

تأثیر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم ساپرینا تحت شرایط تنش شوری

پیام خدامرادی^۱، جعفر امیری*^۲ و بهنام دولتی^۳

۱- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۳)

چکیده

شوری به‌عنوان یک فاکتور محیطی مهم محدود کننده تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. به‌منظور تعیین اثر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در توت فرنگی رقم ساپرینا در شرایط تنش شوری، آزمایش گلخانه‌ای با سه فاکتور شامل دو روش کاربرد اسید هیومیک (محلول‌پاشی برگ، کاربرد در محیط کشت)، سه غلظت اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سه سطح شوری ناشی از کلرید سدیم (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری در محلول غذایی، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش یافت. همچنین تحت تأثیر شوری، محتوای نسبی آب برگ کاهش، اما میزان نشت یونی غشاء سلول‌های برگ، کارتنوئید و میزان مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت. تحت شرایط تنش شوری، کاربرد اسید هیومیک باعث بهبود رشد رویشی شد و میزان نشت یونی کاهش یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد تیمارهای اسید هیومیک (به ویژه غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌تواند بعضی از اثرات منفی ناشی از تنش شوری را در توت فرنگی رقم ساپرینا تعدیل نماید.

کلمات کلیدی: توت فرنگی، شاخص‌های رویشی، کلروفیل کل، مالون‌دی‌آلدئید، نشت یونی

مقدمه

(چاولا و همکاران^۴، ۲۰۱۳). توت‌فرنگی که به‌عنوان یک

میوه تجاری مهم با افزایش سطح زیر کشت در جهان و افزایش مصرف شناخته شده است به‌طور قابل توجهی حساس به شوری می‌باشد و تأثیرات منفی شوری بر روی کیفیت میوه توت‌فرنگی، رشد گیاه و عملکرد میوه گزارش شده است (اشرف و فولند^۵، ۲۰۰۷). توت‌فرنگی، گیاهی حساس به شوری با آستانه تحمل یک میلی‌موس بر سانتی‌متر می‌باشد و با افزایش غلظت کلرید سدیم از عملکرد آن به‌شدت کاسته می‌شود (کایا و همکاران^۶، ۲۰۰۲). در پژوهشی در هفت رقم توت‌فرنگی که در معرض سطوح مختلف شوری قرار داشتند مشخص گردید که رقم‌های آلبینو، کاماروزا، سان‌آندراس مقاومت بیشتری نسبت به شوری در مقایسه با رقم‌های بانسیسیا، چاندلر و رادیانس داشتند (سان و همکاران^۷، ۲۰۱۵). در پژوهش دیگری ال-شورافا^۸ و همکاران (۲۰۱۴) در دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و آلبینو که در معرض سطوح مختلف شوری قرار داشتند، مشاهده نمودند که با افزایش سطوح شوری در هر دو رقم، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره و نسبت ریشه به شاخساره کاهش یافت. در پژوهشی که در توت‌فرنگی رقم سلوا انجام گردید، مشاهده گردید که شوری، باعث ایجاد

گیاهان در اغلب موارد، در معرض تنش‌های غیر زنده مانند خشکی، شوری، دمای کم و زیاد، غرقابی، فلزات سنگین، ازن، اشعه ماورا بنفش و علف‌کش‌ها بوده که تهدید جدی برای تولید محصول می‌باشند (پروایز و همکاران^۱، ۲۰۱۳). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی کره زمین تحت تأثیر شوری قرار گرفته که این مقدار بالغ بر شش درصد کل خاک‌های جهان می‌باشد (سسکین و همکاران^۲، ۲۰۱۰). تنش شوری، یکی از خطرات جدی برای کشاورزی است که مزارع سرسبز را به زمین‌های خشک و غیرقابل کشت تبدیل نموده و رشد گیاهان را کم می‌نماید (خان و همکاران^۳، ۲۰۱۰). کشور ایران در منطقه خشک و بیابانی قرار دارد و شوری آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، مشکلی مضائف و رو به گسترش می‌باشد (نقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). 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 دی‌اکسیدکربن (با بسته شدن روزنه‌ها)، افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو باشد

4. Chawla *et al.*

5. Ashraf and Fooland

6. Kaya *et al.*

7. Sun *et al.*

8. Al- Shorafa

1. Parvaiz *et al.*

2. Seckin *et al.*

3. Khan *et al.*

(سیوریتپ و همکاران^۵، ۲۰۱۰). در پژوهش ایرتورک و همکاران^۶ (۲۰۰۷) در شرایط درون شیشه‌ای روی پایه‌های گیلان که در معرض غلظت‌های مختلف کلرید سدیم قرار داشتند، مشخص گردید که شوری، باعث کاهش معنی‌داری در رشد رویشی و وزن خشک ریز نمونه‌ها شده است. در پژوهش دیگری در قلمه‌های ریشه‌دار شده کیوی که در شرایط هیدروپونیک در معرض سطوح متفاوت شوری (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به مدت دو ماه قرار گرفته بودند، مشاهده شد که سطح و تعداد برگ، رشد شاخساره و وزن خشک گیاه با افزایش غلظت نمک، کاهش یافتند (چارت زولاکیس و همکاران^۷، ۱۹۹۵).

کاهش در میزان رنگدانه کلروفیل، عموماً در تمامی گیاهان تحت تنش شوری گزارش شده و غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص حساسیت وضعیت متابولیسم یاخته‌ای، مورد استفاده پژوهشگران قرار می‌گیرد (چوتیپاجیت و همکاران^۸، ۲۰۱۱). استفاده از کودهای آلی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات باغبانی کاربرد فراوانی پیدا نموده است. مقادیر بسیار کمی از اسیدهای آلی، تأثیر فراوانی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند (سماوات و ملکوتی، ۱۳۸۴). اهمیت ترکیبات هیومیکی در بهبود

تنش اکسیداتیو در برگ‌ها و نیز باعث تجمع پراکسید هیدروژن و رادیکال سوپراکسید در گیاه شد (تانائو و همکاران^۱، ۲۰۰۹).

پاسخ فوری در تنش شوری، کاهش در میزان سطح برگ است که با افزایش غلظت شوری، گسترش سطح برگ متوقف می‌شود (وانگ و نیل^۲، ۲۰۰۰). کاهش در میزان فعالیت سلول‌های مریستمی و جلوگیری از طویل شدن سلول‌ها نتیجه تغییر در روابط آبی گیاهان تحت تنش شوری است که مسئول کاهش شاخص‌های رشدی گیاهان می‌باشد (ایدرس و همکاران^۳، ۲۰۱۱).

فرگوسن و همکاران^۴ (۲۰۰۲)، در بررسی‌های خود در درختان پسته رقم کرمان روی سه پایه مختلف در سطوح شوری ۳/۵، ۸/۷، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده نمودند که با افزایش غلظت نمک، صفات رویشی مانند قطر تنه، ارتفاع درخت، سطح و تعداد برگ، وزن تر و خشک شاخساره به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. در پژوهش دیگری روی دو رقم انگور "سلطانا" و "ماسکل" که به‌ترتیب روی پایه‌های *V. rupestris* و 110R در معرض سطوح شوری ۰/۳، ۲/۷ و ۵/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر در طول دو ماه انجام شد، کاهش وزن خشک شاخساره و ریشه گزارش گردید

5. Sivritepe *et al.*
6. Erturk *et al.*
7. Chartzoulakis *et al.*
8. Chutipaijit *et al.*

1. Tanou *et al.*
2. Wang and Nil
3. Idress *et al.*
4. Ferguson *et al.*

می‌تواند راهگشای برخی از مشکلات موجود به‌ویژه در خاک‌هایی با درجات مختلف شوری باشد. با توجه به این که شوری از عوامل محدود کننده رشد و تولید محصول در بسیاری از گیاهان محسوب می‌شود، بنابراین در پژوهش حاضر تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید هیومیک بر بهبود برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توت فرنگی رقم ساپرینا در شرایط کشت هیدروپونیک بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه تجاری پارادیس در شهر ارومیه و آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. به‌منظور بررسی تأثیر شوری (کلرید سدیم) و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم ساپرینا در شرایط کشت هیدروپونیک، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور که فاکتور اول، شامل نوع کاربرد اسید هیومیک (محلول پاشی برگ و کاربرد در محیط کشت)، فاکتور دوم غلظت اسید هیومیک در سه سطح (۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و فاکتور سوم شامل شوری ناشی از کلرید سدیم در سه سطح (۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار) با چهار تکرار اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان و هر گلدان

وضعیت تغذیه گیاهان به‌خوبی شناخته شده است. در بین انواع محصولات تجاری حاوی مواد هیومیک، بیشتر اسید هیومیک است که در بهبود تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود، این ترکیب بیشتر به صورت خاکی، محلول پاشی و محلول در آب و غالب اوقات در ترکیب با کودهای مایع دیگر نیز استفاده می‌شود (چن و همکاران^۱، ۲۰۰۴).

