تأثیر اسید هیومیک بر رشد و محتوای عناصر غذایی برگ و ریشه توت‌فرنگی رقم سابرینا در شرایط تنش شوری

پیام خدامرادی[۱]، جعفر امیری[۱*]، سعید عشقی[۲] و بهنام دولتی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۴)

چکیده

شوری از مخرب‌ترین تنش‌های غیرزنده محیطی است که میزان تولید محصولات کشاورزی را در دنیا محدود می‌کند. به‌منظور تعیین اثر اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و جذب عناصر در توت‌فرنگی رقم سابرینا (*Fragaria ananassa* Duch cv. Sabrina) در شرایط تنش شوری، آزمایشی گلخانه‌ای با سه عامل شامل دو روش کاربرد اسید هیومیک (محلول‌پاشی برگی، کاربرد در محیط کشت)، سه غلظت اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سه سطح شوری (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار، انجام شد. نتایج نشان داد که در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار، میزان کاهش وزن تازه شاخساره و ریشه به‌ترتیب ۳۶/۶۵ و ۲۶/۸۵ درصد در مقایسه با شاهد بود. با افزایش شوری، غلظت عنصر سدیم افزایش و غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ و ریشه کاهش یافت. در تیمار شوری ۴۰ میلی‌مولار، کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک، میزان کلسیم ریشه را ۶۵٪ افزایش داد. کاربرد اسید هیومیک، غلظت سدیم را در برگ و ریشه کاهش داده و غلظت عناصر آهن و روی را بهبود بخشید. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد اسید هیومیک (به‌ویژه در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌تواند آثار منفی شوری را در توت‌فرنگی رقم سابرینا تعدیل کند.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، سدیم، کاربرد خاکی، کلسیم، وزن تازه ریشه

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی در دنیا در سال‌های آینده با چالش‌های جدی مانند افزایش جمعیت، کاهش منابع طبیعی و تغییرات آب و هوایی مواجه است. این درحالی است که افزایش تولید همسان با افزایش تقاضا پیش نمی‌رود. از دلایل این کاهش، می‌توان به مواردی مانند تنش‌های غیرزیستی مختلفی مانند شوری، خشکی، دماهای کم یا زیاد، شرایط غرقابی، سمّیت فلزات، اُزن، تشعشعات ماورای بنفش و

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی،دانشگاه شیراز
۳. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: j.amiri@urmia.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

علف‌کش‌ها اشاره کرد (۳ و ۹). ثابت شده که بیش از ۵۰٪ کاهش تولید محصولات کشاورزی، نتیجه مستقیم تنش‌های غیرزنده است (۴۱). غلظت‌های زیاد نمک در خاک یا آب آبیاری می‌تواند باعث برهم زدن مراحل مختلف فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و نیز باعث از بین بردن هموستازی یونی در یاخته‌های گیاهان شود (۲۵ و ۵۰).

یون‌های سدیم و کلر، یون‌های اصلی تولید تغییرات فیزیولوژیک در گیاهان در شرایط تنش شوری محسوب می‌شوند. اما اهمیت یون کلر در ایجاد این تغییرات از سدیم بیشتر است (۵۱). تنش شوری باعث انباشت انواع اکسیژن فعال در بافت‌های گیاهی و آسیب رساندن به لیپیدهای غشاء و انباشت مالون‌دی‌آلدئید، آسیب به پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود. افزایش مولکول‌های پراکسید هیدروژن و مالون‌دی‌آلدئید می‌تواند باعث کاهش رشد و توان سازگاری گیاه در برابر تنش شوری شود (۵۳). پیچیدگی پاسخ گیاهان به تنش شوری می‌تواند مربوط به تأثیر شوری از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند ایجاد تنش اسمزی، سمیت یونی، عدم تعادل عناصر غذایی، کاهش غلظت دی‌اکسید کربن (با بسته‌شدن روزنه‌ها)، افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو باشد (۱۳ و ۵۲).

ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده و شوری آب و خاک در این کشور رو به افزایش است. در ایران، پرورش توت‌فرنگی هم به‌صورت مزرعه‌ای و هم به‌صورت کشت گلخانه‌ای صورت می‌گیرد.

توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) گیاهی حساس به شوری، با آستانه تحمل یک میلی‌موس بر سانتی‌متر است و با افزایش غلظت شوری، به‌شدت از عملکرد آن کاسته می‌شود (۳۱). در پژوهشی در هفت رقم توت‌فرنگی که در معرض سطوح مختلف شوری قرار داشتند، مشخص شد که رقم‌های آلبینو، کاماروزا و سان‌آندراس مقاومت بیشتری نسبت به شوری در مقایسه با رقم‌های بانیسیا، چاندلر و رادیانس داشتند (۴۸). در پژوهش دیگری در دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و آلبینو که در معرض سطوح مختلف شوری قرار داشتند مشاهده شد که با افزایش سطوح شوری در هر دو رقم، وزن تازه و خشک ریشه و شاخساره و نسبت ریشه به شاخساره کاهش یافت (۵). در دهه اخیر، از مواد مختلفی مانند محافظت‌کننده‌های اسمزی (پرولین، گلیسین‌بتایین و تری‌هالوز) (۳)، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (اسید جاسمونیک، اسید سالیسیلیک، براسینواستروئیدها و اسید جیبرلیک) (۳، ۸، ۲۹ و ۴۰)، مولکول‌های سیگنال (نیتریک اکسید و هیدروژن پراُکسید) (۳)، پلی‌آمین‌ها (اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین) (۲۸) و عناصرکمیاب (سلنیم و سیلیسیم) (۴۹) برای کاهش آثار منفی تنش شوری در گیاهان استفاده می‌شود.

اسید هیومیک، یک ترکیب پلیمر طبیعی است که درنتیجه پوسیدگی مواد آلی، خاک، پیت و لیگنین به‌وجود می‌آید که می‌تواند برای افزایش محصول به‌کار گرفته شود (۳۸). این ترکیب بیشتر به‌صورت خاکی، محلول‌پاشی و محلول در آب مورد مصرف قرار می‌گیرد. غالب اوقات در ترکیب با کودهای مایع دیگر نیز استفاده می‌شود (۱۵). ساختار مولکول‌های اسید هیومیک از زنجیرهای کربن تشکیل یافته که دارای مقادیر زیادی حلقه‌های آروماتیک است که مستقیماً یا از طریق پل‌های اکسیژن و نیتروژن به یکدیگر متصل شده‌اند. همچنین، مواد معدنی می‌توانند به سطح نقاط تبادلی ترکیبات هیومیکی بچسبند و قابل استفاده گیاهان شوند (۳۴). آقایی‌فرد و همکاران (۲) در رقم کاماروسا توت‌فرنگی نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم در برگ شد. عشقی و گاراژیان (۲۱) در رقم پاروس توت‌فرنگی نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول‌پاشی (در غلظت‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش وزن خشک شاخساره و ریشه شد. همچنین، در بررسی عامری و تهرانی‌فر (۶) در رقم کاماروسا توت‌فرنگی به این نتیجه رسیده شد که بیشترین غلظت نیتروژن برگ در غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بیشترین غلظت عناصر فسفر و پتاسیم برگ در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد. در بررسی اثر اسید هیومیک و قارچ میکوریزا بر فلفل (*Capsicum annuum*) در شرایط تنش شوری (شوری ۵۰

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌گرم بر کیلوگرم)، گزارش شده که بیشترین طول شاخساره و وزن خشک ریشه‌ها به‌ترتیب در غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک به‌دست آمد. همچنین، در این پژوهش، بیشترین میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در برگ و ریشه در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک به‌دست آمد (۵۱).

در پژوهشی روی طالبی رقم گالیا (*Cucumis melo* Galia) در شرایط تنش شوری، کاربرد خاکی اسید هیومیک (صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ لیتر در هکتار)، میزان جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم برگ را افزایش و میزان جذب سدیم را کاهش داد (۴۵). در دانهال‌های لیموترش مکزیکی (*Citrus aurantifolia* Swingle) کاربرد اسید هیومیک (صفر، ۱۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در شرایط تنش شوری (۱۵۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ میکروموس) باعث افزایش وزن تازه و خشک شاخساره و کاهش جذب سدیم و کلر شد (۱). در ژربرا، کاربرد اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی شد (۳۹).

از آنجایی که امروزه تولید توت‌فرنگی در دنیا اهمیت زیادی پیدا کرده و در کشور ما نیز گام‌های خوبی در جهت گسترش کشت این محصول، به‌ویژه در شرایط کشت هیدروپونیک در گلخانه، برداشته شده است، از این‌رو، پژوهش‌های کاربردی در این زمینه می‌تواند راهگشای برخی از مشکلات موجود، به‌ویژه در خاک‌هایی با درجات مختلف شوری، باشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید هیومیک به دو صورت محلول‌پاشی برگی و کاربرد در محیط کشت بر بهبود ویژگی‌های رویشی و جذب برخی عناصر ریزمغذی و درشت‌مغذی (در برگ و ریشه) در توت‌فرنگی رقم سابرینا در شرایط کشت هیدروپونیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر شوری (کلرید سدیم) و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم سابرینا در شرایط کشت هیدروپونیک، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی درگلخانه پارادیس واقع در شهر ارومیه و آزمایشگاه‌های گروه های علوم باغبانی و علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴ به اجرا در آمد.

