

The Effect of Humic Acid on Physiological and Growth Parameters of Two-year-old Jujube Seedlings (*Ziziphus jujuba* Mill.) in Nursery Conditions

Iman Sahebalam¹, Davoud Kartoolinejad^{2*}, Alireza Zare³, Ebrahim Ganji Moghaddam⁴

Received: 28 January 2024 Accepted: 24 October 2024

1-Dept., of Aridland Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

2-Assist. Prof., Dept of Arid Region Forestry, Semnan University, Semnan, Iran.

3-Assist. Prof., Natural Resources Engineering, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi Province, Mashad, Iran.

4-Assoc. Prof., of Agricultural Engineering, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi Province, Mashad, Iran.

*Corresponding Author Email: kartooli58@semnan.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: Today, the excessive use of chemical fertilizers in order to produce more agricultural products has faced many risks to the health of the environment, soil and surface and underground water. Therefore, considering the positive effect of organic fertilizers such as humic acid in agriculture, the present research was conducted with the aim of studying the effect of humic acid on the growth and gas exchange of two-year-old jujube seedlings.

Materials and Methods: Two-year-old jujube seedlings with the same size were planted in the beds prepared in the nursery of Mashhad green belt seedling production center in the form of pits and with 1.5 x 1.5 meters intervals. In 5 separate experimental plots, nursery soil was mixed with animal manure completely and uniformly. Then, in addition to animal manure, humic acid fertilizer with concentrations of 50 and 300 mg.L⁻¹ was applied in two plots, and in two other plots, foliar spraying was done on the leaf surfaces of seedlings with the mentioned concentrations at the beginning of the growing season. After 180 days of applying the treatments, the growth and physiological characteristics of the seedlings, including the seedlings height, collar diameter, root length, number of leaves and twigs, dry weight of shoot and root, the amount of gas exchange, the intensity of photosynthesis and the survival of the seedlings were measured and compared statistically.

Results: The results showed that the use of humic acid was completely effective on vegetative variables, photosynthesis and gas exchange of two-year-old jujube seedlings and improved them. According to the findings of this research, humic acid treatment with a concentration of 300 mg.L⁻¹ added to the soil caused the highest amount of seedling growth in diameter (4 mm) and height (71 cm), the number of leaves (56) and twigs (14), dry weight of roots (43 g) and aerial parts (61 g), photosynthesis rate (12.9 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), transpiration (4.3 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) and stomatal conductance (1.38 $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Increasing humic acid in the soil has a better performance than spraying on the leaf surface. In all evaluated variables, animal manure treatment created the lowest average.

Conclusion: Considering the positive effects of humic acid on gas exchange and improving the vegetative characteristics of jujube seedlings and the effect on increasing biomass, adding humic acid fertilizers with a concentration of 300 mg.L⁻¹ to the soil are recommended during planting the jujube seedlings in urban green spaces, horticulture and green belts of cities.

Keywords: Gas Exchange, Growth Characteristics, Jujube, Organic Manure, Photosynthesis Intensity, Transpiration

اثر هیومیک اسید بر پارامترهای فیزیولوژیک و رویشی دانهای دوساله عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) در شرایط نهالستان

ایمان صاحب علم^۱، داود کرتولی نژاد^{۲*}، علیرضا زارع^۳، ابراهیم گنجی مقدم^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم جنگل دانشگاه سمنان

۲- استادیار گروه جنگلداری مناطق خشک دانشگاه سمنان

۳- استادیار مهندسی منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی

۴- دانشیار مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی

*مسئول مکاتبه: Email: Kartooli58@semnan.ac.ir

چکیده

اهداف: امروزه استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی، سلامت محیط‌زیست، خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی را با مخاطرات بسیار زیادی مواجه نموده است. از اینرو باتوجه به تأثیر مثبت کودهای آلی نظیر اسید هیومیک در کشاورزی، پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر هیومیک بر رویش و تبدلات گازی نهال‌های دوساله عناب صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: دانهای دوساله و هم اندازه عناب در بسترهای آماده شده در نهالستان مرکز تولید نهال کمربند سبز مشهد به‌صورت گودالی و با فواصل $1/5 \times 1/5$ متر کاشته شد. در ۵ کرت آزمایشی مجزا، خاک نهالستان با کود حیوانی به طور کامل و یکنواخت مخلوط گردید. سپس در دو کرت علاوه بر کود حیوانی، کود هیومیک اسید با غلظت‌های ۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و در دو کرت دیگر نیز، محلول‌پاشی بر سطوح برگ دانهای با غلظت‌های مزبور در ابتدای فصل رویش انجام گرفت. پس از گذشت ۱۸۰ روز از اعمال تیمارها، خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی نهال از جمله ارتفاع نهال، قطر بقیه، طول ریشه، تعداد برگ و شاخه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، مقدار تبدلات گازی، شدت فتوسنتز و زنده‌مانی نهال‌ها اندازه‌گیری و مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که استفاده از هیومیک اسید بر متغیرهای رویشی، فتوسنتز و تبدلات گازی نهال‌های دوساله عناب کاملاً اثرگذار بوده و باعث بهبود آن‌ها شد. بر اساس یافته‌های این تحقیق، تیمار هیومیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اضافه شده به خاک باعث ایجاد بیشترین مقدار رویش قطری (۴ میلی‌متر) و ارتفاعی نهال (۷۱ سانتیمتر)، تعداد برگ (۵۶) و گره (۱۴)، وزن ریشه (۴۳ گرم) و اندام‌های هوایی (۶۱ گرم)، فتوسنتز ($12/9$ میکرومول بر متر مربع در ثانیه)، تعرق ($4/3$ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) و هدایت روزنه‌ای ($1/38$ مول بر متر مربع در ثانیه) شد. افزایش هیومیک اسید در خاک عملکرد بهتری را نسبت به محلول‌پاشی بر سطح برگ داشت. در تمامی متغیرهای ارزیابی شده، کود حیوانی، کمترین میانگین را ایجاد نمود.

