Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 3, Autumn 2022 (681-690)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.273300.1595

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۱ (ص ۶۹۰-۶۸۱)

نشریه پژوهشی:

تغییر مورفو فیتوشیمیایی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) تحت تاثیر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید

سید نجم الدین مرتضوی[1*] و لطافت مرادی[2]
۱ و ۲. دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/٤/۱۸)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر برخی از ویژگی‌های مورفوفیتوشیمیایی سرخارگل، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و٤۰۰ میلی‌گرم برلیتر) و عامل دوم هیومیک‌اسید در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و٤۰۰ میلی‌گرم برلیتر) بودند. نتایج نشان داد مصرف سالیسیلیک‌اسید به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، محتوای نسبی آب برگ، فنول و فلاونوئید را افزایش و باعث کاهش نشت یونی برگ شد. مصرف هیومیک‌اسید به طور معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، کلروفیل کل، محتوای نسبی آب برگ، فنل و فلاونوئید و کاهش نشت یونی برگ شد. نتایج پژوهش نشان داد که تیمار ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک‌اسید به همراه ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید موجب بهبود صفات اندازه‌گیری‌شده گردید.

واژه های کلیدی: **تعداد گل، فلاونوئید، فنل، کلروفیل، محتوای نسبی آب.**

Morpho-phytochemical changes of echinacea (*Echinacea purpurea* L.) affection by salicylic acid and humic acid

Seyed Najmoddin Mortazavi[1*] and Letafat Moradi[2]
1, 2. Assocaite Professor and M. Sc. Student, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
(Received: Apr. 30, 2019- Accepted: July 09, 2021)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of salicylic acid and humic acid on some morph-phytochemical characteristics of Echinacea, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications. The first Factor was salicylic acid at four levels (0, 100, 200, 400 mgl^{-1}) and the second factor was humic acid at four levels (0, 100, 200, 400 mgl^{-1}). The results showed that salicylic acid application significantly increased the plant height, number of lateral branches, leaf relative water content, phenol and flavonoid, also decreased leaf ion leakage. Humic acid application significantly increased ($p\leq 1$) plant height, number of branches, total chlorophyll, leaf relative water content, phenol and flavonoid content, and decreased leaf ion leakage. The results of the research showed that the foliar application of 400 $mgl^{-1}$of salicylic acid with 100 $mgl^{-1}$of humic acid improved the measured traits.

Keywords: Chlorophyll, flavonoid, flower number, phenol, relative water content.

