Plant Production Technology/ **Volume 23/ Issu 2/ Pages 13-27/ Autumn and Winter 2024**
https://doi.org/10.22084//PPT.2024.5580

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Effect of Culture Medium and Indole Butyric Acid on Propagation of *Sansevieria trifasciata* New Cultivars

Taghizadeh[1*], M. and Khajeh[2], P.

1 and 2. Associate Professor and MSc Graduated, Respectively, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural and Environmental Science, Arak University, Arak, Iran
⁎: Corresponding author Email: m-taghizadeh@araku.ac.ir

This paper has been extracted from the second author's MSc thesis under the supervision of Mina Taghizadeh.

Received: 2023/10/01 Accepted: 2024/03/16

Abstract

Today, because of the slow growth and conventional propagation methods are not sufficient to meet the marketable needs of *Sansevieria trifasciata*, it is possible to use rooting stimulators for propagation. This study investigated the effects of IBA concentrations and culture media on some morpho-physiological parameters in *Sansevieria trifasciata*. Treatments included cultivar (black gold and compact), IBA (0, 100 and 200 mg.L^{-1}), and culture medium (perlite and sand). Morphophysiological traits, including callus size, number of roots, number of shoots, stem length, stem diameter, number of leaves, FW and DW, and relative water content, etc. were measured 8 months. Increasing the concentration of IBA stimulated the reactions of black gold to FW and DW of shoots, callus size, number of leaves, and increasing the DW of roots, but in compact varieties, increasing the concentration of IBA resulted in a decrease in root initiation time and number of leaves. IBA reduced the decay of the cuttings (100 mg.L^{-1} in the compact green and 200 mg.l^{-1} in the black). Increasing the concentration of IBA for treating cuttings caused an increase in the number of roots and root length of compact green and black gold cuttings. *Sansevieria trifasciata* had diverse responses to different concentrations of IBA and culture media throughout propagation. IBA at 200 mg.L^{-1} had an encouraging effect on the propagation of *Sansevieria trifasciata*. The results revealed that increasing the concentration of IBA increased the root number and root length in the cuttings of compact and black gold.

Keywords: Auxin, Perlite, Rooting, Cutting, Plant growth regulators

Introduction

Sansevieria trifasciata is a perennial plant from the liliaceae family, which originates from tropical and semi-tropical regions of the world. *Sansevieria trifasciata* variateis are one of the most popular ornamental indoor plants due to having types with striped leaves. Today, due to the slow growth and conventional propagation methods are not sufficient to meet the marketable needs of *Sansevieria trifasciata*, it is possible to use agent of rooting stimulator for multiplication. This study aimed to investigate the effects of indole butyric acid concentrations as a plant growth regulator and culture media on some morphophysiology parameters in *Sansevieria trifasciata* cuttings.

Materials and Methods

This research included 3 factors, cultivar (black gold and compact), indole butyric acid plant growth regulator (0, 100 and 200 mg.L^{-1}) and culture medium (perlite and sand). This research, which was conducted in the greenhouse of with controlled conditions of 25°C, 70% humidity and 10,000 lux of light. The end cutting was immersed in the solution of indole butyric acid immediately which was prepared in three concentrations of 0, 100 and 200 mg.L^{-1} for 10 seconds to initiation root. Subsequently, cutting were placed on a site sterilized by 70% alcohol in the lab condition for two days to callus initiation of wound surface. Morphological parameters include callus size, rooting time, number of roots, length of the root, length of the longest root, time of bud initiation, number of shoots, stem length, stem diameter, root rot rate, number of leaves, callus size, fresh weight of root and shoot, dry weight of root and shoot were measured. Physiological traits including relative water content, electrolyte leakage, chlorophyll content, organ biomass percentage were investigated 8 months after cultivation. The experiment was adjusting in as factorial arrangements in a completely randomized design. Each treatment consisted of three replicates for statistical purposes. All the results were statistically analyzed using the SAS program. Means of three replicates were subjected to one-way ANOVA. Duncan's Multiple Range Test was also used to compare the mean values and determine the significance of statistical differences in treatments.

Results and Discussion

It was found that the effects of the variety were obvious in response to the culture medium and different concentrations of indole butyric acid. The results of effect of the hormone on the recorded traits revealed that increasing the concentration of indole butyric acid had in the cuttings stimulating reactions of black gold to fresh and dry weight of

shoots, callus size, number of leaves and increasing the dry weight of roots, but in compact green variety, increasing the hormone affected a decrease in root initiation time, root biomass and number of leaves. Based on the results, the treatment of cuttings by indole butyric acid reduced the decay of the cuttings (100 $mg.L^{-1}$ in the compact green and 200 $mg.L^{-1}$ in the black variety) and their survival plants. The results of this research also indicated that increasing the concentration of indole butyric acid for the treatment of cuttings grown in substrates such as sand and perlite caused an increase in the number of roots and root length of compact green and black gold cuttings.

Conclusions

Sansevieria trifasciata variety had diverse response to different concentrations of the indole butyric acid and type of culture media in throughout propagation. 200 $mg.L^{-1}$ of indole butyric acid hormone had an encouraging result on the propagation of *Sansevieria trifasciata* cuttings. The uppermost percentage of cuttings rooting was related to the *Sansevieria trifasciata* black gold. The perlite substrate was the best media for propagation compact and black gold variety.

Citations: Taghizadeh, M. & Khajeh, P. (2024). Effect of Culture Medium and Indole Butyric Acid on Propagation of *Sansevieria trifasciata* New Cultivars. *Plant Production Technology*, *23*(2), 107-121. https://doi.org/10.22084/PPT.2024.5580

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و سوم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۱۰۷-۱۲۱/ پاییز و زمستان ۱۴۰۲
https://doi.org/10.22084/PPT.2024.5580

اثر بستر کشت و اسید ایندول بوتیریک بر ازدیاد ارقام جدید سانسوریا

Effect of Culture Medium and Indole Butyric Acid on Propagation of *Sansevieria trifasciata* New Cultivars

مینا تقی‌زاده[1*] و پریسا خواجه[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶
(مقاله پژوهشی)

چکیده

امروزه به‌دلیل رشد کند و روش‌های ازدیاد سنتی برآورده کردن نیاز تجاری گیاه آپارتمانی سانسوریا کافی نمی‌باشد و ضروری است از مواد محرک ریشه‌زایی برای ازدیاد این گیاه استفاده شود. هدف این مطالعه بررسی اثرات غلظت‌های اسید ایندول بوتیریک و بستر کشت روی برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی قلمه ارقام سانسوریا بود. تیمارهای این آزمایش شامل رقم (بلک گلد و سبز مینیاتوری)، غلظت‌های اسید ایندول بوتیریک (۰ (صفر)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و بستر کشت (پرلیت و ماسه بادی) بود. پس از ۸ ماه، صفات مورفوفیزیولوژیکی شامل اندازه کالوس زمان ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول ریشه، زمان انگیزش جوانه، تعداد، طول و قطر پاجوش، میزان پوسیدگی قلمه، تعداد برگ، اندازه کالوس، وزن‌تر و خشک ریشه و برگ، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، میزان کلروفیل و درصد زیست‌توده اندازه‌گیری شدند. افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک در رقم بلک گلد سبب افزایش وزن‌تر و خشک اندام هوایی، اندازه کالوس، تعداد برگ و افزایش وزن خشک ریشه شد ولی در رقم سبز مینیاتوری افزایش اسید ایندول بوتیریک سبب کاهش زمان انگیزش و زیست‌توده ریشه و تعداد برگ شد. بر اساس نتایج، تیمار قلمه‌ها با اسید ایندول بوتیریک سبب کاهش پوسیدگی قلمه‌ها و زنده‌مانی گیاهان (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سبز مینیاتوری و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در رقم بلک‌گلد) شد. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک جهت تیمار قلمه‌های کشت شده در بستر ماسه و پرلیت سبب افزایش تعداد ریشه و طول ریشه در قلمه‌های ارقام سبز مینیاتوری و بلک گلد شد.

