Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**

Vol. 4, No. 2, Autumn & Winter 2023, p. 279-290 **جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، صفحه ۲۹۰-۲۷۹**

مقاله پژوهشی

DOI : 10.22034/PLANT.2024.140991.1089

اثر اسید هیومیک برخصوصیات کمی گیاهان دارویی کشتوک و کاسنی در سیستم هواکشت

زهرا سپهری[۱]، زهرا موحدی[۲]، مهدی عیاری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲. استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

چکیده

در این پژوهش اثر محلول پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات مورفولوژیک گیاهان دارویی کشتوک (*Pergularia tomentosa* L.) و کاسنی (*Cichoirium intybus* L.) در سیستم هوا کشت بررسی شد. این سیستم روش بسیار مناسبی برای بررسی تاثیر عناصر غذایی و نیز بهبود رشد و نمو در گیاهان مختلف در شرایط کنترل شده محسوب می‌شود. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی با آب (شاهد)، اسید هیومیک (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. محلول‌پاشی در سه مرحله شامل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هواکشت انجام شد و پس از چهار ماه، صفات مورفولوژیک گیاهان مورد نظر اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف روی صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در هر دو گیاه کشتوک و کاسنی معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین در کشتوک نشان داد که استفاده از غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم اسید هیومیک، بیشترین مقادیر ارتفاع بوته، طول ریشه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی را به خود اختصاص داد و کمترین مقادیر صفات مذکور در تیمارشاهد مشاهده شد. درگیاه کاسنی نیز نتایج نشان داد که بیشترین وکمترین مقادیر صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی به ترتیب به بالاترین غلظت اسیدهیومیک و تیمار شاهد تعلق داشت. می‌توان گفت کاربرد غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک درسیستم هوا کشت می‌تواند سبب بهبود خصوصیات کمی گیاهان دارویی کشتوک وکاسنی گردد.

کلید واژگان: ارتفاع بوته، ایروپونیک، سطح برگ،کشت بدون خاک، محلول‌پاشی

*ایمیل نویسنده مسئول: zahra.movahedi@malayeru.ac.ir

مقدمه

کشتوک (پرگولاریا) با نام علمی (*Pergularia tomentosa* L.) گیاهی چندساله از خانواده استبرق Asclepiadacea است (Babaamer*et al*., 2014). اندام‌های این گیاه حاوی لاتکس بوده و میوه آن فولیکول، مشابه میوه گیاه استبرق است، با این تفاوت که پوسته خارجی میوه پرگولاریا حالت خار مانند داشته، درحالی‌که سطح میوه استبرق صاف است. پرگولاریا ترکیبات شیمیایی متعددی دارد که عمده‌ترین آن‌ها کاردنولیدها هستند (Agrawal and Fishbein, 2006).این گیاه دارای یک گلیکوزید کاردیاک با نام Ghalakinosid می‌باشد که به‌عنوان یک ماده با توان ضد توموری کاربرد دارد و بررسی فیتوشیمی گونه کشتوک به نقش ضد سرطانی آن دلالت دارد (Piacente *et al*., 2009). ازاین گیاه به‌عنوان ضد رماتیسم، برای درمان آسم و برونشیت و برخی بیماری‌های پوستی و آلرژی‌ها استفاده می‌کنند (Haddaji *et al*., 2021).

کاسنی(*Cichoirium intybus* L.) یک گیاه دارویی مهم از راسته گل استکانیو تیره Asteraceae است.کاسنی گیاهی علفی، پایا، باریشه مخروطی شکل به رنگ قهوه‌ای و ساقه‌ای راست و شاخه‌دار است، برگ‌های زمینی آن به‌صورت متناوب، سرنیزه‌ای و بدون دم برگ است و گل‌ها به رنگ آبی بوده و ارتفاع گیاه بین ۵-۱/۵ متر بوده و گیاهی دگرگشن است. اهمیت کاسنی بیشتر به جهت قابلیت آن در درمان مشکلات کبد است. برگ این گیاه دارای گلیکوزید تلخی به نام شیکورین است. کلیه قسمت‌های این گیاه به خصوص ریشه و برگ‌های آن اثر مقوی معده، مدر، تصفیه کننده خون، ملین، صفرا بر و تب بردارند. پلی ساکارید اینولین در ریشه کاسنی نیز از ترکیبات بسیار مهم در این گیاه محسوب می‌شود (Zargari, 1997;Al-Snafi, 2016).

