

Investigating the effect of some plant growth regulators and planting medium on the rooting and growth of *Stevia (Stevia rebaudiana Bert.)* cuttings

Mehrangiz Akbari¹, Mohammad Eghbal Ghobadi^{2*}, Mokhtar Ghobadi², Said Jalali-Honarmand², Mohsen Saedi²

1- Ph.D. Student in Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding author: e.ghobadi@razi.ac.ir

(Received: 16 August 2023

Revise: 06 September 2023

Accepted: 23 September 2023)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** *Stevia* is a plant belongs to composite family, and the sweet leaves of this plant contain steviol glycoside, which has no calories, and it can be up to 300 times sweeter than sugar. The *stevia* plant propagated by seeds, cuttings and tissue culture. The most success method is by tissue culture, in comparison with others. Cuttings may be prepared from stems, roots or leaves. However, the most common method for propagation is taken from stem and use rooting hormones. Auxin compounds such as indole butyric acid (IBA) and naphthalene acetic acid (NAA) are among the most important plant growth regulators, which are widely used on stem cuttings to accelerate the formation of aberrant roots, increase the percentage of rooting and increase the number of roots. Each cutting is used so that some bases that have rooting problems can produce roots with the use of these compounds. The effect of growth regulators IBA and NAA and their combination on rooting and growth in different plants has been proven. Therefore, the aim of this study was to determine the best planting medium and the concentration of IBA and NAA on rooting characteristics in apical cuttings of *Stevia*.
- 2. Materials and Methods:** This experiment was designed in the agronomy laboratory, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, as a factorial in the form of a completely randomized design (CRD) in three replications. Factors include: soil + perlite + sand, soil + cocopeat + sand, soil + sawdust + sand, soil + cocopeat + perlite, soil + perlite + sawdust, soil + cocopeat + sawdust and soil + sand + cocopeat + perlite + sawdust and concentration of plant growth regulator: control (distilled water), IBA250 mg lit⁻¹, IBA500 mg lit⁻¹, NAA250 mg lit⁻¹, NAA500 mg lit⁻¹, IBA250 mg lit⁻¹ + NAA250 mg lit⁻¹ and commercial rooting powder (containing 0.2% IBA). The cuttings were taken on July 25, 2016 from the apical part, 10 cm long without branches and flowers, with uniform thickness and 4-6 leaves. A number of 10 cuttings for each pot were dipped in plant growth regulators for five seconds and planted after 10 minutes. Planting in pots were placed inside the germinator under conditions of temperature (between 20 and 22 degrees Celsius), humidity (96%) and controlled light (16 hours of light and 8 hours of darkness) to stimulate rooting. After four weeks, some characteristics of the cuttings including stem length, root number, rooting percentage, maximum root length, total root length per cutting, dry root weight per cutting, number of leaves and length of shoots were checked.
- 3. Results and Discussion:** The results of variance analysis of the data showed that there was a simple and interaction effect between planting medium and growth regulators on all investigated traits, including shoot length, root number, maximum root length, root dry weight, total root length, number of leaves, and root percentage. were very significant (at the 1% level). The highest number of roots (55 roots per plant) was obtained in the IBA500 treatment and in the soil + cocopeat + sand substrate. However, the highest percentage of rooted cuttings (100%) was obtained in the NAA250 treatment and in the substrate of soil + sand + cocopeat + perlite + sawdust. The number of roots was obtained by counting the number of misplaced roots coming out of the cuttings, and their length and length were not considered. However, in the percentage of rooted cuttings, having even one root for a cutting and the survival of that cutting is meant in counting. Probably, the reason for the increase in the number of roots for each cutting in this treatment is due to the effect of IBA500 hormone in this substrate. In this condition, the level of IBA hormone was at its maximum level. IBA250 treatment and in soil + sand + cocopeat + perlite + sawdust substrate produced the highest root dry weight (74.7 mg per plant) and the highest total root length (145.8 cm). The highest root height (10.33 cm) was obtained using IBA250+NAA250

and in soil + sand + cocopeat + perlite + sawdust substrate. The traits of dry matter and the total length of the root are related, and it is obvious that the longer the length of the root, the greater the amount of dry matter. But the length or height of the root may not match with these two traits, which was the case in this experiment. The height of the root is the length of the longest root. The maximum shoot length or plant height was 12 cm in the IBA250 treatment and in soil + sand + cocopeat + perlite + sawdust. IBA250 treatment and soil + cocopit + sand had the highest number of leaves, 11.6 leaves per plant. These two traits (shoot length and number of leaves per plant) were at the highest value in two different planting beds in IBA250, which indicates the positive effect of IBA250.

- 4. Conclusions:** In general, the result of this experiment showed that although the highest number of roots was obtained in the treatment of IBA500 and in soil + cocopeat + sand, but cuttings from the apical of the stevia stem were prepared in a mixture of substrates including soil + sand + cocopeat + perlite + sawdust and the use of NAA250 and IBA250 were successful. These results provide an opportunity to choose appropriate propagation methods for future studies.

Keywords: Indole butyric acid , Naphthalene acetic acid, Root dry weight, Root length.

Citation: Akbari, M., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M., Jalali-Honarmand, S. & Saeidi, M. (2022). Investigating the effect of some plant growth regulators and planting medium on the rooting and growth of *Stevia rebaudiana* Bert.) cuttings. *Journal of Vegetables Sciences*, 15(1), 169-182. doi:10.22034/IUVS.2023.2009390.1310

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>).





اثر بستر کاشت و برخی تنظیم‌کننده‌های رشد بر خصوصیات ریشه‌دهی و رشد قلمه‌های استویا (*Stevia rebaudiana* Bert.)

مهرانگیز اکبری^۱، محمداقبال قبادی^{۲*}، مختار قبادی^۲، سعید جلالی هنرمند^۲، محسن سعیدی^۲

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*نویسنده مسئول: e.ghobadi@razi.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵

چکیده

یکی از روش‌های تکثیر استویا تهیه قلمه ساقه و ریشه‌زایی در بستر مناسب با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشد. بر همین اساس، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار به منظور بررسی بسترهای کاشت قلمه و مصرف تنظیم‌کننده‌های رشد صورت گرفت. فاکتورها شامل بسترهای کاشت (خاک+پرلیت+ماسه، خاک+کوکوپیت+ماسه، خاک+خاک اره+ماسه، خاک+کوکوپیت+پرلیت، خاک+پرلیت+خاک اره، خاک+کوکوپیت+خاک اره و خاک+ماسه+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره) و تنظیم‌کننده‌های رشد (شاهد، IBA250، IBA500، NAA250، NAA500، NAA250+IBA250 میلی گرم بر لیتر و پودر ریشه‌دهی موجود در بازار) بودند. صفات رشد ریشه و اندام‌های هوایی بعد از چهار هفته بررسی شدند. در نتایج، اثرات متقابل نوع بستر و نوع تنظیم‌کننده رشد بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بودند. بیشترین مقدار طول کل ریشه، وزن خشک ریشه و درصد ریشه‌دهی به ترتیب با تنظیم‌کننده رشد IBA250، IBA250 و NAA250 در بستر خاک+ماسه+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره بدست آمدند. در بستر خاکوپیت+ماسه، بیشترین تعداد ریشه با مصرف IBA500 تولید شد. ارتفاع بوته و تعداد برگ نیز در بستر خاک+کوکوپیت+ماسه با مصرف IBA250 در بیشترین مقدار بود. در کل، این آزمایش نشان داد که برای تکثیر گیاه استویا از طریق قلمه، مخلوط انواع بسترها با مصرف IBA250 میلی گرم بر لیتر، مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ایندول بوتیریک اسید، طول ریشه، نفتالین استیک اسید، وزن خشک ریشه

استناد: اکبری، م.، قبادی، م. ا.، قبادی، م.، جلالی هنرمند، س. و سعیدی، م. (۱۴۰۳). اثر بستر کاشت و برخی تنظیم‌کننده‌های رشد بر خصوصیات ریشه‌دهی و رشد قلمه‌های استویا (*Stevia rebaudiana* Bert.). علوم سبزی‌ها، ۱۵(۱)، ۱۶۹-۱۸۲.