* Corresponding author E-mail: mortazavi46@yahoo.com

مقدمه

سرخار گل با نام علمی *Echinacea purpura* گیاهی علفی و چند ساله از تیره کاسنی راسته آسترال‌هاست. منشأ آن شمال آمریکا گزارش شده است و در شمال رودخانه‌ی میسوری به طور انبوه می‌روید. ارتفاع گیاه حداکثر ۱ تا ۱/۵ متر و برگ‌های تخم مرغی تا نیزه‌ای شکل با طول ۳۰ و عرض ۲۰ سانتی‌متر دارد. گل‌ها معمولا به رنگ‌های ارغوانی، صورتی، قرمز ارغوانی، زرد و نارنجی با قطر حدود ۱۵ سانتی‌متر که حدود ۲ تا ۳ ماه بر روی گیاه باقی می‌مانند (Omid Beigi, 1389). امروزه استفاده از ترکیباتی که موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی و عملکرد بهتر گیاه توصیه می‌گردد. سالیسیلیک‌اسید از ترکیبات فنلی در گیاهان بوده که به عنوان ماده شبه هورمونی نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاهان دارند (Wang *et al.,* 1999). گزارش شده که استفاده از هومیک‌اسید، به دلیل داشتن ترکیبات شبه سایتوکینینی، موجب حفظ میزان کلروفیل در گل‌های بریده مانند لیلیوم و آلسترومریا می‌شود (Ferrante *et al.*, 2003). کلروفیل a و b و کل، به عنوان ظرفیت فتوسنتز تعداد گل و غلظت کل فنل در گل همیشه بهار نشان داده شده است (Alhwirdi Zadeh *et al.*, 1393). سالیسیلیک‌اسید با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسید از مانع از تجزیه کلروفیل شده و از این طریق سبب افزایش فتوسنتز می‌شود (Dhekney *et al.*, 2000). گزارش شده است سالیسیلیک‌اسید در افزایش ماندگاری گل‌های بریدنی رز مؤثر بوده است. سالیسیلیک‌اسید یک پیام‌آور شیمیایی است، که نقش آن در ساز و کارهای دفاعی گیاهان به خوبی تایید شده است (Abreu *et al.*, 2008). فلاونوئیدها جز متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که به طور کلی به عنوان مواد آنتی اکسیدانت شناخته شده‌اند به نظر می‌رسد افزایش این رنگدانه توسط سالیسیلیک‌اسید از طریق پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن از تنش‌های اکسیداتیو جلوگیری کرده و باعث افزایش مقاومت گیاه می‌شود (Ververidis *et al.*, 2007). مواد هومیک محصول نهایی تجزیه هر ماده آلی در شرایط ویژه و توسط میکروارگانیسم‌های خاص می‌باشند و با تقویت دیواره سلولی، نفوذپذیری محصولات نسبت به قارچ‌های فاسدکننده در همه موارد اعم از غلات، میوه‌ها و سبزی‌ها را کاهش و خاصیت انبارداری را افزایش می‌دهند طبق گزارش (Alaei *et al.*, 1390). تاثیر تیمار هیومیک‌اسید بر افزایش طول هیپوکوتیل و در نتیجه طول ساقه و یا از طریق افزایش میزان فتوسنتز و ماده غذایی قابل دسترس برای رشد گیاه می‌باشد (Turkan *et al.*, 2004). اثر تسریع کنندگی گلدهی توسط هیومیک اسید می‌تواند به دلیل افزایش در میزان کلروفیل گیاه در غلظت‌های بالاتر باشد که به نوبه خود منجر به افزایش فتوسنتز و در نتیجه کاهش طول دوره رویشی گیاه و همین طور منجر به کاهش دوره نونهالی و تسریع در گلدهی شب بوی بنفش میشود (Martin-Mex *et al.*, 2000). اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاهان می‌شود مواد هیومیکی در فرایندهای بیولوژیک نظیر فتوستنز و کلروفیل کل موثرند. این مواد با افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروزن منجر به افزایش کلروفیل و فتوسنتز گیاه شده و از این طریق رشد را افزایش می‌دهند (Delfine *et al.*, 2005). هدف از این پژوهش تاثیر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید و اثر متقابل تیمارهای ذکر شده بر خصوصیات مورفوفیتوشیمیایی گیاه سرخارگل برای عملکرد بهتر بدون اعمال تنش و با وجود تنش‌های محیطی بوده که این بررسی نتیجه خوبی را نشان داد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. زنجان در عرض شمالی ۴۱ و ۳۶ و طول شرقی ۲۷° و ۴۸° و ارتفاع ۱۶۲۰متر از سطح دریا واقع شده است. استان زنجان به لحاظ داشتن تنوع نقاط ارتفاعی از یک سو و از سوی دیگر تاثیرپذیری از چند توده هوایی خزری، مدیترانه ای و صحرای مرکزی، صاحب اقلیم متنوعی هست. پس از آماده سازی زمین، فواصل کشت نشاءها که ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و بین بوته‌های ۳۵

سانتی‌متر بود عملیات داشت (وجین علف‌های هرز و آبیاری هر سه رو یکبار صبح ساعت ۸) انجام شد و نشاءهای دو برگی تهیه شده از شرکت زرین کشت اورمیه در اردیبهشت ماه به زمین مورد نظر انتقال داده شد. پس از استقرار و رشد رویشی نشاءها، تیمار آزمایش شامل چهار سطح سالیسیلیک‌اسید (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و۴۰۰ میلی‌گرم برلیتر) و هیومیک‌اسید در چهار سطح (صفر، ۱۰۰،۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و محلول پاشی مرحله اول شش تا هشت برگی گیاه و مرحله دوم در زمان تشکیل غنچه‌ها اعمال شد. ترتیب قرارگیری تیمارها در هر واحد آزمایشی به صورت کامل تصادفی در سه تکرار و مجموعا در ۴۸ واحد آزمایشی و طرح آزمایش به صورت قالب کامل تصادفی انجام شد.

صفات مورد ارزیابی و روش‌های اندازه گیری آنها

در پایان آزمایش و طی مراحل رشد رویشی گیاه، ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش برحسب سانتی‌متر، شاخه‌های جانبی گیاه و تعداد گل در بوته گیاه، از طریق شمارش، میزان کلروفیل برگ‌ها به روش آرنون (۱۹۴۹)، از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئید کل استفاده شد (Chang *et al*., 2002).

محتوی فنول کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالچیو اندازه‌گیری شد (Wojdylo *et al.,* 2007).

برای اندازه گرفتن نشت یونی(EL) از فرمول زیر استفاده شد (Bohnert *et al*., 1996).

$$EL= (E1/E2)\times100$$

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب (RWC)، که نشان‌دهنده مقدار آب گیاه در زمان نمونه‌گیری نسبت به مقدار آب در حالت آماس است (Weatherley, 1950) از این فرمول زیراستفاده شد.

$$RWC = WF- WD/ WT- WD\times100$$

در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودار به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد استفاده از سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید در صفات ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی گیاه، تعداد گل در بوته گیاه، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی برگ، فنل و فلاونوئید کل، در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد و همین طور تعداد شاخه‌های فرعی گیاه، کلروفیل کل، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی برگ و فلاونوئید کل در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شدند و اثرات متقابل تیمارهای فوق باعث معنی دارشدن صفات فوق ذکر در سطح آماری یک درصد شد.