تولیدکشت‌های بدون خاک گیاهان از جمله گیاهان دارویی درمحیط‌های کنترل شده، فرصت‌هایی برای بهبود کیفیت، خلوص، سازگاری و تولید زیست توده در مقیاس تجاری فراهم می‌کند (Hayden, 2004). یکی از پیشرفته‌ترین نوع کشت‌های بدون خاک، سیستم هواکشت است که در آن ریشه‌های گیاه در هوا هستند و به طور متناوب با محلول غنی از موادمغذی و با استفاده از یک تایمر و پمپ به صورت پاشش کود،آبیاری می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که سیستم‌های هوا کشت دسترسی اکسیژن را در ناحیه ریشه به حداکثر می‌رسانند، بنابراین به حداکثر رشد گیاه کمک می‌کنند. از مزیت‌های سیستم هوا کشت نسبت به دیگر سیستم‌های مشابه، استفاده کارآمدتر از آب است. مواد مغذی را مستقیماً به ریشه گیاه می‌رساند که منجر به رشد سریع‌تر محصولات می‌شود. محصولات به دست آمده تمیز بوده و قبل از استفاده نیازی به شستشو ندارند و همچنین رشد یکنواخت در بین تمام محصولات زراعی از دیگر مزایای این سیستم می‌باشد (Mithunesh *et al*., 2015). هواکشت یک تکنیک جایگزین مدرن بوده که از آن می‌توان برای تولید گیاهان دارویی که ریشه آنها ارزش دارویی بالایی دارند، استفاده کرد (Movahedi and Rostami, 2020).

یکی از نکات بسیار مهم در سیستم هوا کشت ،تغذیه گیاه می‌باشد که برای رشد مطلوب‌تر گیاه باید مورد توجه قرارگیرد. در مطالعه‌ای روی چند گیاه دارویی شامل کاسنی، سنبل الطیب، پنیرباد و سرخارگل در سیستم هواکشت، نتایج نشان داد که کاربرد نانوکود روی سبب افزایش زیست توده در این گیاهان شده است (Mohit Rabary *et al*., 2022). نتایج کاربرد کودزیستی نیتروکارا در گیاه کاسنی تحت شرایط سیستم هواکشت نیز دلالت بر اثر مثبت این کود آلی بر صفات فیزیومورفولوژیک در این گیاه داشت (Rashnoo *et al*., 2020). در پژوهشی دیگر،کاربرد سیستم هوا کشت به منظور بررسی اثر کلات و نانوکلات آهن بر گیاه کاسنی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج آن نشان داد که از این سیستم به‌خوبی برای بررسی اثر کودها بخصوص در ریشه می‌توان استفاده کرد (Movahedi and Moieni, 2019).

باتوجه به مشکلات زیست محیطی، در دهه‌های اخیر استفاده ازانواع اسیدهای آلی برای بهبود عملکرد و کیفیت محصول گیاهان زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. استفاده ازاین کودهای آلی در مقادیر بسیارکم به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل توجهی در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Sabzevari *etal*., 2009; El- Sherbeny *et al*., 2012). یکی از این کودهای طبیعی، اسید هیومیک می‌باشد، اسید هیومیک در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت و لیگنین به وجود می‌آید، در واقع یک ترکیب پلیمری طبیعی و آلی است که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به کار رود (Gad El-HAK *et al*., 2012). اسید هیومیک نفوذپذیری

غشای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است و همچنین یک فاکتور مهم در جذب نیتروژن به درون سلول و کاهش تولید نیترات می‌باشد که منجر به افزایش تولید می‌شود (Khalesro and Malekian, 2017).

در آزمایشی روی گل حنا نتایج نشان داد که تیمار ترکیبی اسید هیومیک و اسید فولویک سبب افزایش تمام صفات رشدی گیـاه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Esringü *et al*., 2015). در گل داوودی، کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول‌پاشـی ازطریق بهبود سرعت فتوسنتز گیاه، صفات رشدی گیاه را بهبود بخشید (Fan *et al*., 2014). همچنین بررسی کاربرد کود آلی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه همیشه بهارنشان دادکه کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ارتفاع، عملکردگل، تعدادگل دربوته، عملکرددانه، عملکرد گلبرگ و وزن هزاردانه نسبت به شاهد گردید (Abedini *et al*., 2015). نتایج Sabouri و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه مرزه نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک این گیاه شده است. در گیاه دارویی بادرنجبویه (Gorgini Shabankareh *et al*., 2017) و گیاه دارویی پنیر باد (Rigi1 and Valizadeh, 2023) نیز کاربرد اسید هیومیک وزن تر و خشک بوته را افزایش داده است.

