Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2022, Vol 5, No 10(2), Pages 181-197

doi: 10.22034/iuvs.2022.543372.1184 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Study the Effect of Some Plants Extracts on Growth of Tomato (*Solanum lycopersicom* L.) in ex-Vitro and in-Vitro Conditions

Omid Sohrabi[1], Abdullah Hatamzadeh[2*], Azim Ghasemnezhad[3], Habibollah Samizadeh[4] and Vahid Erfani Moghadam[5]

1- Ph.D. Student of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Plant Productions, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
5- Assistant Professor, Department of Nanotechnology, Faculty of Advanced Medical Technologies, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

[*]**Corresponding author:** hatamzadeh@guilan.ac.ir

(**Received:** 21 November 2021 **Revise:** 7 February 2022 **Accepted:** 9 February 2022)

Extended Abstract

1. Introduction: Today, due to the destructive environmental effects of fertilizers and chemical toxins, the application of plant extracts to improve plant growth and controlling pests and diseases is of particular importance. For assaying the effect of some plant extract on tomato growth behavior, the present study was conducted both as ex-vitro and in-vitro experiments.

2. Material and Methods: The aim of experiment was to investigate the effect of extract of some plants including *Taraxacum officinale*, *Concharpus erectus*, *Allium jesdianum*, *Rheum ribes*, *Dorema aucheri* and *Juniperus sabina*. Ex-vitro experiment was performed as a completely randomized design with six treatments in three concentrations of 1000, 5000 and 8000 ppm and three replications. In in-vitro study, the experiment was performed with two concentrations of 50 and 100 ppm of plant extracts. The experiment was done at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in 2021-2022.

3. Results and Discussion: Results showed that in greenhouse and in most treatments, foliar application of tomato plnts by phytoextracts increased stem length (15 %), internode distance (20 %) and stem diameter. In contrast to that, in some treatments the number of branches (15 %), chlorophyll content and number of flowers (40 %) decreased compared to the control. Under in vitro conditions, germination rate (100 %), seedling growth (37 %), the callus formation (≥ 100 %) and callus weight increased as treated with the plant extracts. The analysis of used plant extracts indicates that they are rich sources of phenolic, flavonoid and antioxidant compounds. High antioxidant activity could be the main reason of observed results. Antioxidant compounds improve cell growth and even improve seed germination via the reducing the stress conditions. However, the role of these compounds in modifying the ratio of endogenous hormones in cultured tissue is not ignorable.

4. Conclusion: According to the approaches of using plant extracts for nutrition and pest and disease control, the results of the present study in Tomato cultivation is considerable.

Keywords: Callus, Foliar application, Green agriculture, Medicinal plant, Plant for plant.

Citation: Sohrabi, O., Hatamzadeh, A., Ghasemnezhad, A., Samizadeh, H. & Erfani Moghadam, V. (2022). Study of the effect of extracts of some growth stimulants on growth of Tomato (*Solanum lycopersicom* L.) ex-vitro and in-vitro conditions. *Journal of Vegetables Sciences*, 10(2), 181-198. doi: 10.22034/iuvs.2022.543372.1184

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۵، شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صفحات (۱۹۷-۱۸۱)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2022.543372.1184

مطالعه‌اثر برخی عصاره‌های گیاهی بر تغییرات رشدی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicom* L.) در شرایط درون و برون‌شیشه‌ای

امید سهرابی[۱]، عبدالله حاتم‌زاده[۲*]، عظیم قاسم‌نژاد[۳]، حبیب‌الله سمیع‌زاده[۴] و وحید عرفانی‌مقدم[۵]

۱. دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳. دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۵. استادیار گروه نانو فناوری، دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

[*]**نویسنده مسئول:** hatamzadeh@guilan.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۰/۰۸/۳۰ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۱/۱۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۱/۲۰)

چکیده

امروزه با توجه به اثرات زیست‌محیطی مخرب کودها و سموم شیمیایی، استفاده از عصاره‌های گیاهی جهت بهبود رشد گیاه و مقابله با آفات و بیماری‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در همین راستا با هدف بررسی اثر عصاره برخی از گیاهان بر روند رشدی گوجه‌فرنگی دو آزمایش در قالب درون و برون‌شیشه‌ای در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان، انجام شد. آزمایش برون‌شیشه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش عصاره‌ی گیاهی گل‌قاصدک (*Taraxacum officinale*)، کهور (*Conocarpus erectus*)، بن‌سرخ (*Allium jesdianum*)، ریواس (*Rheum ribes*)، کندل (*Dorema aucheri*) و ارس (*Juniperus sabina*) با سه غلظت ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام و سه تکرار انجام شد. آزمایش درون‌شیشه‌ای با دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره این گیاهان اجرا شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی عصاره‌های گیاهی در کشت گلخانه باعث افزایش طول ساقه، فاصله میانگره و قطر ساقه در سطح یک درصد در بیشتر تیمارها شد. در مقابل تعداد شاخه، مقدار کلروفیل و تعداد گل با کاربرد عصاره‌های گیاهی نسبت به شاهد در برخی تیمارها کاهش یافت. در آزمایش درون‌شیشه‌ای سرعت جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، حجم و وزن کالوس تحت تأثیر استفاده از عصاره‌های گیاهان استفاده شده افزایش یافت. میزان رشد کالوس ۷۵ درصد با کاربرد عصاره‌های گیاهی در مقایسه با شاهد بیشتر بود. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل کاهش تنش‌های محیطی برای سلول سبب بهبود رشد سلول و حتی بهبود جوانه‌زنی بذر شده است. با توجه به رویکرد استفاده از عصاره‌های گیاهی در جهت تغذیه و دفع آفات و بیماری، نتایج این تحقیق در کشت و پرورش گوجه‌فرنگی قابل‌تأمل خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی سبز، کالوس، گیاه برای گیاه، گیاه دارویی، محلول‌پاشی.

استناد: سهرابی، ا.، حاتم‌زاده، ع.، قاسم‌نژاد، ع.، سمیع‌زاده، ح. و عرفانی‌مقدم، و. (۱۴۰۰). مطالعه اثر برخی عصاره‌های گیاهی بر تغییرات رشدی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicom* L.) در شرایط درون و برون‌شیشه‌ای. *علوم سبزی‌ها*، ۱۰(۲)، ۱۹۷-۱۸۱.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و ایجاد بیماری‌های گوناگون به‌دلیل مصرف سموم و مواد شیمیایی، تمایل به انتخاب مواد با منشأ طبیعی و استفاده از مواد طبیعی به یک رویکرد مهم و اساسی تبدیل گردیده است (De Saeger *et al*., 2020). متاسفانه در بخش کشاورزی استفاده از سموم جهت کنترل علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌ها سبب بروز مشکلات زیست‌محیطی و بیماری‌های زیادی گردیده است. از این‌رو امروزه محققان در پی یافتن روشی با کمترین اثر منفی در تولید می‌باشند که همین امر استفاده از گیاهان به‌خصوص گیاهان دارویی را برجسته نموده است و در واقع سبب ایجاد دیدگاهی به‌نام «گیاه برای گیاه» شده است که در مقوله کشاورزی ارگانیک جای می‌گیرد (Mushtagh *et al*., 2020). دگرتأثیری (آللوپاتی) یک پدیده اکولوژیکی است که به‌موجب آن گیاه از طریق آزادسازی مقادیر ترکیبات شیمیایی (ترکیبات ثانویه) بر رشد، فیزیولوژی و رشد گیاه دیگری که در مجاورت آن رشد می‌کند، تأثیر می‌گذارد (Mushtagh *et al*., 2020). گیاهان آللوپاتیک دارای مواد شیمیایی هستند که در طبیعت رها می‌شوند که این مواد توانایی تجزیه در طبیعت را دارند (Sodaeizadeh *et al*., 2010). در بحث کشاورزی، کنترل رشد گیاهان همواره یکی از موارد مهم می‌باشد. در خصوص این مسئله، گاهی کاشت نامناسب از نظر زمانی و یا نامناسب بودن زمان ارائه محصول به بازار، نیاز به کنترل رشد گیاه را برجسته می‌نماید (Magnitskiy *et al*., 2006; Sanderson, 1973). با این‌حال امروزه ترکیبات گیاهی نیز دارای اثرات مثبت و منفی بر رشد هستند. برای نمونه، ترکیب شیمیایی ژوگلان[1] از طریق ریشه جذب شده (Rietveld, 1983) و به‌واسطه کاهش فتوسنتز و تنفس، تحریک سنتز هورمون اسید آبسیزیک (ABA) و یا جلوگیری از ساخت هورمون تحریک‌کننده رشد، مانع از رشد گیاه می‌شود (Jose & Gillespie, 1998; Kocaccedil *et al*., 2009; Terzi *et al*., 2003). همچنین در موارد متعددی، مشخص شده که عصاره‌های گیاهی در کنترل رشد گیاهان هدف مؤثرند. برای مثال به‌کارگیری ترکیب آلکالوئیدی Cylindrospermopsin (CYN) بر روند تقسیم میتوز بر گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان داد در غلظت‌های بالا این ترکیب مانع تقسیم سلولی می‌گردد. به‌طور کلی این ماده در غلظت‌های کم معمولاً دارای اثر تحریک‌کنندگی ولی در غلظت‌های بالاتر دارای اثر بازدارندگی است (Garda *et al*., 2015). امروزه تلاش بر این است تا شناسایی ترکیبات گیاهی مؤثر در کنترل تقسیم سلولی صورت گیرد (Roughani *et al*., 2017). در همین راستا مطالعات نشان داده است که استفاده از عصاره آبی جلبک دریایی می‌تواند سبب افزایش زیست‌توده گیاهی گردد (De Saeger *et al*., 2020). ماهیت عصاره‌های گیاهی شامل ترکیبات طبیعی است که مخلوطی از چندین متابولیت ثانویه هستند و گزارش شده است که اغلب اثرات سینرژیستی یا افزایشی را ایجاد می‌کنند (Reigosa & Souto, 1999). مواد شیمیایی دگرتأثیری که برای جلوگیری از تکامل یک گونه در غلظت معینی مشخص شده‌اند، ممکن است رشد همان‌گونه یا گونه دیگر را با غلظت متفاوت افزایش دهند. پاسخ گونه‌های مختلف به مواد شیمیایی متفاوت وابسته به غلظت است و درجه مهار رشد با افزایش غلظت افزایش می‌یابد (Gulzar *et al*., 2016; Ishak & Sahid, 2014; Mushtaq *et al*., 2020). پاسخ‌ها معمولاً تحریک یا جذب در غلظت‌های کم مواد شیمیایی است و سرکوب یا دفع در غلظت‌های نسبتاً بالاتر است (Qasem & Foy, 2001).