اسید هیومیک، پلیمری با وزن مولکولی زیاد و دارای ساختار چندوجهی پیچیده می‌باشد که تحت تأثیر کاتالیزورهای غیرزیستی مانند مواد معدنی اولیه و لایه‌های سیلیکاته که روی ترکیبات آلی مانند لیگنین‌ها قرار گرفته‌اند، حاصل می‌شوند (موسکولو و همکاران^۲، ۲۰۰۷). اسید هیومیک یک ترکیب آروماتیک است که در ساختار مولکولی آن چند زنجیره اسید کربوکسیلیک و حلقه فنلی دارای گروه هیدروکسید وجود دارد که باعث انحلال آن در محیط قلیایی می‌گردد. با انحلال این ترکیب، فعالیت شیمیایی آن آغاز می‌شود (واسکووا و همکاران^۳، ۲۰۱۱). از آنجایی که امروزه تولید توت فرنگی در دنیا اهمیت زیادی پیدا نموده و در کشور ما نیز گام‌های اساسی در جهت گسترش کشت این محصول به ویژه در شرایط کشت هیدروپونیک در گلخانه برداشته شده است، از این رو، پژوهش‌های کاربردی در این زمینه

1. Chen *et al.*
2. Muscolo *et al.*
3. Vaskova *et al.*

محتوی دو گیاه توت‌فرنگی بود و در مجموع ۷۲ گلدان مورد استفاده قرار گرفت.

مواد گیاهی و شرایط رشد

در این پژوهش از بوته‌های یک‌دست و هم‌اندازه توت‌فرنگی رقم ساب‌رینا از گلخانه جباری تهیه گردید و به گلدان‌هایی به ابعاد ۱۷×۱۵ سانتی‌متر منتقل شدند به نحوی که 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 $27/19 \pm 3$ (شب/روز) درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد مستقر شدند.

ترکیب محلول غذایی

محلول غذایی هوگلند شامل $2/5$ میلی‌مولار $Ca(NO_3)_2$ ، 1 میلی‌مولار $MgSO_4$ ، $2/5$ میلی‌مولار KNO_3 ، $0/5$ میلی‌مولار KH_2PO_4 ، 23 میکرومولار H_3BO_3 ، 6 میکرومولار $MnSO_4$ ، $0/7$ میکرومولار $ZnSO_4$ ، $0/3$ میکرومولار $CuSO_4$ ، $0/1$ میکرومولار H_2MoO_4 و 32 میکرو مولار Fe-EDTA بوده و pH محلول غذایی $6/3$ بود. از شروع کاشت بوته‌های توت‌فرنگی در گلدان‌ها، گیاهان هفته‌ای سه بار، ابتدا با 100 میلی‌لیتر و در ادامه هم‌زمان با افزایش رشد گیاهان با 150 میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند تغییر یافته (نیم‌غلظت) آبیاری شدند.

نحوه اعمال تنش شوری

بوته‌های توت‌فرنگی، بعد از استقرار در گلدان، با محلول غذایی نیم غلظت هوگلند آبیاری شده و پس از گذشت ۵۰ روز از کاشت بوته‌ها در گلدان‌ها، تیمارهای شوری، اعمال شد. نمک مورد استفاده برای تنش شوری، کلرید سدیم آزمایشگاهی بود. این نمک همراه با محلول غذایی نیم غلظت هوگلند، مورد استفاده قرار گرفت. غلظت‌های کلرید سدیم مورد استفاده شامل صفر (شاهد)، 20 و 40 میلی‌مولار بودند. مدت زمان اعمال تنش شوری یک ماه بود. گیاهان شاهد، فقط محلول غذایی نیم غلظت هوگلند (بدون نمک) دریافت نمودند. برای جلوگیری از ایجاد شوک ناشی از تنش شوری به گیاهان، در اولین آبیاری بعد از شروع تنش شوری، از نمک 20 میلی‌مولار همراه با محلول غذایی هوگلند استفاده شد. در آبیاری دوم از نمک‌های 20 و 40 میلی‌مولار، در محلول غذایی استفاده شد. هفته‌ای یک بار، 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 آبخوبی به کمترین حد ممکن برسد. آبیاری این گیاهان به صورت یک روز در میان با محلول نیم غلظت هوگلند تا پایان دوره آزمایش انجام شد.

شاخص‌های مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری

آن‌ها

ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه

به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی از ویژگی‌های رویشی گیاهان مورد آزمایش، در پایان آزمایش (مدت زمان اعمال تنش شوری یک ماه بود)، صفاتی نظیر طول ریشه توسط خط‌کش، سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter, AM 200) و وزن تر برگ به کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین وزن خشک برگ، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون، وزن خشک آن‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) تعیین شدند.

اندازه‌گیری نشت یونی

نشت یونی غشاء برگ به صورت درصد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (لوتس و همکاران^۱، ۱۹۹۵).

$$[EC_1/EC_2] \times 100 = \text{نشت یونی غشاء برگ (\%)}$$

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (ترنر^۲، ۱۹۸۱).

$$100 \times [(\text{وزن خشک-وزن آماس}) / (\text{وزن خشک-وزن تر})] =$$

محتوای نسبی آب برگ (درصد)

اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید (MDA)

اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی در طی تنش‌ها و همچنین معیاری برای سنجش تاثیر تنش می‌باشد، با استفاده از روش پوفام و نوواچی^۳ (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol/g FW}) = [A_{532} - A_{600}/155] \times 1000$$

اندازه‌گیری رنگی‌های کلروفیل و کاروتنوئید

برای اندازه‌گیری رنگی‌های کلروفیل و کاروتنوئید، از روش لیچتنالر و ولبورن^۴ (۱۹۸۵) استفاده شد. ۰/۱ گرم از وزن تر برگ به همراه ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۵۰۰ دور، سانتریفیوژ شد. سپس جذب فاز بالایی هر یک از نمونه‌های سانتریفیوژ شده توسط اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۲ نانومتر، ۶۴۵ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید از فرمول‌های زیر استفاده شد:

$$\text{Chl a} = 11.75 A_{662} - 2.350 A_{645}$$

$$\text{Chl b} = 18.61 A_{645} - 3.960 A_{662}$$

$$\text{Car} = 1000 A_{470} - 2.270 \text{Chl a} - 81.4 \text{Chl b}$$

/227

3. Popham and Novachy
4. Lichtenthaler and Wellburn

1. Luttes *et al.*
2. Turner

دانکن انجام گرفت. همچنین برای رسم شکل از نرم افزار Excel سری ۲۰۱۰ استفاده گردید.

در این رابطه Chl a، Chl b و Car به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید می‌باشد (A میزان جذب خوانده شده در هر طول موج توسط اسپکتروفوتومتر می‌باشد).

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بسیاری از شاخص‌های مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف اسیدهیومیک، نوع کاربرد آن و سطوح مختلف شوری قرار گرفتند (جدول ۱).

تجزیه آماری

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS سری 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری و اسیدهیومیک و برهمکنش آن‌ها بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی در توت فرنگی رقم ساپرینا

میانگین مربعات					
وزن خشک برگ	وزن تر برگ	طول ریشه	سطح برگ	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۳۵۱۱**	۰/۰۳۴۲۳*	۲۷/۵۰۳۴*	۱۱۰/۰۱۳ ^{NS}	۱	نوع کاربرد اسید هیومیک
۰/۲۳۶۳**	۱/۱۰۹۲**	۱۷۳/۵۶۵۹**	۲۱۲۸/۲۹۱**	۲	شوری
۰/۰۳۴۳۸**	۰/۰۶۳۲۵**	۴۲/۰۲۴۳**	۲۷۰/۷۹۱۶**	۲	اسیدهیومیک
۰/۰۰۴۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۳۳۶ ^{NS}	۴/۳۹۹۳ ^{NS}	۳/۴۳۰۵ ^{NS}	۲	شوری × نوع کاربرد
۰/۰۰۲۹۵۴ ^{NS}	۰/۰۱۹۸۸ ^{NS}	۱۲/۸۵۷۶ ^{NS}	۳۹/۶۸۰۵ ^{NS}	۲	اسیدهیومیک × نوع کاربرد
۲/۰۰۴۹۳ ^{NS}	۰/۰۱۱۸۶ ^{NS}	۹/۸۱۵۹ ^{NS}	۱۶/۳۳۳ ^{NS}	۴	شوری × اسیدهیومیک
۰/۰۰۰۵۳۳ ^{NS}	۰/۰۱۱۱۳ ^{NS}	۳/۳۱۵۹ ^{NS}	۳۹/۰۹۷۲ ^{NS}	۴	شوری × اسیدهیومیک × نوع کاربرد
۰/۰۰۳۶۲	۰/۰۰۸۳	۴/۷۳۰۳	۲۸/۹۲۱	۵۴	خطای آزمایشی
۱۱/۶۵۲	۵/۴۴۳۴	۹/۴۷۰۵	۴/۹۶۹۹		ضریب تغییرات (/)

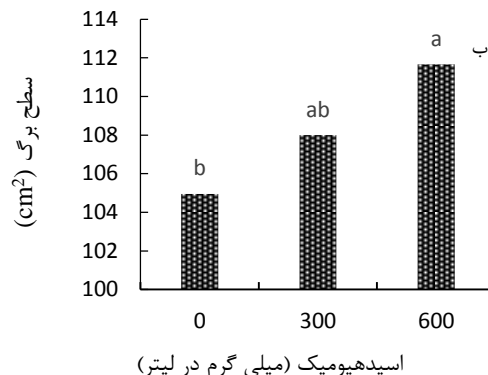
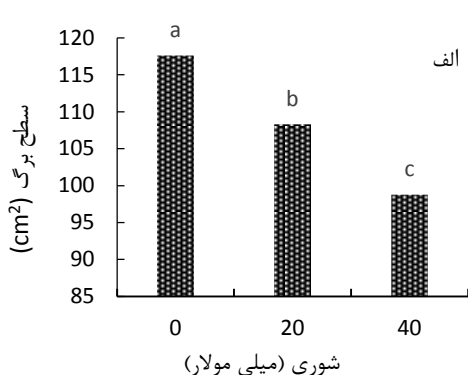
NS، * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

سطح برگ

اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. بیشترین سطح برگ (۱۱۷/۵۸ سانتی‌متر مربع) در تیمار شاهد و کمترین میزان آن (۹۸/۷۵ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد (شکل ۱- الف). با افزایش سطوح اسید هیومیک، سطح برگ افزایش یافت.