تیمارهای آزمایشی شامل نوع کاربرد اسید هیومیک (محلول‌پاشی برگی و کاربرد در محیط کشت) (Sigma Aldrich, USA)، غلظت های اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، تنش شوری (NaCl به‌صورت کاربرد در محلول غذایی در سه سطح (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار) و میزان رسانایی الکتریکی نهایی همراه با محلول هوگلند (به‌ترتیب ۰/۸، ۱/۷ و ۳/۷ میلی‌موس بر سانتی‌متر) بود و با چهار تکرار اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان بود. در این پژوهش، بوته‌های یک‌دست و هم‌اندازه توت‌فرنگی رقم سابرینا تهیه شده و به گلدان‌هایی به ابعاد ۱۷×۱۵ سانتی‌متر منتقل شدند. هرگلدان محتوی دو بوته بود. مخلوط محیط کشت در این گلدان‌ها شامل پرلیت و کوکوپیت به نسبت حجمی ۱:۱ بود. گیاهان در گلخانه‌ای با شرایط نور طبیعی و دمای (شب/روز) ۵± ۲۷/۱۹ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد قرار گرفتند. از شروع کاشت بوته‌های توت‌فرنگی در گلدان‌ها، گیاهان هفته‌ای سه بار، ابتدا با ۱۰۰ میلی‌لیتر و در ادامه همزمان با افزایش رشد گیاهان با ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند (نیم غلظت) آبیاری شدند. بوته‌های توت‌فرنگی پس از استقرار در گلدان با محلول غذایی نیم غلظت هوگلند آبیاری شده (محلول غذایی هوگلند شامل ۲/۵ میلی‌مولار $Ca(NO_3)_2$، یک میلی‌مولار $MgSO_4$، ۲/۵ میلی‌مولار KNO_3، ۰/۵ میلی‌مولار KH_2PO_4، ۲۳ میکرومولار H_3BO_3، ۶ میکرومولار $MnSO_4$، ۰/۷ میکرومولار $ZnSO_4$، ۰/۳ میکرومولار $CuSO_4$، ۰/۱ میکرومولار H_2MoO_4 و ۳۲ میکرو مولار Fe-EDTA بوده و pH محلول غذایی برابر ۶/۳ بود) و پس از گذشت ۵۰ روز از کاشت بوته‌ها در گلدان‌ها (در مرحله گل‌دهی)، تیمارهای شوری اعمال شدند. نمک مورد استفاده برای تنش شوری، کلرید سدیم

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایشگاهی بود. این نمک، همراه با محلول غذایی هوگلند مورد استفاده قرار گرفت. غلظت‌های کلرید سدیم مورد استفاده شامل صفر (شاهد)، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار بودند. مدت زمان اعمال تنش شوری، یک ماه بود. گیاهان شاهد، تنها محلول غذایی نیم غلظت هوگلند (بدون نمک) دریافت کردند. برای جلوگیری از ایجاد شوک ناشی از تنش شوری به گیاهان، در اولین آبیاری پس از شروع تنش شوری، از نمک ۲۰ میلی‌مولار همراه با محلول غذایی هوگلند استفاده شد. در آبیاری دوم از نمک‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار، در محلول غذایی استفاده شد. هفته‌ای یک‌بار، شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب مقطر انجام گرفت تا تغییرات EC و pH ناشی از تجمع نمک‌ها در بستر کاشت در اثر انجام عمل آبشویی به کمترین حد ممکن برسد.

به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های رویشی گیاهان مورد آزمایش، در پایان آزمایش، صفاتی مانند وزن تازه شاخساره و ریشه به کمک ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک شاخساره و ریشه، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از خارج کردن نمونه‌ها از آون، وزن خشک آن‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) تعیین شد.

برای تعیین میزان غلظت این عناصر، از نمونه‌های برگ و ریشه که قبلاً در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شده بودند استفاده شد. مقدار ۰/۳ تا ۰/۵ گرم از نمونه‌های خشک (برای هر تکرار به صورت جداگانه توزین شد) توسط هاون پودر شده، در بوته‌های چینی ریخته شده و به منظور حذف ترکیبات آلی در کوره‌ای در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس طی ۴ تا ۵ ساعت به خاکستر سفید رنگی تبدیل شدند. این خاکستر سفید رنگ به کمک ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۱۰ مولار هضم شده، سپس این ترکیب به‌وسیله کاغذ صافی فیلتر و درون لوله فالکون ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به کمک آب مقطر حجم آن به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. این محلول به عنوان عصاره خام برای اندازه‌گیری میزان عناصر مورد استفاده قرار گرفت.

برای تعیین غلظت عناصر در نمونه‌های برگ (برگ‌های بالغ) و ریشه توت‌فرنگی، میزان سدیم و پتاسیم (۳۵) با استفاده از دستگاه شعله‌سنج (Fater 405 model, Iran ,Flame photometer) اندازه گیری شده و غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، آهن و روی (۲۴) با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل AA-6300Shimadzu) تعیین شد.

برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گرفت. همچنین، برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel سری ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیک

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برخی از شاخص‌های مورفولوژیک اندازه‌گیری شده (تعداد برگ، وزن تازه شاخساره، وزن تازه ریشه، وزن خشک شاخساره و وزن خشک ریشه) تحت تأثیر تیمارهای مختلف اسید هیومیک، نوع کاربرد آن و سطوح مختلف شوری قرار گرفتند (جدول ۱).

تعداد برگ

آثار اصلی نوع کاربرد اسید هیومیک، سطوح مختلف شوری، سطوح مختلف اسید هیومیک، برهمکنش شوری و اسید هیومیک، و همچنین برهمکنش نوع کاربرد اسید هیومیک، شوری و سطوح مختلف اسید هیومیک بر تعداد برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری، تعداد برگ‌ها کاهش یافت و اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. تعداد برگ در سطح شوری ۴۰

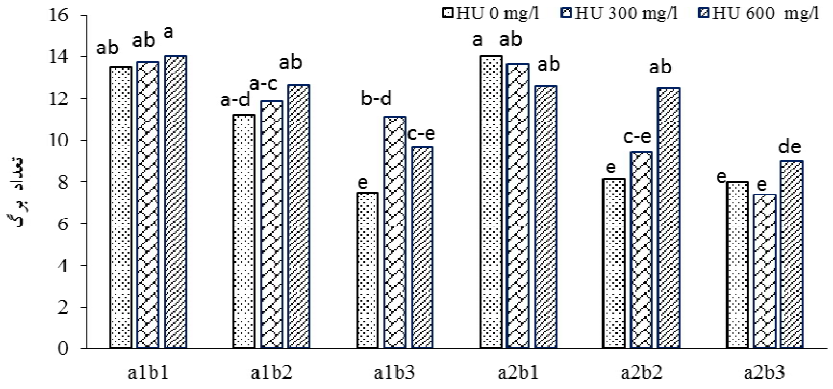
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید هیومیک و برهم‌کنش آنها بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک در توت‌فرنگی رقم سابرینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد برگ	وزن تازه شاخساره	وزن تازه ریشه	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه
نوع کاربرد اسید هیومیک	۱	۱۸/۵۰۳۴**	۵۱/۸۰۹۴**	۱۶/۴۰۶^{ns}	۲/۰۶۰۴^{ns}	۲/۶۶۵^{ns}
شوری	۲	۱۳۸/۹۶۸۷**	۶۰۳/۳۳۱**	۲۸۴/۱۰۹**	۷۶/۴۸۵**	۵۱/۸۱۹۴**
غلظت اسید هیومیک	۲	۱۵/۰۴۱۶۶**	۸۶/۷۷۳**	۱۰۲/۶۳۳**	۱۱/۴۴۲۷**	۱۱/۸۲۹**
شوری × نوع کاربرد	۲	۲/۱۰۷۶^{ns}	۲/۱۵۰۱^{ns}	۱/۲۲۹^{ns}	۰/۷۹۵۴^{ns}	۰/۴۷۶۴^{ns}
اسید هیومیک × نوع کاربرد	۲	۵/۹۳۰۵*	۳/۷۹۶۷^{ns}	۲/۲۰۹^{ns}	۰/۲۹۷۱۱^{ns}	۳/۹۹۴*
شوری × اسید هیومیک	۴	۹/۹۹۴۷**	۲۳/۲۸۷**	۴/۳۱۶^{ns}	۲/۹۰۸۵**	۱/۱۴۸^{ns}
شوری × اسید هیومیک × نوع کاربرد	۴	۸/۷۳۷**	۴/۸۴۵۷^{ns}	۱/۸۹۲^{ns}	۰/۴۶۶۷^{ns}	۱/۴۰۹۶^{ns}
خطای آزمایش	۵۴	۱/۵۹۶	۵/۴۰۴	۴/۳۰۳	۰/۸۲۴۷	۱/۱۸۰۰۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۲۹	۷/۹۴	۸/۹۸	۹/۸۵	۱۲/۸۴

**، * و ns به‌ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اثر معنی‌دار است.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و شوری و نوع کاربرد اسید هیومیک بر تعداد برگ در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ a_1 و a_2 به‌ترتیب نشان‌دهنده کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول‌پاشی برگی و کاربرد در محیط کشت است. b_1، b_2 و b_3 نیز نشان‌دهنده غلظت‌های صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار شوری و Hu اسید هیومیک هستند. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن است.