بنابراین، این پژوهش با هدف اثر عصاره خالص شده گیاهان ارس (*Juniperus sabina* L.)، گل قاصدک (*Taraxacum officinale* Weber.)،

1. Juglan

بن‌سرخ (*Allium jesdianum*)، کندل (*Dorema aucheri* Boiss & Buhse.)، ریواس (*Rheum ribes* L.) و کهور آمریکایی (*Conocarpus erectus* L.) در شرایط گلخانه‌ای، جوانه‌زنی بذر و باززایی نمونه گیاهی در شرایط درون‌شیشه‌ای با هدف بررسی اثر کنترل‌کنندگی رشد عصاره گیاهان بیان شده بر تغییرات رشدی گیاه گوجه‌فرنگی، اجرا گردید.

مواد و روش

این پژوهش در قالب دو آزمایش جداگانه و به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه و درون‌شیشه‌ای در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ با سه تکرار انجام شدند. تیمارهای آزمایشی در آزمایش گلخانه عبارت‌اند از محلول‌پاشی عصاره شش گیاه دارویی (گل‌قاصدک، ارس، ریواس، کهور آمریکایی، کندل و بن‌سرخ با غلظت‌های ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام و در آزمایش کشت بافت، از طریق افزودن عصاره این گیاهان در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام به محیط کشت موراشیگ و اسکوگ[1] انجام گردید.

جمع‌آوری نمونه‌ی گیاهی: همه گیاهان به غیر از کهور آمریکایی، در فصل بهار (فروردین‌ماه) در استان کرمانشاه از منطقه کوهستانی در رشته‌کوه‌های زاگرس (دالاهو) در قسمت غربی استان کرمانشاه بین ۳۴ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ، برداشت و بر اساس منبع موجود شناسایی گردید (Nemati & Jalilian, 2012). برگ درخت کهور آمریکایی نیز در همین تاریخ (فروردین‌ماه) از شهر شیراز تهیه و توسط گروه گیاه‌شناسی دانشگاه شیراز، جنس و گونه این گیاه تعیین گردید. گیاهان جمع‌آوری شده ابتدا با آب شسته و سپس در سایه خشک شدند. پس از خشک شدن گیاهان به نسبت ۱ به ۱۰ (ماده گیاهی به حلال متانول ۸۵ درصد) به روش خیساندن در طی مدت سه دوره ۲۴ ساعته، عصاره‌گیری شدند. سپس عصاره‌های تجمیع شده از کاغذ صافی عبور داده شد. نمونه صاف شده با استفاده از تبخیرکننده دوار (مدل IKA HB10) تغلیظ شد. عصاره‌های تغلیظ شده در دوره زمانی ۹۰ ساعت در دستگاه فریزدرایر (Christ, Germany, model: Beta 2-8 LSC plus) قرار داده شده و سپس پودر خالص و خشک تهیه گردید. سپس از پودرهای تهیه شده تیمارهای آزمایشی برای محلول‌پاشی به غلظت‌های ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام با حلال آب، تهیه گردید. جهت حل شدن بهتر عصاره‌ها، از دستگاه التراسونیک (Parasonic 2600 s) نیز استفاده گردید. عصاره تهیه شده تا زمان استفاده در شرایط تاریکی در یخچال نگهداری شد.

کشت نشا: برای کشت نشا در اواخر بهمن‌ماه، بذور ضدعفونی شده گوجه‌فرنگی شرکت فلات رقم CH در سینی‌های کشت حاوی پرلیت، کوکوپیت و پیت‌ماس به‌ترتیب به نسبت ۵۰، ۳۰ و ۲۰ درصد کشت گردیدند. اقدامات داشت شامل مبارزه با آفات و بیماری برای تمامی نمونه‌ها به‌صورت یکسان انجام گردید. با توجه به شرایط آب و هوایی، آبیاری با توجه به نیاز گیاه انجام گردید. جهت تغذیه گیاهان نیز از محلول هوگلند استفاده شد.

اعمال تیمار: از اواخر مرحله چهار برگی حقیقی، هر هفته یک‌بار، گیاهان با عصاره‌های تهیه شده از شش گیاه، محلول‌پاشی گردیدند. پنج هفته پس از شروع آزمایش صفاتی چون طول ساقه، قطر ساقه، تعداد شاخه، میزان کلروفیل، تعداد گل، فاصله میانگره، وزن تر بوته اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل با دستگاه کلروفیل‌متر (مدل SPAD 521) و بقیه صفات با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

کشت بذر و تهیه کالوس: به‌منظور کشت بذر جهت تهیه نمونه گیاهی در شرایط درون‌شیشه‌ای، ابتدا بذور گوجه‌فرنگی رقم CH در اتانول ۷۰ درصد به‌مدت یک

1 . Murashige and Skoog medium

دقیقه قرار داده شدند. سپس در هیپوکلرید سدیم پنج درصد به‌مدت ۱۰ دقیقه از طریق غوطه‌وری ضدعفونی شده و سپس با آب مقطر استریل، آبکشی شدند. در مرحله بعد، بذور در زیر هود لامینار بر روی محیط کشت MS که حاوی هشت درصد آگار و سه درصد ساکارز بود، در ظروف شیشه‌ای به تعداد ۱۰ عدد در هر شیشه، کشت شدند. برای تهیه نمونه جهت تولید کالوس، از گیاهچه‌های تولید شده، ریزنمونه ساقه به طول یک سانتی‌متر تهیه و در محیط حاوی غلظت‌های مختلف عصاره‌های گیاهی استفاده شده کشت گردید. جهت اضافه نمودن عصاره‌های گیاهی به محیط کشت، بعد از سرد شدن تقریبی محیط کشت، عصاره‌ها از فیلتر ۴۵ میکرومتری، عبور داده شده و به محیط کشت اضافه شدند. جهت بررسی اثر عصاره‌های گیاهی بر جوانه‌زنی بذر، صفاتی چون طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ، وزن تر گیاهچه بررسی شد. همچنین سفتی کالوس، وزن تر کالوس و حجم کالوس نمونه‌های کشت شده تحت تأثیر تیمار عصاره‌های گیاهی بررسی شد (Alizadeh, 2011). اندازه‌گیری میزان فنول عصاره‌ها از طریق روش فولین- سیکالچو (Meda *et al*., 2005)، فلاونوئید (Chang *et al*., 2002) و درصد مهار رادیکال‌های آزاد (DPPH) بر اساس روش Brand-Williams و همکاران (۱۹۹۵) انجام گردید. بررسی میزان اکسین موجود در گیاهان نیز از روش (Suzuki *et al*., 2003) انجام شد.

آنالیز داده‌ها از طریق نرم‌افزار SAS ورژن 9.4، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد و رسم شکل‌ها از طریق نرم‌افزار Excel انجام گردید.