ارجاع به مقاله: تقی‌زاده، م. و پریسا خواجه، پ. (۱۴۰۲). اثر بستر کشت و اسید ایندول بوتیریک بر ازدیاد ارقام جدید سانسوریا، مجله فنآوری تولیدات گیاهی، ۲۳(۲)، ۱۰۷-۱۲۱. https://doi.org/10.22084//PPT.2024.5580

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۵۶۵۱ **شاپا چاپی:** ۲۴۷۶-۶۳۲۱

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران
*: نویسنده مسئول Email: m-taghizadeh@araku.ac.ir

مقاله مستخرج از پایان نامه‌کارشناسی ارشد نویسنده دوم به راهنمایی خانم مینا تقی زاده می‌باشد.

مقدمه

با توجه به اهمیت گیاهان زینتی، مدیریت روش‌های ازدیاد، انتخاب بهترین روش و تسریع ریشه‌زایی نقش مهمی در افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها دارد (*دیوان* و *یگار*[1]، 1991). سانسوریا با نام علمی *Sansevieria* sp. گیاهی چندساله از خانواده سوسنیان می‌باشد که به‌دلیل دارا بودن رقم‌هایی با برگ‌های متنوع جزو یکی از گیاهان زینتی آپارتمانی پرطرفدار محسوب می‌شود (*باس*[2]، 1998). علاوه‌بر شاخ و برگ زینتی، سانسوریا به‌عنوان گیاهی که آلاینده‌های خطرناک را از اتمسفر جذب می‌کند در مکان‌های بسته و آپارتمان‌ها زیاد استفاده می‌شود (*یوسنیتا*[3] *و همکاران*، 2011). برای ازدیاد سانسوریا هم از طریق بذر و هم از روش‌های رویشی می‌توان استفاده کرد، اما به‌طورکلی ازدیاد این گیاه از طریق روش‌هایی مانند تقسیم بوته، قلمه‌های برگی، جدا کردن ریزوم‌ها و کشت بافت انجام می‌شود (*پورانتو*[4]، 2006). با توجه به سرعت کند رشد، این گیاه نیازمند یک بستر مناسب و محرک‌های رشد برای به‌صرفه بودن تولید تجاری آن است. یک بستر کشت مناسب، به‌عنوان بهترین نگهدارنده گیاه، مخزن مواد غذایی و آب، بستر انتشار اکسیژن به ریشه‌ها و بستر تبادل گازی بین ریشه‌ها و اتمسفر خارج بستر ریشه عمل می‌کند (*آباد*[5] و همکاران، 2002). در پژوهشی انگیزش و تشکیل ریشه در قلمه سانسوریا تحت‌تأثیر بسترهای کشت مختلف بررسی و نتایج آن نشان داد کشت قلمه سانسوریا شمشیری در بستر کشت ترکیبی که شامل: خاک، خاک اره، سبوس برنج و شن بود سبب افزایش عملکرد، رشد و توسعه ریشه سانسوریا در مقایسه با سایر بسترهای مورد استفاده شد (*آکانلولا*[6] و همکاران، 2018). هم‌چنین به‌منظور بررسی اثر منطقه قلمه‌گیری برگ و بستر کشت بر عملکرد تکثیر رویشی گیاه سانسوریا شمشیری ابلق آزمایشی انجام شد. نتایج نشان داد در بین بسترهای کشت، تشکیل شاخه در خاک و کمپوست به‌نسبت ۱:۱ در مقایسه با سایر بسترهای کشت سریع‌تر بود (*هماثارشینی* و *سران*[7]، 2017). از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد و محرک ریشه‌زایی می‌توان به اسید ایندول بوتیریک (IBA) اشاره کرد. درحال حاضر بسیاری از تولیدکنندگان گیاهان از محلول ریشه‌زایی اسید ایندول بوتیریک به‌صورت محلول‌پاشی برای ازدیاد گیاهان یک‌ساله، چندساله و چوبی استفاده می‌کنند (*دیویس*[8]، 1984). اثر بسترهای مختلف ریشه‌زایی و اسید ایندول بوتیریک بر قلمه گیاه *Warburgia ugandensis* موردبررسی قرار گرفت و قلمه با سه سطح اسید ایندول بوتیریک (۰/۳، ۰/۶ و ۰/۸ وزنی/وزنی) و شاهد تیمار شدند و در سه بستر کشت ریشه‌زایی شامل پوست کاج آسیاب شده، خاک و شن کشت شدند. در بستر پوست کاج آسیاب شده و غلظت ۰/۸ درصد اسید ایندول بوتیریک بیش‌ترین تعداد ریشه و شاخه‌ها در هر قلمه ایجاد شد (*آکواتولیرا*[9] و همکاران، 2011). تیمار قلمه گل رز در غلظت‌های صفر، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک نشان داد، قلمه‌های تیمار شده در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک اثرات مثبت قابل‌توجهی در صفات ریشه و شاخه از جمله طول ریشه، تعداد ریشه در هر قلمه، وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن‌تر و خشک شاخه، تعداد برگ و طول شاخه داشت (*یشیواز*[10] و همکاران، 2015). با توجه به تقاضای زیاد مصرف‌کنندگان برای ارقام لوکس سانسوریا، کند رشد بودن، عدم کافی بودن روش‌های متداول تکثیر سانسوریا (قلمه‌ی برگ و تقسیم بوته) برای برآورده کردن نیاز تجاری این گیاه (ایجاد ۲-۱ پاجوش از هر قلمه برگی) و برگشت حالت ابلقی به شکل ساده در طی ازدیاد (*یوسنیتا*[11] و همکاران، 2011)، در این پژوهش اسید ایندول بوتیریک به‌عنوان یک ماده محرک ریشه‌زایی و انواع بستر کشت با هدف افزایش سرعت ازدیاد دو رقم سانسوریا از طریق قلمه موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه دانشکده کشاورزی و محیط زیست دانشگاه اراک با شرایط کنترل شده دارای دمای کمینه ۱۶ درجه و دما بیشینه ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۷۰ درصد و ۱۰ هزار لوکس نور در بهار سال ۱۴۰۰ انجام شد. از دو رقم یک‌ساله سانسوریا بلک گلد (*Sansevieria trifasciata* var. Black gold) و سبز مینیاتوری (*Sansevieria trifasciata* var. Compact) که از گلخانه‌ای تجاری واقع در شهر محلات خریداری شده بود، جهت این آزمایش استفاده شد. در گلخانه برگ‌های سالم از گیاه مادری جدا و جهت عدم برگشت الگوی ابلقی در پاجوش‌ها، قلمه‌ها توسط تیغ استریل انتهای آن‌ها به‌صورت هشت و به‌طول هشت سانتی‌متر برش زده شدند. بلافاصله پس از برش انتهای قلمه با توجه به تیمار، در محلول

1. Dewayne and Yeagar
2. Bos
3. Yusnita
4. Purwanto
5. Abad
6. Okunlola
7. Hematharshini and Seran
8. Davies
9. Akwatulira
10. Yeshiwas
11. Yusnita