ارتفاع گیاه

نتایج نشان داد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید و اثر متقابل آنها موجب افزایش ارتفاع گیاه سرخارگل و ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح آماری یک درصد شد. بطوری که مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک‌اسید و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید بیشترین تاثیر را بر ارتفاع گیاه داشتند. همچنین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید (۲۰۰میلی‌گرم بر لیتر) و هیومیک اسید (۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر) بیشترین تاثیر را نسبت به سطوح دیگر و شاهد داشت (شکل۲). احتمالا اسیدهیومیک از طریق تاثیر هورمونی بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و یا با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی (Nardi *et al.,*. 2002) یا از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها (Gulser *et al*., 2010) سبب افزایش زیست توده تولیدی و ارتفاع گیاهان شده است. سالیسیلیک‌اسید با افزایش تقسیم و طویل شدن سلولی یا با افزایش فعالیت‌های آنزیمی و تولیدات فتوسنتزی موجب رشد و افزایش ارتفاع گیاه شده است (Bakry *et al*., 2012).

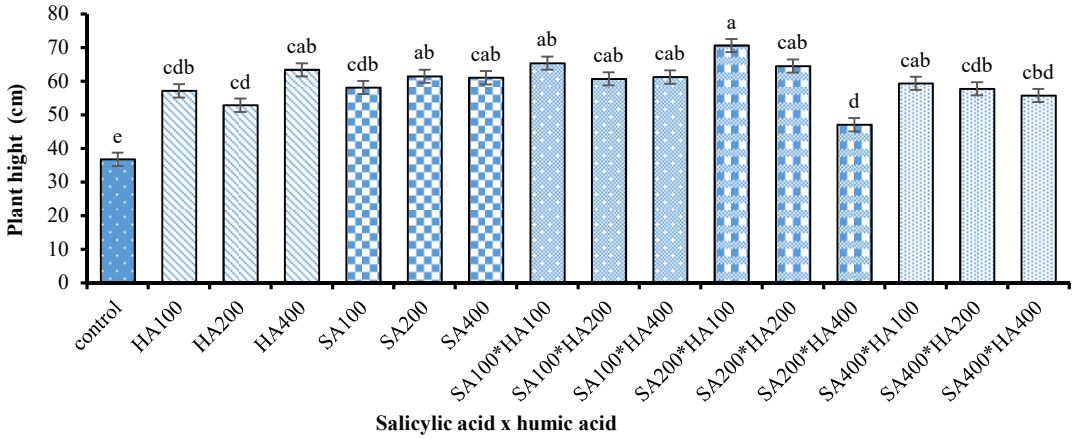
شاخه‌های جانبی گیاه

نتایج نشان داد که اثر سطو مختلف سالیسیلیک‌اسید و اثر متقابل هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. مقدار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک‌اسید و همچنین اثر

متقابل ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر اسیدسالیسیلیک با ۴۰۰ میلی‌گرم برلیتر هیومیک‌اسید نسبت به سایر سطوح و تیمار شاهد بیشترین تاثیر بر افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه داشت (شکل ۳). علت این تاثیر شاید بخاطر تاثیر تیمار هیومیک‌اسید بر افزایش طول هیپوکوتیل و در نتیجه طول ساقه و یا از طریق افزایش میزان فتوسنتز و ماده غذایی قابل دسترس برای رشد گیاه باشد (Turkan *et al*., 2004). همچنین تاثیر سالیسیلیک‌اسید احتمالا بخاطر افزایش انشعابات و در نتیجه افزایش تعداد شاخه جانبی در گیاه باشد (Martin-Mex *et al*., 2000). همچنین نتایج این پژوهش منطبق با تحقیقات Heidari & Minaei (2014) در بنفشه آفریقایی می‌باشد.