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 به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

تنظیم‌کننده‌های رشد IBA و NAA و ترکیبی از آن‌ها بر ریشه‌زایی و رشد در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (Prajapati *et al.*, 2018; Ludwig-Müller *et al.*, 2013; Sardoei *et al.*, 2005).

این هورمون‌ها علاوه بر تثبیت و تسریع ریشه‌زایی و رشد طولی ساقه‌ها، برای قلمه‌زدن گیاهانی استفاده می‌شوند که به سختی ریشه‌دار می‌شوند. مثلاً برای تولید قلمه از کاج (*Pinus caribaea*) از هورمون‌های ریشه‌دهی شامل NAA، پاکلوبوترازول (PBZ) و IBA استفاده شده است. نتایج آزمایشی نشان داده است که بیشترین ریشه‌زایی و بقاء در تولید قلمه کاج، در مصرف IBA بوده است (Henrique *et al.*, 2006). در بیشتر موارد، از جمله در *Rosa damascenae* Mill. (Muhammad *et al.*, 2006)، *Lippia javanica* (Soundy *et al.*, 2008) و *Guindilia trinervis* (Jordan *et al.*, 2010)، بهترین نتایج زمانی حاصل شده است که این هورمون‌ها مستقیماً قبل از کاشت استفاده شده‌اند. همچنین ممکن است در بین کلون‌های بسیاری از گونه‌های گیاهی و با انواع مختلف قلمه‌ها تفاوت‌های زیادی در توانایی ریشه‌زایی وجود داشته باشد (McIvor *et al.*, 2014). در بررسی اثر ملاتونین (نوعی تنظیم‌کننده رشد گیاهی با خواص مشابه ایندول استیک اسید با اثر تقویت رشد سلولی) بر استویا، نتایج نشان داده است که در شرایط تنش شوری و غیرشوری این هورمون توانسته است که وزن خشک بوته، رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (Normohammadi *et al.*, 2021).

عوامل موثر بر ریشه‌زایی قلمه‌ها عبارتند از عوامل داخلی مثل مقدار مواد غذایی ذخیره شده در قلمه، سن، بلوغ بافت، توانایی تشکیل ریشه‌های نابجا و وجود جوانه‌های روی قلمه و عوامل خارجی شامل نوع هورمون و غلظت هورمون است. غلظت هورمون نیز به نوع گونه، نوع قلمه، شرایط محیطی رشد، فصل تولید قلمه و صرفه اقتصادی بستگی دارد (Kaushik & Shukla, 2020a).

از آنجایی که درصد بالایی از جمعیت جهان به طور فزاینده‌ای مبتلا به دیابت هستند، تقاضای جهانی برای یک شیرین‌کننده قوی و سالم به جای شکر، رو به افزایش است. استویا، با داشتن برگ‌های شیرین عضوی از خانواده آستراسه (کامپوزیته) و بومی پاراگوئه است. در برگ‌های شیرین این گیاه، ترکیب استویول گلیکوزاید وجود دارد که فاقد کالری بوده و عصاره آن تا ۳۰۰ برابر شیرین تر از شکر می‌باشد (Salehi *et al.*, 2019; Samuel *et al.*, 2018).

تکثیر گیاه استویا از طریق بذر، قلمه و کشت بافت صورت می‌گیرد (Jagatheeswari & Ranganathan, 2012; Singh & Rao, 2005). در چند آزمایش بطور همزمان بر روی تکثیر استویا به این نتیجه رسیده‌اند که موفقیت در تولید این گیاه از طریق کشت بافت ۸۵ درصد، قلمه ساقه ۶۰ درصد و کاشت بذر بین ۲۵/۵ تا ۴۰ درصد بوده است (Khalil *et al.*, 2014). قلمه‌ها ممکن است از ساقه، ریشه و یا برگ تهیه شوند (Raji Akintunde & Osman, 2012). اما رایج‌ترین روش برای تکثیر تهیه قلمه از ساقه و استفاده از هورمون‌های ریشه‌زایی است (Jordan *et al.*, 2010; Castañeda-Saucedo *et al.*, 2020).

در درون گیاهان مواد طبیعی وجود دارند که به آن‌ها تنظیم‌کننده‌های رشد و یا هورمون‌های گیاهی گفته می‌شود. این مواد وظایف مختلفی را در یک گیاه بر عهده دارند و بر اساس ساختار شیمیایی خود در گروه‌های مختلفی همانند اکسین‌ها، سیتوکنین‌ها، جیبرلین‌ها، اسید آبسزیک و اتیلن قرار می‌گیرند (Sağlam *et al.*, 2014). ترکیبات اکسینی از جمله ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) از مهمترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که بطور گسترده‌ای بر روی قلمه‌های ساقه جهت تسریع تشکیل ریشه‌های نابجا، افزایش درصد ریشه‌زایی و افزایش تعداد ریشه‌های هر قلمه استفاده می‌شوند به طوری که برخی پایه‌ها که مشکل ریشه‌زایی دارند، می‌توانند با کاربرد این ترکیبات ریشه تولید کنند. تأثیر

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه انجام گرفت. فاکتورها شامل بستر کاشت: خاک+پرلیت+ماسه، خاک+کوکوپیت+ماسه، خاک+خاک اره+ماسه، خاک+کوکوپیت+پرلیت، خاک+پرلیت+خاک اره، خاک+کوکوپیت+خاک اره (با نسبت ۱:۲:۲) و خاک+ماسه+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره (با نسبت ۱:۲:۲:۲) و غلظت تنظیم‌کننده رشد گیاه: شاهد (آب مقطر)، $IBA250 \text{ mg lit}^{-1}$ ، $IBA500 \text{ mg lit}^{-1}$ ، $NAA250 \text{ mg lit}^{-1}$ ، $NAA500 \text{ mg lit}^{-1}$ ، $mg \text{ lit}^{-1}+NAA250 \text{ mg lit}^{-1}$ و پودر ریشه‌زای تجاری (حاوی ۰/۲ درصد IBA، محصول کشور هلند با نام تجاری Silver root) بودند. در بررسی انجام شده، مقادیر تا ۵۰۰ پی‌پی‌ام IBA و NAA باعث تسریع در ریشه‌زایی استویا شده است (Ingle & Venugopal, 2009). مشخصات خاک استفاده شده در گلدان‌ها در جدول ۱ آمده است.

قلمه‌ها در ۴ مرداد ۱۳۹۵ از قسمت رأسی به طول ۱۰ سانتی‌متر بدون شاخه فرعی و گل، با ضخامت یکنواخت و ۴-۶ برگ برداشته شدند. تعداد ۱۰ قلمه برای هر بستر، به مدت پنج ثانیه (Sourati et al., 2022) در تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه آغشته و بعد از ۱۰ دقیقه کاشت شدند (Henrique et al., 2006).

