

The effect of Hoagland Nutrient Solution and Triacanthanol on the Yield and Photosynthetic Pigments of basil (*Ocimum basilicum* L.)

Saeideh Alizadeh Salteh^{*1}, Fatemeh Hashemi², Saheb-Ali Bolandnazhar¹,
Alireza Motallebi-Azar¹, Mina Amani³

Received: 27 February 2024

Accepted: 04 July 2024

1- Assoc. Prof., and Prof., Dept. of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Graduated from Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, and Tabriz, Iran.
3- Ph.D. student of the Physiology of Production and Post-harvest of Horticultural Plants, Dept. of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: s.a.salte@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1166-9581>

Abstract

Background & Objective: This research was carried out in order to investigate the effect of triacanthanol growth regulator concentration in two concentrations of Hoagland nutrient solution including Hoagland half and full Hoagland on growth traits and photosynthetic pigments of basil (*Ocimum basilicum* L.).

Materials & Methods: The experiment was carried out as a factorial experiment in a completely randomized design, with the first factor being nutrient solution concentration at two levels: half-strength Hoagland and full-strength Hoagland, and the second factor being triacanthanol at three concentrations: 0, 5, and 10 mg.l⁻¹, with three replications on basil plants during the agricultural year 2018-2019 in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture at the University of Tabriz, focusing on growth traits and photosynthetic pigments.

Results: According to the results, the use of full-strength Hoagland nutrient solution led to an increase in growth traits. With an increase in triacanthanol concentration to 10 mg/L, the number of lateral branches decreased in both nutrient solutions, which had a negative effect on the number of lateral branches. An increase in triacanthanol concentration to 5 mg.l⁻¹ compared to the control had the highest growth traits, whereas a concentration of 10 mg.l⁻¹ triacanthanol led to a decrease in the average growth traits under study. The total chlorophyll level in full-strength Hoagland nutrient solution showed a 10% increase compared to half-strength Hoagland solution.

Conclusion: Therefore, based on the experimental results, it can be claimed that the use of full-strength Hoagland nutrient solution leads to an increase in growth traits and photosynthetic pigments in basil plants, which can make this medicinal plant economically and medicinally justifiable.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll, Growth regulators, Growth traits, Plant hormones

تأثیر محلول غذایی هوگلند و تریاکانتانول بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

سعیده علیزاده سالطه^{۱*}، فاطمه هاشمی^۲، صاحبعلی بلندنظر^۱، علیرضا مطلبی‌آذر^۱، مینا امانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۴
--------------------------	-------------------------

- ۱- دانشیار و استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- دانش آموخته گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغبانی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*مسئول مکاتبه: Email: s.a.salte@gmail.com

چکیده

مقدمه و اهداف: این پژوهش به منظور بررسی تأثیر غلظت تنظیم‌کننده رشد تریاکانتانول در دو غلظت از محلول غذایی هوگلند شامل یک‌دوم هوگلند و هوگلند کامل بر روی عملکرد اقتصادی (صفات رشدی) و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی که فاکتور اول شامل غلظت محلول غذایی با دو سطح یک‌دوم هوگلند و هوگلند کامل و فاکتور دوم شامل تریاکانتانول در سه غلظت صفر، پنج و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر با سه تکرار روی گیاه ریحان در سال زراعی ۱۳۹۸ - ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، بر روی صفات رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی انجام گرفت.

یافته‌ها: با افزایش غلظت تریاکانتانول به میزان ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تعداد شاخه‌های جانبی در هر دو محلول غذایی کاهش یافت که تأثیر منفی بر تعداد شاخه‌های جانبی داشت. افزایش غلظت تریاکانتانول به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر در مقایسه با شاهد بیشترین میزان صفات رشدی را دربرداشت است، در صورتی که غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تریاکانتانول منجر به کاهش میانگین صفات رشدی مورد بررسی شده است. سطح کلروفیل کل در محلول غذایی هوگلند کامل به میزان ۱۰ درصد نسبت به محلول غذایی یک‌دوم هوگلند افزایش نشان داد.