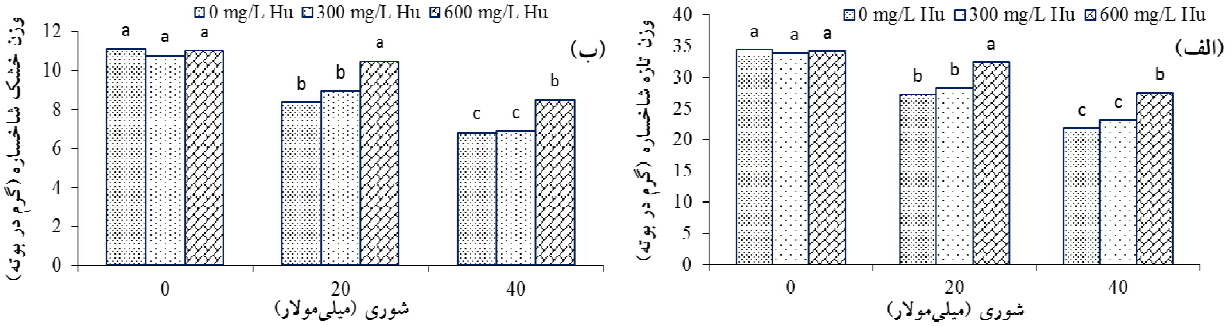
میلی‌مولار در مقایسه با شاهد (در دو حالت محلول‌پاشی و کاربرد در محیط کشت) به‌ترتیب ۴۴/۴ و ۴۲/۸۵ درصد کاهش نشان داد. در تیمار شوری ۴۰ میلی‌مولار، همراه با ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک، در مقایسه با شاهد، در دو حالت محلول پاشی برگی و کاربرد در محیط کشت، به‌ترتیب ۲۸/۹ و ۳۵/۷۱ درصد کاهش در تعداد برگ مشاهده شد (شکل ۱).

وزن تازه و خشک شاخساره

نوع کاربرد اسید هیومیک، سطوح مختلف شوری، سطوح مختلف اسید هیومیک و همچنین برهمکنش شوری و اسید

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و شوری بر الف) وزن تازه شاخساره و ب) وزن خشک شاخساره در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن هستند.

جدول ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری بر وزن تازه ریشه و برخی عناصر برگ و ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا

شوری (میلی‌مولار)	وزن تازه ریشه (گرم در بوته)	کلسیم برگ (٪)	منیزیم ریشه (٪)	پتاسیم ریشه (٪)
شاهد (صفر)	۲۶/۹۷^{a}	۰/۱۹^{a}	۰/۳۵^{a}	۰/۷۵^{a}
۲۰	۲۱/۸^{b}	۰/۲۰^{a}	۰/۳۲^{ab}	۰/۵۴^{b}
۴۰	۲۰/۴۶^{b}	۰/۱۲^{b}	۰/۳۰^{b}	۰/۴۰^{c}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

هیومیک بر وزن تازه شاخساره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطح شوری، وزن تازه شاخساره کاهش یافت و اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. با افزایش سطح اسید هیومیک، وزن تازه شاخساره افزایش یافت (شکل ۲- الف). آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک و شوری و اثر برهمکنش شوری و اسید هیومیک بر وزن خشک شاخساره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطح شوری، وزن خشک شاخساره کاهش یافت و اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. بیشترین میزان وزن خشک شاخساره (۱۰/۹۸۵ گرم) در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن (۷/۴۱۶ گرم) در تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد. با افزایش سطح اسید هیومیک، وزن تازه شاخساره افزایش یافت (شکل ۲- ب).

وزن تازه و خشک ریشه

آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک و شوری بر وزن تازه ریشه در سطح احتمال ۱٪، آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک و شوری بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش اسید هیومیک و نوع کاربرد آن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شوری، وزن تازه ریشه کاهش پیدا کرد (جدول ۲) و کاربرد اسید هیومیک، موجب بهبود آثار منفی تنش بر وزن تازه ریشه شد. بیشترین (۲۵/۳۸ گرم) و کمترین مقدار وزن تازه ریشه (۲۱/۳۸ گرم) به ترتیب مربوط به تیمار ۶۰۰ میلی‌مولار اسید هیومیک و شاهد بود (جدول ۳). کاربرد اسید هیومیک (در هر دو حالت محلول‌پاشی و کاربرد در محیط کشت) تأثیر مثبتی بر افزایش وزن خشک ریشه داشت (شکل ۳).

در پژوهش حاضر، همبستگی قوی (در سطح ۱٪) بین ویژگی‌های رشدی (تعداد برگ، وزن تازه شاخساره، وزن تازه ریشه، وزن خشک شاخساره، وزن خشک ریشه) وجود داشت. اما این همبستگی بین ویژگی‌های رشدی و عناصر برگ و ریشه

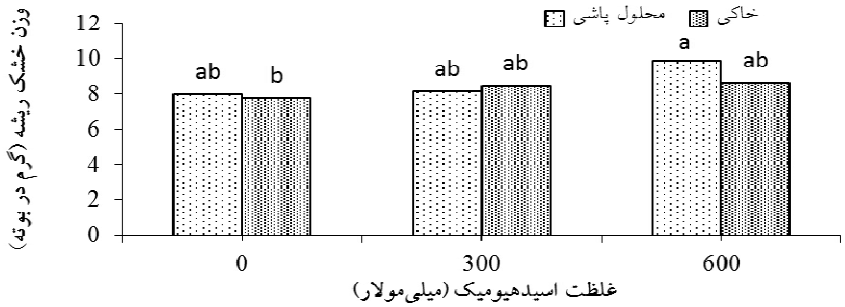
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر وزن تازه ریشه و میزان برخی عناصر برگ و ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا

اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	وزن تازه ریشه (گرم در بوته)	کلسیم برگ (درصد)	منیزیم ریشه (درصد)	پتاسیم ریشه (درصد)	آهن ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)	روی ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)
شاهد (صفر)	۲۱/۳۸^{c}	۰/۱۵^{b}	۰/۳۰^{b}	۰/۵۳^{b}	۱۳۳/۷۰^{b}	۲۴/۳^{c}
۳۰۰	۲۲/۴۷^{b}	۰/۱۶^{ab}	۰/۳۲^{ab}	۰/۵۶^{ab}	۱۶۰/۵۸^{a}	۴۷/۶۲^{b}
۶۰۰	۲۵/۳۸^{a}	۰/۱۸^{a}	۰/۳۵^{a}	۰/۶۰^{a}	۱۶۵/۷۱^{a}	۵۴/۲۵^{a}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و نوع کاربرد آن بر وزن خشک ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن هستند.

چندان قوی نبود (جدول ۴).

سطوح مختلف اسیدهیومیک و شوری در هر دو حالت کاربرد در محیط کشت و محلول‌پاشی بر بیشتر شاخص‌های رویشی تأثیر معنی‌داری داشتند. اما این تأثیر بسته به نوع تیمار متفاوت بود. با افزایش سطح شوری، صفات رویشی از جمله تعداد برگ، وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه کاهش یافتند. بیشترین تأثیر منفی شوری بر شاخص‌های رویشی در بالاترین سطح شوری (۴۰ میلی مولار) مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های سان و همکاران (۴۸) در توت‌فرنگی، کاتگن و پاولزیک (۳۳) در توت‌فرنگی، مؤمن پور و همکاران (۳۶) در بادام، چیلی چابونی و همکاران (۱۴) در پسته، سیوریتپ و همکاران (۴۶) در انگور مبنی بر کاهش صفات رویشی در اثر شوری، هماهنگی داشت. مکانیسم‌های متعددی می‌توانند در کاهش رشد رویشی ناشی از تأثیر منفی شوری در پژوهش حاضر دخالت داشته باشند. برخی مکانیسم‌های دخیل در کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری شامل تنش اسمزی، سمّیت یونی، عدم تعادل مواد غذایی و تنش اکسیداتیو هستند (۷). برخی پژوهش‌ها نشان داده است که شوری، جذب و تجمع برخی عناصر غذایی مفید را در گیاهان کاهش و جذب برخی عناصر سمی مانند سدیم و کلر را افزایش می‌دهد (۲۷ و ۴۲). در پژوهش حاضر، به احتمال زیاد یکی از دلایل مهم در کاهش رشد گیاهان توت‌فرنگی، به ویژه در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار، برهم خوردن تعادل عناصر غذایی است. همچنین، شوری از طریق افزایش فشار اسمزی (کاهش پتانسیل اسمزی) محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل‌شدن و تمایز سلولی و کاهش رشد می‌شود (۳۲). اسید هیومیک، پلیمری است که می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب شبه‌هورمونی عمل کرده (تأثیر مستقیم) (۳۸) و همچنین، با افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی و احیاکنندگی و حفظ نفوذ پذیری غشاء (اثر غیر مستقیم)، باعث افزایش متابولیسم ریزجانداران در خاک، بهبود وضع فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. همبستگی بین میزان یون‌ها (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، آهن، روی، سدیم) در برگ و ریشه و ویژگی‌های رشد (تعداد برگ، وزن تازه شاخساره، وزن تازه ریشه، وزن خشک شاخساره، وزن خشک ریشه) در توت‌فرنگی رقم سایرینا