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که فقط اثرات اصلی اسیدهیومیک و شوری بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطوح شوری، سطح برگ کاهش یافت و

بیشترین سطح برگ (۱۱۱/۶۶ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و کمترین میزان آن (۱۰۴/۹۵ سانتی‌متر مربع) در تیمار شاهد به دست آمد هرچند که بین تیمارهای ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱-ب).

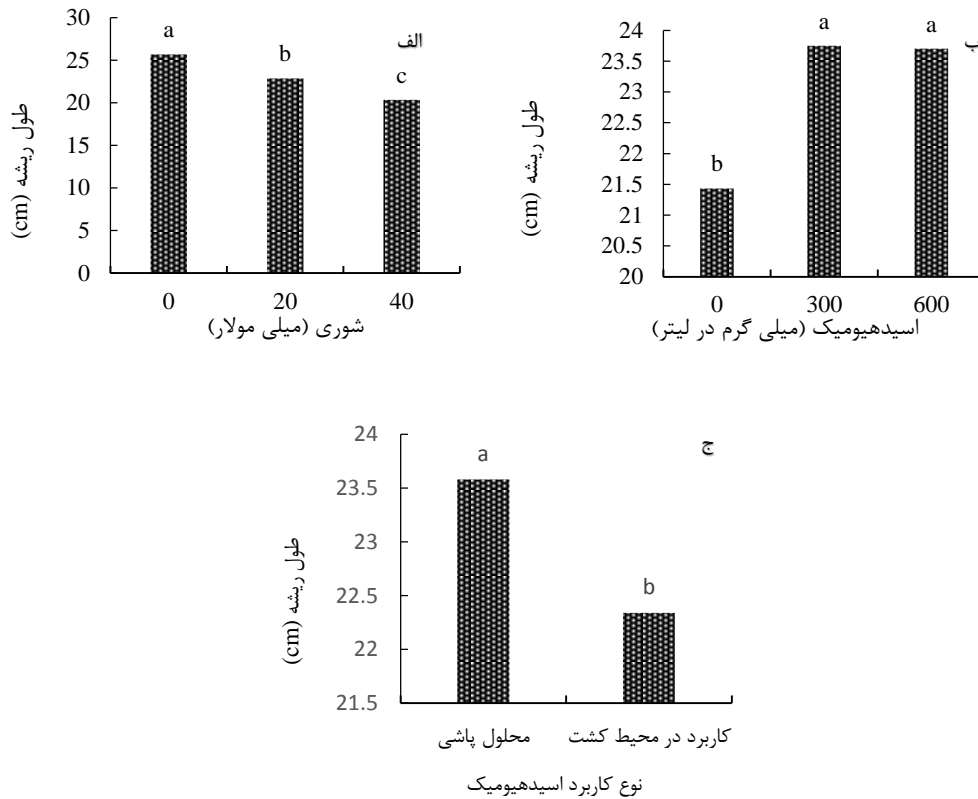


شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری (الف) و اسیدهیومیک (ب) بر سطح برگ در توت فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

طول ریشه

کاهش اثرات منفی شوری بر طول ریشه در هر دو حالت کاربرد در محیط کاشت و محلول پاشی داشت. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش طول ریشه گردید اما تفاوتی بین غلظت‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در افزایش طول ریشه از لحاظ آماری مشاهده نشد (شکل ۲-ب). طول ریشه در حالت محلول پاشی، ۲۳/۵۸ سانتی‌متر و در حالت کاربرد در محیط کشت، ۲۲/۳۴ سانتی‌متر بود (شکل ۲-ج).

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات اصلی اسیدهیومیک و شوری در سطح احتمال ۱ درصد و نوع کاربرد اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شوری، طول ریشه کاهش یافت. بیشترین طول ریشه (۲۵/۷۰ سانتی‌متر) در تیمار شاهد و کمترین آن (۲۰/۳۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری بود (شکل ۲-الف). اسیدهیومیک اثر مثبتی در

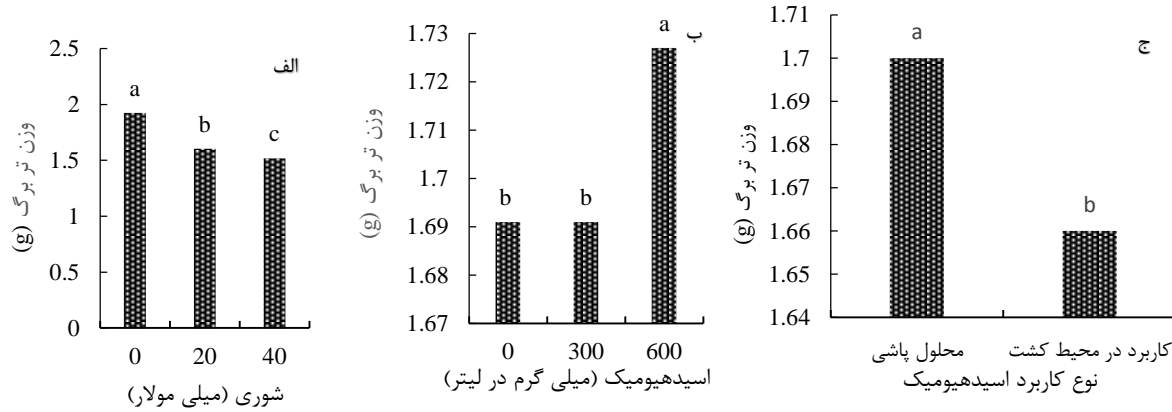


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری (الف)، اسیدهیومیک (ب) و نوع کاربرد اسید هیومیک (ج) بر طول ریشه در توت فرنگی رقم ساب‌رینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

وزن تر برگ

۴۰ میلی‌مولار شوری بود (شکل ۳- الف). بیشترین و کمترین وزن تر برگ (۱/۷۲ و ۱/۶۲ گرم) به ترتیب در تیمار ۶۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک دیده شد. بین تیمار صفر با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳- ب). با کاربرد اسیدهیومیک در حالت محلول‌پاشی نسبت به کاربرد در محیط کشت، وزن تر برگ، ۰/۹ برابر افزایش داشت (شکل ۳- ج)، (شکل ۳).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسیدهیومیک و شوری در سطح احتمال ۱ درصد و نوع کاربرد اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن تر برگ معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۱). با افزایش شوری وزن تر برگ کاهش یافت. بیشترین وزن تر برگ (۱/۹۲ گرم) در تیمار شاهد و کمترین آن (۱/۵۱ گرم) مربوط به تیمار



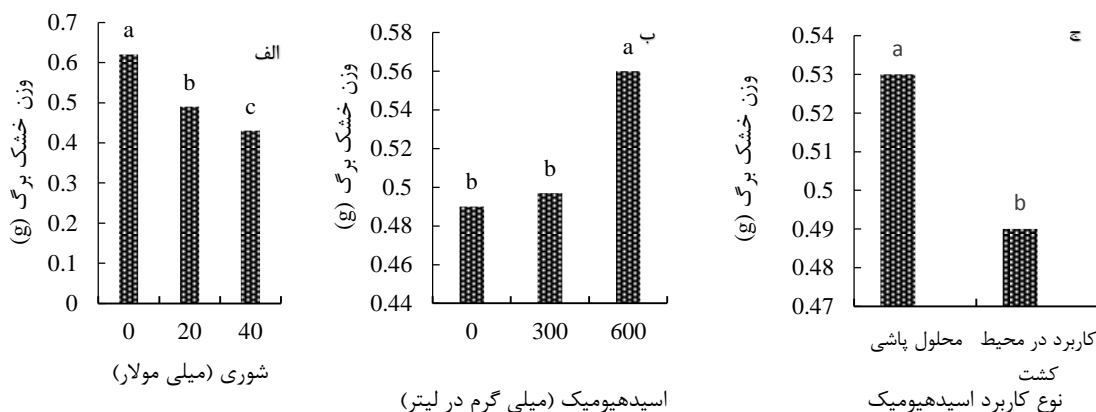
شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری (الف)، اسیدهیومیک (ب) و نوع کاربرد آن (ج) بر وزن تر برگ در توت فرنگی رقم سابرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

وزن خشک برگ

پاشی اسیدهیومیک نسبت به کاربرد در محیط کشت ۱/۱ برابر افزایش نشان داد (شکل ۴-ج).
براساس نتایج ارائه شده در این پژوهش، سطوح مختلف شوری و اسیدهیومیک در هر دو حالت کاربرد در محیط کشت و محلول پاشی بر بیشتر شاخص‌های رویشی تأثیر معنی‌داری گذاشت، که البته این تأثیر، بسته به نوع تیمار متفاوت بود. با افزایش سطح شوری، صفات رویشی از جمله طول ریشه، وزن تر و خشک برگ و سطح برگ کاهش یافتند. بیشترین تأثیر منفی شوری بر صفات رویشی در بالاترین سطح شوری (۴۰ میلی‌مولار) مشاهده گردید. این نتایج با یافته‌های سان و همکاران (۲۰۱۵)، ال- شورافا و همکاران (۲۰۱۴)، کاتگن و پاولزیک^۱ (۲۰۰۹)، سعادت و معلمی (۱۳۹۰) در توت فرنگی، چیلی- چابونی و همکاران^۲ (۲۰۱۰) در