نتیجه‌گیری: بنابراین براساس نتایج آزمایش می‌توان ادعا نمود که استفاده از محلول غذایی هوگلند کامل منجر به افزایش عملکرد اقتصادی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان می‌گردد که می‌تواند این گیاه دارویی از نظر اقتصادی و دارویی قابل توجیه باشد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده‌های رشد، صفات رشدی، کاروتنوئید، کلروفیل، هورمون‌های گیاهی

مقدمه

صنعتی و بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، استفاده از طب سنتی و گیاهان دارویی برای حفظ سلامتی، به دلیل افزایش اعتماد مردم به استفاده از

استفاده از گیاهان دارویی به منظور درمان با تاریخ زندگی انسان همزمان بوده است. امروزه در جوامع

بالا توصیه می‌شود که پیکر رویشی گیاه ریحان در مرحله تمام گل برداشت گردد. اسانس از پیکر رویشی (برگ‌ها، سرشاخه‌ها و گل‌های تازه یا خشک شده) به دو روش معمول تقطیر با آب یا تقطیر با بخار آب استخراج می‌شود. اسانس ریحان سبک‌تر از آب بوده و جداسازی آن از مخلوط آب - اسانس به راحتی امکان‌پذیر است (امانی و همکاران ۲۰۲۳؛ شریفی و همکاران ۲۰۱۱؛ یوسف‌زایی و همکاران ۲۰۱۵).

تریاکانتانول (Tria) برای اولین بار در گیاه یونجه کشف شد. تریاکانتانول یک الکل نوع اول با زنجیره ۳۰ کربنه است و به طور طبیعی در موم اپی کوتیکول گیاه یافت می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد تریاکانتانول باعث افزایش وزن خشک گیاه و کاهش محتوای قند، آمینواسید و پروتئین می‌شود (تقی‌زاده باغچه باغ و همکاران ۲۰۲۳). به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد، فعالیت آنزیم‌های مسئول تنظیم رشد گیاه (چن و همکاران ۲۰۰۲) و فرایندهای متابولیکی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (اسلام و همکاران ۲۰۲۰؛ اسلام و محمد ۲۰۲۰؛ مظفری ۲۰۱۷). تریاکانتانول یک هورمون گیاهی است که ممکن است تأثیرات متفاوتی روی گیاهان داشته باشد. برای مثال، یک مطالعه روی گیاه دارویی گل همیشه بهار نشان داد که محلول‌پاشی تریاکانتانول با غلظت پنج تا ۱۰ مولار منجر به افزایش عملکرد گل‌آذین، سطح برگ، وزن تر و خشک شد. همچنین، غلظت پنج تا ۱۰ مولار تریاکانتانول میزان درصد ماده خشک را نیز افزایش داد (تقی‌زاده باغچه‌بان و همکاران ۲۰۲۳). به‌طور کلی، استفاده از تریاکانتانول به‌صورت محلول‌پاشی برگی می‌تواند جهت افزایش عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی تعدادی از محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد تریاکانتانول رشد و عملکرد فتوسنتز، سنتز پروتئین، جذب آب و مواد غذایی، تثبیت نیتروژن، فعالیت آنزیم‌ها و محتویات اسیدآمین‌های آزاد، کاهش قند،

این گیاهان، بسیار چشمگیر بوده است، تقریباً ۳۰ درصد داروهای تهیه شده دنیا دارای منشأ گیاهی هستند که یا مستقیم از گیاهان عصاره‌گیری شده‌اند و یا براساس ترکیبات گیاهی، تهیه و سنتز شده‌اند (فاکنز و همکاران ۲۰۱۰). گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی علفی، یکساله، معطر و یک گیاه دارویی مهم از تیره نعناعیان (Lamiaceae) است که در درمان بسیاری از بیماری‌ها مورد توجه می‌باشد. ریحان دارای ساقه‌های منشعب از قاعده و به ارتفاع ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر و ریشه‌های مستقیم و مخروطی با انشعابات فراوان شکل به طول ۱۰ تا ۱۶ سانتی‌متر می‌باشد. برگ‌های متقابل، بیضی نوک‌تیز نیز با کناره‌های دندانه‌دار و گل‌های معطر به رنگ‌های سفید و گاهی بنفش و مجتمع به صورت دسته‌های چهار تا شش تایی در طول قسمت انتهایی ساقه دارد. ریحان به‌عنوان یک منبع غنی از ترکیبات فنولیک^۱ (به خصوص اسید رزمانیک^۲ و اسید کافئیک^۳) و فلاونوئیدها^۴ شناخته می‌شود (جولیان و سیمون ۲۰۰۲). اسید رزمانیک در سرشاخه‌ها و برگ‌ها تولید می‌شود، اما تجمع آن در ریشه نیز گزارش شده است. بذر آن حاوی موسیلاژ بوده و پیکر رویشی ریحان حاوی اسانس است. مقدار اسانس ریحان باتوجه به شرایط اقلیمی محیط کشت، بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد متغیر است. ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس بسیار متفاوت هستند، ولی به‌طور کلی لینالول^۵، متیل کایکول^۶، سیترال^۷، اوژنول^۸، سینئول^۹، ژرانیول^{۱۰}، کامفور^{۱۱} و متیل سینامات^{۱۲} از اجزای مهم اسانس بوده و در بازارهای جهانی به صورت عطر، دارو و صنایع غذایی مبادله می‌شوند. براساس ترکیبات معطر تشکیل‌دهنده اسانس، تیپ‌های شیمیایی متعددی از ریحان شناسایی و معمولاً براساس ناحیه جغرافیایی نامگذاری شده‌اند. مقدار اسانس بافت‌های مختلف بسته به اندام، مرحله نمو و روش استخراج متغیر است. اسانسی که از گل‌ها به دست می‌آید از نظر کیفیت، بهتر از اسانسی است که از کل پیکر رویشی گیاه استخراج می‌شود. برای تولید اسانس با کیفیت و کمیت