اسید ایندول بوتیریک (Merck co.) که در سه غلظت صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شده بود به مدت ۱۰ ثانیه قرار گرفتند. قلمه‌ها از برگ‌های جوان و توسعه‌یافته گیاهان مادری و از بخش میانی برگ انتخاب شدند. قلمه‌ها جهت ایجاد کالوس در محل زخم به مدت دو روز در هوای آزاد روی یک سطح استریل شده توسط الکل ۷۰ درصد قرار داده شدند. پس از مشاهده کالوس، از هر رقم دو قلمه در گلدان‌های پلاستیکی (ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر و دهانه ۸ سانتی‌متر) دارای دو نوع بستر کشت ماسه بادی و پرلیت به‌طور جداگانه کشت شدند. اولین آبیاری توسط قارچ‌کش مانکوزب ۸۰ درصد به غلظت ۰/۵ درصد انجام شد. آبیاری هر سه روز یک‌بار و پس از ریشه‌زایی هر دو روز یک‌بار انجام شد. کوددهی تمام قلمه‌ها توسط کود ۲۰-۲۰-۲۰ چهار ماه پس از کشت آغاز و هر ۱۵ روز یک‌بار تکرار شد. علت استفاده از این کود، تحریک هم‌زمان رشد قسمت هوایی (برگ) و رشد ریشه‌های تازه ایجاد شده بود. زمان اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ۸ ماه پس از کشت بود. صفات مورفولوژیکی شامل زمان ریشه‌زایی (تعداد روز از زمان کشت قلمه تا ظهور اولین ریشه) با ارزیابی چشمی با بیرون آوردن قلمه‌ها از بستر سه هفته پس از کشت، تعداد ریشه، میانگین طول ریشه، طول بلندترین ریشه، زمان انگیزش جوانه (تعداد روز از زمان کشت قلمه تا انگیزش اولین جوانه)، تعداد پاجوش، طول پاجوش، قطر پاجوش، میزان پوسیدگی قلمه بر اساس مشاهده علایم آب‌گزیدگی و زردی قلمه‌ها، تعداد برگ، اندازه کالوس بر اساس رتبه‌بندی (۱: کم‌تر از ۳ میلی‌متر، ۲: بین ۳ تا ۷ میلی‌متر، ۳: بیش‌تر از ۷ میلی‌متر)، وزن‌تر ریشه و برگ، وزن خشک ریشه و برگ اندازه‌گیری و ثبت شدند. با توجه به مقاومت گیاه سانسوریا به جابه‌جایی در مرحله ریشه‌زایی و کشت در بستر متخلخل ماسه بادی و پرلیت، هفته‌ای یک‌بار قلمه‌ها در تمامی تیمارها از بستر به‌آرامی خارج و زمان خروج ریشه ثبت می‌گردید. مشاهده ریشه‌هایی به طول ۲/۵-۰/۰میلی‌متر به‌عنوان معیار زمان انگیزش ریشه در نظر گرفته شد. ۸ ماه پس از کشت صفات فیزیولوژیکی شامل محتوای نسبی آب برگ (*باروس* و *وثرلی*[1]، 1962)، نشت الکترولیت (*سایرام* و *سریواستاوا*[2]، 2001)، میزان کلروفیل‌ها (*آرنون*[3]، 1949)، درصد زیست‌توده اندام‌ها (*حجازی*[4] و همکاران، 2004) اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب، از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته نمونه‌برداری کرده و بلافاصله توسط ترازو وزن شدند. برگ درون آب مقطر، دمای اتاق و نور کم به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. نمونه برگ‌ها درون دستمال کاغذی به سرعت خشک کرده و وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در آون دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده و پس از آن وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس اعداد را در معادله زیر قرار داده و درصد محتوای نسبی آب در هر تکرار تیمار محاسبه شد.

$$RWC = [(Fw - Dw) / (Tw - Dw)] \times 100$$

در این معادله Fw: وزن‌تر، Dw: وزن‌خشک و Tw: وزن اشباع است.

جهت اندازه‌گیری نشت الکترولیت از برگ‌های توسعه یافته یک گرم بافت نمونه‌برداری شد و در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و روی شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۸۰ دور در دقیقه نگهداری شدند. EC اولیه توسط ECمتر اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۹۰ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرارداده شد. پس از خنک‌سازی نمونه‌ها EC ثانویه نیز اندازه‌گیری شد. اعداد در معادله زیر قرار داده و درصد نشت الکترولیت محاسبه شد.

$$\%EL = [EC1/EC2] \times 100$$

جهت اندازه‌گیری درصد زیست‌توده ریشه و برگ از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد زیست توده (Biomass)} = \frac{\text{وزن خشک}}{\text{وزن تازه}} \times 100$$

این پژوهش شامل سه فاکتور، رقم (بلک گلد و سبز مینیاتوری)، اسید ایندول بوتیریک (سطوح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و بستر کشت (پرلیت و ماسه بادی) بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آنالیز داده‌های حاصل از پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1) صورت گرفت. آزمون چنددامنه‌ای دانکن DMRT برای مقایسه میانگین و تعیین معنی‌دار بودن تفاوت آماری در تیمارها در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری و عدم‌معنی‌داری اثر ساده و اثرات متقابل رقم، بستر کشت و اسید ایندول بوتیریک در سطح یک و پنج درصد بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی ریشه و اندام هوایی پاجوش‌های ازدیاد شده سانسوریا از طریق قلمه برگی بود (جدول ۱ و ۲).

1. Barrsu and Weatherley
2. Sairam, and Srivastava
3. Arnon
4. Hijazi

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر رقم، اسید ایندول بوتیریک و بستر کشت بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی ریشه قلمه سانسوریا

Table 1: Analysis of variance of effect of variety, Indole Butyric acid and media on morphophysiology of *Sansevieria trifasciata* cutting root

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS								
		زمان انگیزش ریشه Time of root appearance	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length	طول بلندترین ریشه Longest root	اندازه کالوس callus size	وزن تر ریشه Root FW	وزن خشک ریشه Root DW	زیست‌توده ریشه Root biomass	محتوای نسبی آب ریشه Root relative water
رقم Variety	1	23.36^{ns}	540.5^{**}	0.08^{ns}	0.005^{ns}	0.42^{**}	0^{*}	0^{ns}	456.3^{**}	103.9^{ns}
ایندول بوتیریک IBA	2	3636.1^{*}	38.69^{*}	0.04^{ns}	0.71^{ns}	0.18^{*}	0.0009^{**}	0^{ns}	538.1^{**}	1228.1^{*}
بستر کشت Media	1	72.36^{ns}	3.06^{ns}	6.84^{**}	32.20^{**}	0.32^{**}	0^{ns}	0^{ns}	0.01^{ns}	372.8^{ns}
رقم × ایندول بوتیریک Variety× IBA	2	16.8^{ns}	3.25^{ns}	0.08^{ns}	0.64^{ns}	0.05^{ns}	0^{**}	0^{ns}	301.2^{**}	37.359^{ns}
بستر × رقم Media× Variety	2	3344.6^{**}	76.56^{*}	0.04^{ns}	0.33^{ns}	0.17^{*}	0^{ns}	0^{*}	259.5^{**}	742.33^{ns}
ایندول بوتیریک × بستر Media× IBA	2	183.2^{**}	0.25^{ns}	0.35^{*}	$^{ns}1.85^{ns}$	0.09^{ns}	0^{**}	0^{**}	76.3^{**}	122.2^{*}
رقم × ایندول بوتیریک × بستر Variety× IBA× Media	2	2613.3^{**}	27.08^{ns}	0.28^{ns}	0.58^{ns}	0.23^{**}	0.001^{**}	0^{**}	53^{**}	68.3^{ns}
خطا Error	24	31.47	10.59	0.09	0.56	0.03	0	0	1.02	254.6
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		15.15	25.89	26.41	27.37	12.22	1	0.13	10.46	22.5