	تعداد برگ	وزن تازه شاخساره	وزن تازه ریشه	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه	کلسیم برگ	منیزیم برگ	پتاسیم برگ	آهن برگ	روی برگ	سدیم برگ	کلسیم ریشه	منیزیم ریشه	پتاسیم ریشه	آهن ریشه	روی ریشه	سدیم ریشه
تعداد برگ	۱																
وزن تازه شاخساره	۰/۷۷**	۱															
وزن تازه ریشه	۰/۶۳**	۰/۷۰**	۱														
وزن خشک شاخساره	۰/۷۵**	۰/۹۶**	۰/۶۹**	۱													
وزن خشک ریشه	۰/۶۳**	۰/۶۴**	۰/۵۷**	۰/۶۲**	۱												
کلسیم برگ	-۰/۳۱**	-۰/۳۱**	-۰/۴۱**	-۰/۲۷*	-۰/۳۸**	۱											
منیزیم برگ	-۰/۳۴**	-۰/۴۱**	-۰/۴۸**	-۰/۴۱**	-۰/۴۳**	-۰/۶۴**	۱										
پتاسیم برگ	-۰/۳۹**	-۰/۳۸**	-۰/۴۷**	-۰/۳۸**	-۰/۴۱**	۰/۴۹**	۰/۶۴**	۱									
آهن برگ	-۰/۳۹**	-۰/۳۳**	-۰/۳۱**	-۰/۲۸*	-۰/۳۱**	۰/۰۹	۰/۲۹*	۰/۴۵**	۱								
روی برگ	-۰/۳۸**	-۰/۴۴**	-۰/۵۳**	-۰/۴۳**	-۰/۴۲**	۰/۵۷**	۰/۷۶**	۰/۸۵**	۰/۳۷**	۱							
سدیم برگ	-۰/۲۸*	-۰/۳۵**	-۰/۴۶**	-۰/۳۲**	-۰/۳۱**	۰/۴۸**	۰/۶۴**	۰/۷۵**	۰/۲۵*	۰/۸۱**	۱						
کلسیم ریشه	-۰/۱۹	-۰/۲۳	-۰/۳۵**	-۰/۲۴*	-۰/۲۶*	۰/۳۸**	۰/۶۲**	۰/۷۲**	۰/۲۸*	۰/۷۲**	۰/۷۷**	۱					
منیزیم ریشه	-۰/۱۲	-۰/۱۶	-۰/۳۳**	-۰/۱۶	-۰/۱۲	۰/۵۲**	۰/۶۳**	۰/۵۵**	۰/۰۳	۰/۷۱**	۰/۶۳**	۰/۵۹**	۱				
پتاسیم ریشه	-۰/۲۶*	-۰/۳۲**	-۰/۳۶**	-۰/۳۲**	-۰/۲۹*	۰/۴۱**	۰/۶۴**	۰/۷۶**	۰/۳۶**	۰/۸۱**	۰/۷۷**	۰/۷۴**	۰/۷۰**	۱			
آهن ریشه	-۰/۲۵*	-۰/۳۲**	-۰/۴۱**	-۰/۲۹*	-۰/۳۶**	۰/۵۴**	۰/۷۱**	۰/۶۷**	۰/۲۵*	۰/۷۷**	۰/۶۳**	۰/۶۴**	۰/۷۰**	۰/۷۶**	۱		
روی ریشه	۰/۲۹*	۰/۳۸**	۰/۴۴**	۰/۳۶**	۰/۵۰**	۰/۵۶**	-۰/۶۰**	-۰/۶۷**	-۰/۴۲**	-۰/۴۶**	-۰/۵۵**	-۰/۵۴**	-۰/۳۹**	-۰/۴۸**	-۰/۵۱**	۱	
سدیم ریشه	۰/۳۳**	۰/۴۵**	۰/۶۰**	۰/۴۵**	۰/۴۹**	-۰/۵۹**	-۰/۷۷**	-۰/۸۱**	-۰/۳۱**	-۰/۸۸**	-۰/۸۸**	-۰/۶۸**	-۰/۶۴**	-۰/۷۶**	-۰/۷۵**	۰/۶۸	۱

** و * به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

www.SID.ir

Archive of SID

ساقه شود (۴۴). همچنین، در پژوهش دیگری، دورداس و سیولاس (۱۹) بیان کردند که اسید هیومیک می‌تواند با افزایش جذب نیتروژن، سبب افزایش انواع پروتئین‌ها، به‌ویژه آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت‌کننده در چرخه فتوسنتز مانند سیتوکروم ها، فردوکسین‌ها، پلاستوسیانین و آنزیم روبیسکو شده و از این طریق باعث بهبود رشد رویشی گیاهان شود. همچنین، اسید هیومیک با فعال‌کردن H^+- ATPase غشاء پلاسمایی باعث اسیدی‌کردن آپوپلاست شده و به‌دنبال آن قدرت مکانیکی دیواره سلولی کم شده و باعث طویل‌شدن سلول‌ها می‌شود (۱۱). گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل موجود در اسید هیومیک باعث فعالیت بیوشیمیایی آن شده و در نتیجه مانند هورمون‌های گیاهی بر گیاهان تأثیر می‌گذارد (۲۰). اسید هیومیک به‌واسطه خاصیت کلات‌کنندگی قوی که دارد یون های سدیم را روی خود نگه‌داری کرده و مانع جذب این یون توسط گیاه می‌شود. همچنین، توانایی مواد هیومیک در کلات-کردن یون‌ها باعث شده که یکی از مهم‌ترین فواید گزارش‌شده اسید هیومیک، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان باشد (۳۷). بنابراین، احتمال می‌رود که در پژوهش حاضر، اسید هیومیک با افزایش جذب مواد غذایی و کلات‌کردن یون‌های سدیم، شرایط مناسبی را برای رشد رویشی بهتر توت‌فرنگی رقم سابرینا در شرایط تنش شوری فراهم کرده باشد.

عناصر غذایی برگ و ریشه

کلسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ و شوری در سطح احتمال ۵٪ بر مقدار کلسیم برگ معنی‌دار بود (جدول ۵).

بیشترین مقدار کلسیم برگ (۰/۲ درصد) در تیمار ۲۰ میلی‌مولار شوری و کمترین آن (۰/۱۲ درصد) مربوط به تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری بود؛ هرچند که بین تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی‌مولار شوری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۲). با افزایش غلظت اسید هیومیک، مقدار کلسیم برگ افزایش یافت (جدول ۳). همچنین، جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آثار اصلی اسید هیومیک و شوری بر مقدار کلسیم ریشه در سطح احتمال ۱٪ و اثر برهمکنش اسید هیومیک و شوری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۶).

با افزایش شوری، مقدار کلسیم ریشه کاهش پیدا کرد و بیشترین و کمترین مقدار آن (به ترتیب ۰/۴۳ و ۰/۲۰ درصد) به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و شوری ۴۰ میلی‌مولار بود. در شوری ۴۰ میلی‌مولار، با افزایش غلظت اسید هیومیک (۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) میزان کلسیم ریشه ۶۵٪ افزایش داشت (در مقایسه با حالت بدون کاربرد اسید هیومیک در همان تیمار شوری) (شکل ۴).

سدیم تنها کاتیونی است که دارای شعاع یونی کریستاله (Na+=۰/۰۹۷ nm) مشابه شعاع یونی کریستاله کلسیم (Ca^{2+}= ۰/۰۹۹ nm) است (۱۷). در غشا و دیواره یاخته‌ای، یون‌های سدیم به‌آسانی می‌توانند جایگزین یون‌های کلسیم در مکان‌های اتصال شود؛ بدین ترتیب، میزان کلسیم غشا و دیواره یاخته‌ای، کاهش یافته در نتیجه میزان تراوایی و یکپارچگی غشا و دیواره یاخته‌ای دچار آسیب می‌شود (۲۷). احتمالاً در پژوهش حاضر، به این دلایل با افزایش شوری در محلول غذایی، غلظت کلسیم در برگ و ریشه توت‌فرنگی رقم سابرینا کاهش یافت.