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سطوح مختلف اسیدهیومیک، نوع کاربرد آن و سطوح مختلف شوری بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری وزن خشک برگ کاهش یافت. بیشترین وزن خشک برگ (۰/۶۲ گرم) در تیمار شاهد و کمترین آن (۰/۴۳ گرم) مربوط به تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری بود (شکل ۴-الف). بیشترین وزن خشک برگ در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک مشاهده شد اما اختلاف بین تیمارهای صفر و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک از این نظر معنی‌دار نبود (شکل ۴-ب). وزن خشک برگ در کاربرد محلول

1. Keutgen and Pawelzik
2. Chelli-chaabouni *et al.*



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری (الف)، اسیدهیومیک (ب) و نوع کاربرد آن (ج) بر وزن خشک برگ در توت فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

واکنش‌های متابولیک گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در پژوهش دیگری، کومار و همکاران^۴ (۲۰۰۳) بیان نمودند که شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طولی شدن و تمایز سلولی و در نتیجه کاهش رشد می‌گردد. بوهرنت و همکاران^۵ (۱۹۹۵)، بیان نمودند که کاهش پتانسیل شیمیایی در محیط‌های شور، در ابتدا باعث عدم تعادل پتانسیل آب میان آپوپلاست و سیمپلاست گردیده که خود باعث کاهش در پتانسیل فشار سلولی شده که در نهایت منجر به کاهش رشد رویشی می‌گردد. بنابراین به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر، شوری با ایجاد سمیت یونی، تنش اسمزی، بهم زدن تعادل عناصر غذایی و کاهش جذب آب باعث تغییر در فرایندهای مهم فیزیولوژیکی در توت فرنگی رقم

پسته، ایرتورک و همکاران (۲۰۰۷) در گلاس، فیزاراکیس و همکاران^۱ (۲۰۰۱) در انگور، مبنی بر کاهش صفات رویشی در اثر شوری، مطابقت دارد. مکانیسم‌های فراوانی می‌توانند در کاهش رشد رویشی و تأثیر منفی شوری بر شاخص‌های رویشی در این پژوهش دخالت داشته باشند. مکانیسم‌های مسئول کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری شامل تنش اسمزی، سمیت یونی، عدم تعادل مواد غذایی و تنش اکسیداتیو می‌باشند (انسر و همکاران^۲، ۲۰۱۲). کایا و همکاران^۳ (۲۰۰۶) بیان نمودند در گیاهانی که در خاک‌های شور زندگی می‌نمایند به دلیل خواص اسمزی، علاوه بر تنش شوری با تنش کم آبی مواجه شده که این عامل باعث کاهش سرعت رشد گیاه می‌گردد. این امر موجب اختلال در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمامی

4. Kummar *et al.*
5. Bohnert *et al.*

1. Fisarakis *et al.*
2. Anser *et al.*
3. Kaya *et al.*

سابقاً شده و از این طریق، رشد ریشه و قسمت‌های هوایی را کم نموده است. کاربرد اسیدهیومیک باعث تعدیل اثرات منفی شوری بر بیشتر شاخص‌های رویشی گردید. اثرات مثبت کاربرد خاکی اسید هیومیک ممکن است همانند اثرات برگی آن به خاطر وجود ترکیبات شبه هورمونی از گروه اکسین‌ها، سایتوکنین‌ها و جیبرلین‌ها در گیاه باشد (ابل- موگواند و همکاران^۱، ۲۰۰۷). اسیدهیومیک، پلیمری است که می‌تواند به عنوان یک ترکیب شبه‌هورمونی (تأثیر مستقیم) (ناردی و همکاران^۲، ۲۰۰۲) و همچنین با افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی و احیاکنندگی و حفظ نفوذ پذیری غشاء (اثر غیر مستقیم)، باعث افزایش متابولیسم ریز جانداران در خاک، بهبود وضع فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه گردد (سانچز و همکاران^۳، ۲۰۰۲).

کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع کاربرد اسیدهیومیک، شوری و اثرات متقابل شوری و اسیدهیومیک در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات اصلی اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل a معنی‌دار بود اما اثرات متقابل شوری و اسیدهیومیک و نوع کاربرد آن معنی‌دار نگردید (جدول ۲). نتایج مقایسه

میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری میزان کلروفیل a کاهش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل a (۲/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن (۱/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری بود (جدول ۳). در کاربرد اسید هیومیک در حالت محلول پاشی میزان کلروفیل a، ۱/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر شد (شکل ۵).

کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثرات اصلی سطوح مختلف شوری و نوع کاربرد اسیدهیومیک بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری، مقدار کلروفیل b کاهش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل b (۱/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن (۰/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری بود (شکل ۶- الف). میزان کلروفیل b در کاربرد محلول‌پاشی اسیدهیومیک نسبت به کاربرد در محیط کشت ۱/۱ برابر افزایش نشان داد (شکل ۶- ب).

کلروفیل کل

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات اصلی شوری، نوع کاربرد اسیدهیومیک و اثر متقابل شوری و اسیدهیومیک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد بر

1. Abel-Mawgoand *et al.*
2. Nardi *et al.*
3. Sanchez *et al.*

کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری میزان کلروفیل کل کاهش پیدا کرد و بیشترین و کمترین مقدار آن (۳/۶۹ و ۲/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و شوری ۴۰ میلی مولار بود (جدول ۳). در کاربرد اسید هیومیک در حالت

محلول‌پاشی، میزان کلروفیل کل، ۳/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر و در حالت کاربرد در محیط کشت میزان کلروفیل کل، ۲/۸۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر شد (شکل ۷).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری و اسیدهیومیک و برهمکنش آن‌ها بر میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید در توت فرنگی رقم ساب‌رینا

میانگین مربعات						منابع تغییرات
کلروفیل a	کلروفیل کل	کارتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	درجه آزادی	
۰/۰۳۰۰۵ ^{ns}	۱/۷۳۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۳۱۹ ^{ns}	۰/۹۱۶۲۰۶ ^{**}	۰/۲۱۱۲۵ ^{**}	۰/۲۴۷۵۷ ^{**}	۱ نوع کاربرد اسید هیومیک
۰/۱۳۹۰۳ ^{ns}	۲۲۰/۴۵۸ ^{**}	۱/۴۷۰۱ ^{**}	۰/۶۷۳۰۵ ^{**}	۰/۹۴۱۱۲ ^{**}	۳/۲۹۲۲ ^{**}	۲ شوری
۰/۱۰۵۷۲ ^{ns}	۱/۰۲۵۶ ^{ns}	۰/۰۰۲۹۸ ^{ns}	۰/۱۸۴۰۲ [*]	۰/۰۳۸۵۷ ^{ns}	۰/۱۱۷۳ [*]	۲ اسیدهیومیک
۰/۰۰۶۲۵ ^{ns}	۰/۰۶۴۹۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۷۱۷ ^{ns}	۰/۰۵۷۷ ^{ns}	۰/۰۰۲۸۷ ^{ns}	۰/۰۳۵۶ ^{ns}	۲ شوری × نوع کاربرد
۰/۰۹۴۰۲ ^{ns}	۱/۶۵۶۵ ^{ns}	۰/۰۰۶۹۲ ^{ns}	۰/۰۴۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۴۷۴ ^{ns}	۰/۰۰۳۱۳۴ ^{ns}	۲ اسیدهیومیک × نوع کاربرد
۰/۱۴۰۲۵ [*]	۱/۹۸۲۴ ^{ns}	۰/۰۱۷۴۳ ^{ns}	۰/۲۵۲۶۸ ^{**}	۰/۰۳۲۳ ^{ns}	۰/۱۹۱۰۲ ^{**}	۴ شوری × اسیدهیومیک
۰/۰۴۱۹۴ ^{ns}	۰/۶۶۶۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۶۰۱ ^{ns}	۰/۰۵۱۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۸۹۴ ^{ns}	۰/۰۳۴۰۵ ^{ns}	۴ شوری × اسیدهیومیک × نوع کاربرد
۰/۰۴۸۷۶	۰/۹۵۵۹	۰/۰۱۱۸۸	۰/۰۴۹۴	۰/۰۱۸۷۴	۰/۰۲۶۶	۵۴ خطای آزمایشی
۱۴/۵۷	۲۰/۷۶۵	۱۹/۱۴۱	۷/۴۷۲	۱۱/۴۹۷	۹/۱۳۵	ضریب تغییرات (/)

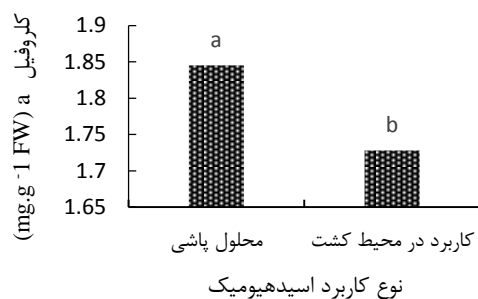
ns، * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در توت‌فرنگی رقم ساب‌رینا در سطوح مختلف شوری با غلظت‌های متفاوت اسید هیومیک.