بستر کاشت از نوع پلاستیکی (به حجم یک لیتر) تحت شرایط دما (بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد)، رطوبت (۹۶ درصد) و نور کنترل شده (به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) برای تحریک ریشه‌زایی در داخل ژرمیناتور قرار داده شدند. میزان آب برای همه گلدان‌ها بطور یکسان و دستی انجام شد. پس از چهار هفته برخی ویژگی‌های قلمه‌ها شامل طول ساقه، تعداد ریشه، درصد ریشه‌زایی، بیشترین طول ریشه، طول کل ریشه در هر قلمه، وزن ریشه خشک در هر قلمه، تعداد برگ و طول شاخساره بررسی شدند. طول کل ریشه از روش تخمینی خطوط شطرنجی

در بررسی اثر IAA و IBA در غلظت‌های صفر، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام بر روی قلمه‌های *Aesculus indica*، درخت جنگلی با قدرت ریشه‌دهی کم، نتایج نشان داده است که در مصرف IBA در غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۵۰ و ۱۰۰ درصد تولید جوانه صورت گرفته است (Majeed et al., 2009).

علاوه بر اثر تنظیم‌کننده‌های رشد، محیط کشت قلمه‌ها نیز بر فرآیند ریشه‌زایی و تولید گیاه جدید تأثیرگذار می‌باشد (Tchinda et al., 2013). به عنوان مثال، بالاترین درصد ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه وانیل پلانیفولیا در محیط شن ریز (۹۹/۳ درصد) و خاک جنگل (۹۳/۳۳ درصد) گزارش کرده‌اند (Aduagna et al., 2015). اثر غلظت IBA، موقعیت برش (رأسی، میانی و پایینی شاخه‌های یکساله و بالغ) در بسترهای Tropstrato HT ورمیکولیت و ورمیکولیت + Tropstrato HT بر گیاه استویا مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که بیشترین درصد ریشه‌زایی، تعداد و طول ریشه و همچنین وزن خشک ریشه در غلظت ۷۱۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، در شاخه‌های رأسی و در بستر Tropstrato HT بدست آمده است (Bortoloso Pigatto et al., 2018). در بررسی بستر کشت پیت ماس و کوکوپیت با سایر بسترهای معمول در پرورش نشاء عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.) نتایج نشان داده است که در تیماری که بیشترین مقدار آن کوکوپیت بوده است، دارای بیشترین سطح برگ بوده ولی بر تعداد برگ، طول ساقه و طول ریشه نتیجه متفاوت بوده است (Olfat & Naseri, 2024). از آنجایی که روش‌های ریز ازدیادی باعث افزایش هزینه تولید می‌شوند. بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین بهترین بستر کاشت و غلظت IBA و NAA بر ویژگی‌های ریشه‌زایی در قلمه‌های انتهایی استویا بود.

مواد و روش‌ها

(Tennant, 1975) و طول یا ارتفاع ریشه از اندازه‌گیری طول بلندترین ریشه با خط‌کش انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد بررسی شدند. شکل‌ها نیز با نرم افزار سیگماپلات ترسیم گردیدند.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه برای گلدان‌ها

Table 1- Results of physical and chemical analysis of farm soil for pots

بافت خاک	شن	سیلت	رس	ماده آلی	نیترژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم	مس	روی	آهن	منگنز
Soil texture	Sand	Silt	Clay	OC	N	pH	EC (ds.cm ⁻¹)	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn
	(%)						(mg kg ⁻¹)						
Clay	17.6	35.0	47.4	0.10	0.10	7.6	0.55	5.1	350	1.6	1.4	7.6	6.2

نتایج و بحث

تعداد و درصد ریشه‌دهی قلمه‌ها

براساس نتایج بیشترین تعداد ریشه (۵۵ ریشه در بوته) در تیمار IBA500 و در بستر خاک+کوکوپیت+شن بدست آمد (شکل ۱ a). اما، بیشترین درصد قلمه ریشه‌دار (۱۰۰ درصد) در تیمار NAA250 و در بستر خاک+شن+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره بدست آمد (شکل ۱ b). تعداد ریشه از شمارش تعداد ریشه‌های نابجای خروجی از قلمه‌ها بدست آمد و کوتاهی و بلندی آنها مدنظر نیست. اما، در صفت درصد قلمه‌های ریشه‌دار، داشتن حتی یک ریشه برای یک قلمه و بقاء آن قلمه، در شمارش منظور شد. احتمالاً علت افزایش تعداد ریشه برای هر قلمه در این تیمار بیشتر به اثر هورمون IBA500 در این بستر بر می‌گردد. در این شرایط میزان هورمون IBA در حداکثر میزان بود. با نگاهی به شکل ۱ a و در همین بستر، میزان ریشه‌دهی در NAA500 نیز بالا بود. در بررسی ریشه‌دهی (شکل ۱ b) بجز تعدادی اندک از بسترهای کاشت و هورمون‌ها که تقریباً ریشه‌ای تولید نکردند، بقیه تیمارها دارای درصد ریشه دهی قابل قبول بودند.

در درون ساقه مقادیر زیادی نشاسته، کربوهیدرات، قند و ترکیبات فنلی وجود دارد که برای شروع ریشه‌زایی لازم است. این مواد بخودی خود ساقه را وادار به ریشه‌دهی می‌کنند، هرچند که تنظیم کننده‌های رشد هم در ریشه‌زایی بی‌تأثیر نیستند (Yadav et al., 2011). هورمون‌هایی مانند IBA و NAA به عنوان تسریع‌کننده سرعت ریشه‌زایی و افزایش درصد

ریشه‌زایی نهایی و تعداد ریشه روی قلمه‌های میانی لیمو (*Lemon verbena*) به عنوان گیاهی که قلمه‌های آن سخت ریشه‌دار می‌شوند، شناخته شده‌اند (Ibrahim et al., 2015).