منیزیم

اثر اصلی اسید هیومیک و شوری بر مقدار منیزیم برگ در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش اسید هیومیک و شوری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری، مقدار منیزیم برگ کاهش پیدا کرد. در غلظت‌های شوری ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار با افزایش سطوح اسید هیومیک، مقدار منیزیم برگ افزایش یافت؛ هرچند که تفاوتی از لحاظ آماری بین سطوح اسید هیومیک ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده نشد (شکل ۵). آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک و شوری در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید هیومیک و برهمکنش آنها بر عناصر غذایی در برگ، در توت‌فرنگی رقم سابرینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		Ca	Mg	K	Fe	Zn	Na
نوع کاربرد اسید هیومیک	۱	۰/۰۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱۳۹^{ns}	۰/۰۰۳۰۶^{ns}	۱۷۴/۲۲^{ns}	۷۶۷/۰۱۳۸**	۰/۰۰۸۰۲ ^{ns}
غلظت اسید هیومیک	۲	۰/۰۵۳۰۹**	۰/۵۶۰۴۵**	۰/۸۳۸۰۰۴**	۱۲۰۷۵/۷۹۱**	۱۹۴۷۹/۰۵۵۵**	۰/۰۷۰۰۰۹۷**
شوری	۲	۰/۰۰۶۵۴۳*	۰/۰۵۲۱۳۷**	۰/۴۷۹۹۶**	۱۶۶/۲۹۱^{ns}	۲۸۰/۶۸۰۵^{ns}	۰/۰۲۹۰۸**
اسید هیومیک × نوع کاربرد	۲	۰/۰۰۲۱۷۹^{ns}	۰/۰۰۱۴۷۶^{ns}	۰/۱۰۹۱۳۴**	۵۸۳/۶۸۰۵*	۴۹۰/۳۸۸**	۰/۰۰۰۹۸۴۷^{ns}
شوری × نوع کاربرد	۲	۰/۰۰۰۲۶۲۵^{ns}	۰/۰۰۰۷۹۶^{ns}	۰/۰۱۴۶۰۹^{ns}	۷۴/۲۶۳^{ns}	۱۹/۱۸۰۵^{ns}	۰/۰۰۱۰۴^{ns}
شوری × اسید هیومیک	۴	۰/۰۰۲۸۲۲^{ns}	۰/۰۱۹۴۹*	۰/۱۷۰۵۵۴**	۶۴/۷۷۰۸^{ns}	۱۲۱/۱۳۸۸^{ns}	۰/۰۱۳۴۰۵۵**
شوری × اسید هیومیک × نوع کاربرد	۴	۰/۰۰۰۶۵۴۱^{ns}	۰/۰۰۸۰۳^{ns}	۰/۰۱۷۰۶۳^{ns}	۱۵۵/۰۳۴^{ns}	۱۴۸/۱۸۰۵^{ns}	۰/۰۰۲۱۴^{ns}
خطای آزمایشی	۵۴	۰/۰۰۱۹۵	۰/۰۰۵۷۳	۰/۰۱۵۴	۱۳۳/۸۵	۹۴/۰۸۷	۰/۰۰۲۴۴
ضریب تغییرات (٪)		۲۵/۸۳	۱۲/۰۳۷	۶/۵۳	۴/۷۱	۱۸/۴۵	۲۲/۰۹

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اثر معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

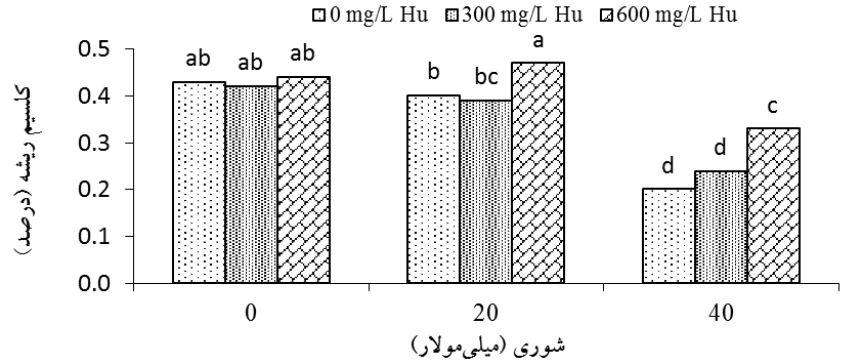
جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید هیومیک و برهمکنش آن‌ها بر عناصر غذایی در ریشه، در توت‌فرنگی رقم سابرینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		Ca	Mg	K	Fe	Zn	Na
نوع کاربرد اسید هیومیک	۱	۰/۰۰۲۳۳^{ns}	۰/۰۰۰۱۳۸^{ns}	۰/۰۳۳۸*	۴۹۰/۸۸*	۱۰/۸۸۹^{ns}	۰/۰۰۸۴۵^{ns}
غلظت اسید هیومیک	۲	۰/۲۲۸۴۱۲**	۰/۰۰۹۳۲*	۰/۷۳۶۲۹**	۷۰۹۰/۱۲۵**	۵۹۴۳/۳۴۷**	۰/۹۵**
شوری	۲	۰/۰۳۴۶**	۰/۰۱۰۱۱۶*	۰/۰۲۶۵*	۱۵۰/۱۲۵^{ns}	۲۸/۳۴۷^{ns}	۰/۱۴۷۱۴**
اسید هیومیک × نوع کاربرد	۲	۰/۰۰۳۰۲^{ns}	۰/۰۰۴۹۵۹^{ns}	۰/۰۰۷۵۵^{ns}	۵۵/۰۹۷^{ns}	۱۱۷/۲۶۳^{ns}	۰/۰۰۲۹۲^{ns}
شوری × نوع کاربرد	۲	۰/۰۰۳۹۱^{ns}	۰/۰۰۲۲۲^{ns}	۰/۰۰۳۲۳^{ns}	۱۸۲/۱۸۰^{ns}	۳۸/۰۹۷^{ns}	۰/۰۰۲۵۷^{ns}
شوری × اسید هیومیک	۴	۰/۰۰۸۶۷*	۰/۰۰۰۸۸۳^{ns}	۰/۰۱۰۴۱۱^{ns}	۳۳/۹۳۷^{ns}	۴۰/۰۳۴۷^{ns}	۰/۰۳۶۴۲۲**
شوری × اسید هیومیک × نوع کاربرد	۴	۰/۰۰۱۹۶۵^{ns}	۰/۰۰۰۹۹^{ns}	۰/۰۱۰۲۳^{ns}	۸۰/۹۵۱^{ns}	۵۸/۱۵۹^{ns}	۰/۰۰۶۵۹۵^{ns}
خطای آزمایشی	۵۴	۰/۰۰۲۶۲	۰/۰۰۲۵۸۳	۰/۰۰۷۴۳	۹۱/۹۳۵	۳۸/۶۶۷	۰/۰۰۵۷۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۷۹	۱۵/۴۸	۱۵/۲۵	۶/۲۵	۱۴/۷۸	۱۹/۰۶

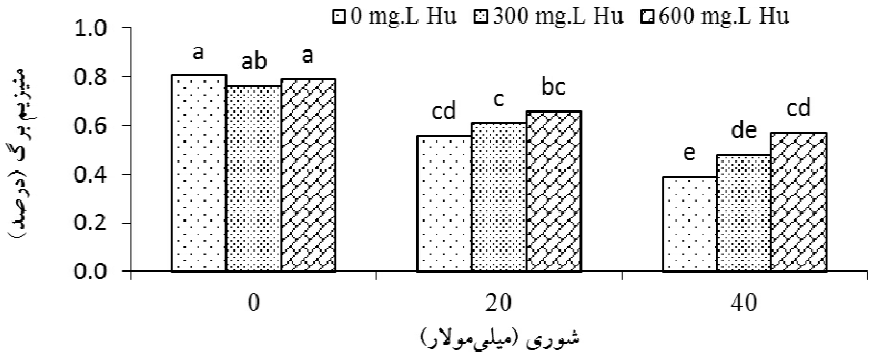
**، * و ns به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اثر معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و شوری بر مقدار کلسیم ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و شوری بر مقدار منیزیم برگ در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

سطح احتمال ۵٪ بر مقدار منیزیم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش شوری، مقدار منیزیم ریشه کاهش یافت (جدول ۴)، اما با افزایش غلظت اسید هیومیک، مقدار منیزیم ریشه افزایش یافت؛ هرچند که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول ۵).

در پژوهشی، سیوریتب و همکاران (۴۶) بیان کردند که تنش شوری باعث کاهش غلظت منیزیم در برگ‌ها و ریشه‌های انگور رقم ماسکل شد. در پژوهش دیگری، فرگوسن و همکاران (۲۳) گزارش کردند که میزان منیزیم در برگ‌های پسته (*Pistacia vera* L.) که روی پایه‌های UCB-1 و *P. atlantica* در شرایط تنش شوری قرار داشتند به‌شدت کاهش یافت. این یافته‌ها با پژوهش حاضر در مورد تأثیر منفی شوری بر کاهش جذب منیزیم، هم‌سویی دارند.

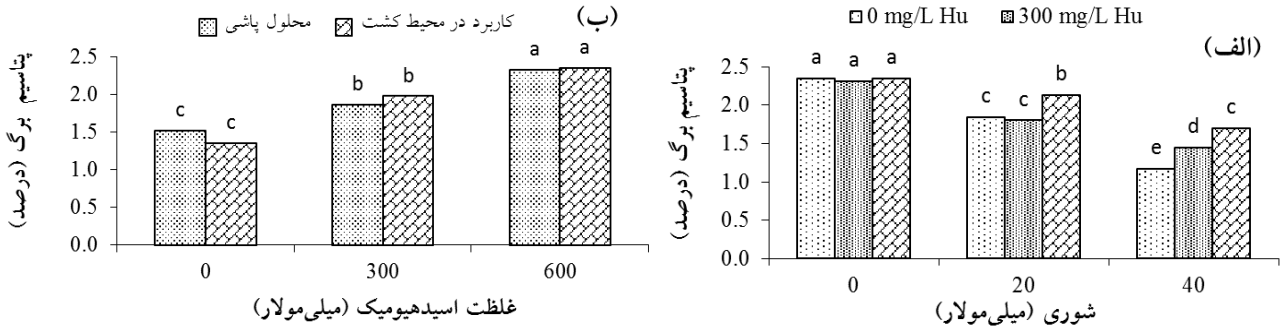
پتاسیم

آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک، شوری و آثار برهمکنش شوری و اسید هیومیک، اسید هیومیک و نوع کاربرد آن بر پتاسیم برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطح شوری، میزان پتاسیم برگ کاهش یافت و اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. در شوری ۴۰ میلی‌مولار و اسید هیومیک ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان پتاسیم برگ نسبت به تیمار شاهد ۰/۷۲ برابر کاهش داشت (شکل ۶- الف). با افزایش غلظت اسید هیومیک در هر دو حالت کاربرد در محیط کشت و محلول‌پاشی، میزان پتاسیم برگ افزایش یافت (شکل ۶- ب).