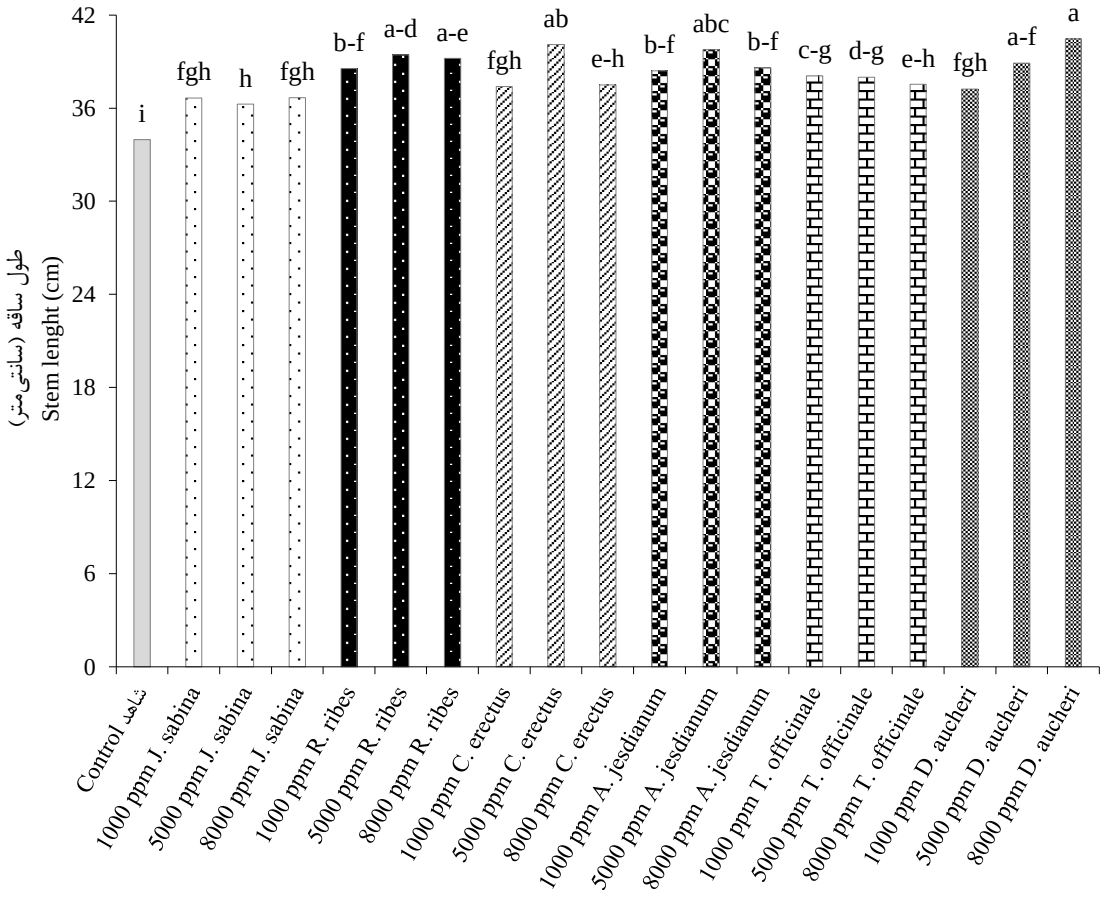
نتایج و بحث

کشت گلخانه

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که همه تیمارهای آزمایشی بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند.

طول ساقه

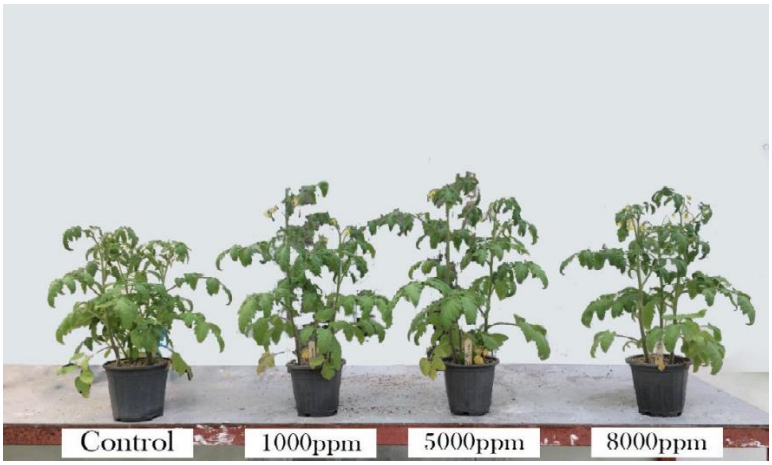
با توجه به شکل ۱ تأثیر افزایشی غلظت عصاره‌های گیاهان مختلف بر رشد طولی ساقه گوجه‌فرنگی قابل مشاهده است. گیاه بن‌سرخ با افزایش غلظت تا سطح ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش طول ساقه شد. با توجه به مقایسه میانگین‌ها که در شکل ۱ نشان داده شده است، افزایش غلظت عصاره کهور افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته داشت؛ به‌طوری که با افزایش غلظت عصاره از ۱۰۰۰ به ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. در مقابل، افزایش ارتفاع حاصل از غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام نسبت به غلظت‌های استفاده شده تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج بیانگر این مطلب است که عصاره گیاه کهور در غلظت‌های متوسط محرک رشد بهتری داشته است. با این وجود افزایش غلظت عصاره از حد مشخص (در این تحقیق ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام) اثر بازدارندگی بر رشد گیاه دارد. اگرچه تحت تأثیر استفاده از عصاره گیاهانی چون ارس و قاصدک ارتفاع گیاه نسبت به شاهد افزایش یافت، با این وجود و علی‌رغم مشاهده تغییرات ارتفاع در غلظت‌های مختلف، تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبودند. این بدان معنی است که افزایش غلظت این عصاره‌ها اثر منفی بر روند رشدی ندارد و یا اینکه ممکن است سطوح استفاده شده در این تحقیق برای این گیاهان تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند. در راستای این پژوهش، اعمال عصاره آبی جلبک دریایی بر گیاه آرابیدوپسیس تالیانا (*Arabidopsis thaliana* L.) نشان داده شد که این عصاره باعث افزایش تعداد برگ و ارتفاع گیاه آرابیدوپسیس تالیانا گردید که محققان دلیل این امر را به‌میزان اکسین بالای داخلی موجود در جلبک نسبت داده بودند (Rayorath *et al*., 2008).



شکل ۱- اثر عصاره‌های گیاهی بر طول ساقه در گیاه گوجه‌فرنگی

Figure 1- The effect of plant extract on Tomato stem length

در شکل ۲ تأثیر عصاره گیاه بن‌سرخ بر رشد گیاه گوجه‌فرنگی به‌خوبی نشان داده شده است (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی عصاره گیاه بن‌سرخ بر رشد طولی گیاه گوجه‌فرنگی

Figure 2- The effect of plant extract spraying on Tomato stem length

به‌طور کلی اعمال عصاره گیاه بن‌سرخ نسبت به شاهد سبب افزایش رشد رویشی گردید. در خصوص تأثیر عصاره گیاهی بر رشد گیاهان مطالعات محدودی انجام گردیده است، به‌ویژه تأثیر عصاره گیاهان دارویی

بر گیاهان دیگر؛ اما سایر مطالعات نشان داده است که احتمالاً دلیل اصلی برای این عمل، وجود اکسین داخلی یا ترکیبات شبه‌اکسینی می‌باشد (De Saeger *et al.*, 2020). ترکیبات گیاهی موجود در عصاره‌ها می‌توانند به‌عنوان محرک‌های زیستی یا بازدارنده‌های رشدی (با توجه به ماهیت گیاه) برای گیاهان عمل نمایند. همچنین سایر ترکیبات موجود در گیاهان می‌تواند اثرات مختلفی در گیاهان داشته باشند که برای مثال اسید بنزوئیک و سینامیک باعث کاهش کلروفیل و مهار فتوسنتز می‌شوند (Baziramakenga *et al.*,1994). پاسخ‌های زیستی گیاهان گیرنده به مواد شیمیایی آستانه‌ای را نشان می‌دهد که به‌عنوان غلظت مؤثر شناخته می‌شوند (Gulzar *et al.*, 2016; Ishak & Sahid, 2014). پاسخ‌ها معمولاً تحریک یا جذب در غلظت‌های کم مواد شیمیایی است و سرکوب یا دفع در غلظت‌های نسبتاً بالاتر است (Qasem & Foy, 2001). با این وجود، مسیرهای ایجاد شده توسط ترکیبات فعال زیستی اغلب ناشناخته است. بنابراین، فعالیت‌های هم‌افزایی به‌دلیل غلظت کم آن‌ها پیش‌بینی می‌شود (De Saeger *et al.*, 2020). در راستای این پژوهش، نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که اعمال عصاره آبی جلبک دریایی باعث افزایش تعداد برگ و ارتفاع گیاه آرابیدوپسیس شد که دلیل آن میزان اکسین داخلی موجود در جلبک بود (Rayorath *et al.*, 2008). به‌دلیل اینکه این گیاهان سرشار از ترکیبات زیستی و متابولیت‌های ثانویه هستند (فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپن‌ها و غیره)، این ترکیبات بعد از جذب در گیاهان می‌توانند در مسیر بیوسنتز هورمون‌های گیاهی وارد شده و سبب تغییر مقدار هورمون‌های رشدی گردند (جدول ۱). به استناد نتایج محتوی اکسینی نمونه‌های استفاده شده، به‌نظر می‌رسد رشد زیاد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی می‌تواند تحت تأثیر اکسین داخلی عصاره‌ها باشد که تفاوت مشاهده شده در تیمارهای مختلف هم به‌دلیل تفاوت در سطح اکسین بین تیمارها می‌باشد. از جنبه رشدی دیگر، گیاهان در طی فرآیند رشد و نمو خود، رادیکال‌های آزاد تولید می‌کنند که این رادیکال‌ها قطعاً تأثیرات منفی بر فرآیند رشد و نمو را دارند (Taiz *et al.*, 2015). از سوی دیگر گیاهان انتخاب شده دارای میزان قابل‌توجهی ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند که همین امر ممکن است سبب ایجاد بستر رشد مناسب و بدون تنش برای گیاه گردد (جدول ۱).