باتوجه به مضرات کودهای شیمیایی استفاده شده درگیاهان دارویی و باتوجه به اینکه استفاده از این گیاهان در کشور رو به افزایش است، استفاده از کودهایی بدون اثر سوء کودهای شیمیایی،روشی مناسب و مفید در رفع نیاز غذایی گیاه بخصوص در سیستم‌های کشت بدون خاک می‌باشد. با توجه به ماهیت کودهای هیومیکی و اثرات مثبت تایید شده آنها در سایرگیاهان زراعی و باغی، این آزمایش با هدف بررسی اثر اسید هیومیک بر برخی صفات رشدی و مورفولوژیک گیاهان دارویی کشتوک و کاسنی در سیستم هواکشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر رشد گیاهان دارویی کشتوک و کاسنی در سیستم هوا کشت در شرایط گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر با دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد، فتوپریود ۱۶ ساعت روشنایی و رطوبت حدود ۵۵ درصد در سال ۱۳۹۶انجام شد. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک (دایموند گرو محصول شرکت سولوشنز آمریکا حاوی ۶۰ درصد ماده هیومیکی و ۱۲ درصد پتاسیم) بر رشد گیاهان دارویی کشتوک و کاسنی در سیستم هواکشت، ابتدا بذور این گیاهان دارویی در مخازن سیستم هوا کشت، کشت شدند. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی با اسید هیومیک (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. محلول‌پاشی در سه نوبت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هوا کشت انجام شد. این آزمایش‌در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام شد. نمک‌های مورد استفاده بر پایه محلول غذایی هوگلند (Hoagland and Arnon, 1950) بود که غلظت عناصر مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. سیستم هواکشت مورد استفاده در این تحقیق شامل مخزن قرارگیری بذرها (این مخزن جهت انتقال بذرها در داخل آنها مورد استفاده قرار گرفت)، نازل‌ها (نازل‌ها به گونه‌ای بود که محلول غذایی را بصورت کاملاً پودر شده و قابل جذب برای گیاه در می‌آورد)، مخزن محلول غذایی، پمپ‌های اسپری کننده محلول غذایی و جمع آوری بازیافت محلول غذایی و سیستم کنترل بودکه در آن از زمان سنج‌های دیجیتالی استفاده شد. از یک زمان سنج به منظور تنظیم زمان اسپری کردن محلول غذایی و از زمان سنج دیگر برای تنظیم زمان تخلیه مازاد محلول غذایی استفاده شد.

جدول ۱- غلظت محلول‌های مورد استفاده در سیستم هواکشت (mg l-1)

عنصر	غلظت ($mg\ L^{-1}$)	عنصر	غلظت ($mg\ L^{-1}$)
پتاسیم (K)	۲۰۰	آهن (Fe)	۱
نیتروژن (N)	۱۹۰	منگنز (Mn)	۰/۵
کلسیم (Ca)	۱۵۰	بور (B)	۰/۵
گوگرد (S)	۷۰	روی (Zn)	۰/۱۵
منیزیم (Mg)	۴۵	مس (Cu)	۰/۱
فسفر (P)	۳۵	مولیبدن (Mo)	۰/۰۵

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	طول ریشه	حجم ریشه	تعداد برگ	سطح برگ
اثر اسید هیومیک	۳	۶۷۶/۱**	۲۹۰/۳**	۱۴/۱**	۳۱/۳**	۱۷۶۵/۹**
خطا	۱۶	۷/۹۹	۴/۱۳	۰/۱۹	۰/۴۲	۲۳/۹۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۱/۸۷	۲/۱	۱/۷	۱/۸۲	۱/۷۶

ادامه جدول۲

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
اثر اسید هیومیک	۳	۱۶۹/۷**	۵/۶۵**	۱۴۴۳/۵**	۷۴/۸**
خطا	۱۶	۵/۲۷	۰/۱۷	۲۰/۴	۰/۹۸
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۱۵	۲/۹	۱/۶۷	۱/۸۵

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک گیاه شامل طول اندام هوایی، طول و حجم ریشه، تعداد و سطح برگ،وزن‌تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی درانتهای آزمایش پس از ۴ ماه انجام شد. وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. وزن خشک پس از قراردادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت،تعیین گردید .سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج مدل LI-3100 COR Area Meter اندازه‌گیری شد. وزن تراندام‌های هوایی و ریشه‌ها بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری طول ریشه در گلخانه و بلافاصله پس از برداشت صورت گرفت. حجم ریشه توسط استوانه مدرج و براساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حجم اولیه بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون Kolmogorove-Smirnov نرمال بودن خطاهای آزمایشی صفات مورد بررسی را نشان داد، لذا محاسبات آماری برای تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (ver.14) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

کاسنی

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) مشخص شد که کاربرد اسید هیومیک بر میزان ارتفاع بوته معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک نسبت به شاهد ۴۵/۴ درصد ارتفاع بوته را افزایش داده است (جدول ۳).

طول ریشه و حجم ریشه

کاربرد اسید هیومیک در سطح یک درصد، تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه و حجم ریشه داشت و باعث افزایش این صفات گردید، به طوری که در زمان کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر

اسید هیومیک طول ریشه و حجم ریشه به ترتیب ۵۱/۹ و ۴۱/۳ درصد در مقایشه با شاهد افزایش یافت (جدول ۳).

تعداد و سطح برگ

نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده اثر معنی‌دار کاربرد اسید هیومیک بر تعداد و سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش ۴۴/۲ درصدی تعداد برگ و ۴۲/۵ درصدی سطح برگ در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳).

وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه وتحلیل آماری (جدول ۲) وزن تر و خشک ریشه بیانگر آن بود که اثر اسید هیومیک بر این صفات معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که وزن‌تر و خشک ریشه به ترتیب افزایش ۵۵/۹ و ۵۱/۷ درصدی را با کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در مقایسه با شاهد نشان دادند (جدول ۳).

وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن‌تر و خشک اندام هوایی بیانگر اثر معنی‌دار کاربرد اسید هیومیک روی این صفات بود (جدول ۲). بر اساس نتایج بدست آمده، مقدار وزن تر و خشک اندام هوایی با افزایش غلظت اسید هیومیک به ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۱/۲ و ۴۸/۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

تیمار (اسید هیومیک)	ارتفاع بوته (cm)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)
شاهد	۱۲۵/۲^{d}	۸۰/۲^{d}	۲۱/۳^{d}	۲۹/۴^{d}	۲۳۱/۷^{d}
۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۳۳/۶^{c}	۹۴/۳^{c}	۲۵/۴^{c}	۳۳/۲^{c}	۲۶۱/۶^{c}
۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۶۰/۷^{b}	۱۰۱/۷^{b}	۲۷/۷^{b}	۳۷/۵^{b}	۲۹۰/۷^{b}
۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۸۲/۱^{a}	۱۲۱/۱^{a}	۳۰/۱^{a}	۴۲/۴^{a}	۳۳۰/۲^{a}

ادامه جدول ۳

تیمار (اسید هیومیک)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)
شاهد	۵۶/۷^{c}	۱۱/۴^{c}	۲۲۰/۳^{d}	۴۱/۳^{d}
۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۷۱/۲^{b}	۱۳/۹^{b}	۲۶۴/۳^{c}	۵۲/۱^{c}
۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۷۴/۸^{b}	۱۴/۳^{b}	۲۸۱/۵^{b}	۵۷/۴^{b}
۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۸۸/۴^{a}	۱۷/۲^{a}	۳۱۱/۲^{a}	۶۱/۲^{a}

کشتوک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر اسید هیومیک برای صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، حجم ریشه ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر وخشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی درسطح احتمالی یک درصد معنی‌دار بود.

.

جدول ۴-نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کشتوک در سیستم هواکشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	طول ریشه	حجم ریشه	تعداد برگ	سطح برگ
اثر اسید هیومیک	۳	۳۱۳/۱**	۲۱/۹**	۱/۵۴**	۳۱/۹**	۴۹/۵**
خطا	۱۶	۳/۶۱	۰/۳۲	۰/۰۲۱	۰/۴۶	۰/۶۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۲/۲۲	۲/۵	۲/۱۳	۲/۹	۲/۲۸

ادامه جدول ۴

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
اثر اسید هیومیک	۳	۶۳/۵**	۲/۴۹**	۴۳۵/۸**	۴۲/۲**
خطا	۱۶	۰/۸۳	۰/۰۷۹	۶/۲۲	۰/۷۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۲/۴	۳/۶	۱/۸۳	۳/۲

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد بطوری که ارتفاع بوته در زمان کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک افزایش ۵۷/۵ درصدی نسبت به شاهد داشت (جدول ۵).

طول ریشه و حجم ریشه

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که با افزایش سطح اسید هیومیک از صفر به ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر طول ریشه و حجم ریشه به ترتیب۵۴/۴ و ۵۴/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است

تعداد و سطح برگ

بررسی داده‌های آزمایش برای صفات تعداد و سطح برگ نشان داد که بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش ۶۳/۸ درصدی تعداد برگ و ۵۹/۲ درصدی سطح برگ در مقایسه با شاهد شد.

وزن تر و خشک ریشه

با توجه به جدول ۵، تاثیر کاربرد اسید هیومیک بر گیاه کشتوک نشان داد که کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک (۶۰/۲ درصد) و وزن تر ریشه (۵۶/۳) نسبت به شاهد شد.

وزن تر و خشک اندام هوایی

تیمار اسید هیومیک سبب افزایش معنی دار وزن خشک و تر اندام هوایی شد بطوری که در زمان کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک وزن خشک اندام هوایی معادل ۵۶/۶ درصد و وزن تر اندام هوایی معادل ۴۵/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کشتوک در سیستم هواکشت

تیمار (اسید هیومیک)	ارتفاع بوته (cm)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)
شاهد	۶۶/۳۷^{d}	۱۹/۱^{c}	۵/۳^{d}	۲۱/۳^{d}	۲۶/۷^{d}
۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۷۵/۳۵^{c}	۲۰/۱۲^{c}	۶/۴^{c}	۲۶/۲^{c}	۳۱/۲^{c}
۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۹۵/۷۵^{b}	۲۲/۹۲^{b}	۷/۳^{b}	۲۸/۵^{b}	۳۸/۱^{b}
۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۰۴/۶^{a}	۲۹/۵^{a}	۸/۲^{a}	۳۴/۹^{a}	۴۲/۵^{a}