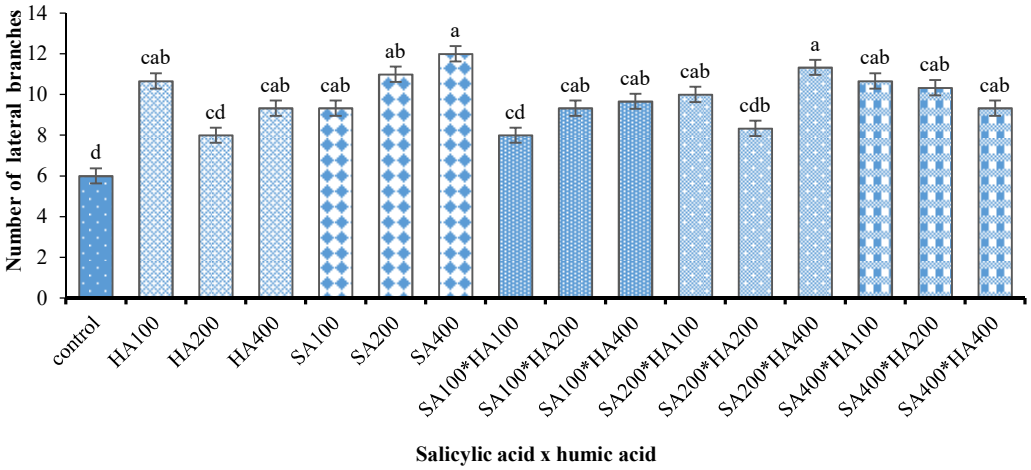
تعداد گل در بوته گیاه

نتایج نشان داد کاربرد سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید و اثر متقابل آنها بر تعداد گل در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد و باعث افزایش تعداد گل در این گیاه شده است. بطوریکه غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید و ۴۰۰ میلی‌گرم برلیتر هیومیک‌اسید بهترین تاثیر را نسبت به سایر غلظت‌ها داشت و همچنین تاثیر سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به سطوح دیگر اثر بهتری داشته و هیومیک اسید با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به دیگر سطوح دیگر بهترین و بیشترین اثر را داشته و باعث افزایش تعداد گل در بوته گیاه شد (شکل ۴).



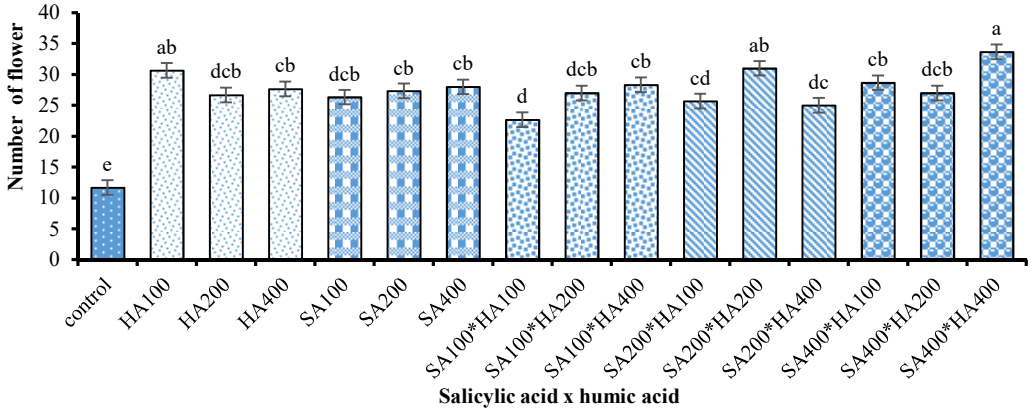
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر ارتفاع سرخارگل.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on plant height of echinacea.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر تعداد شاخه‌های جانبی سرخارگل.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on number of lateral branches of echinacea.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر تعداد گل سرخارگل.

Figure 3. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on flower number of echinacea.

اثر تسریع‌کنندگی گلدهی توسط هیومیک‌اسید می‌تواند به دلیل افزایش در میزان کلروفیل گیاه در غلظت‌های بالاتر باشد که به نوبه خود منجر به افزایش فتوسنتز و در نتیجه کاهش طول دوره رویشی گیاه و همین طور منجر به کاهش دوره نونهالی و تسریع درگلدهی شب بوی بنفش می‌شود (Martin-Mex *et al*., 2000). سالیسیلیک‌اسید یک پیام آور شیمیایی است که نقش آن در ساز و کارهای دفاعی گیاهان به خوبی به تایید شده و باعث افزایش چشمگیری در تعداد غنچهٔ گل، طول ساقهٔ گل دهنده رز شده است (Gunes *et al*., 2005). کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش گل دهی در گیاه لمنا (Khurama *et al*., 1992). تسریع گل آغازی و تعداد گل در بنفشه آفریقایی شده و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد گل در گل تکمه‌ای شد (Kumali *et al*., 1391).

کلروفیل کل

نتایج نشان داد سطوح مختلف هیومیک‌اسید و اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک‌اسید و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید بر کلروفیل کل برگ تاثیر داشته و باعث افزایش کلروفیل کل شد. همچنین سطوح مختلف هیومیک‌اسید بیشترین تاثیر را بر روی کلروفیل کل برگ داشته و باعث افزایش آن شده، که از بین غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید بیشترین ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و بعد از آن غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر داشته، ولی بین سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری بر کلروفیل کل مشاهده نشد (شکل ۴). اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاهان می‌شود مواد هیومیکی در فرایندهای بیولوژیک نظیر فتوستنز و کلروفیل کل موثرند مواد هیومیکی با افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروزن منجر به افزایش کلروفیل و فتوسنتز گیاه شده و از این طریق رشد را افزایش می‌دهند (Delfine *et al*., 2005). سالیسیلیک‌اسید با افزایش کلروفیل در برگ‌ها، سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد می‌شود افزایش میزان کلروفیل در گیاهان ذرت تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید گزارش شده است (Khayyat *et al*., 2007).