⁷ Citral⁸ Eugenol⁹ Cineol¹⁰ Geraniol¹¹ Camphor¹² Methyl cinnamate¹ Phenolic² Razmanic acid³ Caffeic acid⁴ Flavonoids⁵ Linalol⁶ Methyl cavicol

پروتئین‌های محلول و ترکیبات فعال اسانس را در محصولات مختلف بهبود می‌بخشید (نثیم و همکاران ۲۰۱۱). باتوجه به ارزش غذایی و دارویی گیاه ریحان و باتوجه به تأثیرات مثبت محلول غذایی هوگلند و غلظت-های متفاوت تریاکانتانول بر روی عملکرد و زیست توده گیاهان دارویی مختلف این تحقیق به منظور دستیابی به بیشترین زیست توده و عملکرد رشدی ریحان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر تریاکانتانول در دو غلظت محلول غذایی (هوگلند کامل و یکدوم هوگلند) بر برخی از خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه ریحان و رنگیزه‌های فتوسنتزی در سال زراعی ۱۳۹۸ - ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی، ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه طول شمالی و با ارتفاع ۱۵۷۶ متر از سطح دریا انجام گرفت. مطالعات آزمایشگاهی نیز در آزمایشگاه فیزیولوژی سبزی‌ها و گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی انجام شد. در این پژوهش، بذرها از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی که فاکتور اول شامل هوگلند کامل (جدول ۱) و یکدوم هوگلند و فاکتور دوم تریاکانتانول در سه سطح صفر،

پنج و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و سه تکرار و در هر تکرار چهار بوته از گیاه ریحان انجام گرفت. در هفته اول رویش تا استقرار کامل گیاه، آب و محلول غذایی یکدوم هوگلند اعمال شد. برای این منظور ابتدا بذرها را یکسان با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی شده و بذرها در سینی نشا کشت شده و بعد از رشد بذرها، زمانی که گیاه به اندازه چهار تا پنج برگه رسید، نشاهای آماده به گلدهی با شماره ۱۰ با حجم ۷/۵ لیتر و بستر کشت پرلایت با اندازه متوسط و کوکوپیت به نسبت سه به یک انتقال داده شدند. پس از انتقال نشا به گلدهی، تیمارهای محلول غذایی اعمال شدند. نسبت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در محلول غذایی هوگلند کامل در جدول ۲ آورده شده است. محلول‌های غذایی با اضافه کردن نمک‌ها به مقدار تعیین شده به بشکه‌های ۲۰۰ لیتری تهیه شدند. محلول‌رسانی به گیاهان به صورت دستی و روزانه صورت پذیرفت. pH محلول غذایی با استفاده از اسید فسفریک و اسید نیتریک در محدوده شش نگهداری شد. EC محلول غذایی نیز به طور مداوم کنترل شده (جدول ۳) و هر هفت تا ۱۰ روز یکبار به منظور جلوگیری از تجمع نمک، آبشویی بستر کشت صورت گرفت. برای ممانعت از رشد جلبک و رسیدن نور به محلول غذایی از پوشش‌های نایلونی تیره بر روی بشکه‌های حاوی محلول غذایی استفاده شد.

جدول ۱- غلظت عناصر در محلول‌های غذایی هوگلند کامل و یکدوم هوگلند (mg.l^{-1})

عناصر غذایی	هوگلند کامل	یکدوم هوگلند
N	۲۳۲/۶	۱۱۶/۳
K	۲۳۰	۱۱۵
Ca	۱۷۹	۸۹/۵
P	۲۴	۱۲
S	۱۱۳	۵۶/۵
Mg	۴۹	۲۴/۵
Fe	۳/۰	۱/۵
Cl	۱/۸	۰/۹
B	۰/۳	۰/۱۵
Mn	۰/۱	۰/۰۵
Zn	۰/۰۱	۰/۰۵
Cu	۰/۰۳	۰/۰۱۵
Mo	۰/۰۳	۰/۰۱۵