ادامه جدول ۵

تیمار (اسید هیومیک)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)
شاهد	۳۲/۵^{d}	۶/۱۳^{c}	۱۱۰/۷^{d}	۲۱/۲^{c}
۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۳۶/۴^{c}	۷/۱۴^{bc}	۱۳۱/۵^{c}	۲۶/۷^{b}
۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۴۲/۴^{b}	۸/۲۲^{a}	۱۴۱/۲^{b}	۲۷/۹^{b}
۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۵۰/۸^{a}	۹/۸۲^{a}	۱۶۰/۹^{a}	۳۳/۲^{a}

با توجه به بحران آلودگی‌های زیست محیطی چالش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده‌ها و حفظ پایداری اکوسیستم‌های طبیعی آغاز شده است. در بیشتر کشورهای درحال توسعه ازجمله ایران، عناصر ضروری گیاه از طریق کودهای شیمیایی تأمین می‌شوند. تأمین کود از طریق کودهای شیمیایی ،علاوه بر واردکردن آلودگی به خاک، سبب آلودگی چرخه آب در طبیعت نیز می‌گردد که در نهایت می‌تواند اثرهای جبرانن اپذیری بر سلامتی موجودات زنده داشته باشد. بنابراین برای رهایی ازاین مشکلات،پیشرفت به سمت کشاورزی پایدار واستفاده از روش‌های نوین تغذیه گیاهی ازجمله استفاده ازکودهای زیستی و آلی بیش از پیش مورد توجه قرارگرفته است. کودهای زیستی و آلی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند همچنین،اسید هیومیک با فعال کردن H^+- ATPase غشا پلاسمایی باعث اسیدی کردن آپوپلاست شده و به دنبال آن قدرت مکانیکی دیواره‌سلولی کم‌شده و باعث طویل شدن سلول‌ها می‌شود. گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل موجود در اسید هیومیک باعث فعالیت بیوشیمیایی آن‌شده و در نتیجه مانند هورمون‌های پایداری تولید نظام‌های کشاورزی تضمین کنند (Verma *et al*., 2014; Hasani *et al*., 2021). در این مطالعه کاربرد اسید هیومیک در هر دو گیاه کاسنی و کشتوک سبب افزایش ارتفاع بوته شد. درگل آهار (Memon *et al*., 2014) و شمعدانی (AbaszadehFaruji *et al*., 2018) کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع گیاه شده است که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد Rahgoshahi و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ارتفاع گیاه در زیره سبز گردید. همچنین، در پژوهش‌های دیگری، نشان داده شده است که اسید هیومیک می‌تواند با افزایش جذب نیتروژن، سبب افزایش انواع پروتئین‌ها به ویژه آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت کننده درچرخه فتوسنتز مانند سیتوکروم‌ها، فرودوکسین‌ها، پلاستوسیانین و آنزیم روبیسکو شده و از این طریق باعث بهبود رشد رویشی گیاهان شود.

گیاهی بر گیاهان تأثیر می‌گذارد (Ertani *et al*., 2013; Khodamoradi *et al*., 2020). یکی دیگر از دلایل افزایش درشد و ارتفاع گیاه در زمان کاربرد اسید هیومیک به دلیل تأثیر آن بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و نیز افزایش قدرت کلات کنندگی و جذب عناصر غذایی است (Nardi *et al*., 2002). نتایج این مطالعه افزایش در وزن خشک اندام هوایی