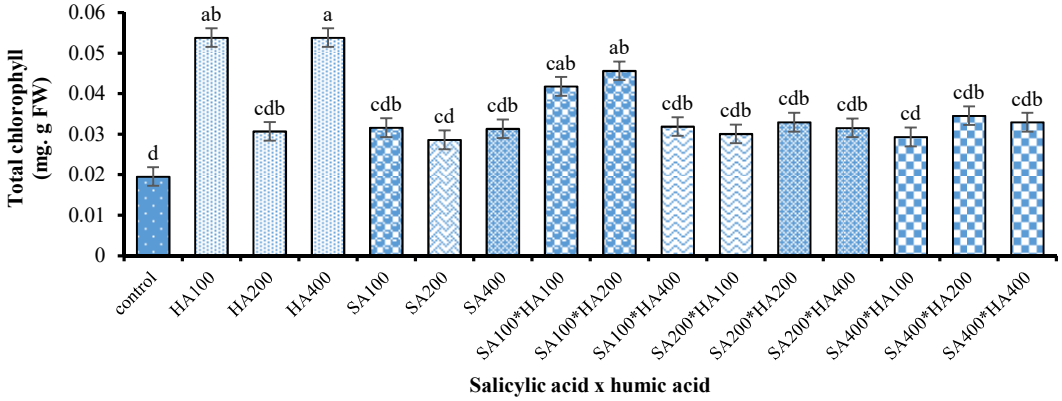
فلاونوئید کل

نتایج نشان داد که سطوح مختلف هیومیک‌اسید و اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر صفات فلاونوئید کل در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد، به طوریکه غلظت ۱۰۰ سالیسیلیک‌اسید و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید نسبت به سایر تیمارهای بهترین تاثیر را داشت و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید بیشتر تاثیر را در افزایش فلاونوئید کل داشت (نمودار ۵). فلاونوئیدها جز متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که به طور کلی به عنوان مواد آنتی اکسیدانت شناخته شده‌اند، به نظر می‌رسد افزایش این

رنگدانه توسط سالیسیلیک‌اسید از طریق پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن از تنش‌های اکسیداتیو جلوگیری کرده و باعث افزایش مقاومت گیاه می‌شود (Ververidis *et al*., 2007). بطورکلی، اطلاعات کمی در خصوص اثر هیومیک‌اسید بر میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی وجود دارد گزارش‌های قبلی نشان داد که میزان فنول کل در طی نمو میوه با پیشرفت رسیدن میوه انار کاهش و فلاونوئید کل افزایش می‌یابد (Khan *et al*., 2003).

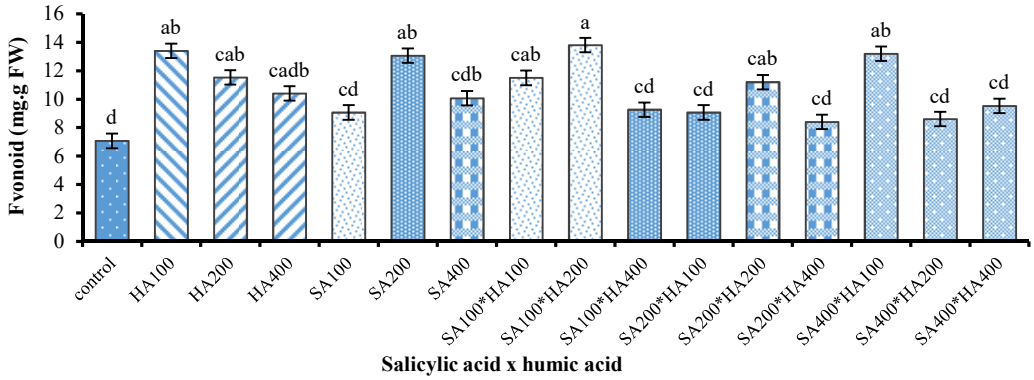
فنل کل

نتایج نشان داد که سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید و اثر متقابل آنها تاثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر میزان فنل کل داشت. بیشترین تاثیر بر فنل کل سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید بود و اثر متقابل هیومیک‌اسید ۲۰۰ و سالیسیلیک‌اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث بهبود این صفات شد (شکل ۶). سالیسیلیک‌اسید از ترکیبات فنلی در گیاهان بوده که به عنوان ماده شبه هورمونی نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاهان دارند (Wang *et al*., 1999). در پژوهشی نشان دادند کودهای زیستی بر ترکیبات فنلی سرخارگل موثر بوده و میزان ترکیبات فنلی افزایش پیدا کرده، همچنین تاثیر محلول‌پاشی با هیومیک‌اسید روی گیاه کتان باعث افزایش فنول‌ها و ترکیبات شیمیایی و مقدار روغن شد (Bakry *et al*., 2013). مطالعات نشان داد بجز هیومیک‌اسید عوامل مختلفی بر درصد و میزان ترکیبات فنلی عصاره استخراجی از گیاه سرخارگل موثر هستند، در این زمینه می توان به عوامل مختلفی مانند عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی از جمله سیستم‌های تغذیه‌ای و شرایط نگهداری اشاره کرد و همچنین میزان رسیدن و زمان برداشت بر محتوای فنلی موثرند (Jacopic *et al*., 2007).