جدول ۲- مقادیر نمک‌های کودی تشکیل‌دهنده محلول غذایی هوگلند کامل

ترکیبات	غلظت محلول استوک (mg.l^{-1})	مقدار نهایی (mg.l^{-1})
عناصر غذایی پرمصرف		
KH_2PO_4	۱۳۵	۱
KNO_3	۱۰۱	۵
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	۲۳۶	۵
MgSO_4	۲۴۶	۲
عناصر غذایی کم‌مصرف		
HBO_3	۲/۸۶	
MnCl_2	۱/۸۶	
ZnSO_4	۰/۲۲	۱
CuSO_4	۰/۰۸	
H_2MoO_4	۰/۰۲	
کلات آهن	۵	۱

جدول ۳- میزان pH و EC (dS.m^{-1}) محلول غذایی استفاده شده در آزمایش

محلول غذایی	pH	EC
هوگلند کامل	۵/۹۹	۱/۷۸
یک‌دوم هوگلند	۵/۹۳	۱/۰۲

ارتفاع هر ریشه از سطح بستر (تقریباً یقه) تا نوک ریشه با خط‌کش اندازه‌گیری شد، اندازه‌گیری هر نمونه چهار بار تکرار و میانگین چهار داده به‌عنوان طول نهایی ریشه در نظر گرفته شد.

کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید با استفاده از روش پورا (۲۰۰۲) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون ۸۰ درصد اندازه‌گیری شد. برای این کار، ابتدا حدود ۰/۲۵ گرم از نمونه برگ‌ها در گلدان به‌صورت تصادفی جدا شد و در داخل فویل آلومینیومی پیچیده و پس از قراردادن بر روی یخ، به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس ۰/۲۵ گرم نمونه برگ‌ها را در هاون چینی با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد تا به‌صورت محلول یکنواختی درآمد. نمونه‌ها به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در مرحله بعد میزان جذب نور محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۲ نانومتر قرائت گردید. در نهایت مقدار جذب نمونه‌ها در

تعداد شاخه جانبی: برای این صفت، تعداد شاخه‌های جانبی شمارش شد.

ارتفاع بوته: در انتهای آزمایش یعنی در زمان قبل از گلدهی و قبل از برداشت گیاهان، ارتفاع هر نمونه در گلدان اندازه‌گیری شد، به این صورت که ارتفاع هر شاخه از سطح بستر (تقریباً یقه) تا جوانه انتهایی با خط‌کش اندازه‌گیری شد، اندازه‌گیری هر نمونه، چهار بار تکرار و میانگین چهار داده به‌عنوان ارتفاع نهایی شاخه در نظر گرفته شد.

وزن تر و خشک اندام هوایی

پس از برداشت قسمت رویشی در پایان آزمایش یعنی در زمان قبل از گلدهی، وزن تر اندام هوایی اندازه‌گیری شد و سپس در شرایط سایه و در دمای اتاق (دمای تقریبی ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت هفت روز نگهداری شد تا خشک شوند، سپس وزن هوا خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

در انتهای آزمایش و پس از برداشت گیاهان، میانگین طول ریشه در گلدان اندازه‌گیری شد، به این صورت که،

روابط جاگذاری و مقدار کلروفیل a (رابطه ۱)، کلروفیل b (رابطه ۲)، کل (رابطه ۳) و کاروتنوئید (رابطه ۴) محاسبه شد. گزارش نهایی مقادیر برحسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بیان شده است.

$$\text{Chl}_a \text{ (mg/g)} = [(12.25 \times A_{662}) - (2.55 \times A_{645})] \times [V/W] \quad [1]$$

$$\text{Chl}_b \text{ (mg/g)} = [(20.31 \times A_{645}) - (4.91 \times A_{662})] \times [V/W] \quad [2]$$

$$\text{Chl}_t \text{ (mg/g)} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b \quad [3]$$

$$\text{Chl}(x+c) \text{ (mg/g)} = (1000 A_{470} - 2.27 C_a - 81.4 C_b)/227 \quad [4]$$

نتایج و بحث

صفات رشدی

نتایج نشان داد که تعداد شاخه‌های جانبی تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور محلول غذایی هوگلند و تریاکانتانول در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد شاخه‌های جانبی در هر دو محلول غذایی هوگلند کامل و یک‌دوم هوگلند در غلظت پنج میلی گرم بر لیتر از تریاکانتانول افزایش نشان می‌دهد که از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند؛ لیکن با افزایش غلظت تریاکانتانول به میزان ۱۰ میلی گرم بر لیتر تعداد شاخه‌های جانبی در هر دو محلول غذایی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، میانگین تعداد شاخه‌های جانبی در محلول یک‌دوم هوگلند مقدار بیشتری را نسبت به محلول غذایی هوگلند کامل در غلظت پنج میلی گرم بر لیتر تریاکانتانول نشان می‌دهد (شکل ۱).