جدول ۱- پروفایل بیوشیمیایی و میزان اکسین موجود در عصاره گیاهان مورد آزمایش

Table 1- Biochemical profile and auxin content in the extract of tested plants

گیاهان	Plants	فنول کل (میلی‌گرم بر گرم) Total phenol ($mg\ g^{-1}$)	فلاونوئید (میلی‌گرم بر گرم) Flavonoids ($mg\ g^{-1}$)	آنتی‌اکسیدانی (درصد) Antioxidant potential (%)	میزان اکسین (میلی‌گرم بر گرم) Auxin content ($mg\ g^{-1}$)
ارس	*J. sabina*	311.87	158.93	74.28	0.384
بن‌سرخ	*A. jesdianum*	210.87	158.98	12.78	0.326
گل‌قاصدک	*T. officinale*	225.95	147.57	80.48	0.283
کهور	*C. erectus*	652.45	185.60	67.57	0.255
کندل	*D. aucheri*	316.64	170.42	58.46	0.357
ریواس	*R. ribes*	402.69	155.00	80.81	0.148

قطر ساقه

بر اساس جدول ۲ قطر ساقه تحت تأثیر تیمارهای مختلف، تغییرات متفاوتی را از خود نشان داده است. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شد در تیمار ریواس، بن‌سرخ و کندل، با افزایش غلظت از ۱۰۰۰ به ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام افزایش قطر ساقه ولی در غلظت ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام کاهش مشاهده گردید.

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید عصاره‌های گیاهی دارای طیف مختلفی از ترکیبات هستند که این ترکیبات می‌توانند دارای اثر منفرد و یا اثر هم‌افزایی

باشند (Fornes *et al*., 2002; Vernieri *et al*., 2005) به این دلیل که مسیرهای فعالیت ترکیبات می‌تواند مختلف باشد و اغلب نقش برخی ترکیبات مشخص نیست که همین امر سبب می‌شود اثرات جداگانه و چندگانه ترکیبات بیوشیمیایی متفاوت باشد (De Saeger *et al*., 2020). با توجه به نتایج آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی عصاره‌ها، می‌توان این تغییرات را به تفاوت در میزان هورمون داخلی از جمله سیتوکینین‌ها و اکسین‌ها تحت تأثیر عصاره‌های گیاهی دانست (Taiz *et al*., 2015).

جدول ۲- اثر عصاره‌های گیاهی بر خصوصیات مورفولوژیکی در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 2- The effect of plant extract on Tomato morphologic traits

گیاهان Plants	غلظت (قسمت در میلیون) Concentration (ppm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	تعداد شاخه Branch number	فاصله میانگره (میلی‌متر) Node distance (mm)	تعداد گل Flower number
شاهد Control	0	8.57^{c-f}	11.22^{a}	3.27^{f}	7.33^{a}
ارس *J. sabina*	1000	8.20^{f}	8.83^{d-g}	3.79^{b-e}	6.67^{ab}
	5000	8.71^{cde}	9.00^{c-f}	3.64^{ef}	6.67^{ab}
	8000	8.84^{bcd}	8.50^{e-h}	3.65^{def}	6.33^{abc}
ریواس *R. ribes*	1000	8.37^{ef}	8.00^{gh}	3.94^{a-e}	6.33^{abc}
	5000	9.28^{ab}	9.40^{cd}	3.90^{a-e}	6.00^{a-d}
	8000	8.55^{c-f}	9.12^{cde}	4.24^{a}	6.00^{a-d}
کهور *C. erectus*	1000	8.40^{def}	8.40^{fgh}	4.09^{a-d}	5.67^{b-e}
	5000	8.53^{c-f}	9.49^{cd}	4.16^{abc}	5.67^{b-e}
	8000	8.88^{bc}	8.16^{h}	3.64^{ef}	5.67^{b-e}
بن‌سرخ *A. jesdianum*	1000	8.84^{bcd}	9.48^{cd}	3.94^{a-e}	5.33^{b-f}
	5000	8.87^{bc}	9.66^{c}	3.76^{b-e}	5.33^{b-f}
	8000	8.60^{c-f}	8.33^{gh}	3.89^{a-e}	5.00^{c-g}
گل‌قاصدک *T. officinale*	1000	8.60^{c-f}	9.00^{c-f}	4.01^{a-e}	5.00^{c-g}
	5000	8.51^{c-f}	10.95^{ab}	3.73^{cde}	4.67^{d-g}
	8000	9.37^{a}	9.50^{c}	3.82^{a-e}	4.33^{efg}
کندل *D. aucheri*	1000	8.41^{def}	9.33^{cd}	4.20^{ab}	4.33^{efg}
	5000	9.23^{ab}	10.50^{ab}	3.80^{a-e}	4.00^{fg}
	8000	8.89^{bc}	8.50^{e-h}	3.87^{a-e}	3.67^{g}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test ($p<0.01$).

تعداد شاخه و فاصله میانگره

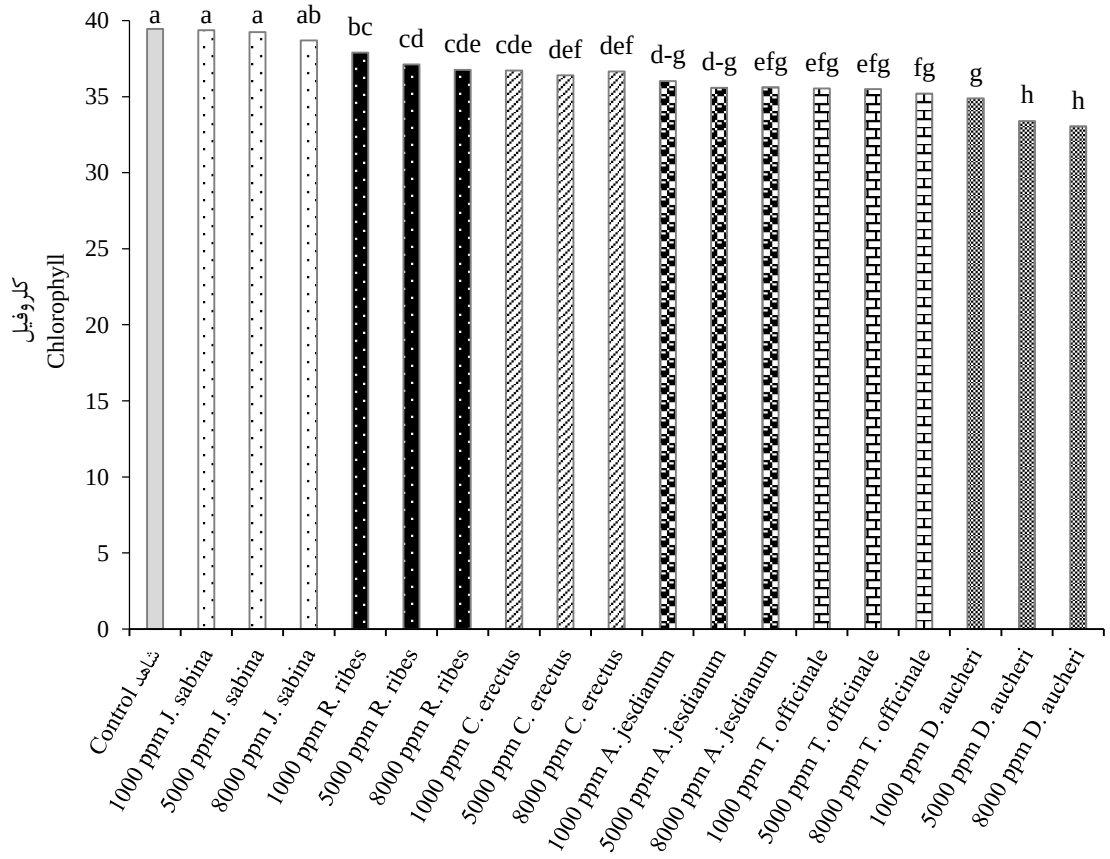
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص تعداد شاخه و فاصله میانگره در جدول ۲ نشان داده شده است. از نتایج داده‌ها در جدول ۲ مشاهده گردید که با افزایش ارتفاع گیاه تعداد شاخه‌ها کاهش پیدا نموده است. در این بین، بیشترین تعداد شاخه به گیاه شاهد مشاهده گردید که با توجه به جدول ۲، می‌توان چنین استنبات نمود که که عصاره‌های گیاهی روی این پارامتر اثر معنی‌داری داشتند به‌طوری‌که فاصله بین گره‌ها را افزایش دادند. در خصوص مکانیسم عمل در این دو پارامتر می‌توان گفت چون ترکیبات دارای سطح بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی می‌باشند و با رادیکال‌های آزاد سلولی مبارزه می‌نمایند و همچنین اکسین داخلی عصاره‌ها بالا می‌باشد، این مهم در نتیجه رشد سلولی به‌دلیل تأثیر اکسین، خارج از منطق نمی‌باشد. همان‌طور که مطالعات گذشته نشان داده است که عصاره آبی جلبک دریایی توانسته رشد را افزایش دهد و علت را می‌توان به‌وجود اکسین داخلی زیاد در آن تحلیل نمود (Tan *et al*., 2021). از طرفی میزان اکسین بالا سبب افزایش فاصله بین گره‌ها می‌گردد که در نتایج این پژوهش این مهم به‌وضوح قابل‌مشاهده است (Taiz *et al*., 2015).