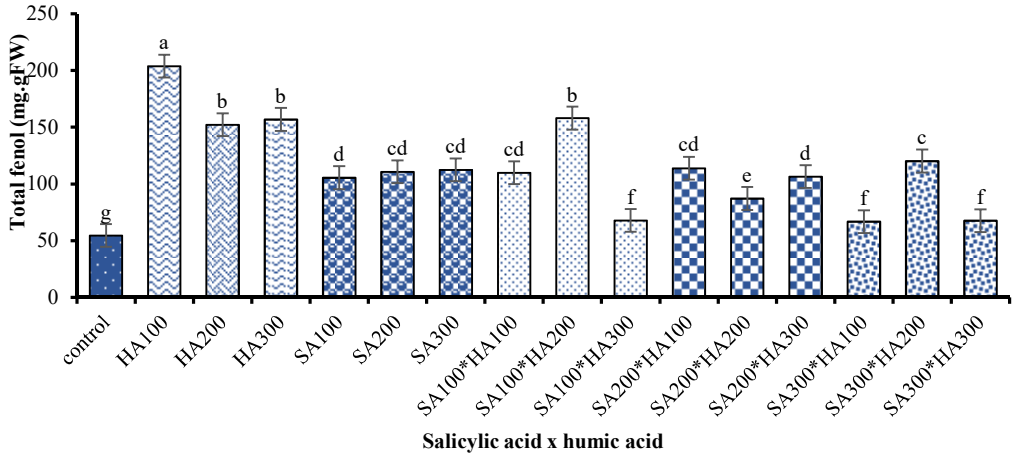
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر کلروفیل کل سرخارگل.

Figure 4. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on total chlorophyll of echinacea.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر فلاونوئید سرخارگل.

Figure 5. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on flavonoid of echinacea.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید برفنل کل سرخارگل.

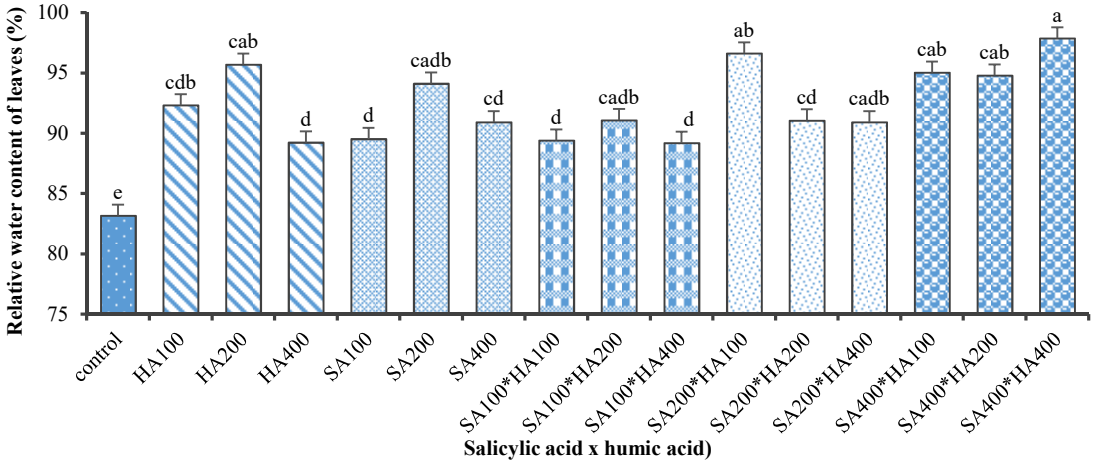
Figure 7. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on total phenol of echinacea.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج نشان داد که سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید تاثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ داشت، بطوری که اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر سالیسیلیک‌اسید و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شد، همچنین اثر ساده سالیسیلیک‌اسید در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد به طوری که بین غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آن بیشترین اثر را داشته و هیومیک‌اسید غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و بین غلظت‌های مختلف بهترین تاثیر را داشته باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ و مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی سبب شد (شکل ۷). طی آزمایشی گزارش دادن سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ گندم در شرایط تنش می‌شود، که شاید به علت نقش سالیسیلیک‌اسید در تنظیم عملکرد روزنه‌ها و کاهش تبخیر سطحی اپیدرم باشد (Agarwal *et al*., 2005). همین نتیجه را در مورد گیاه ذرت گرفته شد (Leventtuna *et al*., 2007). همبستگی مثبت بین میزان محتوای نسبی آب برگ و رطوبت خاک را می‌توان به مصرف کودهای زیستی ربط داد چرا که اسیدهیومیک از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، ایجاد فضای بیشتر برای نفوذ آب با اصلاح و دانه‌بندی خاک و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول‌های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Rahbarian *et al*., 2010). همچنین از آنجا که مکانیسم اثر اسیدهیومیک در گسترش ریشه و در نتیجه قابلیت جذب آب و عناصر غذایی کاراست، می توان تأثیر مثبت آن را انتظار داشت (Nasooti *et al*., 2010).