Chl_a: کلروفیل a، Chl_b: کلروفیل b، Chl_t: کلروفیل کل، Chl_(x+c): کاروتنوئید (گزانتوفیل + کاروتن).

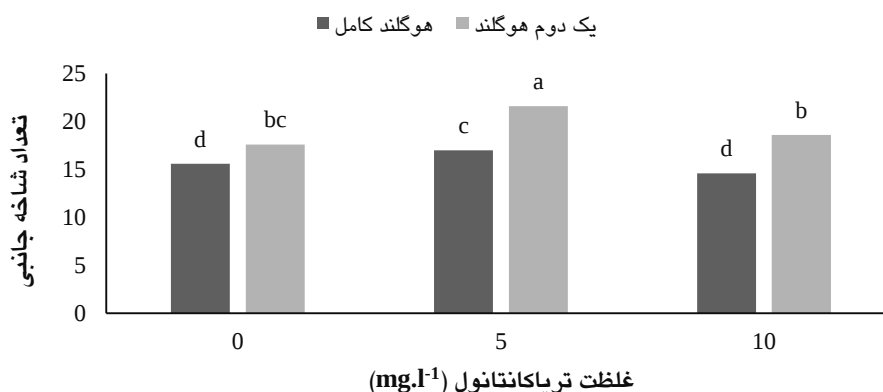
تجزیه و تحلیل داده‌ها

در ابتدا آزمون نرمال بودن باقی‌مانده‌ها و یکنواختی واریانس‌های درون تیماری انجام شده و مورد تأیید قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS (Ver. 20) و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر محلول غذایی هوگلند و تریاکانتانول بر صفات رشدی ریحان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				سطح کل بوته
		تعداد شاخه جانبی	ارتفاع بوته	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه	
هوگلند	۱	۵۶/۸**	۳۴۴/۹**	۲۶۰۳/۲**	۹۹/۲**	۱۴۰۷۴۸/۷**
Tria	۲	۱۴/۲**	۷/۲ ^{ns}	۱۹۲/۱ ^{ns}	۴/۵*	۳۶۳۱۵/۱**
هوگلند * Tria	۲	۲/۸*	۱۱/۰۷ ^{ns}	۱۴/۷ ^{ns}	۱/۹ ^{ns}	۶۱۲۲۶/۰۸**
خطای آزمایش	۱۲	۰/۴	۴/۸	۹۱/۲	۰/۸	۴۶۲۴/۲

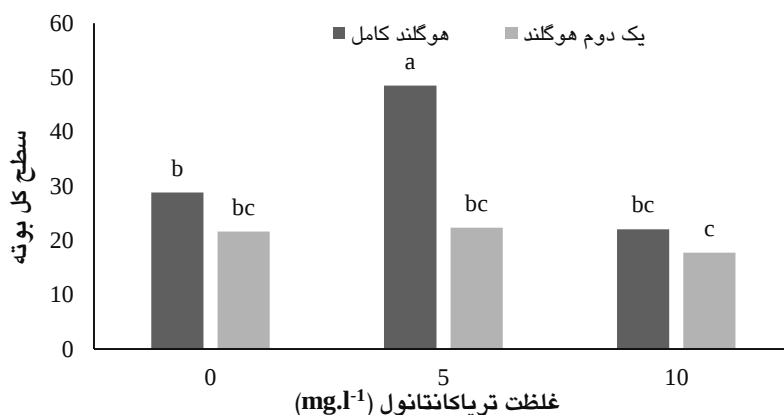
ns و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی‌دار است.



شکل ۱- اثر دو فاکتور غلظت‌های مختلف تریاکانتانول در محلول غذایی هوگلند بر تعداد شاخه جانبی تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

تریاکانتانول می‌باشد، به‌طوری که میزان سطح کل بوته در هر دو محلول غذایی اختلاف معنی‌داری نداشت. علاوه بر این، حداکثر میزان سطح کل بوته متعلق به تیمار تریاکانتانول با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که درمقایسه با محلول غذایی یک‌دوم هوگلند بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد (شکل ۲).