و ریشه را در هر دو گیاه مورد مطالعه نشان داد. اسید هیومیک از طریق افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی، آهن و مس (Harper *et al*., 2000) و خواص شبه هورمونی سبب افزایش رشد و گسترش اندام هوایی می‌گردد (Salehi *et al*., 2010). همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد گیاه می‌شود (Delfine *et al*., 2005). محققین بسیاری نیز افزایش رشد گیاه را در اثر استفاده از مواد هیومیکی به اثبات رسانیده‌اند (Azarpour*et al*.,2012; El-Nemr *et al*., 2012). گزارش‌هایی مبنی بر وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در اثر کاربرد کودهای آلی ازجمله اسید هیومیک و امکان بهبود رشدگیاهی تحت این شرایط وجود دارد. مزیت استفاده از این کود درمقابل سایرکودهای آلی به دلیل فراهمی بیشتر عناصرغذایی است. افزودن کود آلی به خاک ،بسترهای کشت و محلول غذایی به افزایش رشد گیاه کمک می‌کند. کودآلی به دلیل فراهم کردن مقادیر بیشتری از عناصرمغذی، منجر به بیشتر شدن وزن گیاه می‌گردد (Yadegari, 2022). محققین بسیاری افزایش عملکرد و بیوماس را در نتیجه کاربرد مواد هیومیکی تأیید کرده‌اند (Rahi *et al*., 2012; Shahmirzaee*et al*., 2019). اسید هیومیک یک محرک زیستی ارگانیک است که بطور قابل توجهی رشد و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد (Mauromicale *et al*., 2011). در این مطالعه طول و حجم ریشه نیز یکی از صفاتی بود که تحت تاثیر اسید هیومیک در هر دو گیاه کاسنی و کشتوک افزایش داشت. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار در سطح، حجم، طول و وزن خشک ریشه گیاه شد که این افزایش صفت‌های مربوطه را می‌توان به عنوان شاخص مناسبی برای استفاده بهتر از منابع محدود محیطی توسط گیاه لحاظ کرد (Rahi *et al*., 2012Behrava). و همکاران (۲۰۱۹) اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه در گیاه نیشکر را بررسی کردند و نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک می‌تواند اثر مثبتی بر رشد ریشه داشته باشد. اثر مثبت اسید هیومیک بر تعداد و سطح برگ در گیاه کاسنی و کشتوک در این مطالعه مشاهده شد. نتایج مطالعه‌ای در گیاه شب بو نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش تعداد برگ نسبت به شاهد شد (Shahsavan and Chamani, 2014). بطورکلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد اسید هیومیک می‌تواند منجر به افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاه کاسنی و کشتوک شود. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که به خوبی می‌توان از سیستم هواکشت جهت بررسی اثرات اسید هیومیک در گیاه کاسنی و کشتوک استفاده نمود. در سال‌های اخیر استفاده از این سیستم جهت مطالعه اثر کودها، هورمون‌ها و عناصر غذایی مورد توجه قرار گرفته است، در گزارشاتی روی اثر اسید سالیسیلیک در گیاهان دارویی کاسنی، پنیرباد، سرخارگل و سنبل الطیب (Mohit Rabary *et al*., 2020) و همچنین هورمون نفتالین استیک اسید در گیاه سنبل الطیب (Rostami and Movahedi, 2016) از سیستم هواکشت استفاده شده است و نتایج این مطالعات نشان داد باتوجه به دردسترس بودن ریشه در این سیستم، به‌خوبی می‌توان اثر تیمارهای اعمال شده روی قسمت زیرزمینی را مشاهده کرد. همچنین این پژوهش نشان داد که سیستم هوا کشت، سیستم بسیار خوبی برای بهبود عملکرد گیاه کاسنی و کشتوک است. با توجه به مجموعه مزایای این روش کشت، امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی، تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد کشت بدون خاک جهت تولید بعضی از گیاهان زراعی و دارویی با ارزش اقتصادی بالادر حال انجام است.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع در این مطالعه کاربرد اسید هیومیک، صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه در کاسنی و کشتوک را نسبت به شاهد در شرایط کشت در سیستم هواکشت افزایش داد. با توجه به نتایج حاصله و نیز مزایای متعدد این سیستم، بخوبی می‌توان از آن در مطالعات مورفولوژیک روی رشد و نمو ریشه و تاثیر کودهای مختلف و عناصر غذایی استفاده کرد به دلیل اینکه به راحتی می‌توان تمام مراحل رشد و نمو ریشه‌ها را در یک محیط کنترل شده رصد نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله ازحمایت‌های مالی دانشگاه ملایر جهت انجام این پژوهش،قدردانی می‌گردد.

منابع

AbaszadehFaruji, R., M. Shoor, M., TehraniFar, A., Abedi, B., & Safari, N. (2018). Effects of humic acid and fulvic acid on some morphological characteristicsof geranium. *Journal of Horticultural Science*, *32*(1), 35-50. (In Persian)

Abedini, T., Moradi, P., & Hani, A. **(**2015). Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of Pot marigold. *Journal of Novel Applied Sciences*, 10,1100-1103.

Agrawal, A. A., & Fishbein, M. (2006). Plant defense syndromes. *Ecology*, *87*(7), 132-149.

Al-Snafi, A.E. (2016). Medical importance of cichorium intybus-A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(3): 41-56

Azarpour, E., Motamed, M. K., Moraditochaee, M., & Bozorgi, H. R. (2012). Effects of bio, mineral nitrogen fertilizer management, under humic acid foliar spraying on fruit yield and several traits of eggplant (*Solanum melongena* L.). *African Journal of Agricultural Research*, *7*(7), 1104-1109.

Babaamer, Z., AbuZarga, M. H., Al-Abdalla, N. G., & Sakhri, L. (2014). Isolation of cardenolide glycosides from *Pergularia tomentosa*L. and their antioxidant activities. *Annals of Science and Technology*, *l* (6), 122-128.

Behravan, H., Khorasani, R., Fotovat, A., Moezei, A. A., &Taghavi, M. (2019). Effects of Humic Acid and Phosphorus Fertilizer on Root, Root Hair, Phosphorus Uptake and Phosphorus Influx in Sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Water and Soil*, *33*(5), 709-721.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 183-191.

El-Nemr, M.A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A.M., & Fawzy, Z.F. (2012). Response of Growth and Yield of Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) to Different Foliar Applications of Humic Acid and Bio-stimulators.*Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *6*(3), 630-637.

El-Sherbeny, S. E., Hendawy, S. F., Youssef, A. A., Naguib, N. Y., & Hussein, M. S. (2012). Response of turnip (*Brassica rapa)* plants to minerals or organic fertilizers treatments. *Journal of Applied Sciences Research*, *8*, 628-634.