**، * و ns: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح ۱، ۵ درصد و عدم‌معنی‌داری

*, ** and ns: Significantly at 1%, 5% levels and not significant, respectively

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر رقم، اسید ایندول بوتیریک و بستر کشت بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی اندام هوایی قلمه سانسوریا

Table 2: Analysis of variance of effect of variety, Indole Butyric acid and media on morphophysiology of Sansevieria trifasciata cutting shoot

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS										
		زمان ظهور جوانه Time of shoot appearance	تعداد جوانه bud number	طول جوانه bud length	قطر جوانه bud diameter	تعداد برگ Leaf number	نشت الکترولیت electrolyte leakage	زیست‌توده برگ Shoot biomass	زیست‌توده کل Total biomass	محتوای نسبی آب برگ leaf relative water	کلروفیل chlorophyll	پوسیدگی قلمه Cutting decay
رقم Variety	1	4.58*	0.06^{ns}	0.54^{ns}	0.02^{ns}	0.34*	0.08*	0.007^{ns}	1.93^{ns}	783.7*	8.18^{ns}	79.65*
ایندول بوتیریک IBA	2	16.73*	0.13^{ns}	0.34^{ns}	0.01^{ns}	0.19^{ns}	2.57*	0.02^{ns}	1.77^{ns}	276.8^{ns}	4.17^{ns}	24.39^{ns}
بستر کشت Media	1	1.31^{ns}	0.13^{ns}	0.03^{ns}	0.008^{ns}	1.17^{ns}	0.08^{ns}	1.69*	4.71*	1041.6**	40.21**	79.65*
رقم× ایندول بوتیریک Variety × IBA	2	1.56^{ns}	0.06^{ns}	0.14^{ns}	0.01^{ns}	2.19*	9.96**	0.85	0.94^{ns}	86.63^{ns}	40.2^{ns}	17.87*
بستر× رقم Media × Variety	2	0.30^{ns}	0^{ns}	0.06^{ns}	0.003^{ns}	0.006^{ns}	8.28**	0.08*	0.31^{ns}	929.9*	56.5^{ns}	33.86^{ns}
ایندول بوتیریک× بستر Media × IBA	2	3.59*	0.09^{ns}	0.08^{ns}	0.001^{ns}	2.19**	1.51^{ns}	0.04^{ns}	0.41^{ns}	117.5^{ns}	24.78**	0.29^{ns}
رقم× ایندول بوتیریک× بستر Variety × IBA × Media	2	3.05^{ns}	0.06^{ns}	0.07^{ns}	0.03^{ns}	0.86^{ns}	1.96^{ns}	0.79^{ns}	0.15^{ns}	179^{ns}	10^{ns}	1.89^{ns}
خطا Error	24	3.95	0.05	0.13	0.01	0.34	0.65	0.29	0.69	127.05	2.04	10.70
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		21.7	17.9	16.2	11.08	19.9	21.9	21.4	39.5	12.2	29.5	70.32

**، * و ns: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح ۱، ۵ درصد و عدم‌معنی‌داری

*, ** and ns: Significantly at 1%, 5% levels and not significant, respectively

بر اساس نتایج بیش‌ترین (۳/۴۱) و کم‌ترین (۲/۵) تعداد برگ به‌ترتیب مربوط به قلمه‌های رقم مینیاتوری و بلک گلد تیمار شده در غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک بود (جدول ۳). در رقم بلک‌گلد کاربرد اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش تعداد برگ شد ولی در رقم مینیاتور کاهش تعداد برگ مشاهده شد. در کل پوسیدگی قلمه‌ها در رقم بلک گلد بیش‌تر از رقم مینیاتور بود و کم‌ترین پوسیدگی و از دست رفتن قلمه‌ها به میزان ۱۶/۶ درصد در رقم مینیاتور زمانی مشاهده شد که با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با اسید ایندول بوتیریک تیمار شده بود. در هر رقم با افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک ضمن افزایش ریشه‌زایی، نشت الکترولیت هم افزایش یافت و کم‌ترین میزان این صفت در رقم بلک گلد در شاهد مشاهده شد (۵ درصد).

بلندترین طول ریشه (۲ سانتی‌متر) مربوط به قلمه‌های کشت شده در بستر پرلیت و بدون کاربرد اسید ایندول بوتیریک بود و با افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک از طول ریشه کاسته شد ولی در بستر ماسه بادی افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش طول ریشه شد. در هر دو نوع بستر کشت، با افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک، زمان انگیزش جوانه هوایی کاهش یافت به‌طوری‌که کوتاه‌ترین دوره انگیزش جوانه (۶۳ روز) مربوط به قلمه‌های کشت شده در بستر پرلیت و تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک بود (جدول ۲). در بستر پرلیت کاربرد اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش تعداد برگ شد و بیش‌ترین تعداد برگ (۳/۳۳) اندام هوایی مربوط به غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک در این بستر بود. در بستر پرلیت افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش میزان محتوای آب نسبی ریشه و کلروفیل برگ شد. در بستر ماسه بادی در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک بیش‌ترین میزان محتوای آب نسبی (۹۲ درصد) مشاهده شد. بیش‌ترین میزان کلروفیل در بستر پرلیت تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک بود (جدول ۴).

رقم بلک گلد در بستر پرلیت عملکرد بهتری از جنبه تعداد و طول بلندترین ریشه و وزن خشک برگ نسبت به بستر ماسه بادی داشت. به‌طور برعکس، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت و زیست‌توده برگ رقم بلک‌گلد کشت شده در بستر ماسه بادی بیش‌تر از پرلیت بود. بیش‌ترین تعداد ریشه (۱۷ عدد در هر قلمه) و وزن خشک برگ (۰/۰۶ گرم) در رقم سبز مینیاتوری ریشه‌دار شده در بستر ماسه بادی ولی بیش‌ترین طول بلندترین ریشه (۳/۳۲ سانتی‌متر در هر قلمه) در این رقم در بستر پرلیت بود. بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۹۶/۹ درصد) و نشت الکترولیت (۱۰/۵ درصد) در رقم بلک گلد به‌ترتیب در بستر کشت پرلیت و ماسه بادی مشاهده شد (جدول ۵).

با توجه به نتایج کوتاه‌ترین دوره انگیزش ریشه (۲۱ روز) مربوط به قلمه‌های رقم بلک گلد تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک کشت شده در پرلیت بود و بیش‌ترین تعداد ریشه مربوط به رقم سبز مینیاتوری تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک کشت شده در ماسه بادی بود. بیش‌ترین وزن‌تر ریشه (۰/۰۸ گرم) و بیش‌ترین وزن خشک ریشه (۰/۰۰۷ گرم) مربوط به رقم بلک‌گلد کشت شده در بستر ماسه‌بادی و غلظت صفر اسید ایندول بوتیریک مشاهده شد. بیش‌ترین درصد زیست‌توده ریشه (۳۳/۱۳ درصد) مربوط به رقم سبز مینیاتوری تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک کشت شده بستر پرلیت ثبت شد (جدول ۶).