آثار اصلی نوع کاربرد اسید هیومیک و شوری در سطح احتمال ۵٪ و سطوح مختلف اسید هیومیک بر پتاسیم ریشه در

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر برهمکنش‌های الف) اسید هیومیک و شوری و ب) اسید هیومیک و نوع کاربرد آن بر مقدار پتاسیم برگ در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن است.

جدول ۷. تأثیر نوع کاربرد اسید هیومیک بر میزان پتاسیم و آهن ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا

نوع کاربرد اسید هیومیک	پتاسیم ریشه (درصد)	آهن ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)
محلول‌پاشی	۰/۵۴^{b}	۱۵۰/۷۲^{b}
کاربرد در محیط کشت	۰/۵۸^{a}	۱۵۵/۹۰^{a}

در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بر اساس آزمون دانکن دارند.

سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش شوری، پتاسیم ریشه کاهش یافت (جدول ۴). با افزایش غلظت اسید هیومیک، مقدار پتاسیم ریشه افزایش یافت و بیشترین مقدار آن (۰/۶ درصد) در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۵). کاربرد در محیط کشت اسید هیومیک تأثیر بیشتری بر افزایش پتاسیم در مقایسه با حالت محلول‌پاشی داشت (جدول ۷).

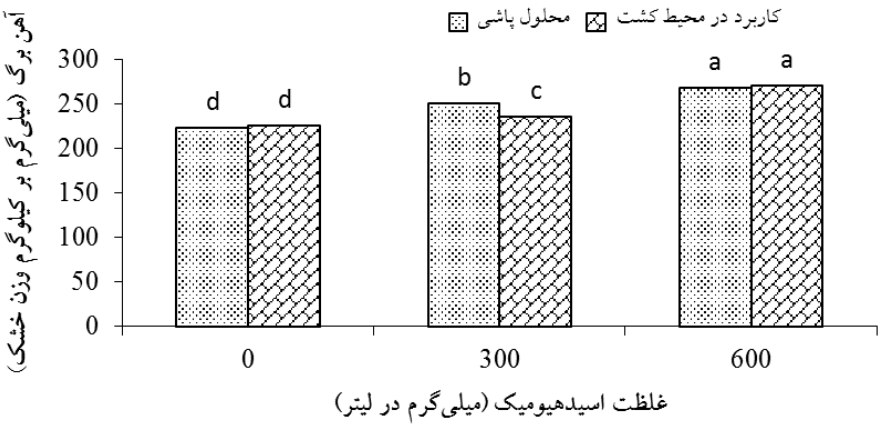
به‌دلیل تشابه شعاع یونی هیدراته سدیم و پتاسیم، قدرت تشخیص این دو یون، برای انتقال از طریق سیستم‌های انتقال یونی در غشا دشوار شده، که این عامل می‌تواند دلیلی برای سمّیت یون‌های سدیم در سطوح شوری زیاد باشد (۱۰). افزایش غلظت نمک در محلول غذایی باعث کاهش پتاسیم برگ و ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا شد. یون‌های پتاسیم از طریق یکسری کانال‌های یونی واقع در غشاء یاخته‌ای به درون یاخته وارد شده، که این کانال‌ها در شرایط تنش شوری، به راحتی برای نفوذ یون‌های سدیم به درون یاخته قابل استفاده است (۱۰). دلیل آن، تشابه شعاع یونی پتاسیم و سدیم بوده که قدرت تشخیص این یون‌ها را توسط کانال‌های یونی موجود در غشا کم می‌کند (۱۰). به این دلیل، میزان یون‌های پتاسیم برگ و ریشه، به علت رقابت یون‌های سدیم، کاهش و غلظت سدیم افزایش یافت.

آهن

اثر اصلی اسید هیومیک بر میزان آهن برگ در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش اسید هیومیک و نوع کاربرد آن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۵). در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک، اختلاف معنی‌داری بین دو روش کاربرد در مقدار آهن برگ مشاهده نشد (شکل ۷). اثر اصلی اسید هیومیک بر مقدار آهن ریشه در سطح احتمال ۱٪ و نوع کاربرد اسید هیومیک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۶). با افزایش غلظت اسید هیومیک، مقدار آهن ریشه افزایش یافت؛ هرچند که تفاوتی بین غلظت‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و نوع کاربرد آن بر مقدار آهن برگ در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

اسید هیومیک از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). کاربرد در محیط کشت اسید هیومیک تأثیر بیشتری بر افزایش آهن ریشه در مقایسه با حالت محلول‌پاشی داشت (جدول ۷).

روی

آثار اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک، نوع کاربرد آن و برهمکنش اسید هیومیک و نوع کاربرد آن بر میزان عنصر روی برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۵). در ریشه، اثر اصلی سطوح مختلف اسید هیومیک بر میزان عنصر روی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۶). کاربرد در محیط کشت اسید هیومیک در مقایسه با محلول‌پاشی، تأثیر بهتری بر جذب عنصر روی در برگ و هم در ریشه توت‌فرنگی رقم سابرینا داشت (شکل ۸). با افزایش غلظت اسید هیومیک مقدار روی ریشه افزایش یافت و غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بیشترین تأثیر را بر جذب روی داشت (جدول ۳).

با افزایش شوری، غلظت یون‌های آهن و روی در برگ و ریشه کاهش یافت. غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف، بسته به گونه، سطح شوری، مقدار عناصر غذایی پرمصرف و نوع اندام گیاهی تفاوت می‌کند (۲۶). در پژوهشی در چهار پایه مختلف مرکبات، در معرض سطوح شوری متفاوت، مشخص شد که شوری باعث افزایش غلظت عناصر آهن و روی در ریشه‌ها شده، اما غلظت این عناصر در برگ، با افزایش شوری، تغییری نکرد (۴۳). در پژوهش دیگری روی گوجه‌فرنگی‌های تحت تیمار شوری، نشان داده شد که غلظت آهن شاخساره، دو هفته پس از کاشت در مقایسه با شاهد، افزایش یافت؛ اما در هفته‌های بعدی غلظت آن کم شد. اما غلظت عنصر روی در شاخساره با افزایش شوری، کاهش یافت (۳۰).

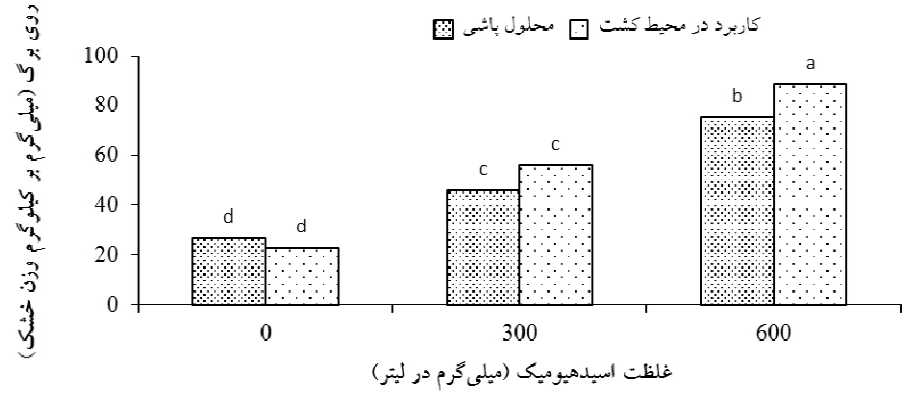
سدیم

اثر اصلی اسید هیومیک، شوری و برهمکنش اسید هیومیک و شوری بر مقدار سدیم برگ و ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۳). با افزایش شوری، مقدار سدیم برگ و ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا افزایش پیدا کرد (شکل ۹- الف و (۹- ب). کاربرد اسید هیومیک در شوری ۴۰ میلی‌مولار (هم در برگ و هم در ریشه) تأثیر معنی‌داری از نظر آماری در مقایسه با تیمار بدون کاربرد اسید هیومیک (در همان تیمار شوری) داشت (شکل ۹- الف و ب).