تعداد گل

بیشترین تعداد گل در گیاه شاهد و کمترین با کاربرد ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره کندل مشاهده شد. با نگاه دقیق‌تر مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره‌ها، تعداد گل روند نزولی دارد (جدول ۲). گلدهی همواره تحت تأثیر شرایط محیطی که خود تحت تأثیر سیگنال‌های درونی و بیرونی است، تنظیم می‌گردد. یکی از این سیگنال‌های مهم وجود پروتئین دلا[1] می‌باشد که این پروتئین در ارتباط با هورمون جیبرلین است (Zou *et al.*, 2020). مطالعات فیزیولوژیک در گیاه نشان می‌دهد که اکسین مانع گلدهی می‌گردد و نقش اصلی آن رشد سلولی از طریق بزرگ شدن سلـولی اسـت (Taiz *et al.*, 2015). کاهش تعداد گل در گیاهان را می‌توان به‌علت تداخلات هورمونی موجود در عصاره‌ها دانست زیرا اگر به روند رشد طولی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی دقت کنیم (شکل ۱)، روند صعودی می‌باشد اما گلدهی دارای روندی نزولی است. به‌طوری‌که با یافته‌های علمی در خصوص تأثیر اکسین در ممانعت از گلدهی و تشکیل گل، مطابقت دارد (جدول ۲).

میزان کلروفیل

با افزایش غلظت عصاره‌های گیاهی مقدار کلروفیل گیاه گوجه‌فرنگی کاهش یافته است و بیشترین مقدار آن در گیاهان شاهد مشاهده شده است که با کاربرد عصاره گیاهی ارس تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳).



شکل ۳- اثر عصاره‌های گیاهی بر مقدار کلروفیل در برگ گیاه گوجه‌فرنگی
Figure 3- The effect of plant extract on Tomato chlorophyll content

1. DELLA

در خصوص ارتباط بین رشد و کلروفیل، اعمال اکسین بر کلئوپتیل گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) نشان داده است که سبب تخریب دیواره کلروپلاست شده که یک روند نزولی را داشته است (Volfova *et al*., 1978). با مقایسه شکل ۳ با شکل ۱، یک ارتباط منفی بین روند طول ساقه و میزان کلروفیل مشاهده شد. برای مثال با کاربرد ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره کندل بیشترین رشد مشاهده گردید در حالی‌که کمترین میزان کلروفیل نیز در همین تیمار مشاهده شد. این حقیقت که گیاهان در شرایط تنش‌زا خود را مهیا می‌کنند تا حداکثر استفاده از شرایط محیطی برای تولید ماده خشک داشته باشند به شکل‌های مختلف نشان داده شده است. یکی از این راهکارها تولید کلروفیل بیشتر و در نتیجه فتوسنتز بیشتر است که منجر به تولید ماده خشک بیشتر در گیاه می‌شود (Taiz *et al*., 2015). نشان داده شده است که عصاره آبی گیاه بومادران (*Achillea santolina* L.) بر گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) باعث کاهش سطح کلروفیل a و b، افزایش کاروتنوئید و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دسموتاز و گلوتاتیون ردوکتاز شد (Darier & Tammam, 2012). عصاره‌های گیاهی استفاده شده در این پژوهش حاوی ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی بودند که به شکلی استفاده از آن‌ها نوعی تنش کاذب در گیاها میزبان ایجاد نموده و سبب بهبود رشد گیاه با انگیختن آستانه واکنش به تنش می‌شود.

کشت درون‌شیشه‌ای

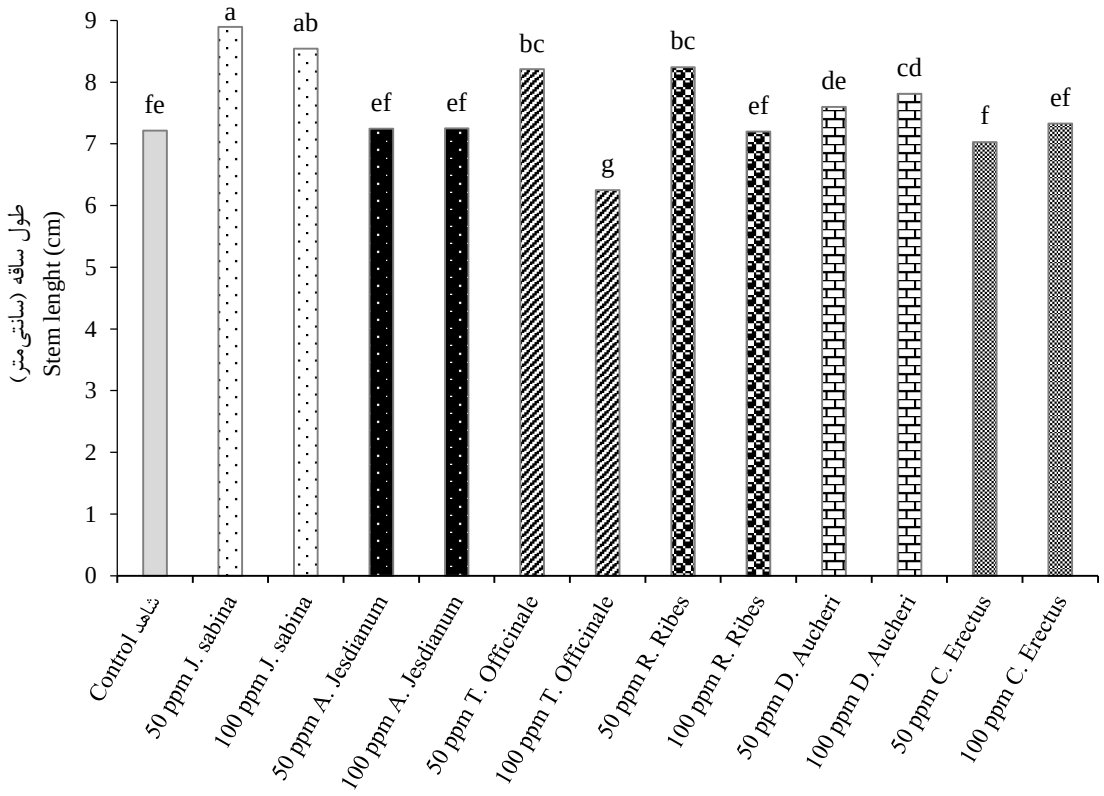
مطالعات در خصوص کاربرد گیاهان دارویی جهت بررسی میزان تأثیر آن‌ها در رشد سایر گیاهان در بحث کشت درون‌شیشه‌ای محدود بوده است. مطالعات گذشته بیشتر در خصوص بررسی تأثیر دگرتأثیری ترکیبات گیاهان بوده که به‌صورت اضافه نمودن پودر گیاه آللوپات به آگار بوده است (ECAM; equal compartment agar medium) (Wu *et al*., 2001).

طول ساقه‌چه

بر اساس شکل ۴، در برخی عصاره‌ها با بیشتر شدن غلظت عصاره، طول گیاهچه کاهش یافته است و در برخی این رابطه اثر خطی داشته است. معمولاً پاسخ تحریک در غلظت‌های کم مواد شیمیایی است و سرکوب یا دفع در غلظت‌های نسبتاً بالاتر است (Qasem & Foy, 2001). برای مثال، بیشترین طول ساقه مربوط به گیاه ارس با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام بود که با افزایش غلظت روند رشدی کاهش یافت (شکل ۴). از طرفی در گیاه کهور، با افزایش غلظت، افزایش ارتفاع مشاهده گردید. در ارتباط با این موضوع، مطالعات دانشمندان نشان داده است که برای مثال ترکیب آلکالوئیدی سلندروس پرموپسین در غلظت‌های کم معمولاً دارای اثر تحریکی ولی در غلظت‌های بالاتر دارای اثر بازدارندگی است و با توجه به رقم می‌تواند تقسیم سلولی را در غلظت‌های متفاوتی تحت تأثیر قرار دهد و به‌عنوان یک بازدارنده رشد تلقی گردد (Garda *et al*., 2015).