بزرگ‌ترین کالوس مربوط به رقم بلک‌گلد تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در بستر پرلیت بود. افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش اندازه کالوس ارقام سانسوریا به‌ویژه در بستر پرلیت شد. بیش‌ترین تعداد جوانه انگیزش یافته از هر قلمه برگی (۱/۷۵) مربوط به قلمه تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک و کشت در بستر ماسه بادی رقم بلک‌گلد و سپس مربوط به سبز مینیاتوری تیمار شده با ۱۰۰ میلی‌گرم اسید ایندول بوتیریک و کشت در بستر ماسه بادی و همین رقم بدون اسید ایندول بوتیریک و کشت در بستر پرلیت بود. نتایج نشان داد افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش تعداد جوانه در هر دو رقم سبز مینیاتوری و بلک‌گلد کشت در بستر ماسه بادی شد. رقم سبز مینیاتوری تیمار شده با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک در بستر پرلیت دارای بلندترین جوانه‌ها (۶/۸۷ سانتی‌متر) بودند. بیش‌ترین وزن‌تر و وزن خشک اندام هوایی مربوط به رقم سبز مینیاتوری تیمار شده با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک در بستر ماسه بادی بود (جدول ۷).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات غلظت‌های اسید ایندول بوتیریک و رقم بر صفات مورفو- فیزیولوژیکی قلمه سانسوریا
Table 3: Mean comparisons of the interaction effects of IBA concentrations and variety on morphophysiology of *Sansevieria trifasciata* cutting

ایندول بوتیریک اسید (میلی‌گرم در لیتر) IBA ($mg.L^{-1}$)	رقم Variety		تعداد برگ Leaf number	پوسیدگی قلمه (درصد) Cutting decay (%)	نشت الکترولیت (درصد) Electrolyte leakage (%)
0	بلک‌گلد	Black gold	2.5^{f}	33.83^{c}	5.03^{a}
	سبز مینیاتوری	Compact green	3.41^{a}	25^{b}	22.62^{f}
100	بلک‌گلد	Black gold	2.91^{d}	41.67^{d}	11.12^{b}
	سبز مینیاتوری	Compact green	2.66^{e}	25^{b}	14.1^{c}
200	بلک‌گلد	Black gold	3.08^{b}	25^{b}	20.98^{e}
	سبز مینیاتوری	Compact green	3^{c}	16.67^{a}	15.08^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند
In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p<0.05$)

ضرایب هم‌بستگی ساده بین صفات نشان داد که برخی صفات اندازه‌گیری شده هم‌بستگی مثبت و یا منفی معنی‌داری باهم داشتند. هم‌بستگی مثبت طول با تعداد ریشه، وزن تر اندام هوایی با طول و قطر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی با قطر و وزن‌تر اندام هوایی، زمان انگیزش ریشه با طول ریشه مشاهده شد. هم‌چنین بین زمان انگیزش جوانه با تعداد ریشه و طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی با طول جوانه و وزن خشک ریشه با وزن‌تر ریشه هم‌بستگی منفی برقرار بود (جدول ۸).

بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر رقم در واکنش به بستر کشت و غلظت‌های مختلف اسید ایندول بوتیریک بسیار مشهود بود. هرچه میزان سطوح اکسین داخلی در گیاه بیش‌تر باشد، آن رقم نسبت به مواد محرک ریشه‌زایی خارجی بهتر پاسخ می‌دهد (*هارتمن*[1]، 1946). بنابراین احتمال می‌رود رقم بلک‌گلد از محتوای اکسین بالاتری نسبت به سبز مینیاتوری برخوردار بود. در بررسی مشخص شد، قلمه‌های تیمار شده فیکوس بنجامین ابلق با اسید ایندول بوتیریک دارای بیشترین درصد زنده‌مانی بودند (*بابایی*[2] و همکاران، 2015) که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر اثر مثبت کاربرد اسید ایندول بوتیریک در کاهش میزان پوسیدگی قلمه‌ها همسو است. این اثر به‌دلیل تحریک ریشه‌زایی و انگیزش جوانه‌ها در قلمه‌های تیمار شده با اسید ایندول بوتیریک بوده است. زمانی‌که انتهای قلمه‌ها در محلول‌های آبی اسید ایندول بوتیریک غوطه‌ور می‌شوند، اسید ایندول بوتیریک از طریق روزنه‌های باز وارد سیستم آوندی گیاه می‌شود. سپس با حمل و نقل قطبی، به انتهای پایه منتقل می‌شود. در آن‌جا، گیاهان آن را برای تشکیل ریشه تنظیم می‌کنند (*کروین*[3]، 2012). در این آزمایش کشت قلمه رقم سبز مینیاتوری در بستر پرلیت نسبت به ماسه عملکرد بهتری در ریشه‌زایی داشت. پرلیت به‌دلیل دارا بودن یکسری ویژگی‌های مناسب مانند هزینه کم، pH پایین و جذب مناسب آب قابل استفاده جهت ریشه‌زایی بسیاری از گیاهان می‌باشد که نتایج این آزمایش با نتایج سایر پژوهشگران همسو می‌باشد (*صالحی ساردویی*[4] و همکاران، 2019). در این پژوهش مشخص شد افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش کلروفیل در بستر ماسه بادی (تا غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک) و کاهش درصد کلروفیل در بستر پرلیت (در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) شد. به نظر می‌رسد هرچه هوادهی بستر بیش‌تر باشد، طول ریشه افزایش پیدا کرده، جذب اکسیژن، مواد غذایی و آب موردنیاز بهبود یافته و در نتیجه سنتز کلروفیل افزایش می‌یابد. در پژوهش اثر بسترهای ریشه‌زایی بر قلمه‌های درختچه‌ی شیشه‌شور مجنون مشاهده شد که بلندترین طول ریشه در بسترهای ماسه، ماسه + کوکوپیت و کوکوپیت + پرلایت حاصل شد (*شکری*[5] و همکاران، 2013) که همسو با نتایج آن‌ها در این پژوهش نیز کشت قلمه‌ها در بستر پرلیت سبب افزایش طول ریشه شد. در این آزمایش، بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ را هر دو رقم در بستر ماسه بادی داشتند و این را می‌توان به ساختار ریزدانه ماسه بادی و پتانسیل نگهداری آب توسط این بستر ربط داد. جذب و نگهداری مقدار زیادی آب سبب حفظ رطوبت در خاک می‌شود و در این شرایط میزان آب در پیکره گیاه نیز افزایش می‌یابد (*صیدی*[6] و همکاران، 2014).