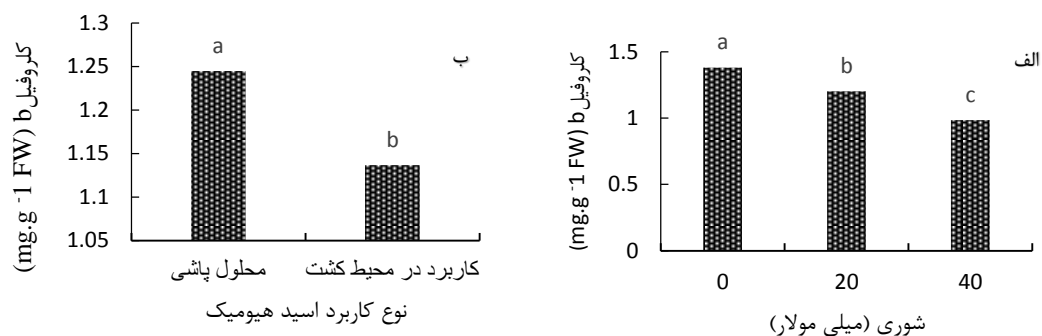
نسبت کلروفیل a به کلروفیل b	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	کلرید سدیم (میلی مولار)
۱/۶۱۹ ^a	۳/۶۸۶ ^a	۲/۲۷۴ ^a	۰	شاهد
۱/۵۳۲ ^{ab}	۳/۴۷۳ ^a	۲/۰۸۷ ^{ab}	۳۰۰	
۱/۶۵ ^a	۳/۵۴۴ ^a	۲/۱۹۶ ^a	۶۰۰	
۱/۵۳۸ ^a	۲/۸۶ ^{bc}	۱/۷۲۷ ^{cd}	۰	۲۰
۱/۵۹۱ ^a	۳/۱۳۲ ^b	۱/۹۱۶ ^{bc}	۳۰۰	
۱/۲۱۲ ^b	۲/۷۷۵ ^{cd}	۱/۵۱۳ ^{de}	۶۰۰	
۱/۵۳۷ ^a	۲/۲۳۳ ^e	۱/۳۴۴ ^e	۰	۴۰
۱/۵۰۷ ^{ab}	۲/۶۳ ^{cd}	۱/۵۷۱ ^{de}	۳۰۰	
۱/۴۵۸ ^{ab}	۲/۴۶ ^{de}	۱/۴۴۷ ^e	۶۰۰	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

خدامرادی و همکاران: تأثیر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم ...



شکل ۵- تأثیر نوع کاربرد اسید هیومیک بر کلروفیل a در توت فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



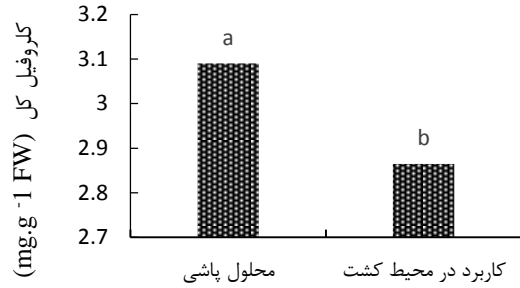
شکل ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری (الف) و نوع کاربرد اسید هیومیک (ب) بر کلروفیل b در توت فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

کارتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثر اصلی شوری بر مقدار کارتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری، میزان کارتنوئید افزایش پیدا کرد و کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب با ۰/۳۴ و ۰/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد و شوری ۴۰ میلی‌مولار بود (شکل ۸).

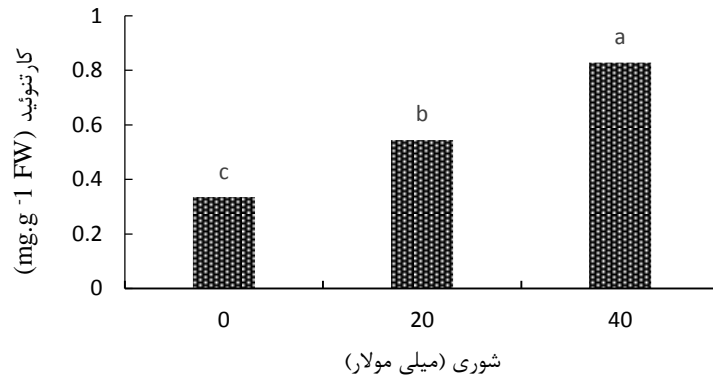
نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثر اصلی شوری بر نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید کاهش پیدا کرد و بیشترین و کمترین مقدار آن (به ترتیب ۸/۰۶ و ۲/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و شوری ۴۰ میلی‌مولار بود (شکل ۹).

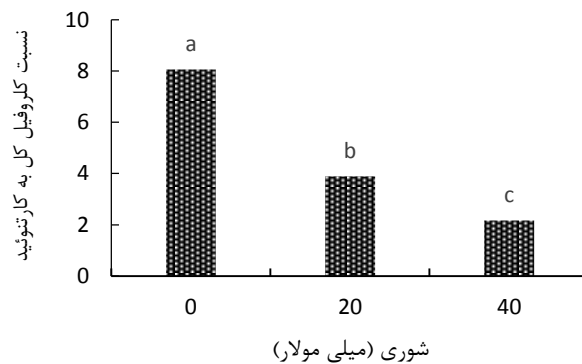


نوع کاربرد اسیدهیومیک

شکل ۷- تاثیر نوع کاربرد اسیدهیومیک بر کلروفیل کل در توت‌فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری بر میزان کارتنوئید در توت‌فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۹- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری بر نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید در توت‌فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

نسبت کلروفیل a به b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثر متقابل شوری و اسیدهیومیک بر نسبت کلروفیل a به b در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش شوری باعث کاهش نسبت کلروفیل a به b نسبت به تیمار شاهد شد اما کاربرد اسید هیومیک، تأثیر معنی‌داری بر افزایش این شاخص از لحاظ آماری نداشت (جدول ۳).

نتایج مربوط به شاخص‌های کلروفیل در پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم (شوری) محتوای کلروفیل a، b، نسبت کلروفیل a به b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید در رقم توت‌فرنگی سابرینا کاهش یافت به طوری که کمترین میزان آن‌ها مربوط به سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار بود. نتایج مربوط به کارتنوئیدها نیز نشان داد که میزان کارتنوئیدها با افزایش سطوح شوری افزایش یافت. کاهش در میزان کلروفیل، در گیاهان تحت تنش شوری در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده و مکانیسم‌های متفاوتی برای آن ذکر گردیده است. یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های دخیل در کاهش کلروفیل، تخریب غشاء کلروپلاست است (مان و همکاران^۱، ۲۰۱۰). مکانیسم دیگر برای کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوری، می‌تواند به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن (نیتروژن یکی

از عناصر مهم در ساختمان کلروفیل است) در رابطه با ساختن ترکیباتی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی بکار می‌روند (روزا ایبارا و مایتی^۲، ۱۹۹۵). باسرا و باسرا^۳ (۱۹۹۷) بیان نمودند که در تنش شوری یا خشکی، فعالیت آنزیم گلوتامات لیگاز برای سنتز کلروفیل کاهش، در مقابل آنزیم گلوتامین‌کیناز برای تبدیل گلوتامین به پرولین فعال می‌شود (گلوتامات ماده پیش‌ساز کلروفیل و پرولین است). در پژوهش دیگری کایا و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که به دلیل مشترک بودن مسیر بیوسنتزی کلروفیل و آلفا-توکوفرول، محتوای کلروفیل در شرایط تنش می‌تواند با توقف بیوسنتز کلروفیل، کاهش یابد. گیاه در این شرایط می‌تواند با توقف بیوسنتز کلروفیل، مسیر بیوسنتزی آلفا-توکوفرول را فعال نماید. پریدا و داس^۴ (۲۰۰۵) بیان کردند که محتوای کلروفیل و کارتنوئیدهای گیاهان تحت تنش شوری کاهش پیدا می‌کند. دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد (زائو و همکاران^۵، ۲۰۰۷). یکی از صدمات اکسیداتیو مهم که در شرایط تنش ایجاد می‌شود تخریب مولکول کلروفیل است که به دنبال این تخریب، گیاه

2. Rosa- Ibara and Maiti

3. Basra and Basra

4. Parida and Das

5. Zhao *et al.*

1. Mane *et al.*

کاراکورت و همکاران^۶ (۲۰۰۹)، بیان کردند مقدار کلروفیل فلفل به‌طور معنی‌داری با کاربرد ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر محلول‌پاشی برگی اسیدهیومیک افزایش پیدا کرد. افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد اسیدهیومیک را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داد. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش کلروفیل گیاه دارد. می‌توان چنین بیان کرد که اسیدهیومیک باعث جذب عناصر و به دنبال آن افزایش کلروفیل گیاه شود. عملکردهای دیگر اسیدهیومیک مانند افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، جذب اکسیژن، تنفس، فتوسنتز، جذب فسفات و افزایش طول ریشه نیز از دلایل احتمالی دیگر افزایش کلروفیل هستند (روسو و برلین^۷، ۱۹۹۰).