Ertani, A., Pizzeghello, D., Baglieri, A., Cadili, V., Tambone, F., Gennari, M., & Nardi, S. (2013). Humic-like substances from agro-industrial residues affect growth and nitrogen assimilation in maize (*Zea mays* L.) plantlets. *Journal of geochemical exploration. 129*, 103–111

Esringü, A., Sezen, I., Aytatli, B., & Ercişli, S. (2015). Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. *Akademik Ziraat Dergisi*, *4*(1), 37-42.

Fan, H.M., Wang, X.W., & Sun, X. (2014). Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 177, 118-123.

Gad El-Hak, S. H., Ahmed, A. M., & Moustafa, Y. M. M. (2012). Effect of foliar application with two antioxidants and humic acid on growth, yield and yield components of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, *4*, 318-328.

Gorgini Shabankareh, H., Sabouri, F., Saedi, F., & Fakheri, B.A. (2017). Effects of different levels ofhumic acid on growth indices and essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under differentirrigation regimes. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, *1*(2), 166-176.

Haddaji, F., Papetti, A., Noumi, E., Colombo, R., Deshpande, S., Aouadi, K., Adnan, M., Kadri, A., Selmi, B.,& Snoussi, M. (2021). Bioactivities and in silico study of *Pergularia tomentosa* L. phytochemicals as potent antimicrobial agents targeting type IIA topoisomerase, TyrRS, and Sap1 virulence proteins. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 25349-25367.

Harper, S.M., Kerven, G.L., Edwards, D.G., & Ostatek Boczyski, Z. (2000). Characterizyion on fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus comaldulensi*s and from decomposed hey. *Soil Biology and Biochemistry*, *32*, 1331-1336

Hasani, S., azadfar, D., Arzanesh, M., Saeedi, Z., & Matinkhah, S. (2021). Effects of fertilizer treatments on morphological and qualitative traits of *Descurainia sophia* (L.) Schur and Coriandrum sativum L. in agroforestry systems.*Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(5), 766-780

Hayden, A.L., Brigham, L.A., & Giacomelli, G.A. (2004) Aeroponic cultivation of ginger (*Zingiber officinale*) rhizomes. *ActaHorticulturae*, 659, 397–402.

Hoagland, D.R., & Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil.Calif. *Agricultural Experiment Station Circcular*, *347*, 1-32.

Khalesro, S., and Malekian, M. (2017). Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component inorganic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *32*(6), 968-980.(In Persian)

Khodamoradi, P., Amiri, J., Eshghi, S., Doulati,B. (2020). Influence of humic acid on growth, and leaf and root mineral elements of *Sabrina Strawberry* under salinity stress. *Journal of Soil and Plant Interactions*, 10(4), 1-19. (In Persian)

Mauromicale, G., Angela, M. G. L., & Monaco, A. L. (2011). The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato. *Scientia Horticulturae*, *129*, 189-196.

Memon, S.A., Bangulzai, F.M., Keerio, M.İ., Baloch, M.A., & Buriri, M. (2014). Effect of humic acid and iron sulphate on growth and yield of zinnia (*Zinnia elegans*). *Journal of Agricultural Technology*, *10*(6), 1517-1529.

Mithunesh, P., Gupta, K., Ghule, S. & Hule, S. (2015) Aeroponic based controlled environment based farming system. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 17(6), 55-58.

Mohit Rabary, P., Movahedi, Z., Ghabooli, M.& Rostami, M. (2022). 'Effects of foliar application of zinc oxide nanoparticles on traits of several medicinal plants under aeroponic system conditions. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *9*(4), 445-452.

Mohit Rabary, P., Movahedi, Z., Ghabooli, M., Rostami, M. (2020). Exogenous salicylic acid improves photosynthetic pigments and morphological traits of four medicinal plants in an aeroponic system.*Journal of Plant Molecular Breeding*, 8(1), 1-9.

Movahedi, Z., & Moieni, A. (2019). Effects of iron chelate and nano chelate on some physiological and morphological characteristics of chicory (*Cichorium intybus*L.) in aeroponic system. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *35*(3), 501-511.

Movahedi, Z., & Rostami, M. (2020). Production of some medicinal plants in aeroponic system. *Journal of Medicinal plants and By-product*, *9*(1), 91-99.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biological Biochemistry*, *34*, 1527-1536.

Piacente, S., Masullo, M., De Nève, N., Dewelle, J., Hamed, A., Kiss, R., & Mijatovic, T. (2009). Cardenolides from *Pergularia tomentosa* display cytotoxic activity resulting from their potent inhibition of Na+/K+-ATPase. Journal of natural products, *72*(6), 1087-1091.

Rahghoshahi, M., Panahi Kord Laghari, K., &Rahimi, M. (2022). Study on humic acid and algae effects on grain yield and agronomical characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress conditions. Iranian *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38(2), 286-300.(In Persian)

Rahi, A.R., Davoodi fard, M., Azizi, F., & Habibi, D. (2012). Studying the effects of different levels of humic acid and response curves in *Dactylis glomerata*. *Agronomy Journal*, *8*(3), 15-28.