1. Hartmann
2. Babaei
3. Kroin
4. Salehi Sardoei
5. Shokri
6. Saidi

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت‌های اسید ایندول بوتیریک و بستر کشت بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی قلمه سانسوریا

Table 4: Mean comparisons of the interaction effects of IBA concentrations and media on morphophysiology of *Sansevieria trifasciata* cutting

ایندول بوتیریک اسید (میلی‌گرم در لیتر) IBA ($mg.L^{-1}$)	بستر کشت Media		طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	میانگین طول ریشه (سانتی‌متر) Mean root length (cm)	زمان ظهور جوانه (روز) Time of shoot appearance (day)	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)
0	پرلیت	Perlite	2^{a}	0.31^{d}	94.7^{e}	2.66^{d}	59.89^{e}	1.8^{e}
	ماسه	Sand	0.57^{e}	0.2^{f}	126^{f}	3.25^{b}	75.7^{b}	1.53^{f}
100	پرلیت	Perlite	1.66^{c}	1.46^{b}	88^{d}	3.33^{a}	71.81^{c}	4.91^{c}
	ماسه	Sand	1.08^{d}	0.3^{e}	84.1^{c}	2.25^{e}	92.02^{a}	5.25^{b}
200	پرلیت	Perlite	1.86^{b}	1.71^{a}	63^{a}	3.33^{a}	70.67^{d}	5.95^{a}
	ماسه	Sand	1.08^{d}	1.1^{c}	66.3^{b}	2.75^{c}	53.94^{f}	4.55^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$)

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بستر کشت و رقم بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی قلمه سانسوریا

Table 5: Mean comparisons of the interaction effects of media and variety on morphophysiology of *Sansevieria trifasciata* cutting

بسترکشت Media	رقم Cultivar	تعداد ریشه Root number	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot DW (g)	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	نشت الکترولیت (درصد) Electrolyte leakage (%)	زیست‌توده اندام هوایی (درصد) Shoot biomass (%)
پرلیت Perlite	بلک‌گلد Black gold	10.44^{c}	1.01^{b}	0.03^{c}	96.38^{b}	10.59^{a}	4.72^{d}
	سبز مینیاتوری Compact green	15.28^{b}	3.32^{a}	0.05^{b}	76.88^{c}	21.09^{d}	7.98^{a}
ماسه Sand	بلک‌گلد Black gold	6.94^{d}	0.41^{d}	0.02^{d}	96.97^{a}	14.16^{c}	5.43^{c}
	سبز مینیاتوری Compact green	17.61^{a}	0.65^{c}	0.06^{a}	76.88^{c}	13.44^{b}	7.04^{b}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p<0.05$)

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت، غلظت‌های اسید ایندول بوتیریک و رقم بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی ریشه قلمه سانسوریا

Table 6: Mean comparisons of the interaction effects of media, IBA concentrations and variety on morphophysiology of *Sansevieria trifasciata* cutting

زیست‌توده ریشه (درصد) Root biomass (%)	وزن خشک ریشه (گرم) Root DW (g)	وزن‌تر ریشه (گرم) Root FW (g)	زمان ظهور ریشه (روز) Time of shoot appearance (day)	رقم Cultivar		ایندول بوتیریک اسید (میلی‌گرم در لیتر) IBA ($mg.L^{-1}$)	بسترکشت Media
8 e	0.007 a	0.08 a	26 e	Black gold	بلک‌گلد	0	ماسه Sand
9 d	0.0013 h	0.0150 f	83 j	Compact green	سبز مینیاتوری		
9 d	0.0013 h	0.0157 e	32 f	Black gold	بلک‌گلد	100	
2.25 i	0.0015 g	0.03 c	41 b	Compact green	سبز مینیاتوری		
9 d	0.0016 f	0.001 k	26 e	Black gold	بلک‌گلد	200	
10 b	0.0012 i	0.006 j	22.67 c	Compact green	سبز مینیاتوری		
3 h	0.0010 j	0.02 d	83 j	Black gold	بلک‌گلد	0	پرلیت Perlite
5.03 g	0.0023 e	0.04 b	34.67 h	Compact green	سبز مینیاتوری		
1.8 j	0.0027 d	0.0136 h	33.29 g	Black gold	بلک‌گلد	100	
9.06 c	0.0013 h	0.0143 g	21.33 b	Compact green	سبز مینیاتوری		
6.75 f	0.0033 c	0.04 b	21 a	Black gold	بلک‌گلد	200	
13.33 a	0.0036 b	0.0103 i	24.33 d	Compact green	سبز مینیاتوری		

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$)

جدول ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت، غلظت‌های اسید ایندول بوتیریک و رقم برصفات مورفو-فیزیولوژیکی قلمه سانسوریا

Table 7: Mean comparisons of the interaction effects of media, IBA concentrations and variety on morphophysiology of *Sansevieria trifasciata* cutting

وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot DW (g)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot FW (g)	طول شاخه (سانتی‌متر) Shoot length (cm)	تعداد جوانه Shoot number	اندازه کالوس (سانتی‌متر) Callus size (cm)	رقم Cultivar		ایندول بوتیریک اسید (میلی‌گرم در لیتر) IBA ($mg.L^{-1}$)	بسترکشت Media
0.0250 i	0.51 j	4 g	1 c	1 g	Black gold	بلک‌گلد	0	ماسه Sand
0.0317 g	0.69 f	4 g	1 c	1.5 e	Compact green	سبز مینیاتوری		
0.0248 j	0.53 i	4 g	1 c	1 g	Black gold	بلک‌گلد	100	
0.119 a	2.03 a	6.87 a	1.16 b	2.33 c	Compact green	سبز مینیاتوری		
0.0223 k	0.32 k	4 g	1.75 a	1 g	Black gold	بلک‌گلد	200	
0.0293 h	1.13 b	2.25 b	1 c	2.33 c	Compact green	سبز مینیاتوری		
0.0140 l	0.14 l	2 i	1 c	1 g	Black gold	بلک‌گلد	0	پرلیت Perlite
0.057 c	1.08 c	4.11 f	1.16 b	2.66 b	Compact green	سبز مینیاتوری		
0.034 f	0.62 h	4.16 e	1 c	2 d	Black gold	بلک‌گلد	100	
0.0530 e	0.62 g	4.70 c	1 c	1.33 f	Compact green	سبز مینیاتوری		
0.066 b	1.02 d	3.58 h	1 c	3 a	Black gold	بلک‌گلد	200	
0.0533 d	0.79 e	4.41 d	1 c	2.66 b	Compact green	سبز مینیاتوری		

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$)

نتایج این آزمایش بیانگر این بود که بستر پرلیت سبب انگیزش ریشه و اندام هوایی در زمان کوتاه‌تری شد و هم‌چنین طول ریشه هم در این بستر نسبت به بستر ماسه، بلندتر بود. تعداد و طول ریشه از صفات مهمی هستند که در جذب آب و مواد غذایی، عملکرد گیاه و میزان مقاومت به تنش‌ها نقش اصلی را دارد. پرلیت سبب افزایش زهکشی بستر کشت و بهبود تهویه بستر می‌شود (*مالوپا*[1] و همکاران، 1992). به‌نظر می‌رسد برای گیاهان گلدانی زهکش مناسب، تهویه جهت طویل شدن ریشه‌ها و جذب بهتر عناصر غذایی مهم است، هم‌چنین بستر پرلیت این قابلیت را دارد به سرعت آب اضافی را خارج کند، پس در نتیجه گیاه آب مورد نیاز و عناصر غذایی را بهتر جذب می‌کند (*پارادیزو* و *دی پاسکال*[2]، 2008). مشابه با نتایج این آزمایش گزارش شده بستر ریشه‌زایی بر سرعت انگیزش ریشه‌ی قلمه‌های ساقه گیاه *Warburgia ugandensis* اثر معنی‌داری دارد (*آکواتولیر*[3] و همکاران، 2011). هم‌چنین نتایج مطالعه‌ای نشان داد افزایش میزان پرلیت در بستر کشت سبب افزایش وزن خشک ریشه و سوخ در گل نسرین شد که این امر را به‌دلیل زهکشی مناسب این بستر کشت دانستند (*خلج*[4] و همکاران، 2022).