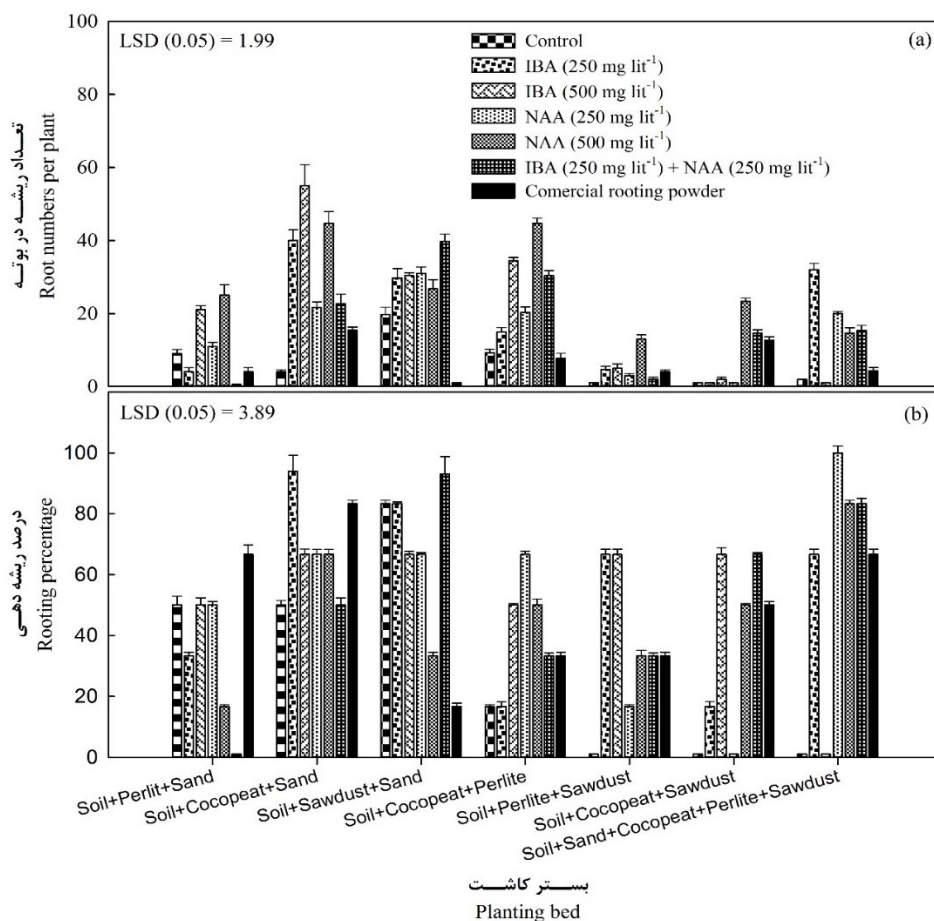
برای تولید ریشه در ساقه درخت Sheanut (*Vitellaria paradoxa*) از محیط‌های کاشت و ایندول بوتیریک اسید (IBA) استفاده شده است. نتایج نشان داده است که در غلظت‌های ۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۷۰۰۰ پی پی ام بترتیب ۷/۵، ۵۷/۷، ۳۰ و ۴۵ درصد ریشه زایی داشته و در محیط‌های پوست برنج، الیاف نخل، خاک اره و خاک مزرعه بترتیب ۳۵، ۱۸/۳، ۱۴/۱ و ۱۶/۷ درصد بوده است (Akakpo et al., 2014).

در چند آزمایش بطور همزمان، بر روی تکثیر استویا به این نتیجه رسیده‌اند که IBA نسبت به شاهد توانسته است که ۳۳ درصد بقاء یا تولید را افزایش دهد (Khalil et al., 2014)، که با نتایج کار حاضر مطابقت دارد. موقعیت قلمه‌های روی پایه مادری که برای تهیه گیاه جدید استفاده می‌شوند، می‌توانند در موفقیت تولید قلمه تأثیرگذار باشند. در آزمایشی بر روی دو رقم استویا، شش غلظت IBA را از ۱/۹ تا ۲/۵ میلی‌مولار و شاهد بر روی قلمه‌های جوان انتهایی، میانی و پایینی و شاخه‌های غیر اپیکال (رأسی) در اتافک رشد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که در هر دو رقم قلمه‌های جوان رأسی در IBA با غلظت ۲/۳ میلی‌مولار دارای بیشترین تعداد ریشه در بوته بوده است (Raji Akintunde & Osmo, 2012). موفقیت قلمه، محیط رشد و هورمون ریشه‌زایی بر قلمه‌های چای

خود را نشان داده است (Jamal *et al.*, 2021). همچنین، تأثیر غلظت‌های IBA و NAA (۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی پی ام) بر ریشه‌زایی قلمه ساقه‌های جیاگولان (*Gymnanthemum extensum*) بررسی شده‌اند. بیشترین درصد ریشه‌دهی این دو تیمار در ۲۵۰ و ۵۰۰ پی پی ام بوده است (Chittabupha *et al.*, 2021). نتایج کار ما با یافته‌های سایر محققین روی استویا و سایر گیاهانی که سخت ریشه تولید می‌کنند تا حدودی از آن جهت مطابقت دارد که نوع گیاه، غلظت هورمون و نوع محیط بستر کشت بر تولید ریشه در قلمه‌ها تأثیر دارد.

(*Lippia javanica* L.) مورد بررسی قرار گرفته است. بهترین ریشه‌زایی در قلمه‌های انتهایی نسبت به پایه بوده و کمپوست پوست درخت کاج بهتر از ماسه و هورمون Seradix هم بهتر بوده است (Soundy *et al.*, 2008).

اثر غلظت‌های IBA (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) در محیط‌های کشت (خاک رس، کود حیوانی و ماسه به نسبت ۱:۱:۱) بر نوع قلمه‌های *Clerodendrum* (قلمه‌های ریشه و ساقه) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که IBA با غلظت ۲۰ درصد بهترین نتیجه را از نظر تعداد ریشه در بوته، قطر ریشه و درصد بقاء داشته‌اند و قلمه ساقه نسبت به ریشه بهتر



شکل ۱- اثر بستر کاشت و تنظیم‌کننده‌های رشد بر تعداد ریشه (a) و درصد ریشه‌زایی (b) قلمه‌های ساقه استویا؛ میله‌های عمودی نشان دهنده میانگین‌ها \pm خطای استاندارد هستند

Figure 1- The effect of planting medium and plant growth regulators on root number (a) and rooting percentage (b) of stevia stem cuttings; Vertical bars represent means \pm the standard error

ماده خشک، طول کل و ارتفاع ریشه

تیمار IBA250 و در بستر خاک+شن+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره باعث تولید بیشترین وزن خشک ریشه (۷۴/۷ میلی‌گرم در بوته) و بیشترین طول کل ریشه (۱۴۵/۸ سانتی‌متر) شد (شکل‌های ۲a و ۲b). بیشترین ارتفاع ریشه (۱۰/۳۳ سانتی‌متر) در مصرف IBA250 + NAA250 و در بستر خاک+شن+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره بدست آمد (شکل ۳). صفات ماده خشک و طول کل ریشه با هم همبستگی مثبت دارند و بدیهی است هرچه طول ریشه بیشتر باشد، میزان ماده خشک نیز بیشتر خواهد شد. اما طول یا ارتفاع ریشه با این دو صفت ممکن است همخوانی نداشته باشد که در این آزمایش نیز چنین بود.

ارتفاع ریشه همان طول بلندترین ریشه می‌باشد. در این آزمایش از قلمه‌های رأسی استفاده شد. در آزمایشی، قلمه اپیکال یا رأسی، قلمه میانی و قلمه پایینی ساقه استویا در شرایط مصرف IBA و بدون IBA مورد بررسی قرار گرفته است. قلمه‌های رأسی دارای بیشترین بقاء (۹۰/۹ درصد)، تعداد ریشه (۱۳/۹) و طول ریشه (۴/۴ سانتی‌متر) بوده‌اند. این مقادیر برای مصرف IBA به ترتیب ۹۱/۲ درصد، ۱۵/۱ و ۵/۵ سانتی‌متر بوده‌اند. در کل، اهمیت مصرف IBA بیشتر از موقعیت انتخاب قلمه در این آزمایش بوده است (Rakibuzzaman et al., 2018)، که بیانگر اثر زیاد و مثبت IBA در تولید ریشه در استویا می‌باشد. اثر تنظیم کننده‌های رشد در تولید قلمه‌های استویا به اثبات رسیده است. در آزمایشی بر استویا، علاوه بر اینکه مناسب‌ترین ماه برای ریشه‌دار کردن از بهمن تا تیرماه گزارش شده است، بین تیمارهای هورمونی ریشه‌دار کردن (IBA با غلظت ۷/۵ میلی‌مولار، IBA با غلظت ۷/۵ میلی‌مولار+آلفا نفتیل استامید (ANA) با غلظت ۰/۳ میلی‌مولار و شاهد)، ترکیب دو هورمون با هم، بهتر بوده است و اظهار داشته‌اند که در صورت مصرف این دو هورمون در هر زمانی، ریشه‌دهی امکان‌پذیر است (Castañeda-Saucedo et al., 2020).