Rashnoo, A., Movahedi, Z., Rostami, M., &Ghabooli, M. (2020). *'Piriformospora indica* culture filtrate and biofertilizer (Nitrokara) promote chicory (*Cichorium intybus* L.) growth and morpho-physiological traits in an aeroponic system and soil Culture.*International Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(4), 353-363.

Rigi, M., & Valizadeh, M. (2023). Effects of humic acid and titanium dioxide nanoparticles on some phytochemical properties and growth parameters in Withania coagulans (Stocks) Dunal. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 39(1), 106-121.(In Persian)

Rostami, M.,&Movahedi, Z. (2016). Evaluating the effects of Naphthalene acetic acid (NAA) on morpho-physiologicaltraits of valerian (*Valeriana officinalis* L.) in aeroponic system. Iranian Journal of Plant *Physiolog*, 6(3), 1751-1759.

Sabouri, F., Sirousmehr, A., & Gorgini Shabankareh,H. (2018). Effect of irrigation regimes andapplication of humic acid on some morphologicaland physiological characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*, *9*(34),13-24.(In Persian).

Sabzevari, S., Khazai, H., & Kafi, M. (2009). The effect of humic acid on the growth roots and arial parts Sabalan sayvuns varieties of wheat (*Triticum astivum* L.). *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, *94*, 23- 87. (In Persian).

Salehi, B., Bagherzade, A., Ghasemi, M., & Ebrahimi, M. (2010) Effect of organic matter of humic acid on the characteristics of growth, yield and yield components of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agricultural Ecology*, *2*(4), 640-647.

Shahmirzaee, T., Rafieiolhossaini, M., Danesh Shahraki, A., & Tadayyon, A. (2019). The effect of foliar application of humic acid on some agromorphological traits and photosynthetic pigments of Niger under drought stress. *Journal of Crops Improvement*, *20*(4), 817-830. (In Persian)

Shahsavan Markadeh, M., & Chamani, E. (2014). Effects Of Various Concentrations And Time Of Humic Acid Application On Quantitative And Qualitative Characteristics Of Cut Stock Flower (Matthiola Incana 'Hanza'). *Journal Of Science And Technology Of Greenhouse Culture*, *5*(19), 170-175. (In Persian)

Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K. N., & Jaiswal,D. K. (2014). Evaluation of plant growth promotingactivities of microbial strains and their effect ongrowth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) inIndia. Soil *Biology & Biochemistry*, 70: 33-37.

Yadegari, M. (2022). Effects of NPK complete fertilizer, botamisol, and humic acid on morphophysiological characteristics and essential oil in three Thymus species under drought stress conditions.*Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *38*(2), 301-321.(In Persian)

Zargari, A. (1997). Medicinal plants. Tehran University publications. 970 p. (In Persian).

Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**
Vol. 4, No. 2, Autumn & Winter 2023, p. 279-290 **جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۲، صفحه ۲۹۰-۲۷۹**
Research Article **DOI:** 10.22034/PLANT.2024.140991.1089

Effects of humic acid on quantitative characteristics of pergularia and chicory in aeroponic system

Zahra Sepehri[1], Zahra Movahedi[2], Mahdi Ayyari[3]

1. MSc. student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran
2. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 25-03-2024
Accepted: 04-05-2024

Abstract

In this research, the effects of foliar application of humic acid were evaluated on morphological traits of chicory (*Cichoirium intybus* L.) and pergularia (*Pergularia tomentosa* L.) in aeroponic system. Aeroponic system is a suitable method for investigating the effects of nutrient elements and optimizing growth of different plants in controlled conditions. The treatments were including control and 200, 400 and 600 mg/L humic acid. Foliar application of fertilizers was done at 20, 40 and 60 days after seed culture in aeroponic system. After 4 months, the morphological traits were measured. The results of ANOVA indicated that the effects of treatment were significant for plant height, root length, number and area of leaves, fresh and dry weights of the shoot and root in chicory and pergularia. The results in pergularia showed that 600 mg/L resulted in the highest plant height, root length, volume root, leaf number, dry and fresh weights of root and dry and fresh weights of shoot and the lowest of the mentioned traits were observed in the control. In the chicory, the results showed that the highest and lowest values of plant height, root length, volume root, leaf number, dry and fresh weights of root and dry and fresh weights of shoot belonged to the highest concentration of humic acid and the control treatment, respectively. It can be said that the use of a 600 mg/L of humic acid in the aeroponic system can improve the quantitative characteristics of the pergularia and chicory.

Keywords: Aeroponic system, foliar application, leaf area, plant height, soilless culture

Citation: Sepehri, Z., Movahedi, Z., & Ayyari, A. (2023). Effects of humic acid on quantitative characteristics of pergularia and chicory in aeroponic system. *Plant Production and Genetics*, 4(2), 279-290 https://doi.org/10.22034/PLANT.2024.140991.1089.

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author Email: zahra.movahedi@malayeru.ac.ir