در این پژوهش مشخص شد افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب کاهش تعداد روز از زمان کشت تا انگیزش ریشه و ظهور پاجوش، کاهش میزان پوسیدگی قلمه، افزایش طول ریشه و افزایش میزان کلروفیل برگ در قلمه‌ها به‌ویژه در بستر پرلیت شد. البته واکنش به غلظت‌های مختلف اسید ایندول بوتیریک بستگی به نوع رقم داشت. سایر پژوهش‌ها اثر مثبت افزایش غلظت این تنظیم‌کننده رشد را در زنده‌مانی قلمه‌ها، افزایش رشد اندام هوایی و افزایش طول ریشه را در سایر گیاهان زینتی گزارش کردند که نتایج آن‌ها همسو با نتایج این آزمایش است (*بهادار*[5] و همکاران، 2022؛ *رشودی* و همکاران، 2014). افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب افزایش وزن خشک قلمه‌ها در بستر پرلیت و کاهش وزن خشک برگ قلمه‌ها در بستر ماسه بادی شد. وزن‌تر و خشک برگ تا حدودی به ظرفیت نگهداری آب توسط بسترکشت و نیز پتانسیل جذب و نگهداری آب و مواد غذایی توسط گیاه و هم‌چنین اثری که غلظت‌های زیاد اسید ایندول بوتیریک بر سرعت ریشه‌زایی و تعداد ریشه‌ها گذاشته است بستگی دارد. *یشیواس*[6] و همکاران (2015) نیز طی پژوهشی بیان کردند تیمار قلمه‌های رز با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک اثرات قابل‌توجهی در افزایش وزن‌تر و خشک شاخه، وزن‌تر و وزن خشک ریشه دارد که با نتایج این آزمایش مشابهت دارد. به‌نظر می‌رسد ویژگی‌های پایه مادری و پتانسیل آن در جذب و ذخیره مواد غذایی، ویژگی‌های ساختاری بستر کشت و غلظت اسید ایندول بوتیریک در وزن‌تر و خشک ریشه تأثیرگذار است. انتظار می‌رود با افزایش غلظت اسید ایندول بوبتریک رقم بلک‌گلد در بستر پرلیت، برگ‌ها وزن خشک بیش‌تری را نشان دهند. هم‌چنین نتایج این پژوهش ثابت کرد افزایش غلظت اسید ایندول بوتیریک سبب کاهش وزن‌تر ریشه ارقام سانسوریا شد. صفات مختلف ازجمله وزن خشک ریشه می‌تواند به ویژگی‌های فردی هر ژنوتیپ نسبت داده شود (*احمدی*[7]، 2012). با توجه به تمامی این موارد، افزایش غلظت اسید بوتیریک سبب کاهش وزن‌تر ریشه ارقام سانسوریا در بستر ماسه بادی و پرلیت شد. خصوصیات مواد مختلف مورد استفاده به‌عنوان بستر کشت، به طور مستقیم و غیرمستقیم، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر دارد. در مطالعه‌ای مشاهده شد بیش‌ترین زیست‌توده خیار گلخانه‌ای در بستر کشت کوکوپیت و پرلیت‌کوکوپیت به‌دست آمد (*عالی‌فر*[8] و همکاران، 2010) که با نتایج این آزمایش مبنی بر اثر بستر کشت پرلیت بر ویژگی‌های رشدی سانسوریا همسو می‌باشد. درک رابطه منطقی و معنی‌دار بین صفات از طریق بررسی هم‌بستگی صفات امکان‌پذیر است (*خدیوی*[9] و همکاران، 2022). هم‌بستگی بالا در برخی صفات گیاهچه‌های تکثیر شده از قلمه برگی می‌تواند رابطه‌ای بین صفات در طی مرحله تکثیر این گیاه زینتی کند رشد به ما دهد.

1. Maloupa
2. Paradiso and De Pascale
3. Akwatulira
4. Khalaj
5. Bahadar
6. Yeshiwas
7. Ahmadi
8. Alifar
9. Khadivi

جدول ۸: هم‌بستگی بین صفات مورفوفیزیولوژیکی در گیاهچه‌های ازدیاد شده از قلمه برگی سانسوریا

Table 8: Correlation between morphophysiological traits in offshoots propagated from leaf cuttings of *Sansevieria trifasciata*

	tr1	*tr2*	*tr3*	*tr4*	*tr5*	*tr6*	*tr7*	*tr8*	*tr9*	*tr10*	*tr11*	*tr12*	*tr13*	*tr14*	*tr15*	*tr16*	*tr17*	*tr18*	*tr19*	*tr20*	*tr21*
tr1	1																				
tr2	-0.68	1																			
tr3	-0.73	0.79	1																		
tr4	-0.73	0.82	0.96	1																	
tr5	0.53	-0.76	-0.63	-0.73	1																
tr6	0.56	-0.37	-0.52	-0.56	0.17	1															
tr7	-0.32	0.47	0.46	0.44	-0.62	-0.27	1														
tr8	-0.15	-0.04	-0.22	-0.05	-0.08	-0.24	-0.21	1													
tr9	-0.39	0.14	0.01	0.04	-0.26	-0.01	0.36	0.08	1												
tr10	-0.22	-0.12	-0.11	-0.12	-0.04	-0.13	0.39	0.08	0.83	1											
tr11	-0.27	0.49	0.58	0.52	-0.54	0.26	0.40	-0.30	-0.08	-0.32	1										
tr12	-0.36	0.37	0.26	0.34	-0.74	0.06	0.50	0.41	0.22	0.11	0.50	1									
tr13	-0.20	0.08	-0.03	-0.07	-0.25	-0.02	0.67	-0.08	0.83	0.85	-0.04	0.27	1								
tr14	-0.20	0.03	0.03	0.00	-0.34	-0.03	0.61	-0.02	0.72	0.87	-0.06	0.34	0.89	1							
tr15	0.12	0.08	0.12	0.22	-0.18	-0.23	-0.08	0.19	-0.29	-0.02	-0.25	-0.02	-0.31	0.019	1						
tr16	-0.10	-0.23	-0.09	-0.28	0.31	0.21	0.07	-0.23	-0.02	0.22	0.12	0.02	0.18	0.22	-0.24	1					
tr17	-0.36	-0.02	0.28	0.15	0.16	-0.05	0.05	-0.16	-0.08	0.08	0.28	0.09	-0.09	-0.05	-0.07	0.75	1				
tr18	-0.29	0.54	0.45	0.50	-0.38	-0.24	0.27	-0.10	0.12	-0.03	0.13	0.20	-0.01	-0.09	0.22	-0.31	0.13	1			
tr19	0.34	-0.55	-0.54	-0.58	0.66	0.03	-0.14	0.21	-0.12	-0.02	-0.23	-0.23	0.041	-0.19	-0.54	0.26	0.04	-0.50	1		
tr20	0.08	-0.26	-0.07	-0.20	0.07	0.30	0.17	-0.54	0.36	0.28	0.13	-0.09	0.46	0.39	-0.61	0.15	-0.10	-0.22	0.08	1	
tr21	-0.13	0.28	0.15	0.21	-0.37	-0.49	0.61	-0.04	0.18	0.37	-0.25	0.06	0.46	0.52	0.36	-0.09	-0.28	0.02	-0.20	-0.13	1

tr1 تا tr21 به‌ترتیب شامل: زمان انگیزش ریشه، تعداد ریشه، طول ریشه، طول بلندترین ریشه، زمان انگیزش جوانه، درصد پوسیدگی، اندازه کالوس، تعدادجوانه، طول جوانه، قطر جوانه، تعداد برگ، نشت الکترولیت، وزن‌تر برگ، وزن خشک برگ، زیست‌توده برگ، وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، زیست‌توده ریشه، محتوای آب نسبی برگ، محتوای آب نسبی ریشه وکلروفیل

tr1 to tr21 respectively include: root appearance time, root number, root length, longest root length, bud appearance time, decay percentage, callus size, bud number, bud length, bud diameter, leaf number, electrolyte leakage, leaf fresh weight, leaf dry weight, shoot biomass, root fresh weight, root dry weight, root biomass, leaf relative water content, root relative water content and chlorophyll