نشت یونی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسیدهیومیک، نوع کاربرد آن، شوری و اثر متقابل شوری و نوع کاربرد اسیدهیومیک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل شوری و اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد نشت یونی معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش سطوح شوری، نشت یونی افزایش یافت و اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. بیشترین میزان نشت یونی (۵۴/۶۳ درصد) در تیمار ۴۰

رنگی به نظر می‌رسد و دلیل آن، افزایش و قابل رویت شدن رنگیزه‌های محافظ مانند کارتنوئیدها (کاروتن، گزانتوفیل و لیکوپن) و آنتوسیانین می‌باشد (چالکر اسکات^۱، ۲۰۰۲). در پژوهش حاضر با افزایش سطوح کلرید سدیم، میزان کارتنوئیدها افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که افزایش کارتنوئیدها با افزایش شدت تنش، بیان‌کننده نقش حفاظتی آنها باشد (چالکر اسکات، ۲۰۰۲). زمانی که گیاهان تحت تنش کلرید سدیم قرار می‌گیرند با افزایش میزان کارتنوئیدهای خود سعی در حفاظت از دستگاه فتوسنتزی و افزایش تحمل نسبت به کلرید سدیم دارند (سیلوا- ارتگا و همکاران^۲، ۲۰۰۸). کارتنوئیدها در این شرایط قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته و اکسیژن سینگلت را به تریپلت تبدیل نموده و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده، نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفاء نمایند (اینز و مونتاگو^۳، ۲۰۰۰). در پژوهشی در گیاه بامیه، کاربرد اسید هیومیک در تیمارهای مختلف شوری، باعث افزایش میزان کلروفیل و کارتنوئید گردید (کوماری و سیکار^۴، ۲۰۰۸). تیجادا و گونزالز^۵ (۲۰۰۳) بیان نمودند که محلول‌پاشی اسیدهیومیک در گیاهان مارچوبه باعث افزایش کلروفیل و کارتنوئید ساقه‌های خوراکی شد.

1. Chalker- Scott
2. Silva- Ortega *et al.*
3. Inzo and Montagu
4. Kumari and Sekar
5. Tejada and Gonzalez

6. Karakurt *et al.*
7. Russo and Berlyne

غشاء می شود (هرناندز و آلمانزا^۱، ۲۰۰۲). سدیم، تنها کاتیونی است که دارای شعاع یونی کریستاله مشابه شعاع یونی کریستاله کلسیم می‌باشد. کلسیم، به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری، نقش مهمی در حفظ سلامتی غشاء یاخته‌ای و تنظیم انتقال یون به عهده دارد (کرامر و همکاران^۲، ۱۹۸۵). در غشاء و دیواره یاخته‌ای، یون‌های سدیم به‌آسانی می‌توانند جایگزین یون‌های کلسیم در مکان‌های اتصال شده، بدین ترتیب، میزان کلسیم غشاء و دیواره یاخته‌ای، کاهش یافته در نتیجه میزان تراوایی و یکپارچگی غشاء و دیواره یاخته‌ای دچار آسیب می‌گردد (هو و اشمیدهالتر^۳، ۲۰۰۵). در اثر متقابل شوری و اسیدهیومیک مشاهده شد که با کاربرد اسیدهیومیک در سطوح مختلف شوری میزان نشت یونی کاهش یافت. در پژوهشی آیدین و همکاران^۴ (۲۰۱۲) در گیاه لوبیا نشان دادند که کاربرد اسیدهیومیک باعث کاهش نشت یونی در غشای یاخته‌ای گردید.

در پژوهش دیگری در گوجه‌فرنگی در اثر اضافه نمودن اسیدهیومیک، نشت یونی اختلاف معنی‌داری با شاهد از خود نشان نداد (دیوید و همکاران^۵، ۱۹۹۴).

میلی‌مولار شوری و کمترین مقدار آن (۳۱/۲۸ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد. با افزایش سطوح اسید هیومیک، نشت یونی کاهش یافت و به ویژه در شوری ۲۰ میلی‌مولار این تأثیر، معنی‌دار بود. در تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری و غلظت اسیدهیومیک ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نشت یونی ۹/۸ درصد کاهش در مقایسه با حالت بدون کاربرد اسیدهیومیک داشت. در حالت کاربرد در محیط کشت، در مقایسه با محلول‌پاشی، میزان نشت یونی کمتر بود (شکل ۵).

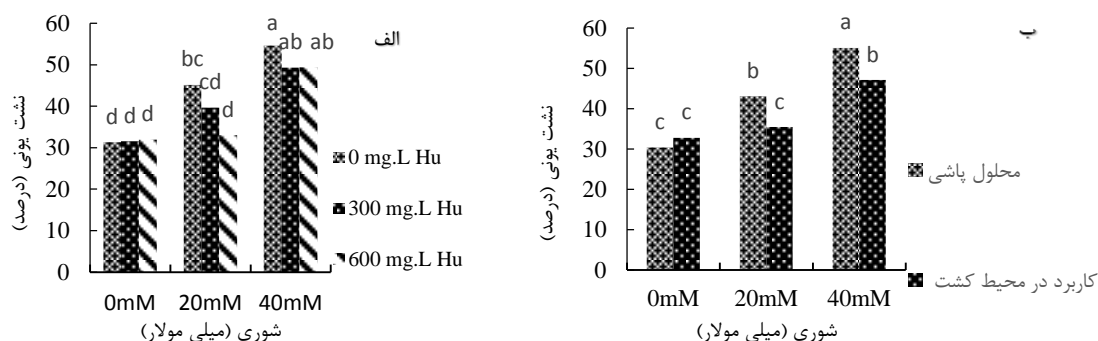
در پژوهش حاضر، میزان نشت یونی غشاء با افزایش شوری به میزان زیادی افزایش یافت. در غلظت‌های زیاد شوری، نفوذپذیری غشاء یاخته‌ای افزایش یافته و در نتیجه پایداری غشاء کاهش می‌یابد و در نهایت منجر به نشت الکترولیت‌ها می‌گردد (کایا و همکاران، ۲۰۰۶). تنش شوری با افزایش صدمات یونی و اسمزی در گیاه منجر به محدودیت در فتوسنتز شده که به‌نوبه خود باعث افزایش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌گردد. افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و نیز کاهش حذف آن‌ها (به‌دلیل بهم خوردن تعادل رادیکال‌های فعال اکسیژن و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان) باعث صدمات اکسیدی ثانویه مانند پراکسیداسیون لیپیدی غشاء شده و در نهایت، منجر به از دست رفتن خاصیت نیمه تراوایی

1. Hernandez and Almansa
2. Cramer *et al.*
3. Hu and Schmidhalter
4. Aydin *et al.*
5. David *et al.*

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف شوری و اسیدهیومیک و برهمکنش آن‌ها بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در توت فرنگی رقم سابرینا

میانگین مربعات				
محتوای نسبی آب برگ	مالون دی آلدئید	نشت یونی	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱۰/۱۲۵ ^{ns}	۰/۰۹۷۵۳۴ ^{**}	۳۴۸/۴۸ ^{**}	۱	نوع کاربرد اسید هیومیک
۱۴۵۷/۹۳ ^{**}	۰/۷۴۲۰۰۹ [*]	۲۳۱۵/۲۱۲ ^{**}	۲	شوری
۷۸/۱۸۰۵ [*]	۰/۰۱۵۲۳ ^{**}	۱۹۱/۶۶ ^{**}	۲	اسیدهیومیک
۸/۳۷۵ ^{ns}	۰/۰۱۸۴۴ ^{**}	۲۰۸/۵۶۶ ^{**}	۲	شوری × نوع کاربرد
۳۲/۳۷۵ ^{ns}	۰/۰۲۱۵۹۳ ^{**}	۹/۹۶۲۷ ^{ns}	۲	اسیدهیومیک × نوع کاربرد
۴۵/۱۳۸۹ ^{ns}	۰/۰۰۷۶۹ ^{ns}	۸۹/۶۶۹ [*]	۴	شوری × اسیدهیومیک
۱/۸۷۵ ^{ns}	۰/۰۱۲۷۳ ^{**}	۵۶/۶۹۱ ^{ns}	۴	شوری × اسیدهیومیک × نوع کاربرد
۲۴/۹۰۲۷	۰/۰۰۳۶۴	۲۵/۸۹۶	۵۴	خطای آزمایشی
۶/۳۸۳	۱۵/۵۴۵	۱۲/۵۲		ضریب تغییرات (/.)

ns, ** و *: به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪



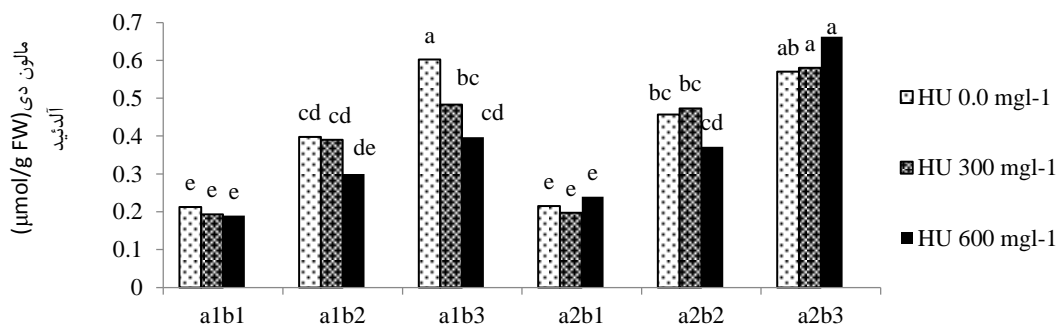
شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل اسیدهیومیک و شوری (الف)، شوری و نوع کاربرد اسیدهیومیک (ب) بر میزان نشت یونی در توت فرنگی رقم سابرینا. (Hu: اسید هیومیک). حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

کاربرد در محیط کشت اسیدهیومیک، شوری به‌طور معنی‌داری از لحاظ آماری باعث افزایش میزان مالون دی‌آلدئید گردید. بیشترین میزان این شاخص، مربوط به تیمار شوری ۴۰ میلی‌مولار بود. در حالت محلول‌پاشی مالون‌دی‌آلدئید بدون کاربرد اسیدهیومیک در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد، ۲/۸۳ برابر و

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسیدهیومیک، نوع کاربرد آن و شوری و اثرات متقابل اسیدهیومیک، نوع کاربرد آن و شوری بر میزان مالون‌دی‌آلدئید معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو حالت محلول‌پاشی و

خدامرادی و همکاران: تأثیر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم ...