مطالعات در خصوص تأثیر گیاهان بر گیاهان نشان داد که عصاره آبی گیاه استبرق (*Calotropis procera*) توانست جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در ذرت (*Zea mayes* L.) را افزایش دهد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (Naz & Bano, 2013). نکته جالب توجه اینکه عصاره گیاه استبرق بر گیاه کلم‌وحشی *Brassica oleracea* واریته‌ی botrytis اثر بازدارندگی داشت (Gulzar & Siddiqui, 2017). در همین راستا مطالعه‌ای دیگر نشان داد که عصاره‌های آبی برگ، ساقه و گل گیاه تاج‌خروس (*Celosia argentea* L.) بر گیاه عدس (*Lens culanaris* Medic.) فعالیت α-آمیلاز را افزایش می‌دهند (Kengar & Patil, 2018). همان‌طور که مشاهده می‌شود گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی تحت تأثیر عصاره تیمارهای گیاهی، تفاوت رشدی بارزی را از خود نشان دادند. بر اساس شکل ۴، حتی ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره گل‌قاصدک سبب کاهش رشد نسبت به شاهد

گردید. که به‌طور خلاصه می‌توان گفت عصاره‌های گیاهی به‌دلیل تفاوت در مواد شیمیایی و سطوح مختلف هورمون‌ها در غلظت‌های متفاوت، اثرات مختلفی را بر جای می‌گذارند. مطالعات مختلف نشان داده است که تحریک‌کننده‌های زیستی می‌توانند شامل آمینو اسیدها، ساپونین‌ها، ویتامین‌ها، هورمون‌ها و ترکیبات گیاهی باشند (Paradikovic *et al.*, 2019) و واضح است که محرک‌های زیستی می‌توانند قدرت بذر و بهره‌وری گیاه را افزایش دهند، اما برای بهینه‌سازی استفاده از آن‌ها، باید در مورد محرک‌های زیستی از جمله ترکیب شیمیایی محصولات تجاری و همچنین دز و زمان بهینه و فرآیندهای بیوشیمیایی زیربنایی گیاه، اطلاعات زیادی کسب شود.



شکل ۴- اثر عصاره‌های گیاهی بر طول ساقه در گیاهچه گوجه‌فرنگی در کشت بافت
Figure 4- The effect of plant extract on Tomato stem length

طول ریشه

بر اساس جدول ۳، عصاره‌های گیاهی به‌صورت یک روند کلی سبب افزایش طول ساقه و کاهش طول ریشه گردیدند. همان‌طور که مشاهده شد بیشترین طول ریشه‌چه در گیاه شاهد و کمترین طول ریشه‌چه با کاربرد ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره گیاه کندل مشاهده گردید. افزایش غلظت عصاره گیاهان ارس، بن‌سرخ و کندل باعث کاهش طول ریشه‌چه اما افزایش عصاره گیاهان کهور، قاصدک و ریواس سبب افزایش طول ریشه‌چه گردید. این تفاوت‌ها را می‌توان به تفاوت در نوع ترکیبات و هورمون‌های موجود در عصاره‌ها دانست. به‌طور کلی عصاره‌های استفاده شده، رشد ساقه را افزایش داده اما به‌صورت کلی، سبب کاهش رشد ریشه شدند. در همین راستا مطالعه‌ای در خصوص تأثیر عصاره گیاه گل‌ابری (*Ageratum conyzoides*) بر گیاه کنجد (*Sesamum indicum*)، باعث مهار جوانه‌زنی، رشد ریشه و ساقه گردید که با نتایج این پژوهش در خصوص رشد ساقه در تضاد اما در خصوص رشد ریشه مطابقت دارد (Natarajan *et al.*, 2014). رشد یک گیاه تحت تأثیر ژنتیک، بالانس

هورمونی و مواد غذایی درون گیاه می‌باشد (Taiz *et al*., 2015). طویل شدن سلول‌ها و اندام‌ها، مهمترین اثر اکسین است. البته خاطر نشان می‌شود که واکنش گیاه به اکسین تحت تأثیر غلظت می‌باشد. به‌طوری‌که با افزایش غلظت اکسین اثر بازدارندگی ایجاد می‌شود. نکته مهم اینکه اثر اکسین در سلول‌های ساقه و ریشه متفاوت است. اکسین با غلظت مشابه که سبب تشدید طویل شدن اندام‌های هوایی می‌شود طویل شدن ریشه را کند می‌سازد (Taiz *et al*., 2015). با توجه به مشاهدات در خصوص افزایش رشد گیاهچه‌ها در مقایسه با گیاه شاهد و بررسی سطوح اکسین داخلی عصاره گیاهان تیمار شده (جدول ۱) اثر اکسین در کنترل رشد ریشه مشخص می‌شود.

جدول ۳- اثر عصاره‌های گیاهی بر قطر ساقه در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 3- Mean comparison of plant extract on Tomato stem diameter

گیاهان Plants	غلظت (قسمت در میلیون) Concentration (ppm)	طول ریشه چه (سانتی متر) Root length (cm)	وزن تر گیاه چه (گرم) Fresh wight (g)	تعداد برگ Leaf number	رشد کالوس Callus growth	سفتی کالوس Callus hardness
شاهد Control	0	4.00^{a}	0.164^{cd}	3.66^{ef}	0.5^{d}	5.0^{a}
ارس *J. sabina*	50	3.86^{a}	0.145^{de}	3.82^{ef}	1.0^{c}	3.0^{b}
	100	2.99^{b-f}	0.231^{a}	5.22^{bcd}	1.0^{c}	3.0^{b}
ریواس *R. ribes*	50	3.58^{ab}	0.206^{ab}	5.83^{ab}	1.5^{bc}	3.0^{b}
	100	3.13^{b-e}	0.161^{cde}	5.55^{abc}	1.7^{abc}	1.0^{d}
کهور *C. erectus*	50	2.65^{ef}	0.179^{bcd}	4.22^{def}	1.8^{abc}	1.7^{cd}
	100	3.05^{b-e}	0.185^{bc}	5.33^{abc}	2.5^{a}	1.7^{cd}
بن‌سرخ *A. jesdianum*	50	2.66^{ef}	0.129^{e}	3.44^{f}	1.7^{abc}	3.0^{b}
	100	2.89^{c-f}	0.157^{cde}	5.66^{abc}	1.3^{bc}	3.0^{b}
گل‌قاصدک *T. officinale*	50	3.44^{a-d}	0.174^{bcd}	3.33^{f}	1.7^{abc}	2.3^{bc}
	100	2.4^{f}	0.148^{de}	4.66^{cde}	1.0^{c}	3.0^{b}
کندل *D. aucheri*	50	2.83^{def}	0.201^{ab}	5.33^{abc}	2.0^{ab}	1.0^{d}
	100	3.50^{abc}	0.206^{ab}	6.33^{a}	2.2^{ab}	3.0^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test ($p<0.01$).

وزن تر گیاهچه

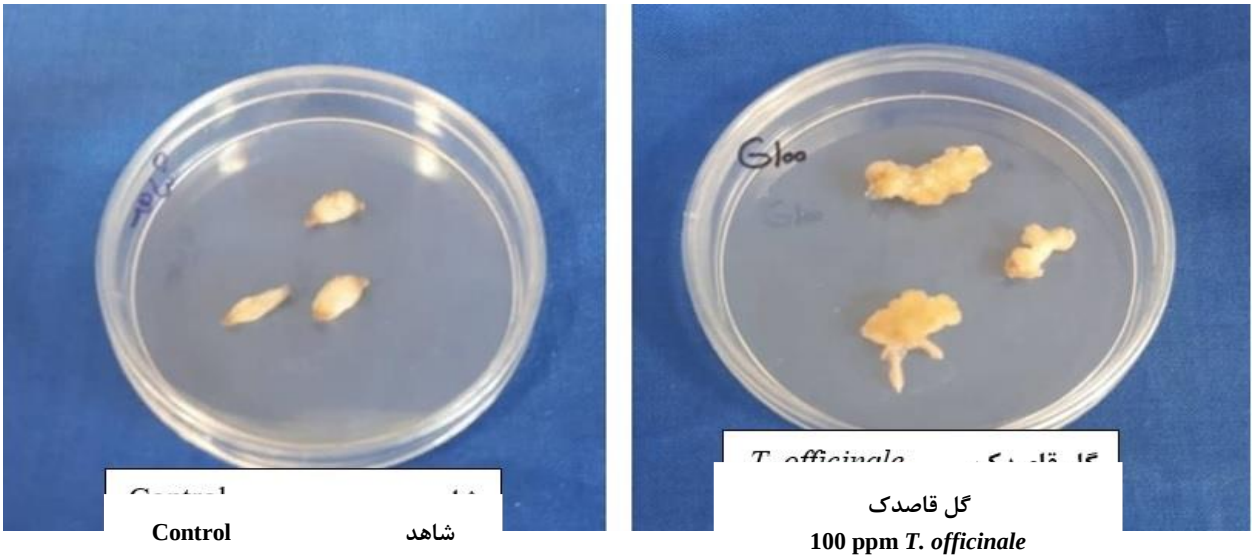
بر اساس جدول ۳ مقایسه میانگین داده‌ها مشخص گردیده است که عصاره‌های گیاهی اثرات مختلفی بر وزن تر گیاهچه داشته‌اند. بر اساس نتایج، بیشترین وزن تر گیاهچه مربوط به کاربرد ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره گیاه ارس و کمترین وزن هم مربوط به ۵۰ پی‌پی‌ام عصاره ریواس بوده است (جدول ۳). با بررسی مطالعات سایر محققان نشان داده شد که اعمال عصاره آبی گل‌ابری (*Ageratum conyzoides*) توانست وزن تر را در گیاه کنجدکاهش دهد (Natarajan *et al*., 2014). در همین راستا عصاره آبی ریشه، ساقه و برگ گیاه سنای‌وحشی (*Cassia tora* L.) بر گیاه خردل (*Sinapis arvensis*) باعث کاهش جوانه‌زنی بذر، طول ریشه، طول شاخه، محتوای کلروفیل، وزن تازه، وزن خشک و مقدار نسبی آب شد (Sarkar *et al*., 2012). در همین راستا و به‌دلیل تفاوت در پروفایل بیوشیمیایی و فیتوشیمیایی عصاره‌ها، این تفاوت‌های رشدی را می‌توان به اختلاف در سطح ترکیبات از جمله مواد فنولی، آنتی‌اکسیدانی و هورمونی دانست. مطالعات نشان داده است که استفاده از عصاره آبی جلبک دریایی می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده گیاهی در طیف گوناگونی از گیاهان گردد (De Saeger *et al*., 2020).