نتیجه‌گیری کلی

اثر مثبت یا منفی کاربرد غلظت‌های مختلف اسید ایندول بوتیریک به‌شدت وابسته به رقم سانسوریا و هم‌چنین بستر کشت مورداستفاده داشت ولی در کل غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک بر ریشه‌زایی ارقام سانسوریا اثر مثبتی داشت. در این آزمایش بیش‌ترین درصد پوسیدگی قلمه مربوط به بلک‌گلد بود. پرلیت بهترین بستر برای کشت رقم سبز مینیاتوری بود. سبز مینیاتوری در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول بوتیریک پاسخ بهتری جهت ریشه‌زایی و ازدیاد پاجوش نشان داد ولی رقم بلک‌گلد در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر این تنظیم‌کننده رشد، عملکرد بهتری در صفات ریشه‌زایی داشت.

منابع

Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A. and Noguera, V. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. Bioresourse Technology, 82: 241-245.

Ahmadi, N. 2012. An investigation on rooting and growth of stem cuttings of rose genotypes show high and low sensitivity to exogenous ethylene treatment. Journal of Crops Improvement, 14 (1): 1-11. (In Persian).

Akwatulira, F., Gwali, S., Okullo, J. B. L., Ssegawa, P., Tumwebaze, S. B., Mbwambo J. R. and Muchugi A. 2011. Influence of rooting media and indole-3-butyric acid (IBA) concentration on rooting and shoot formation of *Warburgia ugandensis* stem cuttings. African Journal of Plant Science, 5 (8): 421-429.

Alifar, N., Mohammadi Ghahsareh, A. and Honarjou, N. 2010. The effect of growth media on cucumber yield and its uptake of some nutrient elements in soilless culture. Soil and plant interactions (Journal of science and technology of greenhouse culture), 1 (1): 19-24. (In Persian).

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology, 24: 1.

Bahadar, W., Khan, J., Ghani, A., Azam, M. K., Zafar, S. N., Aslam, M. Z., Rehman, A. U., Nazir, F., Babar, A. M. M. and Ullah, I. 2022. Effect of Indole Butyric Acid (IBA) on growth and success rate of hydrangea and fuchsia cuttings. Plant Science Journal, 11 (1): 01-06.

Barrsu, H. D. and Weatherley, P. E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences, 15: 413-428.

Bos, J. J. 1998. Dracaenaceae-The families and genera of vascular plants. III. Flowering plants: Monocotyledons: Liliacea (except Orchidaceae). Vol. ed. K. Kubitzki et al. pp: 238-241.

Davies, Jr. F. T. 1984. Shoot RNA, cambrial activity and indolebutyric acid effectivity in seasonal rooting of juvenile and mature *Ficus pumila* cuttings. Physiologia Plantarum, 62 (4): 571-575.

Dewayne, L. I. and Yeagar, T. H. 1991. Propagation of Landscape Plants. University of Florida, Florida Cooperative Extension Service.

Epstein, E. and Ludwig-Müller, J. 1993. Indole-3-butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. Physiologia Plantarum, 88 (2): 382-389.

Grillas, S., Lucas, M., Bardopoulous, E. and Sarafopoulos, S. 2001. Perlite based soilless culture system: current commercial applications and prospects. Acta Horticulture, 548: 105-113.

Hartmann, H. T. 1946. The use of root promoting substanaces in the propagation of olive by softwood cuttings. American Society for Horticultural Science, 48: 303-308.

Hejazi, A., Shahourdi, M. and Ardferoush, J. 2004. Index methods in plant analysis. Publication of Tehran University. (In Persian).

Hematharshini, A. and Seran, T. H. 2017. In vitro shoot organogen *Trifasciata* L. as infeluenced by sucrose concentration. International Journal of Advanced Research and Review, 2 (12): 01-06.

Khadivi, A., Mirheidari, F., Moradi, Y. and Paryan, S. 2022. Morphological and pomological diversity of wild *Prunus microcarpa* Boiss. germplasm. BMC Plant Biology, 22 (1): 1-10.

Khalaj, M. A., Azimi, M. H. and yousefbeigi, A. 2023. Effect of different growing media on morpho-physiological, biochemical and nutrient uptake characteristics of Amaryllis (*Hippeastrum* spp.) under vegetative growth period. Plant Productions, 45 (4): 519-531. (In Persian)

Kroin, J. 2012. Methods and tips to use aqueous (water-based) IBA rooting solutions©. Proceedings of the International Plant Propagators Society, 2012 1014. Pp: 165-168.

Maloupa, E. I., Mitsios, P., Martinez, F. and Bladenopoulou, S. 1992. Study of substrates use in gerbera soilless culture grown in plastic greenhouses. In Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates, 323: 139-144.

Okunlola, I. A., Arije, D. N. and Nnodim, O. C. 2018. Rooting development of *Sansevieria trifasciata* (Mother-In-Law Tongue) as influenced by different propagation substrates. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB), 3 (3): 264371.

Paradiso, R. and De Pascale, S. 2008. Effects of coco fiber addition to perlite on growth and yield of cut gerbera. Acta Horticulture, 779: 529-534.

Purwanto, A. W. 2006. Sansuria flora cantik penyerap racun. Yogyakarta: Kanisius, 13p.

Rashoudi, Z., Abotalebi, A. and Chehrazi, M. 2014. Effect of cutting size and IBA concentrations on rooting of hard wood cuttings in *Bougainvillea spectabilis* Willd. Plant Productions, 37 (3): 93-103. (In Persian).

Saidi, M., Safari-Nia, H., Ghanbari, F. and Sayaari, M. 2014. Evaluation of Physiological Indices of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Plant Under Different Irrigation Intervals and Superabsorbent Polymer A200. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 4 (12): 335-347. (In Persian).

Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science, 186 (1): 63-70.

Salehi Sardoei, A., Falah Imani, A. and Gholamshahi, S. 2019. The effect waste palm tree with mixing it with sand and perlite on growth indices Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Iranian journal of Plant and Biotechnology, 14(3): 10-17. (In Persian).

Shokri, S., Zarei, H. and Alizadeh, M. 2014. Effect of rooting media on root production of semi-hardwood stem cuttings in weeping bottlebrush (*Calistemon viminalis*) under greenhouse conditions. Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology, 5(3):173-183. (In Persian).

Thimann, K. V. 1934. On the chemical nature of the root forming hormone of plants. Proc. Kon. Acad. Wetensch. Amsterdam, 37: 456-458.

Yeshiwas, T., Alemayehu, M. and Alemayehu, G. 2015. Effects of indole butyric acid (IBA) and stem cuttings on growth of stenting-propagated rose in Bahir Dar, Ethiopia. World Journal of Agricultural Sciences, 11 (4): 191-197.

Yusnita, Y., Pungkastiani, W. and Hapsoro, D. 2011. *In vitro* organogenesis of two *Sansevieria trifasciata* cultivars on different concentrations of benzyladenine (BA). AGRIVITA, Journal of Agricultural Science, 33 (2): 147-153.