تأثیر هورمون‌های رشد در سایر گیاهان نیز مورد بررسی قرار گرفته است مثلاً در سیکلوپیا (*Cyclopia spp.*) که درختچه بومی آفریقا که در معرض خطر تنوع زیستی و رو به انقراض است. نتایج بررسی‌ها برای تولید آن از سه کلون با سه غلظت IBA در شش تاریخ کاشت نشان داده است که بیشترین درصد ریشه‌زایی و بقاء، تعداد ریشه و طول ریشه قلمه‌ها در محیط ریشه‌زایی Bark mix و 3 mix (Seradix+B2+B3) بدست آمده است (Mabizela et al., 2017).

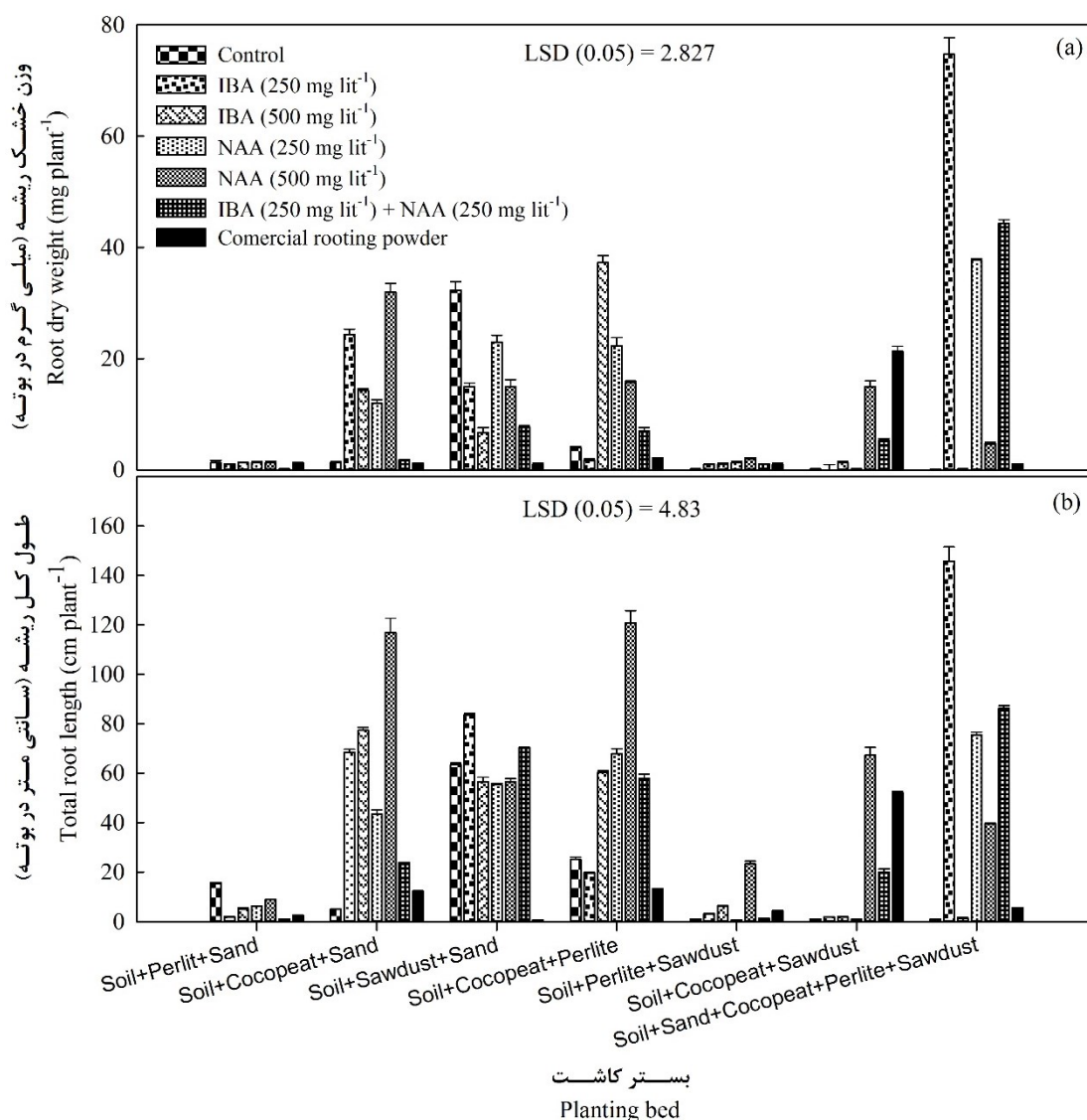
همچنین در آزمایش دیگر، در بررسی تولید ریشه از قلمه‌های انجیر (*Ficus carica L.*) در محیط‌های کشت (خاک، شن و خاک+شن) و هورمون‌های IBA (۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی پی ام) و NAA (۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پی پی ام) پس از ۱۲۰ روز نتایج نشان داد که IBA و NAA در غلظت ۲۰۰۰ دارای بیشترین تعداد ریشه‌های اولیه، ریشه‌های ثانویه و وزن خشک ریشه شده است و بهترین محیط کشت نیز مخلوط خاک+شن بوده است (Sheikh et al., 2022).

طول اندام هوایی و تعداد برگ

بیشترین طول شاخساره یا ارتفاع بوته ۱۲ سانتی‌متر در تیمار IBA250 و در بستر خاک+شن+کوکوپیت+پرلیت+خاک اره بدست آمد (شکل ۴a). تیمار IBA250 و در بستر خاک+کوکوپیت+شن دارای بیشترین تعداد برگ (۱۱/۶ برگ در بوته) بود (شکل ۴b). این دو صفت (طول اندام هوایی و تعداد برگ در بوته) در دو بستر کاشت متفاوت در IBA250 در بالاترین مقدار بودند که نشان دهنده تأثیر مثبت IBA250 می‌باشد. این نتیجه به گونه‌ای دیگر در سایر آزمایشات هم بیان شده است مثلاً در فلفل سیاه (*Piper nigrum L.*) بعنوان یک گیاه چند ساله از طریق قلمه در ماه جولای تا اکتبر در هند، از غلظت‌های ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر از تنظیم کننده‌های رشد IBA، IAA و IBA+IAA در بستر ماسه، خاک و ورمی کمپوست (به ترتیب به نسبت ۲:۱:۱) استفاده شده است. نتایج نشان داده است که بهترین تیمار ترکیب IBA250+IAA250 برای شروع