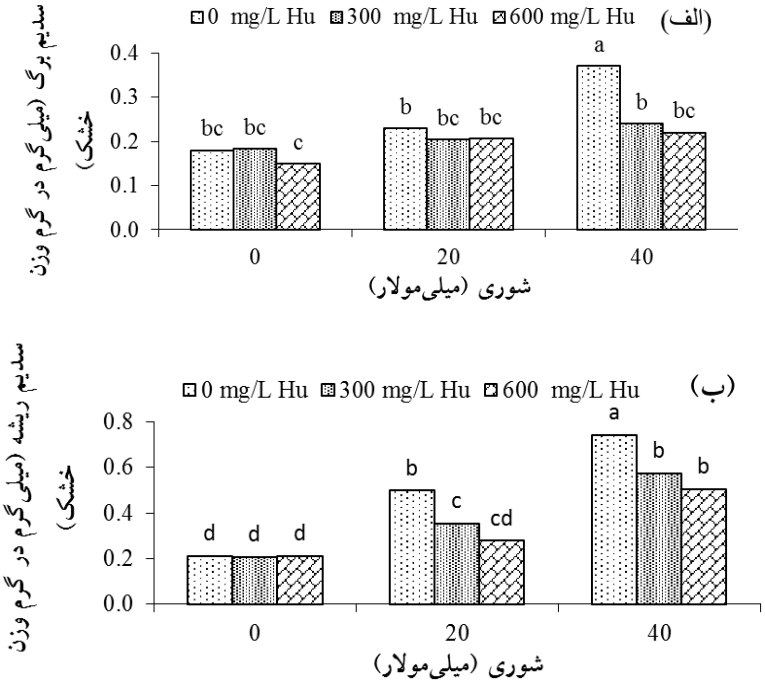
در پژوهش حاضر، همبستگی قوی بین سدیم ریشه و برگ با سایر عناصر وجود داشت (جدول ۴). با افزایش شوری در محلول غذایی (به‌ویژه در غلظت شوری ۴۰ میلی‌مولار)، غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم، آهن و روی (در برگ و ریشه) کاهش یافت؛ ولی غلظت سدیم افزایش یافت. گزارش‌های

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر برهمکنش اسید هیومیک و نوع کاربرد آن بر میزان روی برگ در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن است.



شکل ۹. مقایسه میانگین الف) آثار برهمکنش اسید هیومیک و شوری بر مقدار سدیم برگ و ب) آثار برهمکنش اسید هیومیک و شوری بر مقدار سدیم ریشه در توت‌فرنگی رقم سابرینا؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن است.

مختلفی نشان داده که شوری، جذب و تجمع تعدادی از عناصر غذایی را در گیاهان کاهش می‌دهد (۲۷ و ۴۲).

استفاده از ترکیبات هیومیک در تغذیه گیاه می‌تواند مؤثر باشد. اسید هیومیک به دلیل خاصیت کلات‌کنندگی قوی که دارد یون‌های سدیم را روی خود نگهداری کرده و مانع جذب این یون توسط گیاه می‌شود (۳۷). ترکیبات هیومیک به‌صورت غیرمستقیم از طریق فراهم آوردن عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف برای ریشه، بهبود ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، افزایش جمعیت میکروبی خاک و ریزجانداران مفید، افزایش گنجایش تبادل کاتیونی و توانایی

www.SID.ir

Archive of SID

بافر کردن pH بستر یا محلول غذایی، فراهم‌کردن برخی مواد برای ریشه گیاه مانند اسیدهای نوکلئیک، استامیدها و فراهم آوردن اسید هیومیک و اسید فولویک به‌عنوان ناقلان عناصر کم‌مصرف و سایر فاکتورهای رشد، حاصل‌خیزی خاک را افزایش می‌دهند (۱۶). در مطالعه‌ای در دو رقم سیب Granny Smith و Jersey Mac کاربرد اسید هیومیک (محلول‌پاشی برگی و کاربرد خاکی) باعث افزایش غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی شد (۱۲). فلاحی و همکاران (۲۲)، برای سیب گزارش کردند که اسید هیومیک می‌تواند غلظت برخی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف از جمله پتاسیم و روی را افزایش دهد. سانچز آندرو و همکاران (۴۴) گزارش کردند که اسید هیومیک با اسیدی‌کردن خاک، سبب تسهیل در انحلال پتاسیم شده و میزان دسترسی به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. در ریشه باقلا، در حضور اسید هیومیک، میزان پتاسیم در مقایسه با سدیم افزایش یافت؛ ولی میزان منگنز، مس و روی کاهش یافت و بر میزان کلسیم و آهن تأثیر معنی‌دار نداشت (۴). به‌دلیل آنکه مواد آلی نقش مهمی در نگهداری عناصر غذایی میکرو مانند آهن، روی، منگنز و مس ایفا می‌کنند، با افزودن این مواد به خاک، عوامل کلات‌کننده مانند فنول‌ها، اسید فنولیک، ترکیبات پلیمری فنل‌ها و اجزای پایدار هوموس مانند اسید هیومیک و اسید فولویک را تولید می‌کنند. بنابراین، این عوامل کلات‌کننده عناصری مانند آهن و منگنز را به آسانی در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۴۷). همچنین، بیان شده است که اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه و اسید فولویک می‌توانند قابلیت استفاده عنصر روی را برای گیاه افزایش دهند (۱۵). در پژوهش دیگری، نشان داده شد که ترکیبات آلی نقش مهمی در فراهم کردن آهن گیاه بر عهده دارند. مواد هیومیک با تشکیل کمپلکس‌های آلی محلول، از رسوب اکسیدهای آهن جلوگیری کرده و انتشار آهن به سمت ریشه گیاه را افزایش می‌دهند (۱۸). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد اسید هیومیک (محلول‌پاشی و کاربرد در محیط کشت) نقش مؤثری در بهبود جذب برخی عناصر ریزمغذی و درشت‌مغذی (عناصر مورد بررسی در این پژوهش) و کاهش جذب سدیم (در برگ و ریشه) در شرایط تنش شوری در توت‌فرنگی رقم سابرینا داشت که با نتایج ذکرشده از سایر پژوهشگران هماهنگی داشت.

نتیجه‌گیری

شوری (به‌ویژه در ۴۰ میلی‌مولار) تأثیر منفی بر تمامی صفات رویشی مورد بررسی در توت‌فرنگی رقم سابرینا داشت. همچنین، باعث کاهش عناصر غذایی کلسیم، منیزیم، پتاسیم، آهن و روی و افزایش غلظت سدیم در برگ و ریشه این رقم شد. کاربرد اسید هیومیک (به دو صورت محلول‌پاشی برگی و کاربرد در محیط کشت) تأثیر مثبتی بر کاهش آثار منفی شوری و افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش جذب سدیم در برگ و ریشه داشت. کاربرد اسید هیومیک در محیط کشت (در مقایسه با محلول‌پاشی برگی) باعث افزایش معنی‌داری در جذب آهن و پتاسیم ریشه شد.

منابع مورد استفاده

1. Aboutalebi Jahromi, A. and H. Hassanzadeh Khankahdani. 2016. Effect of humic acid on some vegetative traits and ion concentrations of Mexican Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) seedlings under salt stress. Int. J. Hort. Sci. Technol. 3(2): 255–264.
2. Aghaeifard, F., M. Babalar, E. Fallahi and A. Ahmadi. 2016. Influence of humic acid and salicylic acid on yield, fruit quality and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* duch.) cv. Camarosa. J. Plant Nutr. 39(13): 1821–1829.
3. Ahmad, P. and M. N. V. Prasad. 2012. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability. Springer, New York, 473 p.
4. Akinci, S., T. Buyukkeskin, A. Eroglu and B.E. Erdogan. 2009. The effect of humic acid on nutrient composition in