براساس نتایج، تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل محلول غذایی هوگلند و تریاکانتانول بر صفت سطح کل بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). براساس نتایج، مقایسه میانگین سطح کل بوته در محلول غذایی هوگلند کامل و یک‌دوم هوگلند نشان می‌دهد که حداکثر میانگین سطح کل بوته متعلق به محلول غذایی هوگلند کامل با غلظت پنج میلی‌گرم بر لیتر



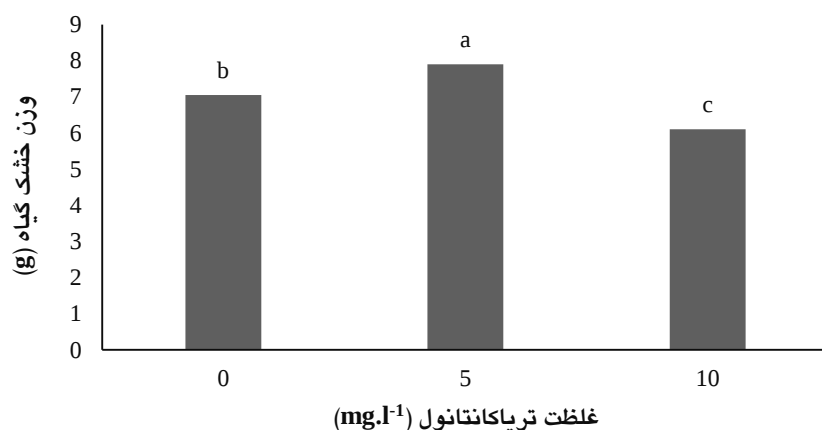
شکل ۲- اثر دو فاکتور غلظت‌های مختلف تریاکانتانول در محلول غذایی هوگلند بر سطح کل بوته تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

کامل می‌باشد که با تیمار یک‌دوم هوگلند اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر محلول غذایی هوگلند بر صفت وزن تر و خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار

براساس نتایج، تجزیه واریانس داده‌ها اثر محلول غذایی هوگلند بر صفت طول ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). در مورد صفت طول ساقه حداکثر میانگین متعلق به محلول غذایی هوگلند

می‌باشد. همچنین اثر فاکتور تریاکانتانول بر وزن تر و خشک بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در مورد صفت وزن تر و خشک حداکثر میانگین متعلق به محلول غذایی هوگلند کامل می‌باشد

(جدول ۵). همچنین بیشترین میزان وزن خشک بوته در فاکتور تریاکانتانول مربوط به غلظت پنج میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف تریاکانتانول بر وزن خشک گیاه

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۵- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در دو غلظت هوگلند

تیمار	غلظت محلول غذایی هوگلند	ارتفاع بوته (cm)	وزن تر گیاه (g)	وزن خشک گیاه (g)
۱	هوگلند کامل	۴۳/۴۵ ^a	۶۸/۶۳۲ ^a	۹/۳۹۱ ^a
۲	یک‌دوم هوگلند	۳۴/۶۹۴ ^b	۴۴/۵۸۰ ^b	۴/۶۹۴ ^b

براساس نتایج، استفاده از غلظت‌های نمکی هوگلند کامل تأثیر بسزایی در افزایش عملکرد رشدی، همچون افزایش وزن تر و خشک گیاه و ارتفاع بوته دارد. مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد تریاکانتانول در افزایش میزان وزن خشک گیاه (تقسی‌زاده و همکاران ۲۰۲۳) تأثیر دارد. طی گزارش‌های ارائه شده، تیمار خارجی با تریاکانتانول نقش مثبتی در افزایش رشد گیاه در *Erythrina variegata* ریحان و عدسک آبی (کلیک و همکاران ۲۰۱۰) ایفا کرده است. تریاکانتانول بدلیل تنظیم بسیاری از ژن‌های مرتبط با فتوسنتز موجب بهبود رشد می‌شود (سینگ و همکاران ۲۰۱۲). اولین شرط لازم برای عملکرد بالای گیاهان، افزایش در بیوماس تولیدی

از نظر ماده خشک است. تریاکانتانول مانند سایر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، به‌عنوان یکی از مهمترین محرک‌های رشد گیاهی شناخته شده است و بسیاری از فرایندهای رشدی گیاهان را تنظیم می‌کند (پروین و همکاران ۲۰۱۰). شدت فتوسنتز به میزان دی‌اکسید کربن هوا، دما و شدت نور بستگی دارد. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در میزان و شدت فتوسنتز، مقدار گاز دی‌اکسید کربن است. تریاکانتانول از طریق افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن و رونویسی بالاتر از ژن روبیسکو در انواع گونه‌های گیاهی باعث بهبود فتوسنتز و افزایش تجمع مواد فتوسنتزی و وزن گیاهان می‌شود (تقی‌زاده و همکاران ۲۰۲۳). محلول‌پاشی تریاکانتانول بدلیل

افزایش سرعت فتوسنتز باعث افزایش طول ساقه گیاه بادرشبویه گردید (عزیز و همکاران ۲۰۱۳).