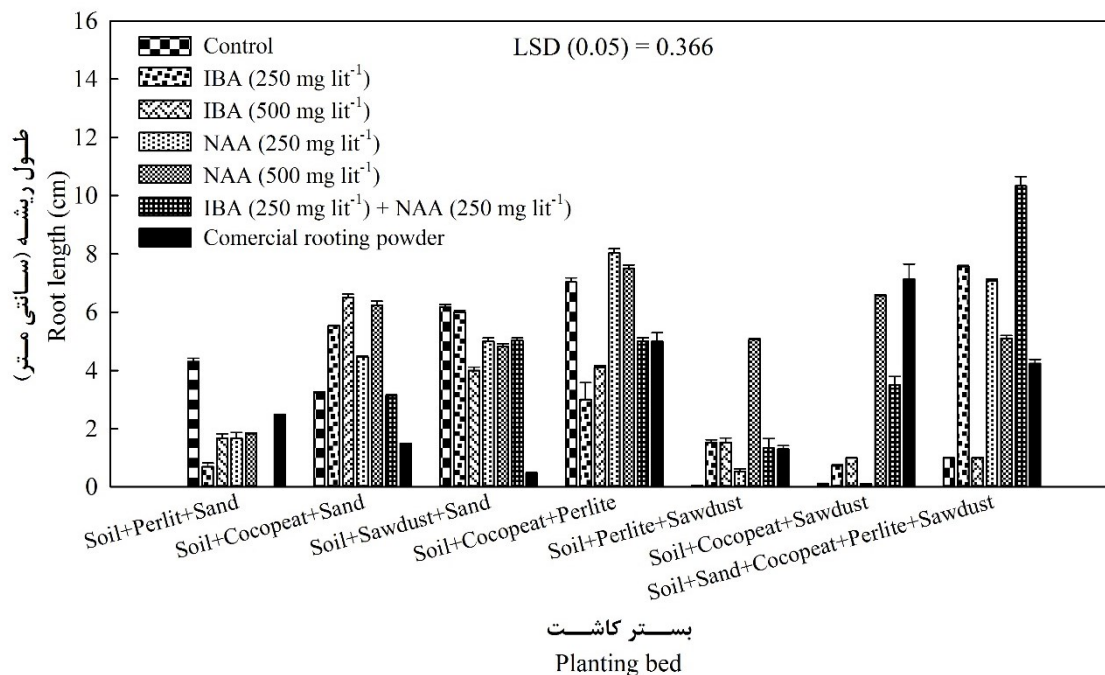
حیوانی و خاک برگ+خاک مزرعه (۱:۱)، اگرچه، نتایج متفاوت بوده است ولی در کل بستر خاک+IBA250 از سایر تیمارها بوده است. در این آزمایش درصد بقاء، ارتفاع بوته، تعداد شاخه و تعداد برگ بترتیب ۹۱/۷۵، ۳۶/۱۸، ۳/۰ و ۴۲/۵ بدست آمده است (Basit *et al.*, 2019).

ریشه‌دهی و رشد اندام هوایی بوده است. در این آزمایش، تعداد روز تا تولید اولین جوانه، تعداد شاخه و تعداد برگ به ترتیب ۹/۴۳، ۷/۱۳ و ۱۲/۴۳ بدست آمده است (Prajapati *et al.*, 2018)، که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد. در بررسی دیگر، برای تولید قلمه‌های استویا در بسترهای خاک باغ، خاک+IBA250، خاک+کود



شکل ۲- اثر بستر کاشت و تنظیم‌کننده‌های رشد بر وزن خشک ریشه (a) و طول کل ریشه (b) قلمه‌های ساقه استویا؛ میله‌های عمودی نشان دهنده میانگین‌ها ± خطای استاندارد هستند

Figure 2- The effect of planting medium and plant growth regulators on root dry weight (a) and total root length (b) of stevia stem cuttings; Vertical bars represent means ± the standard error



شکل ۳- اثر بستر کاشت و تنظیم کننده‌های رشد بر طول ریشه قلمه‌های ساقه استویا؛ میله‌های عمودی نشان دهنده میانگین‌ها ± خطای استاندارد هستند

Figure 3- The effect of planting medium and plant growth regulators on root length of stevia stem cuttings; Vertical bars represent means ± the standard error

آن بحث شد به عنوان مثال، در بررسی اثر غلظت‌های IBA (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ پی‌پی‌ام)، NAA (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ پی‌پی‌ام) و IBA+NAA (۱۰۰+۱۰۰، ۳۰۰ پی‌پی‌ام) و ۲۰۰+۲۰۰ پی‌پی‌ام و ۳۰۰+۳۰۰ پی‌پی‌ام) بر ریشه‌زایی قلمه‌های گل همیشه بهار آفریقایی (*Tagetes erecta* L.) مشاهده شده است که هر دو نوع هورمون تأثیر معنی‌داری داشته‌اند. در این آزمایش هر دو هورمون در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، طول شاخساره، تعداد ریشه و وزن خشک ریشه بوده‌اند ولی در ۱۰۰ پی‌پی‌ام طول ریشه بیشتر بوده است (Kaushik & Shukla, 2020b). همچنین، در تکثیر سیب مومی (Wax apple) که یک درخت میوه‌دار استوایی از خانواده میرتاسه در جنوب شرق آسیا است و یکی از مشکلات آن ریشه‌دهی کم آن است، از IBA (۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) در سه محیط کاشت (خزه اسفاگونوم، ورمی‌کمپوست و خاک باغی) استفاده شده است. نتایج نشان داده است که غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث تعداد ریشه، طول ریشه،

در بررسی اثر بسترهای کاشت بر روی قلمه‌های استویا (شاهد، خاک+خاک اره، خاک+ورمی کمپوست، خاک+شن، خاک+کود حیوانی و خاک+ورمی کمپوست+کود حیوانی) به نسبت‌های ۱:۱ و ۱:۱:۱ نتیجه این بوده است که بستر خاک+ورمی کمپوست+کود حیوانی دارای بالاترین بقای قلمه (۷۴/۵ درصد)، تعداد شاخه (۱۲/۰)، ارتفاع بوته (۱۷/۱ سانتی‌متر)، تعداد برگ در بوته (۳۵)، وزن خشک بوته (۱/۹۲ گرم)، تعداد ریشه (۲۰) و طول ریشه (۱۴/۳ سانتی‌متر) بوده است (Singh & Verma, 2015). نتایج این آزمایش، با نتایج کار ما مطابقت دارد و اهمیت بستر کاشت یا شرایط محیطی قلمه‌ها را در طول دوره تولید نشان می‌دهد. تنوع در ترکیب بسترهای کاشت، برای قلمه‌ها، بسیار زیاد است، به همین دلیل بسترهای یکسانی در آزمایشات تولید قلمه از استویا وجود ندارد.