www.SID.ir

Archive of SID

broad bean (*Vicia faba* L.) roots. J. Sci. Biol. 1: 81–87.
5. Al-Shorafa, W., A. Mahadeen and K. Al-Absi. 2014. Evaluation for salt stress tolerance in two strawberry cultivars. Am. J. Agric. Biol. Sci. 9(3): 334–341.
6. Ameri, A. and A. Tehranifar. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria* × *ananassa* Var. Camarosa. J. Biol. Environ. Sci. 6: 77–79.
7. Anser, A., M.A. Shahzad, S.H. Basra, M. Javid Iqbal, A. Ahmad Alias and M. Sarwar. 2012. Salt stress alleviation in field crops through nutritional supplementation of silicon. Pak. J. Nutr. 11: 637–655.
8. Azzedine, F., H. Gherroucha and M. Baka. 2011. Improvement of salt tolerance in durum wheat by ascorbic acid application. *J. Stress Physiol. Biochem.* 7: 27–37.
9. Bhatnagar-Mathur, P., V. Vadez and K.K. Sharma. 2008. Transgenic approaches for abiotic stress tolerance in plants: Retrospect and prospects. Plant Cell Reports 27: 411–424.
10. Blumwald, E. 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. *Curr. Opin. Cell Biol.* 12: 431–434.
11. Canellas, L.P., F.L. Olivares, A.L. Okorokova-Façanha and A.R. Façanha. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H+-ATPase activity in maize roots. Plant Physiol. 130: 1951–1957.
12. Cansu, M. and I. Erdal. 2016. Effect of humic substance applications on mineral nutrition and yield of Granny Smith and Jersey Mac apple Varieties. J. Agric. Sci. 24: 162–169.
13. Chawla, S., S. Jain and V. Jain. 2013. Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt tolerant and salt sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). J. Plant Biotech. Biochem. 1: 27–34.
14. Chelli-Chaabouni, A., A.B. Mosbah, M. Maalej, K. Gagouri, R. Gagouri-Bouzid and N. Drira. 2010. In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks: *Pistachia vera* L. and *P. atlantica* Desf. Environ. Exp. Bot. 69: 302–312.
15. Chen, Y., M. De Nobili and T. Avaid.2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. PP. 131-165. *In:* Magdoff, F. and R. Weil. (Eds.), Soil Organic Matter in Sustainal Agriculture, CRC Press, Boca Raton, FL.
16. Chen, Y. and T. Aviad.1990. Effects of humic substances on plant growth. PP. 161-186, MacCarthy, P., C.E. Clapp, R.L. Malcom and P.R. Bloom (Eds.), Humic Substances in Soils and Crop Science: Selected Readings, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
17. Cramer, G.R., A. Lauchli and V.S. Polito. 1985. Displacement of Ca^{2+} by Na^{+} from the plasmalemma of root cells. Plant Physiol. 79: 207–211.
18. De Santiago, A. and A. Delgado. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. Biol. Fert. Soils 43: 829–836.
19. Dordas, C. and S. Sioulas. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis and water efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Indus. Crops Prod. 27: 75–85.
20. Ertani, A., D. Pizzeghello, A. Baglieri, V. Cadili, F. Tambone, M. Gennari and S. Nardi. 2013. Humic-like substances from agro-industrial residues affect growth and nitrogen assimilation in maize (*Zea mays* L.) plantlets. J. Geochem. Explor. 129: 103–111.
21. Eshghi, S. and M. Gharazhian. 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry of foliar and soil drench applications of humic acid. Iran Agric. Res. 34(1): 14–20.
22. Fallahi, E., B. Fallahi and M.M. Seyedbagheri. 2006. Influence of humic substances and nitrogen on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of 'Early Spur Rome' apple. J. Plant Nutr. 29: 1819–1833.
23. Ferguson, L., J. Poss, S. Grattan, C. Grieve, D. Wang, C. Wilson and T. Donovan. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127: 194–199.
24. Ghazanshahi, J. 2006. Soil and Plant Analysis. Aeej Press. 272 p. (In Persian)
25. Hoque, M.A., M.N.A. Banu, E. Okuma, K. Amako, K. Nakamura, Y. Shimoishi and Y. Murata. 2007. Exogenous proline and glycinebetaine increase NaCl-induced ascorbate-glutathione cycle enzyme activities and proline improves salt tolerance more than glycinebetaine in tobacco Bright Yellow-2 suspension-cultured cells. *J. Plant Physiol.* 164: 1457–1468.
26. Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. *J. Plant Nutr 2*4: 273–281.
27. Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 541–549.
28. Ioannidis, N.E., J.A. Cruz, K. Kotzabasis and D.M. Krame. 2012. Evidence that putrescine modulates the higher plant photosynthetic proton circuit. PLoS One 7(1): e29864.
29. Iqbal, N., A. Masood and N.A. Khan. 2012. Phytohormones in salinity tolerance: Ethylene and gibberellins Cross Talk. PP. 77-98. *In:* Khan, N.A., R. Nazar, N. Iqbal and N.A. Anjum (Eds.), Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants, Springer, Berlin, 308 p.
30. Jumberi, A., M. Oka and H. Fujiyama. 2002. Response of vegetable crops to salinity and sodicity in relation to ionic balance and ability to absorb microelements. Soil Sci. Plant Nutr. 48(2): 203–209.

www.SID.ir

Archive of SID

31. Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs and K. Saltati. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Sci. Hort. 93: 65–74.
32. Kaya, M D., G. Okci, M. Atak, Y. Cikili and O. Kolsarici. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). Eur. J. Agron. 24: 291–295.
33. Keutgen, A. J. and E. Pawelzic. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environ. Exp. Bot. 65(2): 170–176.
34. *Mikkelsen, R.L. 2005. Humic materials* for *agriculture*. Sci. Res. 89(3): 6–7.
35. Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Ohyama. 1994. Determination of tungstate concentration in plant materials by HNO_3-$HC1O_4$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. *Plant Analysis and Methods* 46: 51–56.
36. Momenpour, A., D. Bakhshi, A. Imani and H. Rezaie. 2016. Effect of salinity stress on the morphological and physiological characteristics in some selected almond (*Prunus dulcis*) genotypes budded on GF677 roorstock. *Plant Production Technology* 7(2):137–152.
37. Nardi, S., P. Carletti, D. Pizzeghello and A. Muscolo.2009. Biological activities of humic substances. PP. 102–119. *In:* Senesi, N., B. Xing and P.M. Huang (Eds.), Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems, Wiley, Hoboken.
38. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem. 34: 1527–1536.
39. Nikbakht, A., M. Kafi, M. Babalar, Y. Xia, A. Luo and N. Etemadi. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake and postharvest life of gerbera. J. Plant Nutr. 31(12): 2155–2167.
40. Poór, P., K. Gémes, F. Horváth, A. Szepesi, M.L. Simon and I. Tari. 2011. Salicylic acid treatment via the rooting medium interferes with stomatal response, CO_2 fixation rate and carbohydrate metabolism in tomato and decreases harmful effects of subsequent salt stress. Plant Biol. 13: 105–114.
41. Rodríguez, M., E. Canales and O. Borrás-Hidalgo. 2005. Molecular aspects of abiotic stress in plants. Biotecnol. Aplic. 22: 1–10.
42. Rogers, M., C. Grieve and M. Shannon. 2003. Plant growth and ion relations in Lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to the combined effects of NaCl and P. Plant Soil 253: 187–194.
43. Ruize, D., V. Martinez and A. Cerda. 1997. Citrus responses to salinity, growth and nutrient uptake. *Tree Physiol.* 17: 141–150.
44. Sánchez-Andreu, J., A. Juares, M.J. Jorda and D. Bermudes. 2002. Humic substances and amino acid improve effectiveness of chelate Fe EDTHA in lemon trees. J. Plant Nutr. 25(11): 2433–2442.
45. Shalaby, O. and M. EL-Messairy. 2018. Humic acid and boron treatment to mitigate salt stress on the melon plant. Acta Agric. Slovenia 111(2): 349–356.
46. Sivritepe, N., H. Sivritepe, H. Gelike and A. Kakat. 2010. Salinity responses of grafted grapevines: Effects of scion and rootstock genotypes. Notulae Botanicae *Horti* Agrobotanici *Cluj*-Napoca 38(3): 193–201.
47. Stevenson, F.J. 1991. Organic matter nutrient reactions in soils. PP. 145–186. *In:* Mortvedt, J. J., F. R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch (Eds.), Micronutrients in Agriculture, *Soil Science Society* of America, Madison, WI.
48. Sun, Y., G. Niu, R. Wallace, J. Masabni and M. Gu. 2015. Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. Hort. 1(1): 27–43.
49. Tahir, M.A., T. Aziz, M. Farooq and G. Sarwar. 2012. Silicon-induced changes in growth, ionic composition, water relations, chlorophyll contents and membrane permeability in two salt-stressed wheat genotypes. Arch.Agron. Soil Sci. 58: 247–256.
50. Tanou, G., A. Molassiotis and G. Diamantidis. 2009. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. *Environ.* Exp. Bot. 65: 270–281.
51. Tavakkoli, E., P. Rengasamy and G.K. McDonald. 2010. High concentrations of Na^+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *J.* Exp. *Bot.* 61: 4449–4459.
52. Turkmen, O., S. Demir, S. Sensoy and A. Dursun. 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline conditions. J. Biol. Sci. 5(5): 568–574.
53. Tuteja, N. 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. Method. Enzymol. 428: 419–438.

www.SID.ir

Archive of SID

Influence of Humic Acid on Growth, and Leaf and Root Mineral Elements of Sabrina Strawberry under Salinity Stress

P. Khodamoradi[1], J. Amiri[1*], S. Eshghi[2] and B. Doulati[3]

(Received: 19 December 2018 ; Accepted : 4 June 2019)

Abstract

Salinity is one of the most brutal environmental stresses limiting the productivity of agricultural crops. In order to determine the effect of humic acid on some morphological and physiological characteristics and uptake of elements by strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv. Sabrina) under salinity stress, a greenhouse factorial experiment was conducted with three factors including two treatment methods of humic acid application (spray and drench), three humic acid levels (0, 300 and 600 mg/L) and three salinity levels (0, 20 and 40 mM NaCl) in a completely randomized design with four replications. Results revealed that in the salinity level of 40 mM, the dry weights of shoot and root were reduced by 36.65 and 26.85 percents compared to control. With increasing the salinity level, the Na^+ concentration increased and the K^+, Ca^{2+} and Mg^{2+} concentrations in leaves and roots decreased. In the presence of 40 mM NaCl in external media, application of 600 mg/L humic acid increased root Ca^{2+} concentration by 65 %. However, application of humic acid mitigated the Na^+ concentration in leaves and roots and improved the Fe^{2+} and Zn^{2+} concentrations. According to the results of this study, application of humic acid (especially at 600 mg/L) ameliorated the deleterious effects of salt stress in strawberry cv. Sabrina.

Keywords: Strawberry, Sodium, Soil application, Calcium, Fresh weight of root.

1. Dept. of Hort. Sci., Faculty of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.
1. Dept. of Hort. Sci., Faculty of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.
2. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.
* Corresponding Author, Email: j.amiri@urmia.ac.ir

www.SID.ir