تعداد برگ

کمترین تعداد برگ مربوط به ۵۰ پی‌پی‌ام عصاره گیاه ریواس و بیشترین تعداد برگ مربوط به ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره کهور بود (جدول ۳). نکته قابل‌توجه این می‌باشد که در ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره ارس، ۵۰ پی‌پی‌ام عصاره بن‌سرخ، ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره کهور که بیشترین میزان وزن تر را داشتند، بیشترین میزان تعداد برگ هم مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین مشاهده شد که عصاره ریواس که کمترین تعداد برگ را داشت، کمترین وزن گیاهچه را نیز دارا بود. عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبات طبیعی هستند که چندین متابولیت ثانویه را در بر می‌گیرند. گزارش شده است که این ترکیبات اغلب اثرات همسو دارند (Reigosa & Souto, 1999). مواد آللوپاتیک می‌توانند با توجه به نوع گیاه و غلظت آن، متفاوت باشند. مثلاً در برخی گیاهان اثر افزایشی و در برخی دیگر اثر بازدارندگی نشان می‌دهند (Gulzar *et al*., 2016; Ishak & Sahid, 2014; Mushtaq *et al*., 2020). بر این اساس، ممکن است که تغییرات رشد در گیاهچه علت اثر غلظت عصاره‌ها باشد. تعیین دلیل قطعی این اثرات نیازمند بررسی‌های بیشتر به‌ویژه از بعد مولکولی و بیوشیمیایی است.

رشد کالوس

با بررسی جدول ۳ مشخص می‌شود که همه عصاره‌های گیاهی توانستند رشد کالوس را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه به شاهد افزایش دهند. برای مثال بیشترین رشد کالوس در تیمار گل‌قاصدک در غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد. همان‌طورکه می‌دانیم سلول‌های گیاهی در زمان تقسیم سلولی و رشد قطعاً یکسری رادیکال‌های آزاد تولید می‌کنند، مخصوصاً در زمان تهیه ریزنمونه در کشت بافت به‌دلیل آسیب به بافت که این رادیکال‌های آزاد قطعاً اندامک‌های درون سلولی را مورد هدف قرار داده و راندمان کاری آن‌ها را پایین می‌آورند (Taiz *et al*., 2015). از طرفی چون عصاره‌های گیاهی اعمال شده دارای سطوح بالایی ترکیبات فنولی، آنتی‌اکسیدانی هستند، اعمال این ترکیبات اثر این رادیکال‌های آزاد را خنثی نموده و سبب فعالیت و رشد بهتر شده‌اند. از طرفی به‌دلیل ترکیبات موجود در عصاره‌ها و سطح بالای پیش‌سازهای هورمون‌های گیاهی و خود هورمون‌های گیاهی، این ترکیبات به‌عنوان تحریک‌کننده‌های زیستی برای رشد عمل نموده و رشد و افزایش کالوس‌دهی خارج از منطق نمی‌باشد. شکل ۵ رشد گیاه شاهد و یکی از گیاهان تیمار شده را به‌خوبی نمایان می‌کند.



شکل ۵- رشد کالوس گوجه‌فرنگی تحت تیمار عصاره گل‌قاصدک و شاهد

Figure 5- Tomato callus growth affected by *T. officinale* extract and Control

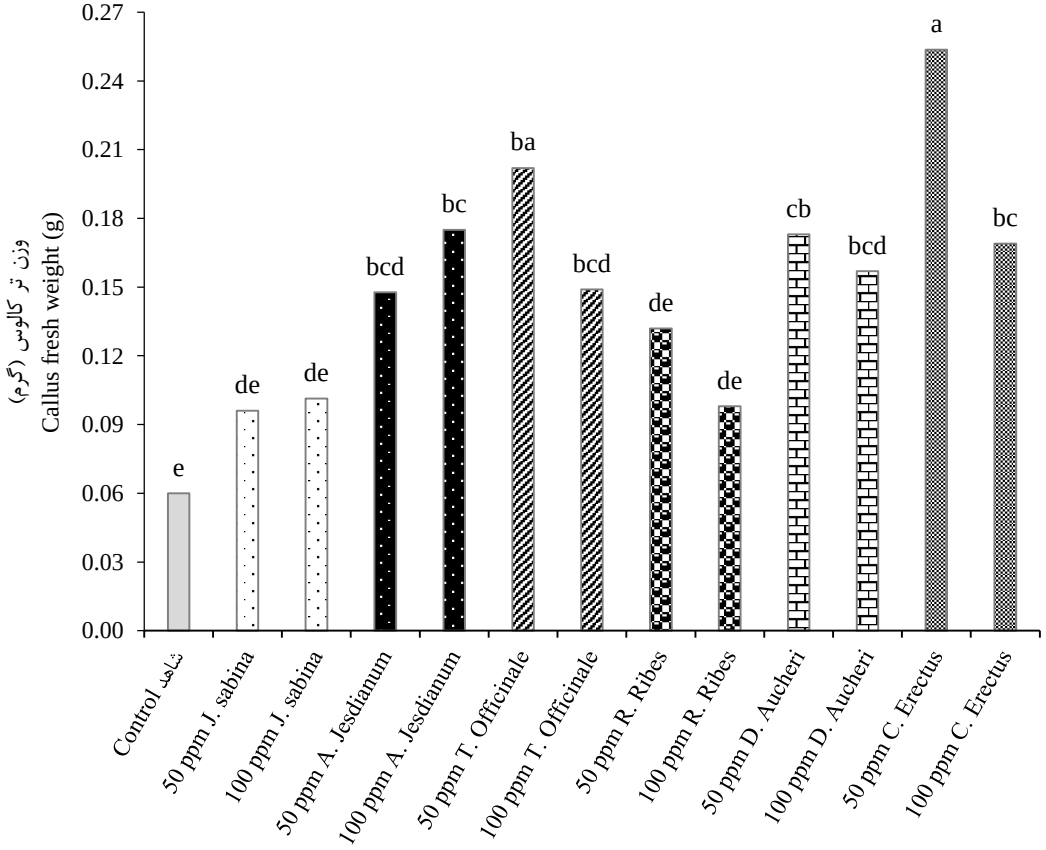
مشخص گردیده است که کالوس‌زایی در کنترل بالانس سطوح هورمونی اکسین و سیتوکینین می‌باشد. همچنین نشان داده شده است که سطوح بالای جداگانه هر کدام از این دو هورمون تقسیم سلولی را به سمت خاصی هدایت می‌نماید (Taiz *et al*., 2015) که با توجه به شکل موجود و ایجاد کالوس‌های تقریباً یک‌دست، بالانسی مناسب از سطوح اکسین و سیتوکینین در کالوس‌های ایجاد شده ، استنباط گردید.

سفتی کالوس

عصاره‌ها با افزایش تقسیم سلولی سبب ایجاد کالوسی نرم در نمونه‌های کشت بافت شدند (جدول ۳). به‌وضوح می‌توان مشاهده نمود که سفت‌ترین نمونه مربوط به شاهد بود که در سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری از لحاظ نرمی در سطح یک درصد مشاهده گردید که ناشی از تقسیم سلولی بالای ریزنمونه‌ها و ایجاد کالوس‌های بزرگ بود. در نمونه شاهد، چون تقسیم سلولی جدید به‌درستی صورت نگرفته و نمونه هنوز همان حالت اولیه ساقه بریده شده را داشت، سفت‌تر بود. اما در نمونه‌های تیمار شده با عصاره‌های گیاهی چون تقسیم سلولی بالا بود، سلول از حالت اولیه به حالت توده کالوسی تبدیل شده و نرم‌تر بود. در همین راستا جدول ۱، میزان اکسین موجود در عصاره‌ها را نشان می‌دهد که بیانگر تأثیر اکسین خارجی بر رشد است.