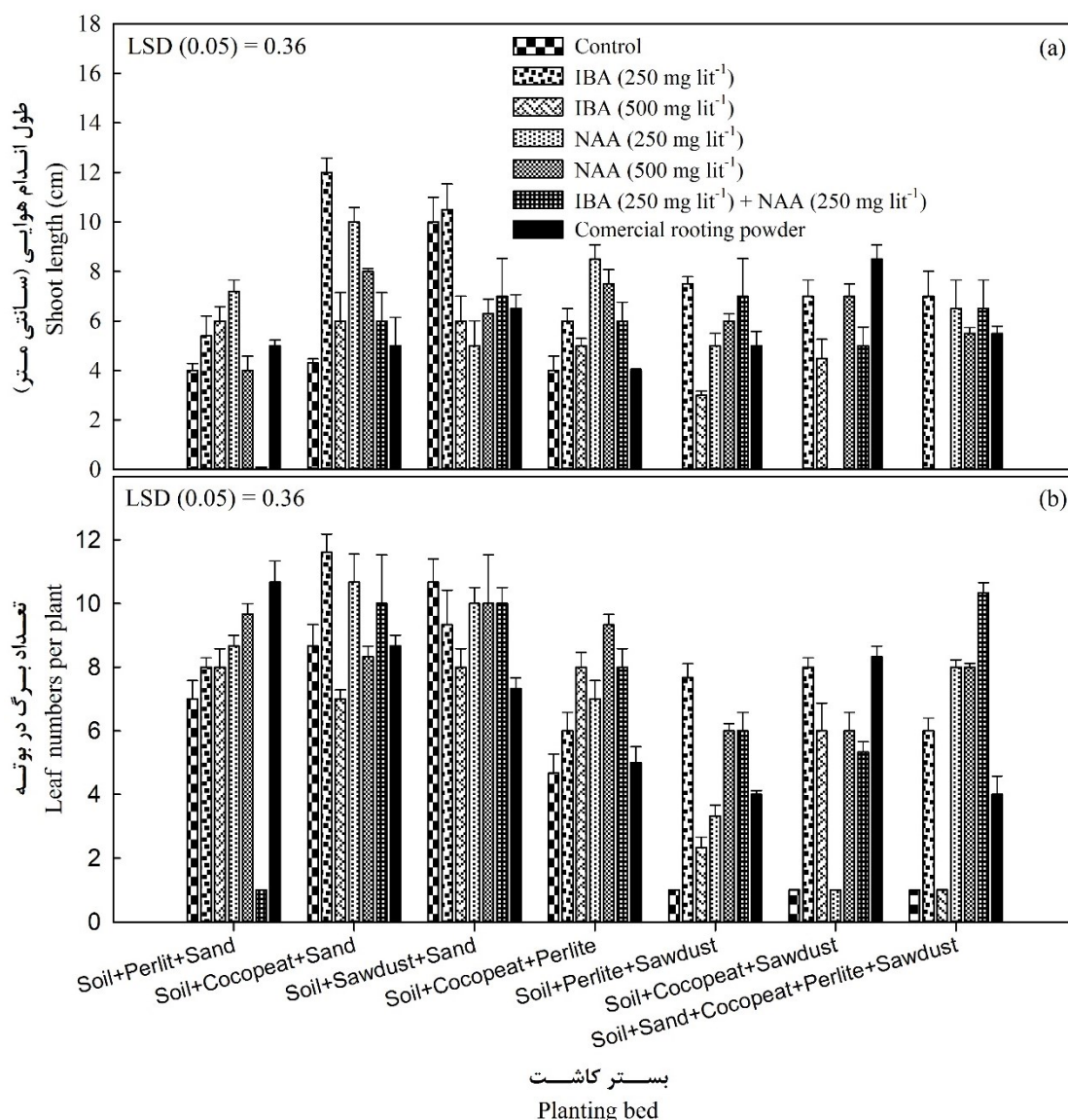
در بررسی اثرات این هورمون‌ها بر ریشه‌دهی و شاخساره سایر گیاهان توسط سایر محققین، نتایج فقط از نظر غلظت هورمون و نوع بستر متفاوت است که علت

بستر خاک+کوکوپیت+شن بدست آمد. در این آزمایش، صفات مورد بررسی، عکس‌العمل متفاوتی به سطوح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و بستر کاشت داشتند. بهرحال، این آزمایش در شرایط اتاقک رشد و در ژرمیناتور اجرا شد و نتایج آن فرصتی را برای انتخاب روش‌های مناسب تکثیر استویا از طریق قلمه برای مطالعات آتی فراهم می‌کند.

قطر شاخه، طول شاخه و تعداد برگ بیشتر شده است. ترکیب ورمی‌کمپوست هم به عنوان بهترین ترکیب برای ریشه‌دهی، تعداد ریشه، طول ریشه و میزان بقاء بوده است (Khandaker *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی نتیجه این آزمایش نشان داد که بیشترین تعداد ریشه در تیمار IBA500 میلی‌گرم در لیتر و در



شکل ۴- اثر بستر کاشت و تنظیم‌کننده‌های رشد بر طول شاخساره (a) و تعداد برگ‌های (b) قلمه‌های ساقه

استویا؛ میله‌های عمودی نشان دهنده میانگین‌ها ± خطای استاندارد هستند

Figure 4- The effect of planting medium and plant growth regulators on shoot length (a) and number of leaves (b) of stevia stem cuttings; Vertical bars represent means ± the standard error

References

Adugna, M., Belew, D. & Tilahun, D. (2015). Influence of rooting media and

number of nodes per stem cuttings on nursery performance of vanilla (*Vanilla planifolia* Andr. syn. *Vanilla fragrans*).

- Journal of Horticulture and Forestry*, 7 (3), 48–56. doi:10.5897/JHF2014.0376
- Akakpo, D.B., Amisah, N., Yeboah, J. & Blay, E. (2014). Effect of indole 3-butyric acid and media type on adventitious root formation in sheanut tree (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) stem cuttings. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 1-6. doi:10.4236/ajps.2014.53043
- Basit, A., Ullah, I., Shah, S.T., Ullah, I., Alam, N. & Gilani, S.A.Q. (2019). Effect of media amendments on invivo root and shoot organogenesis of Stevia (*Stevia Rebaudiana*). *International Journal of Bioscience*, 14(4), 55-63. doi: 10.12692/ijb/14.4.55-63
- Bortoloso Pigatto, G., Nunes Gomes, E., De Cássia Tomasi, J., Portes Ferriani, A. & Deschamps, C. (2018). Effects of indolebutyric acid, stem cutting positions and substrates on the vegetative propagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 202-211. doi: 10.17584/rcch.2018v12i1.6631
- Castañeda-Saucedo, M.C., Tapia-Campos, E., Ramírez-Anaya, J.d.P. & Beltrán, J. (2020). Growth and development of stevia cuttings during propagation with hormones in different months of the year. *Plants*, 9, 294. doi: 10.3390/plants9030294
- Chittabupha, T., Ariyadet, C., Joomwong, A. & Kanjanaphachao, P. (2021). Effects of indole butyric acid (IBA) and naphthalene acetic acid (NAA) on rooting and shooting of Jiaogulan (*Gymnanthemum extensum*) cutting stem. *International Scientific Journal of Engineering and Technology*, 5, 1-5.
- Henrique, A., Campinhos, E.N., Ono, E.O., & de Pinho, S.Z. (2006). Effect of plant growth regulators in the rooting of Pinus cutting. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49, 189–196. doi: 10.1590/S1516-89132006000300002
- Ibrahim, M.E., Mohamed, M., A.Khalid, K.A. (2015). Effect of plant growth regulators on rooting of lemon verbena cuttings. *Material and Environmental Science*, 6 (1), 28–33.
- Ingle, M. & Venugopal, C. (2009). Effect of different growth regulators on rooting of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) cuttings. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22, 455-456.
- Jagatheeswari, D. & Ranganathan, P. (2012). Studies on micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bert. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archives*, 3, 315-320.
- Jamal, A., Ayub, G., Ali Rahman, A.R., Ali, J. & Shahab, M. (2021). Effect of IBA (Indole Butyric Acid) levels on the growth and rooting of different cutting types of Clerodendrum splendens. *Pure and Applied Biology*, 5, 64-71. doi: 10.19045/bspab.2016.50009
- Jordan, M., Doris, P., Marlene, G., Jorge, N., Gloria, M.P., Juan, V. & Ricardo, S.M. (2010). Adventitious root initiation in adult and juvenile cuttings of Guindilia trinervis, an endemic plant of Chile suitable for biodiesel production. *Bosque*, 31, 195–201.
- Kaushik, S. & Shukla, N. (2020a). A review on effect of IBA and NAA and their combination on the rooting of stem cuttings of different ornamental crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9, 1881-1885.
- Kaushik, S. & Shukla, N. (2020b). Effect of IBA and NAA and their combination on the rooting of stem cuttings of African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Pusa Narangi Gainda. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9, 1460-1461.
- Khalil, S.A., Zamir, R. & Ahmad, N. (2014). Selection of suitable propagation method for consistent plantlets production in *Stevia rebaudiana* (Bertoni). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21, 566-573. doi: 10.1016/j.sjbs.2014.02.005
- Khandaker, M., Saidi, A., Badaluddin, N., Yusoff, N., Majrashi, A., Alenazi, M., Saifuddin, M., Alam, M.A. & Mohd, K. (2022). Effects of Indole-3-Butyric Acid (IBA) and rooting media on rooting and survival of air layered wax apple