رنگیزه‌های فتوسنتزی

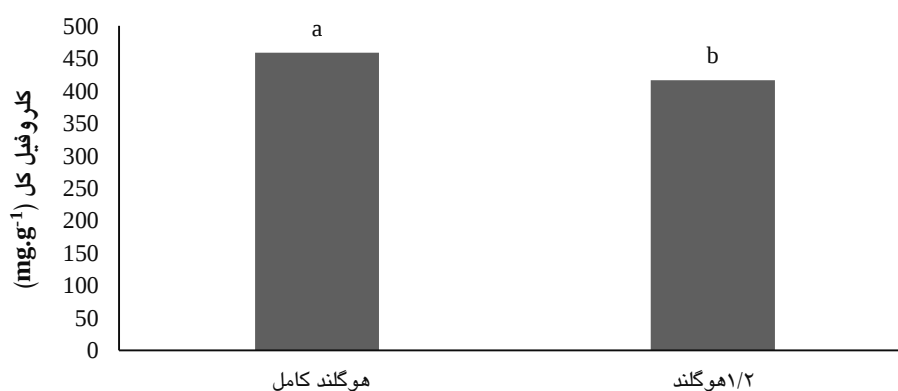
براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها محلول غذایی هوگلند بر کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثر فاکتور هوگلند و تریاکانتانول بر سایر رنگیزه‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۶). بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار هوگلند کامل (۴۵۸/۶۱۱ میلی‌گرم بر گرم) بود که با تیمار یک‌دوم هوگلند اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴). به عبارتی استفاده از هرکدام از ترکیبات هوگلند و تریاکانتانول به تنهایی بر صفات مورد بررسی اثر داشته است و اثر متقابل در بسیاری از صفات معنی‌دار نبود. استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌تواند روی بیوسنتز و حتی تجزیه کلروفیل و در نتیجه به‌طور مستقیم روی

فتوسنتز تأثیر بگذارد. رنگدانه‌های کاروتنوئید نیز با به دام انداختن طول‌موج‌های کوتاه با انرژی زیاد، می‌توانند اکسیژن تکی را به سه تایی تبدیل و با حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولیدشده، نقش پاک‌کنندگی نشان دهند (کردی و همکاران ۲۰۱۳). براساس مطالعات استفاده از محلول هوگلند به‌طور گسترده‌ای برای پرورش گیاهان مختلف در کشت هیدروپونیک استفاده می‌شود و برای رشد گیاهان بسیار مناسب است (شریفی و همکاران ۲۰۲۲). باتوجه به تحقیقات علمی، اثر متقابل محلول‌پاشی دو محلول غذایی بر روی گیاهان ممکن است به عوامل مختلفی بستگی داشته باشد. برخی از نکات عبارتند از: تفاوت‌های ژنتیکی در گیاهان، ترکیب محلول‌ها، غلظت محلول‌ها، نوع گیاه و متغیرهای محیطی که این عوامل ممکن است روی عدم معنی‌داری اثرات متقابل تأثیرگذار باشد (تقی‌زاده و همکاران ۲۰۲۳).

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر محلول غذایی هوگلند و تریاکانتانول بر صفات فیزیولوژیکی ریحان

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
کاروتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a		
۸۱۶/۳ ^{ns}	۷۴۶۱/۴*	۱۱۱۸۶/۴ ^{ns}	۶۹/۲ ^{ns}	۱	هوگلند
۱۳۶۴/۲ ^{ns}	۴۷۷۳/۸ ^{ns}	۴۱۲۲/۶ ^{ns}	۲۲۰۱/۵ ^{ns}	۲	Tria
۸۴۵/۷ ^{ns}	۴۴۰۹/۵ ^{ns}	۳۵۹۷/۴ ^{ns}	۲۲۶/۹ ^{ns}	۲	هوگلند * Tria
۳۳۷	۱۳۱۳	۲۳۶۴/۴	۵۷۶۷/۱	۱۲	خطای آزمایش

^{ns}، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی‌دار است.



غلظت محلول غذایی هوگلند

شکل ۴- میانگین اثر محلول غذایی هوگلند بر کلروفیل کل

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نتیجه‌گیری

صفات معنی‌دار نبود. از این رو، مصرف محلول غذایی هوگلند کامل و تریاکانتانول با غلظت پنج میلی‌گرم بر لیتر توصیه می‌شود.

سیاسگزاری

از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز به خاطر همکاری‌های صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می‌شود.