وزن تر کالوس

عصاره‌های گیاهی استفاده شده باعث افزایش وزن تر کالوس شدند که با مقایسه با روند رشد کالوس کاملاً مطابقت دارد. کمترین وزن کالوس مربوط به گیاه شاهد (عدم‌استفاده از عصاره گیاهی) بود (شکل ۶). با بررسی صفت‌های دیگر از جمله حجم و رشد کالوس و میزان اکسین داخلی عصاره‌ها (جدول ۱)، افزایش وزن تر کالوس به احتمال بسیار زیاد، در نتیجه رشد و تقسیم سلولی بیشتر می‌باشد.



شکل ۶- اثر عصاره‌های گیاهی بر وزن تر کالوس گیاهچه گوجه‌فرنگی در کشت‌بافت

Figure 6- The effect of plant extract on Tomato callus fresh weight

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان دارویی به‌دلیل دارا بودن ترکیب‌های زیستی طبیعی در غلظت‌های مناسب، می‌توانند به‌عنوان مواد تحریک‌کننده یا بازدارنده رشد عمل نمایند. بررسی‌ها نشان داد که استفاده از عصاره کندل در غلظت ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام تفاوت قابل‌توجهی در میزان رشد طولی بوته گوجه‌فرنگی داشت. اگرچه در این خصوص اثر مشاهده شده با گیاهان بن‌سرخ و کهور در برخی علظت‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به ماهیت رشدی بوته گوجه‌فرنگی به‌ویژه نوع گلخانه‌ای، افزایش رشد طولی رابطه مستقیمی با عملکرد دارد. بنابراین استفاده از تـرکیباتی که سبب افزایش رشد طولی شود می‌تواند در عملکرد نهایی محصول مؤثر باشد. به همین دلیل و با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته پیشنهاد می‌شود که اثر عصاره گیاهان (کندل، کهور و بن‌سرخ) در دامنه غلظتی بیشتری مورد بررسی قرار گرفته و در صورت تأیید نتایج این پژوهش به‌عنوان ترکیب کمکی در بهبود عملکرد گوجه‌فرنگی به‌ویژه در شرایط گلخانه مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از وزارت علوم و تحقیقات به‌دلیل حمایت مالی و همچنین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌دلیل فراهم نمودن زیرساخت برای انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

References

- Alizadeh, M. (2011). *A practical manual for plant tissue culture and micropropgagation*. Norozi Publication, Golestan, Iran. (In Persian)
- Baziramakenga, R., Simard, R. R. & Leroux, G. D. (1994). Effects of benzoic and cinnamic acids on growth, mineral composition, and chlorophyll content of Soybean. *Journal of Chemical Ecology*, 20(11), 2821-2833.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 1-10.
- Darier, S. M. & Tammam, A. A. (2012). Potentially phytotoxic effect of aqueous extract of *Achillea santolina* induced oxidative stress on *Vicia faba* and *Hordeum vulgare*. *Romanian Journal of Biology-Plant Biology*, 57(1), 3-26.
- De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T. & Depuydt, S. (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 573-597.
- Fornes, F., Sanchez-Perales, M. & Guadiola, J. L. (2002). Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and navelina orange. *Botanica Marina*, 45(5), 486-489.
- Garda, T., Riba, M., Vasas, G., Beyer, D., Marta, M., Hajdu, G. & Mathe, C. (2015). Cytotoxic effects of cylindrospermopsin in mitotic and non-mitotic *Vicia faba* cells. *Chemosphere*, 120, 145-153.
- Gulzar, A., Siddiqui, M. B. & Bi, S. (2016). Phenolic acid allelochemicals induced morphological, ultrastructural, and cytological modification on *Cassia sophera* L. and *Allium cepa* L. *Protoplasma*, 253(5), 1211-1221.
- Gulzar, A. & Siddiqui, M. B. (2017). Allelopathic effect of Calotropis procera (Ait.) R. Br. on growth and antioxidant activity of *Brassica oleracea* var. botrytis. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(4), 375-382.
- Ishak, M. S. & Sahid, I. (2014).

Allelopathic effects of the aqueous extract of the leaf and seed of *Leucaena leucocephala* on three selected weed species. *AIP Conference Proceedings*, 1614(1), 659-664.

- Jose, S. & Gillespie, A. R. (1998). Allelopathy in black Walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. II. Effects of Juglone on hydroponically grown Corn (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and physiology. *Plant and Soil*, 203(2), 199-206.
- Kengar, Y. D. & Patil, B. J. (2018). Allelopathic influence of *Celosia Argentea* L. against α-amylase activity *in Lens Culanaris* Medic. during seed germination. *International Journal for Science and Advance Research in Technology*, 4(1), 420-423.
- Kocaccedil, I., Ceylan, M. & Terzi, I. (2009). Effects of Juglone on seedling growth in intact and coatless seeds of Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Beith Alpha). *Scientific Research and Essays*, 4(1), 039-041.
- Magnitskiy, S. V., Pasian, C. C., Bennett, M. A. & Metzger, J. D. (2006). Controlling plug height of verbena, celosia, and pansy by treating seeds with paclobutrazol. *Horticultural Science*, 41(1), 158-161.
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J. & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577.
- Mushtaq, W., Siddiqui, M. B. & Hakeem, K. R. (2020). *Allelopathy*: *potential for green agriculture*. Springer Nature.
- Natarajan, A., Elavazhagan, P. & Prabhakaran, J. (2014). Allelopathic potential of billy goat weed *Ageratum conyzoides* L. and *Cleome viscosa* L. on germination and growth of *Sesamum indicum* L. *International Journal of Current Biotechnology*, 2(2), 21-24.
- Naz, R. & Bano, A. (2013). Effects of *Calotropis procera* and *Citrullus colosynthis* on germination and seedling growth of Maize. *Allelopathy Journal*, 31(1), 105-116.
- Nemati Paykani, M. & Jalilian, N. (2012). Medicinal plants of Kermanshah province. *Taxonomy and Biosystematics*, 4(11), 69-78. (In Persian)
- Paradikovic, N., Teklic, T., Zeljkovic, S., Lisjak, M. & Spoljarevic, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species-A review. *Food and Energy Security*, 8(2), e00162.
- Qasem, J. R. & Foy, C. L. (2001). Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects: a review. *Journal of Crop Production*, 4(2), 43-119.
- Rayorath, P., Jithesh, M. N., Farid, A., Khan, W., Palanisamy, R., Hankins, S. D. & Prithiviraj, B. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of Applied Phycology*, 20(4), 423-429.
- Reigosa, M. J. & Souto, X. C. (1999). Effect of phenolic compounds on the germination of six weeds species. *Plant Growth Regulation*, 28(2), 83-88.
- Rietveld, W. J. (1983). Allelopathic effects of juglone on germination and growth of several herbaceous and woody species. *Journal of Chemical Ecology*, 9(2), 295-308.
- Roughani, A. F. R. A., Miri, S. M., Kashi, A. K. & Naserian Khiabani, B. (2017). Increasing the ploidy level in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) using mitotic inhibitors. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 18(4), 124-130.
- Sanderson, K. C. (1973). Screening chemicals for controlling growth and flowering of Forsythia intermedia

Zabel. *Horticultural Science*, 8, 477-492.
- Sarkar, E., Chatterjee, S. N. & Chakraborty, P. (2012). Allelopathic effect of *Cassia tora* on seed germination and growth of Mustard. *Turkish Journal of Botany*, 36(5), 488-494.
- Sodaeizadeh, H., Rafieiolhossaini, M. & Van Damme, P. (2010). Herbicidal activity of a medicinal plant, *Peganum harmala* L. and decomposition dynamics of its phytotoxins in the soil. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 385-394.
- Suzuki, S., He, Y. & Oyaizu, H. (2003). Indole-3-acetic acid production in *Pseudomonas fluorescens* HP72 and its association with suppression of creeping bentgrass brown patch. *Current Microbiology*, 47(2), 0138-0143.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated.
- Tan, C. Y., Dodd, I. C., Chen, J. E., Phang, S. M., Chin, C. F., Yow, Y. Y. & Ratnayeke, S. (2021). Regulation of Algal and Cyanobacterial auxin production, physiology, and application in agriculture: an overview. *Journal of Applied Phycology*, 33(5), 2995-3023.
- Terzi, I., Kocacaliskan, I., Benlioglu, O. & Solak, K. (2003). Effects of Juglone on growth of Cucumber seedlings with respect to physiological and anatomical parameters. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(4), 353-356.
- Vernieri, P., Borghesi, E., Ferrante, A. & Magnani, G. (2005). Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. *Journal of Food Agriculture and Environment*, *3*(3), 86-91.
- Volfova, A., Chvojka, L. & Friedrich, A. (1978). The effect of kinetin and auxin on the chloroplast structure and chlorophyll content in Wheat coleoptiles. *Biologia Plantarum*, 20(6), 440-445.
- Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D. & Haig, T. (2001). Allelopathy in Wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Applied Biology*, 139(1), 1-9.
- Zou, L., Pan, C., Wang, M. X., Cui, L. & Han, B. Y. (2020). Progress on the mechanism of hormones regulating plant flower formation. *Yi Chuan Hereditas*, 42(8), 739-751.