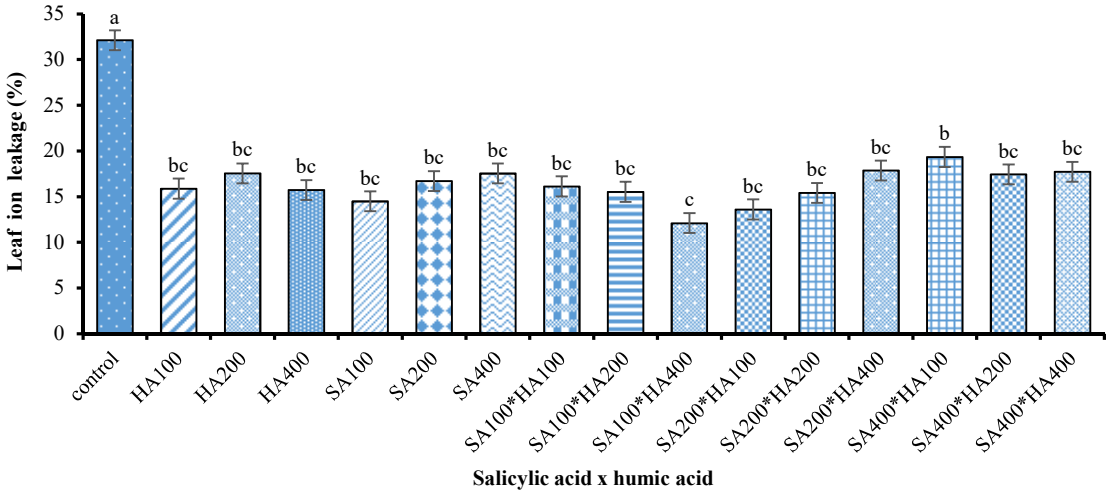
نشت یونی

نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید و اثر متقابل آنها بر نشت یونی برگ در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. بطوری که ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک‌اسید و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید بین تیمارها بیشترین تاثیر را داشته و باعث کاهش نشت یونی برگ ها شده اند. غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر سالیسیلیک‌اسید و ۱۰۰ هیومیک‌اسید در بین سطوح دیگر کمترین و شاهد بیشترین نشت یونی برگ را داد (شکل ۸). اسپری برگی سالیسیلیک‌اسید میزان نشت یونی را در گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا کاهش داد (Senaratna *et al*., 1999)، زیرا سالیسیلیک‌اسید با تجزیه قندهای نامحلول باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول می‌شود. همچنین تیمار با سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می شود. نتایج مشابهی را (Fan *et al*., 2008) در گل بریده ژربرا بدست آوردند.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر محتوای نسبی آب برگ سرخارگل.

Figure 7. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on the relative water content of leaves of echinacea.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر نشت یونی برگ سرخارگل.

Figure 8. Mean comparison interaction effect of salicylic acid and humic acid on leaf ion leakage of echinacea.

نتیجه گیری کلی

در این پژوهش به کار بردن سالیسیلیک‌اسید به عنوان یک روش موثر می‌تواند خصوصیات رشدی گیاه سرخارگل بعنوان یک گیاه داروئی و زینتی را در شرایط طبیعی بهبود بخشیده و باعث کاهش اثر مخرب تنش‌های زیستی و غیرزیستی بر رشد و نمو گیاه در حالت طبیعی شود. همچنین یافته‌های این پژوهش بیانگر اثرات سودمند دو عامل هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید بر خصوصیات مورفوفیتوشیمیایی گیاه سرخارگل می‌باشد. براساس نتایج این آزمایش در بین تیمارهای سالیسیلیک‌اسید استفاده شده، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در محیط طبیعی گیاه موثرتر از بقیه تیمارها بوده و همینطور در بین تیمارهای هیومیک‌اسید، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط محیط طبیعی گیاه توصیه می‌شود. ترکیب سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی تنشهای محیطی را برای گیاه را کاهش می دهد و هیومیک اسید بعنوان یک کود زیستی باعث تغذیه بهتر گیاه در محیط و رشد می شود. بنابراین عوامل فوق باعث عملکرد و رشد بهتر گیاه سرخارگل شده و توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی و در گیاهان دیگر آزمایشات مشابه انجام گیرد.