- (*Syzygium samarangense*) CV Jambu Madu. *Brazilian Journal of Biology*, 82, 1-13. doi: [10.1590/1519-6984.256277](https://doi.org/10.1590/1519-6984.256277)
- Ludwig-Müller, J., Vertocnik, A. & Town, C.D. (2005). Analysis of indole-3-butyric acid-induced adventitious root formation on *Arabidopsis* stem segments. *Journal of Experimental Botany*, 56, 2095-2105. doi: [10.1093/jxb/eri208](https://doi.org/10.1093/jxb/eri208)
- Mabizela, G., Slabbert, M. & Bester, C. (2017). The effect of rooting media, plant growth regulators and clone on rooting potential of honeybush (*Cyclopia subternata*) stem cuttings at different planting dates. *South African Journal of Botany*, 110, 75-79. doi: [10.1016/j.sajb.2016.02.200](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.02.200)
- Majeed, M., Khan, M. & Mughal, A. (2009). Vegetative propagation of *Aesculus indica* through stem cuttings treated with plant growth regulators. *Journal of Forestry Research*, 20, 171-173. doi: [10.1007/s11676-009-0031-1](https://doi.org/10.1007/s11676-009-0031-1)
- McIvor, I.R., Sloan, S. & Pigem, L.R. (2014). Genetic and environmental influences on root development in cuttings of selected *Salix* and *Populus* clones—a greenhouse experiment. *Plant and Soil*, 377, 25–42. doi: [10.1007/s11676-009-0031-1](https://doi.org/10.1007/s11676-009-0031-1)
- Muhammad, S.K., Rahma, U.K. & Kashif, W. (2006). Effect of some auxins on growth of Damask rose cuttings in different growing media. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 2, 13–16.
- Normohammadi, Z., Esmailpour, B., Azarmi, R., Shiekhalipour, M., Chamani, E. & Shahbazi Yajlo, R. (2021). Effect of melatonin treatment on growth and physiological and biochemical characteristics of *Stevia rebaudiana* Berton under salt stress conditions. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 1-15. (In Farsi). doi: [10.22034/iuvs.2021.534020.117](https://doi.org/10.22034/iuvs.2021.534020.117)
- Olfat, A. & Naseri, M. (2024). Investigation of replacement of peat moss and coco peat substrate with other economical substrates in cultivation of *Physalis peruviana* seedling. *Journal of Vegetables Sciences*, 14(2), 25-41. (In Farsi). doi: [10.22034/iuvs.2023.1974108.1254](https://doi.org/10.22034/iuvs.2023.1974108.1254)
- Prajapati, N., Padhiar, B. & Patel, P. (2018). Effect of plant growth regulators on rooting of cutting in black pepper (*Piper nigrum* L.) cv. Panniyar-1 under protected condition. *Trends Biosciences*, 11, 2133-2136.
- Raji Akintunde, A. & Osman, M. (2012). Effects of stem cutting types, position and hormonal factors on rooting in *Stevia Rebaudiana* Bertoni. *Journal of Agricultural Science*, 4(1), 49-57. doi: [10.5539/jas.v4n1p49](https://doi.org/10.5539/jas.v4n1p49)
- Rakibuzzaman, M., Shimasaki, K. & Uddin, A.J. (2018). Influence of cutting position and rooting hormones on rooting of *Stevia (Stevia rebaudiana)* stem cutting. *International Journal of Business, Social and Scientific Research*, 6, 122-121.
- Sağlam, A.C., Yaver, S., Başer, I. & Cinkiliç, L. (2014). The effects of different hormones and their doses on rooting of stem cuttings in Anatolian sage (*Salvia fruticosa* mill.). *Apicbee Procedia*, 8, 348–353. doi: [10.1016/j.apicbee.2014.03.052](https://doi.org/10.1016/j.apicbee.2014.03.052)
- Salehi, B., López, M.D., Martínez-López, S., Victoriano, M., Sharifi-Rad, J., Martorell, M., F. Rodrigues, C. & Martins, N. (2019). *Stevia rebaudiana* Bertoni bioactive effects: From in vivo to clinical trials towards future therapeutic approaches. *Phytotherapy Research*, 33, 2904-2917. doi: [10.1002/ptr.6478](https://doi.org/10.1002/ptr.6478)
- Samuel, P., Ayoob, K.T., Magnuson, B.A., Wölwer-Rieck, U., Jeppesen, P.B., Rogers, P.J., Rowland, I. & Mathews, R. (2018). *Stevia* leaf to stevia sweetener: exploring its science, benefits, and future potential. *The Journal of Nutrition*, 148, 1186-1205. doi: [10.1093/jn/nxy102](https://doi.org/10.1093/jn/nxy102)
- Sardoei, A.S., Sarhadi, H., Rahbarian, P., Yazdi, M.R., Arbabi, M. & Jahantigh, M. (2013). Effect of plant growth regulators on rooting of henna (*Lawsonia inermis*

- L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(11), 1466–1470.
- Sheikh, M., Sundouri, A.S., Mir, M., Bhat, S.A., Beigh, M.A., Nazir, N. & Parray, M. (2022). Effect of IBA and NAA concentrations and types of media on rooting and survival of cuttings in fig (*Ficus carica* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 11, 2779-2784.
- Singh, A. & Verma, P.P.S. (2015). Survival and growth performance of stevia cutting under different growing media. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3, 111-113.
- Singh, S. & Rao, G. (2005). Stevia: The herbal sugar of 21st century. *Sugar tech*, 7, 17-24. doi: [10.1007/BF02942413](https://doi.org/10.1007/BF02942413)
- Soundy, P., Mpati, K.W., du Toit, E.S., Mudau, F.N. & Araya, H.T. (2008). Influence of cutting position, medium, hormone and season on rooting of fever tea (*Lippiaja vanica* L.) stem cuttings. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 1, 114–116.
- Sourati, R., Sharifi, P., Poorghasemi, M., Alves Vieira, E., Seidavi, A., Anjum, N.A., Sehar, Z. & Sofu, A. (2022). Effects of naphthaleneacetic acid, indole-3-butyric acid and zinc sulfate on the rooting and growth of mulberry cuttings. *International Journal of Plant Biology*, 13, 245-256. doi: [10.3390/ijpb13030021](https://doi.org/10.3390/ijpb13030021)
- Tchinda, N.D., Messi, H.J.C.M., Nzweundji, G., Tsabang, N., Dongmo, B., Oumar, D., Tarkang, P.A., Caver, A. & Ndoumou, D.O. (2013). Improving propagation methods of *Ricinodendron heudelotti* from cuttings. *South African Journal of Botany*, 88, 3–9. doi: [10.1016/j.sajb.2013.04.015](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.04.015)
- Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersects method of estimating root length. *Journal of Ecology*, 63, 995-1001. doi: [10.2307/2258617](https://doi.org/10.2307/2258617)
- Yadav, A.K., Singh, S., Dhyani, D. & Ahuja, P.S. (2011). A review on the improvement of stevia [*Stevia rebaudiana* (Bertoni)]. *Canadian journal of plant science*, 91, 1-27. doi: [10.4141/CJPS10086](https://doi.org/10.4141/CJPS10086)