در کاربرد خاکی میزان این شاخص ۲/۶۵ برابر شد. اسیدهیومیک با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شوری کاربرد اسیدهیومیک (به صورت محلول پاشی) به ویژه در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری در میزان کاهش مالون‌دی‌آلدئید داشت به طوری که با کاربرد



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل اسیدهیومیک و شوری و نوع کاربرد اسیدهیومیک بر میزان تولید مالون‌دی‌آلدئید در توت فرنگی رقم سابرینا. a₁ و a₂ به ترتیب نشان دهنده کاربرد اسیدهیومیک به صورت محلول پاشی برگی و کاربرد در محیط کشت می‌باشد. b₁, b₂ و b₃ نیز نشان‌دهنده غلظت‌های صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار شوری می‌باشد. (HU: اسید هیومیک). حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

اشباع باشد (سایرم و همکاران^۲، ۲۰۰۲). پراکسید هیدروژن (H₂O₂) با رادیکال سوپراکسید، واکنش داده و باعث تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شوند. این رادیکال‌های هیدروکسیل، از طریق واکنش با گروه‌های متیلن اسیدهای چرب غیراشباع (که از ترکیبات اصلی لیپیدهای غشاء محسوب می‌شوند) باعث پراکسیداسیون لیپیدی غشاء شده و در نتیجه میزان مالون‌دی‌آلدئید افزایش می‌یابد (بلوخینا و همکاران^۳، ۱۹۹۹). در رابطه با تأثیر اسیدهیومیک بر میزان مالون‌دی‌آلدئید نتایج نشان داد که برخی از غلظت‌های اسیدهیومیک توانسته

در پژوهش حاضر تنش شوری باعث خسارت به غشاء گردیده و پراکسیداسیون لیپیدی را تشدید نموده در نتیجه میزان مالون‌دی‌آلدئید تحت تأثیر شوری افزایش یافت. همانطور که در پژوهش حاضر مشاهده گردید با افزایش غلظت کلرید سدیم، محتوای مالون‌دی‌آلدئید که شاخصی برای پراکسیداسیون لیپیدی غشاء می‌باشد افزایش یافته که با نتایج سینگ و یوشا^۱ (۲۰۰۳) مطابقت دارد. تشکیل مالون‌دی‌آلدئید تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن یا به وسیله تخریب مستقیم اسیدهای چرب غیر

2. Sairam *et al.*
3. Blokhina *et al.*

1. Sing and Usha

تا حدی میزان مالون‌دی‌آلدئید را کاهش دهد. با افزایش غلظت اسیدهیومیک در هر دو کاربرد در محیط کشت و محلول پاشی میزان مالون‌دی‌آلدئید نیز کاهش یافت. اسیدهیومیک از طریق افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و دخالت در سایر فعالیت‌های آنزیمی باعث کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید می‌شود (نیکبخت و همکاران^۱، ۲۰۰۸). همچنین به‌نظر می‌رسد که اسیدهیومیک با تأمین بخشی از آب مورد نظر گیاه در هنگام تنش، تنش اکسیداتیو را کاهش و میزان پراکسیداسیون لیپدها و تخریب آن‌ها را کاهش داده است. همچنین احتمالاً این نتیجه نشان‌دهنده این مطلب است که اسیدهیومیک در تیمارهای جداگانه و ترکیبی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی میزان مالون‌دی‌آلدئید را کاهش داده است. در زمان تنش شوری، محتوای مالون‌دی‌آلدئید که شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدی در طی تنش می‌باشد افزایش می‌یابد، بنابراین حفظ ترکیب لیپیدی غشاء یاخته‌ای در محیط‌های شور، عامل مهمی برای مقاومت به شوری محسوب می‌شود (منصوری^۲، ۲۰۰۰).

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سطوح مختلف شوری در سطح احتمال ۱

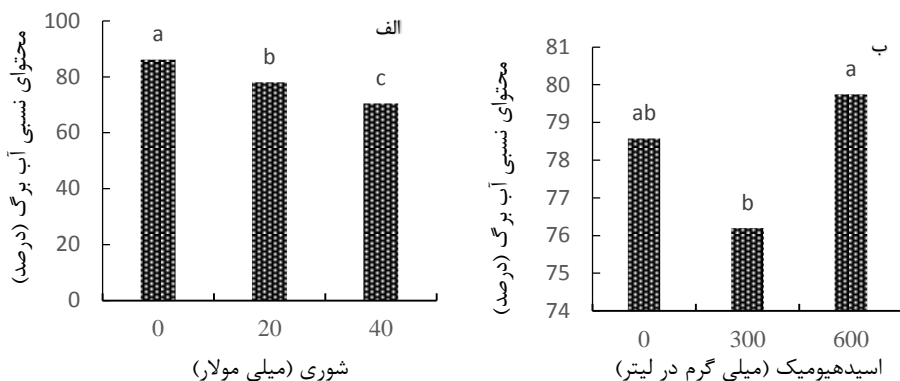
درصد و اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۴). با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۶/۰۸ درصد) در تیمار شاهد و کمترین آن (۷۰/۵ درصد) مربوط به تیمار ۴۰ میلی‌مولار شوری بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاربرد اسیدهیومیک (۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) میزان این شاخص نسبت به شاهد افزایش نشان داد (شکل ۷).

نتایج به‌دست آمده نشان داد که تنش شوری، باعث کاهش معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ گردید. به نظر می‌رسد که قسمتی از صدمه وارد آمده به گیاهان تحت تنش شوری، ناشی از نوعی کم‌آبی یا خشکی فیزیولوژیکی باشد (تنش اسمزی) که در پژوهش حاضر، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ در توت‌فرنگی رقم سابرینا شده است. محتوای نسبی آب برگ بیشتر به معنای توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش است (پسرکلی^۳، ۱۹۹۹). می‌گدیچ و همکاران^۴ (۲۰۰۸) بیان نمودند که کاهش هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن، کاهش تعرق در شرایط تنش شوری، به‌عنوان مکانیسم سازگاری برای غلبه بر تنش شوری تلقی می‌شود که به احتمال زیاد این کاهش تعرق، باعث حفظ

3. Pesarakli
4. Megdiche *et al.*

1. Nikbakht *et al.*
2. Mansoury

خدامرادی و همکاران: تأثیر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم ...



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری (الف) و اسیدهیومیک (ب) بر محتوای نسبی آب برگ در توت فرنگی رقم ساپرینا. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

کارتونوئیدها در توت فرنگی رقم ساپرینا گردید. همچنین در اثر شوری، محتوای نسبی آب برگ کاهش، اما میزان نشت یونی غشاء سلول‌های برگ و میزان مالون‌دی‌آلدئید در مقایسه با شاهد، افزایش معنی‌داری یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد اسید هیومیک به‌ویژه در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند اثرات منفی شوری را بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم ساپرینا تعدیل نماید.

محتوای نسبی آب برگ می‌شود. در پژوهش دیگری نشان داده شد که محتوای نسبی آب برگ بیشتر، با سطح برگ، وزن خشک برگ، میزان کلروفیل و همچنین شاخص‌های رشدی دیگر، همبستگی مثبت دارد (فلیکساس و همکاران^۱، ۲۰۰۹). مولکول‌های اسید هیومیک با پیوند به مولکول‌های آب به میزان زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردند. همچنین مولکول‌های اسید فولیک (بخش ریز مولکول اسید هیومیک) به درون بافت‌های گیاهی نفوذ نموده و با پیوند به مولکول‌های آب تعرق و تعریق گیاه را کم نموده به حفظ آب درون گیاه کمک می‌نمایند (برونیک و لای^۲، ۲۰۰۵).