REFERENCES

1. Abreu, M. E., Munn, S. & Bosch, E. (2008). Salicylic acid may be involved in regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinal* L. *Plant. Environ. Exp. Bot.* 64: 105-112.
2. Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava G.C. & Meena, R.C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plant*, 49, 541-550.
3. Alaei. (2010). The effect of salicylic acid on the stage and after harvest on the physicochemical and post-harvest life *of roses*. Ph. D. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran (in Farsi).
4. Alhwirdi Zadeh. & Alzai Deljou, M. C. (1393). Effect of Humeic on Morphophysiological, Nutrient Absorption and Umphus Durability of Everest Flower Harvesting in Hydroponic System, Greenhouse Cultivation. *Science and Technology*, 142, 18-133. (In Farsi).
5. Arnon, D. T. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidas in beta vulgaris. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
6. Bakry, A. B., Sadak, M. S., Moamen, H. T. & Abd El Lateef, E. M. (2013). Influence of humic acid and organic fertilizer on growth, chemical constituents, yield and quality of two flax seed cultivars grown under newly reclaimed sandy soils. *International Journal of Academic Research*, (5).
7. Bohnert, H. J. & Jensen, R. G. (1996). Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology*, *14*(3), 89-97.
8. Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 3.
9. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for sustainable Development*, *25*(2), 183-191.
10. Dhekney, S.A., Ashok, A.D. & Rengasamy, P. (2000). Action of various regulators and floral preservatives on vase life of cut rose CV. First Red grown under controlled conditions. *South India Horticultural Journal*, 48, 69-71.
11. Fan, M. H., Wang, J. X., Shi, G., Shi L.-N., & Li, R. F. (2008). Salicylic acid and 6-BA effects in shelf-life improvement of *Gerbera jamesonii* cut flowers. *Marine Science Technology*, College of Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Guangdong 316004, China .
12. Ferrante, A., Tognoni, F., Mensuali-Sodi, A., & Serra, G. (2003). Treatment with thidiazuron for preventing leaf yellowing in cut tulips and chrysanthemum *Acta Horticulturae* 624, 357-363.
13. Fusun, G., Ferit, S., & Sibe, B. (2010). Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedlinggrowth under saline condition. *Journal of Environmental Biology,* 31 (5), 873-876.
14. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. & Guzelordu, T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51(6), 687-695.
15. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. & Guzelordu, T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science,* 51(6), 687-695.
16. Heidari, M. & Minaei, A. (2014). Effects of drought stress and humic acid application on quantative yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research,* 21, 167-182. (In Farsi).
17. Jacopic, J., Colaric, M., Veberic, R., Hudina, M., Solar, A. & Stampar, F. (2007). How much do cultivar and preparation time influence on phenolics content in walnut liqueur? *Food Chemistry*, 104(1), 100-5.
18. Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiology*, 160, 485-92.
19. Khayyat, M., Tafazoli, E., American-Eurasian. (2007). Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. *Journal of Agriculture & Environvental Sciences,* 2 (3), 289-296.
20. Kamali, M., Sayedah, M., Kharazi, Y., Selahvarzi, A., & Tehranifar, A. (2011) Effect of salicylic acid on growth and some traits morphophysiological study of *Gomphrena globosa* L. in salinity stress conditions. *Journal of Horticultural Science*, 26 (1), 104-112. (In Farsi).
21. Leventtuna, A., Kaya, C., Dikiltas, M., Yokos, I., Burun, B., & Altunlu, H. (2007). Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea maysl*) plants. *Botany*, 39, 787-798.
22. Martin-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Herrera-Campos, T., & Larque´-Saavedra, A. (2005). Positive effect of salicylates on the flowering of *African violet. Scientia Horticulturae*, 103, 499-502.

23. Najafi, R., & Barzegar, T. (2022). The Effect of foliar spray of different calcium sources on antioxidant properties and quality of cauliflower (*Brassica oleracea* cv. botrytis 'Romanesco'). *Journal of Horticultural Science*, 36(3), 577-589. (In Farsi).
24. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
25. Nasooti Miandoab, R., Samavat, S. & Tehrani, M.M. (2010). Humic acid fertilizer on plants and soil properties. *Food Agriculture*, 101, 53-55. (In Farsi)
26. Omid Beigi, R. (2009). Production and processing of medicinal plants, Volume Four, Astan Quds Razavi Press and Publishing Institute of Mashhad. (In Farsi).
27. Rahbarian, P., Afsharmanesh, G. & Shirzadi, M.H. (2010). Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). Plant *Ecophysiology*, 2(1), 13-19. (In Farsi)
28. Sajedimehr, M., Haghighi, M., & Mehnatkesh, M. (2022). The Effect of potassium foliar application on cucumber plants of 'Miran' cultivar under drought stress. *Journal of Horticultural Science*, 36(3), 563-576. (In Farsi).
29. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, *30*(2), 157-161.
30. Türkmen, Ö., Dursun, A., Turan, M. & Erdinç, Ç. (2004). Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditionspp. *Acta Agriculture Scandinavica*, 7, 168-174.
31. Weatherley, P. (1950). Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, 81-97.
32. Wojdyło, A., Oszmiański, J. & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, *105*(3), 940-949.