باتوجه به مطالعات انجام شده، استفاده صحیح از هورمون محرک رشد تریاکانتانول و محلول غذایی یکی از عوامل مهم و مؤثر برای حصول عملکرد بالا است. در پژوهش حاضر، در بیشتر صفات استفاده از هرکدام از ترکیبات هوگلند و تریاکانتانول به تنهایی بر صفات مورد بررسی اثر داشته است و اثر متقابل در بسیاری از

منابع مورد استفاده

- Amani M, Alizadeh-Salteh S, Sabzi-Nojadeh M and Younessi Hamzekhanlu M. 2023. The effect of *Trichoderma harzianum* on the antioxidative traits of *Ocimum basilicum* L. under different irrigation regimes. *Journal of Crops Improvement*, 25(3): 719-735. <https://doi.org/10.22059/jci.2023.345935.2730>
- Aziz R, Shahbaz M Ashraf M. 2013. Influence of foliar application of triacontanol on growth attributes, gas exchange and chlorophyll fluorescence in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under saline stress. *Pakistan Journal of Botany*, 45(6): 1913-1918.
- Chen X, Yuan H, Chen R, Zhu L, Du B, Weng Q and He G. 2002. Isolation and characterization of triacontanol regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): possible role of triacontanol as plant growth stimulator. *Plant Cell Physiol*, 43: 869-876. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcf100>
- Faknaz M, Heydari P and Mehrabi A. 2010. The effects of biotechnology to increase the productivity of medicinal plants, Regional conference food and biotechnology, Islamic Azad University, Kermanshah Branch.
- Islam S and Mohammad F. 2020. Triacontanol as a dynamic growth regulator for plants under diverse environmental conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 1: 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12298-020-00815-0>
- Islam S, Zaid A and Mohammad F. 2020. Role of triacontanol in counteracting the ill effects of salinity in plants: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1: 1-10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-020-10064-w>
- Juliani HR and Simon JE. 2002. Antioxidant activity of basil. *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, Vesicular-Mucorizae, 9: 575-579.
- Kilic NK, Duygu E and Donmez G. 2010. Triacontanol hormone stimulates population, growth and Brilliant Blue R dye removal by common duckweed from culture media. *Journal of Hazardous Materials*, 182: 525-530. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.06.063>
- Kordi S, Saidi M and Ghanbari F. 2013. Induction of drought tolerance in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) by Salicylic Acid. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 2: 18-26.
- Mozafari H. 2017. Effect of interaction Triacontanol and arsenic on the growth and some biochemical and physiological properties of soybean (*Glycine max* L). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(3): 477-487.
- Perveen S, Shahbaz M and Ashraf M. 2010. Regulation in gas exchange and quantum yield of photosystem II (PSII) in saltstressed and non-stressed wheat plants raised from seed treated with triacontanol, *Pakistan Journal of Botany*, 42(5): 3073-3081.
- Porra RJ. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls and b. *Photosynthesis Research*, 73: 149-156. <https://doi.org/10.1023/A:1020470224740>

- Sharifi M, Mohtashamian M, Riyahi H, Aghaee A and Alavi S. 2011. The effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus etunicatum* on growth and some physiological parameters of basil. *Journal of Medicinal Plants*, 2011; 10(38): 85-94. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.2717204.2011.10.38.9.2>
- Sharifi A, Gord Noshahri N, Zare Mehrjerdi M, Ameri M, Seyedabadi M and Kharrazi M. 2022. Evaluation of using vinasse as fertigation on growth traits of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 6(1): 47-57. <https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.547109.1191>
- Sharma MK, Joolka NK and Sharma N. 2002. Effect of triacantanol and paclobutrazol on photosynthetic efficiency, carbohydrate metabolism and leaf nutrients status of nonpareil almond. *Progressive Horticulture*, 1: 117-118. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.373>
- Singh M, Khan MMA, Moinuddin and Naeem M. 2012. Augmentation of nutraceuticals, productivity and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) through Triacantanol application, *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 146(1): 106-113. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.575891>
- Taghizadeh Baghchejooghi H, Alizadeh Salteh S and Matloobi M. 2023. The effect of fulvic acid and triacantanol foliar application on some biochemical and physiological properties and active ingredients of *Calendula officinalis*. *Journal of Horticultural Science*, 37(1): 167-179. <https://doi.org/10.22067/jhs.2022.74365.1119>
- Yosefzai F, Poorakbar L and Farhadi K. 2015. The effect of silver nanoparticles on morphological and physiological indexes of *Ocimum basilicum* L. *Physiology and Plant Biochemistry of Iran*, 1(2): 63-73. <http://ijppb.lu.ac.ir/article-1-44-en.html>