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر، تنش شوری باعث کاهش شاخص‌های رویشی، کلروفیل a، b و کل و افزایش میزان

1. Flexas *et al.*
2. Bronick and Lai

منابع

- سماوات، س. و ملکوتی، م. ۱۳۸۴. ضرورت استفاده از اسیدهای آلی هیومیک و فولویک برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی. نشریه فنی شماره ۴۶۳. انتشارات نسا، تهران، ایران.
- سعادتی، ص. و معلمی، ن. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر محلول‌پاشی عنصر روی بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۲: ۲۶۷-۲۵۷.
- نقی‌زاده، م.، غلامی شبستری، م. و شمس‌الدین سعید، م. ۱۳۹۳. بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک سه توده بومی زعفران ایران به تنش شوری. نشریه زراعت و فناوری زعفران، ۲: ۱۳۶-۱۲۷.
- Abel-Mawgoand, A.M.R., El-Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I. and Singer, S.M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3:169-174.
- Al-Shorafa, W., Mahadeen, A. and Al-Absi, K. 2014. Evaluation for salt stress tolerance in two strawberry cultivars. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(3): 334-341.
- Anser, A., Shahzad, M.A., Basra, S.H., Javid Iqbal, M., Ahmad Alias, A. and Sarwar, M. 2012. Salt stress alleviation in field crops through nutritional supplementation of silicon. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11: 637-655.
- Ashraf, M. and Fooland, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Aydin, A., Kant, C. and Turan, M. 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7: 1073-1086.
- Basra, A. and Basra, R.K. 1997. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. (PP. 1-43.) Hardwood Academic Amsterdam. The Netherlands.
- Blokhina, O., Fagerstedt, K. and Chirkova, T. 1999. Relationship between lipid peroxidation and anoxia tolerance in a range of species during post anoxic reaeration. *Physiologia Plantarum*, 105: 625-632.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jensen, R.G. 1995. Adaptions to environmental stresses. *Plant Cell*, 7: 1099-1111.
- Bronck, E.J. and Lai, R. 2005. Soil structure and management. A review. *Geoderma*, 124: 3-22.
- Chalker-Scott, L. 2002. Do anthocyanins function as osmoregulators in leaf tissues? *Advances in Botanical Research*, 37: 103-106.
- Chartzoulakis, K.S., Therious, I.N., Misopolinos, N.D. and Noitsakis, B.I. 1995. Growth, ion content and photosynthetic performance of salt-stressed kiwifruit plants. *Irrigation Science*, 16: 23-28.
- Chawla, S., Jain, S. and Jain, V. 2013. Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt tolerate and salt sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Biotechnology and Biochemistry*, 1:27-34.
- Chelli-Chaabouni, A., Mosbah, A.B., Maalej, M., Gagouri, K., Gagouri-Bouid, R. and Drira, N. 2010. In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks: *Pistachia vera* L. and *P. atlantica* Desf. *Environmental and Experimental Botany*, 69: 302- 312.
- Chen, Y., De Nobile, M. and Aviad, T. 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: Magdoff, F. and R. Weil (Eds.). *Soil organic matter in sustainable agriculture*. (PP: 131-165.) CRC Press, Boca Raton, FL.
- Chutipaijit, S., Chaum, S. and Sompornpailin, K. 2011. High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in *Oryza sativa* L. spp. *Australian Journal of Crop Science*, 5(10): 1191-1198.

- Cramer, G.R., Ergul, A., Grimplet, J., Tillett, R.L., Tattersall, E., Bohlam, M., Vincent, D., Sonderegger, J., Evans, J., Osborne, G., Quilici, D., Schlauch, K.A., Schooly, D.A. and Cushman, J.C. 2007. Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolic profiles. *Functional Integrative Genomics*, 7: 111-134.
- David, P.P., Nelson, P.V. and Sanders, D.C. 1994. Humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, 173-184.
- Erturk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2007. Responses of the cherry rootstock to salinity *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 51(3): 597-600.
- Ferguson, L., Poss, J., Grattan, S., Grieve, C., Wang, D., Wilson, C. and Donovan, T. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127: 194-199.
- Fisarakis, I., Chartzoulakis, K. and Stavrakas, D. 2001. Response of sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural Water Management*, 51: 13-27.
- Flexas, J., Baron, M., Bota, J., Ducruet, J.M., Galle, A., Galmes, J., Jimenez, M., Pou, A., Ribascarbo, M., Sajnan, C., Tomas, M. and Medrano, H. 2009. Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* × *V. rupestris*). *Journal of Experimental Botany*, 60(8): 2361-2377.
- Hernandez, J.A. and Almansa, M.S. 2002. Short term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves. *Physiologia Plantarum*, 115: 251-257.
- Hu, Y. and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 541-549.
- Idress, M., Naeem, M., Nasir Khan, M., Aftab, T., Masroor, A. and Moinuddin, K.H. 2011. Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. *Protoplasm*, 10:314-330.
- Inze, D. and Montagu, M.V. 2000. Oxidative stress in plant. Tj International Ltd, Padstow, Cornwall, Great Britain.
- Karakurt, Y., Unlu, H. and Padem, H. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 59: 233- 237.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Journal of Plant Physiology*, 7(3): 47-59.
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltati, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 26: 807-820.
- Kaya, M.D., Okci, G., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24:291-295.
- Keutgen, A.J. and Pawelzic, E. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental and Experimental Botany*, 65(2): 170-176.
- Khan, N.A., Syeed, S., Masood, A., Nazar, R. and Iqbal, N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*, 1:1-8.
- Kummar, S., Mutta Reddy, G. and Sudhakar, C. 2003. NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry with contrasting salt tolerance. *Plant Science*, 165:1245-1251.
- Kumari, P.M. and Sekar, K. 2008. Effect of plant growth regulators on chlorophyll and carotenoid content of salinity stressed okra seedling. *Asian Journal of Horticulture*, 3(1): 54-55.

- Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. 1985. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591-592.
- Luttes, S., Kinet. J.M. and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, 46: 1843-1852.
- Mane, A.V., Karadge, B.A. and Samant, J.S. 2010. Salinity induced changes in photosynthetic pigments and polyphenols of *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2: 338-347.
- Mansoury, M. 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biologia Plantarum*, 43: 491-500.
- Megdiche, W., Hessini, K., Gharbi, F., Jaleel, C.A., Ksouri, R. and Abdelly, C. 2008. Photosynthesis and photosystem 2 efficiency of two salt adapted halophytic seashore *Cakile maritime* ecotypes. *Photosynthetica*, 46: 410-419.
- Muscolo, A., Sidari, M., Francioso, O., Tugnoli, V. and Nardi, S. 2007. The auxin- like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. *Journal of Chemical Ecology*, 33: 115- 129.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1527-1536.
- Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia Y.P., Luo, A. and Etemadi, N. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake and postharvest life of Gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 2155-2167.
- Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Parvaiz, A., Azooz, M.M. and Prasad, M.N.V. 2013. *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. (PP. 25-87.). Springer.
- Pessaraki, M. 1999. *Handbook of Plant and Crop Stress*. Second edition. Marcel Dekker Inc. New York. 545p.
- Popham, P.L. and Novachy, A. 1991. Use of dimethyl sulfoxide to detect hydroxyl radical during bacteria-induced hypersensitive reaction. *Plant Physiology*, 96: 1157-1160.
- Rosa-Ibara, M.D.L. and Maiti, R.K. 1995. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant Physiology*, 146: 515-519.
- Russo, R.O. and Berlyne, G.P. 1990. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 1: 19-42.
- Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163: 1037- 1046.
- Sanchez- Sanchez, A., Sanchez- Andreu, J., Juares, M., Jorda, J. and Bermudez, D. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate Fe EDDHA in lemon trees. *Journal of Plant Nutrition*, 25: 2433- 2442.
- Seckin, B., Turkan, I., Sekmen, A.H. and Ozfidan, C. 2010. The role of antioxidant defence systems at differential salt tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (sea barleygrass) and *Hordeum vulgare* L. (cultivated barley). *Environmental and Experimental Botany*, 69:76-85.
- Silva-Ortega, C.O., Ochoa-Alfaro, A.E., Reyes-Aguero, A.R., Aguado-Santacruz, G.A. and Jimenes-Bremont, J.F. 2008. Salt stress increases the expression of P5cs gene and induces proline accumulation in cactus pear. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46: 82-92.
- Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under salt stress. *Plant Growth Regulation*, 39: 137-141.
- Sivritepe, N., Sivritepe, H., Gelike, H. and Kakat, A. 2010. Salinity responses of grafted grapevines: Effects of scion and rootstock genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3): 193-201.

- Sun, Y., Niu, G., Wallace, R., Masabni, J. and Gu, M. 2015. Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. *Horticulturae*, 1(1): 27-43.
- Tanou, G., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. 2009. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 65: 270–281.
- Tejada, M. and Gonzalez, J.L. 2003. Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. *Biological Agriculture and Horticulture*, 21(3): 277-291.
- Turner, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant Soil*, 58: 339-366.
- Vasková, J., Veliká, B., Pliátová, M., Kron, I. and Vaško, L. 2011. Effects of humic acids *in vitro*. *In Vitro Cellular and Developmental Biology. Animal*, 47(5-6): 376-382.
- Wang, Y. and Nil, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75: 623–627.
- Zhao, G.Q., Ma, B.L. and Reh, C.Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. *Journal of Crop Science*, 4: 123-131.

Effect of humic acid on some morphological and physiological characteristics of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Sabrina) under salinity stress

Payam khodamoradi¹, Jafar Amiri*² and Behnam Dovlati³

1- Former M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

2- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

(Received: Oct. 24, 2017 - Accepted: Jan. 23, 2018)

Abstract

Salinity is a significant environmental factor limiting productivity of agricultural crops. In order to determine the effect of humic acid on some morphological and physiological characteristics of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Sabrina) under salinity stress, a greenhouse experiment was conducted with three factors including two treatment methods (spray and drench), three humic acid levels (0, 300 and 600 mg l⁻¹) and three of salinity levels (0, 20 and 40 mM) in a completely randomized design with four replications. The results indicated that with increase in salinity levels of nutrient solution, the plant root length, leaf area, leaf fresh and dry weight, chlorophylls a, b contents and total chlorophyll were reduced. Under salt stress, the electrolyte leakage of leaf cell and amount of malondialdehyde were increased. Under salt stress conditions, addition of humic acid enhanced growth characteristics, but reduced electrolyte leakage. In conclusion, application of humic acid (especially at 600 mg l⁻¹) ameliorated the deleterious effects of salt stress in strawberry cv. Sabrina.

Keywords: Growth parameters, Malondialdehyde, Ionic leakage, Strawberry, Total chlorophyll

* Corresponding author

E-mail: j.amiri@urmia.ac.ir