirmohammadi, E. 2018. Effect of humic acid on germination, growth, and photosynthetic pigments of *Medicago sativa* L. under salt stress. ECOPERSIA, 6(1): 21-30.

Moradi, P., Pasari, B., Fayyaz, F. 2017. The effects of fulvic acid application on seed and oil yield of safflower cultivars. Journal of Central European Agriculture, 18(3): 584-597.

Sun, Y.L., Hong, S.K. 2011. Effects of citric acid as an important component of the responses to saline and alkaline stress in the halophyte Leymus chinensis (Trin.). Plant Growth Regulation, 64(2): 129-139.

The effects of organic acids on growth parameters of *Eruca sativa* Mill. under saline water irrigation

Maryam Mohammadi[1], Mohammad Heshmati Rafsanjanir[2*], Aman-allah Javanshaah[3]
[1 and 2] Graduate M.Sc. of Soil Science and Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultur, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran, respectively.
[3] Assistant Professor, Research Center of Pistachio, Rafsanjan, Iran
[*]*Corresponding Author: heshmati@vru.ac.ir*

Abstract

This research was conducted to investigate the effects of organic acids on growth of *Eruca sativa* Mill. under saline water irrigation in a factorial randomized complete design with 12 treatments in 4 repeats. The factors were included organic acids (a mixed of fulvic acid and citric acid in 1:3 ratio) in irrigation water in 0, 5, 10, and 20 mg/l levels and electrical conductivity (EC) of irrigation water in 0.8, 5, and 10 dS/m levels. Applying the treatments started two weeks after sowing, at 3-4 leaves stage, in pots with 5 seedlings, as irrigation water and continued for 8 weeks (totally 11 times). The results of ANOVA showed significant effect of factors and their interaction on height, shoots and roots dry matter, and leaves chlorophyll content, but carotenoids content was significantly affected only by interaction of two factors. Increasing the EC of irrigation water decreased all studied growth parameters, while organic acids had positive effects on these parameters. According to the results, applying organic acids were increased dry matter of roots and shoots, and plant height. In saline irrigation water, the maximum of roots and shoots dry matter were observed in 20 mg/l organic acids level but there was no significant difference between the means of chlorophyll in 10 and 20 mg/l organic acids levels. In third level of irrigation water salinity (EC=10 dS/m), the maximum amount of carotenoid was observed in 10 mg/l organic acid level.

***Keywords*:** Chlorophyll, Citric acid, Dry matter, Electrical conductivity, Fulvic acid