نتیجه‌گیری: باتوجه به اثرات مثبت هیومیک اسید بر تبدلات گازی و بهبود ویژگی‌های رویشی نهال‌های گونه عناب و تأثیر بر افزایش زیست‌توده، اضافه کردن کودهای هیومیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به خاک در هنگام نهال‌کاری گونه عناب در فضاهای سبز شهری، باغداری و کمربندهای سبز شهرها توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تبدلات گازی، تعرق، عناب، کودهای آلی، شدت فتوسنتز، متغیرهای رویشی

مقدمه و کلیات

کودهای شیمیایی از مواد تقویت‌کننده گیاه در کشاورزی به حساب می‌آیند که نقش عمده‌ای در افزایش تولید محصولات کشاورزی بر واحد سطح ایفا می‌کنند. با مصرف این کودها اگرچه میزان عملکرد محصولات زراعی و باغی افزایش می‌یابد؛ اما با افزایش عملکرد، میزان برداشت عناصر توسط گیاه زیاده‌تر شده و خاک از سایر عناصر تخلیه می‌گردد. کودهای شیمیایی به دلیل معدنی بودن، بلافاصله تجزیه شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و همین عامل باعث می‌شود گیاه در زمان کمتر و با سرعت بیشتری رشد کند (پاهالوی و همکاران ۲۰۲۱). مصرف درازمدت و فراوان کودهای شیمیایی رایج، علاوه بر افزایش آلودگی و صدمات زیست‌محیطی می‌تواند عواقبی همچون برهم خوردن تعادل اسیدیته، تجمع عناصر سنگین در خاک، کاهش حلالیت عناصر ریز مغذی و تخریب ساختمان خاک را در پی داشته باشد (خان و همکاران ۲۰۱۸). علاوه بر این، واکنش محصولات زراعی به کودهای شیمیایی نیز کاهش یافته است. به طوری که مصرف هر تن کود شیمیایی در سال ۱۹۵۰ منجر به تولید ۹ تن غله شده، در حالی که این میزان برای سال ۱۹۸۴، به ۲ تن رسیده است (یوگانادا و همکاران ۲۰۱۹). در کل استفاده از کودها بایستی به گونه‌ای باشد که بتواند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را نیز ارتقا دهد و ضمن آلوده نکردن محیط زیست، تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات را نیز در اندام‌های مصرفی محصولات زراعی به حداقل برساند. علاوه بر این کود باید سلامتی انسان و دام را نیز تأمین نماید (روسوس و همکاران ۲۰۱۷).

در دهه‌های گذشته استفاده از انواع کودهای شیمیایی برای تولید محصولات کشاورزی بسیار افزایش یافت. اما امروزه به دلیل آشکار شدن آسیب‌های زیست‌محیطی متعدد ناشی از مصرف کودهای شیمیایی متخصصین را بر آن داشت که به کاهش مصرف کودهای شیمیایی، تلفیق و یا جایگزینی آن‌ها با انواع کودهای آلی و بیولوژیک به منظور رسیدن به تولید پایدار در کشاورزی

توجه نمایند (نورمند موید و همکاران ۲۰۲۴). در این راستا، استفاده از انواع کودهای آلی یکی از راهکارهای مهم بهبود تولیدات کشاورزی و کاهش خطر بروز آلودگی‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است. در این میان، هوموس یکی از انواع کودهای آلی و نوعی ماده آلی تثبیت شده می‌باشد که از اسید هیومیک، اسید فولویک و هیومین تشکیل شده است. مواد آلی از طریق عواملی نظیر بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود نفوذپذیری آب، باعث کاهش رواناب و سهولت توسعه ریشه و همچنین افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی می‌شوند. مواد هیومیکی یک ترکیب شیمیایی آلی هستند که از تجزیه مواد آلی گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند. این مواد در تمام محیط‌های خاکی و آبی یافت می‌شوند و یکی از فراوان‌ترین مواد آلی در سطح زمین به حساب می‌آیند (مک کارتی ۲۰۰۱). هیومیک اسید یک ترکیب و اسید آلی است که به صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند به عنوان ترکیب شبه هورمونی اکسین باعث افزایش جذب عناصر غذایی خاک بشود. علاوه بر این، استفاده از هیومیک اسید برای محصولات زراعی می‌تواند به رشد بهتر گیاهان کمک نماید و بدین صورت میزان تولید را افزایش داده و کیفیت محصول را نیز بهبود بخشد (کشاورز و همکاران ۲۰۱۹). نتایج بررسی‌ها نشان داده که مصرف هیومیک اسید در خاک موجب افزایش جذب عناصر غذایی مغذی از خاک و همچنین تنظیم pH خاک نیز می‌شود (بل لو و همکاران ۲۰۱۹).

در طول تاریخ درختان و درختچه‌ها در هر منطقه جغرافیایی و اقلیمی از دیرباز جهت تولید محصولات غذایی و تأمین نیازهای مختلف بشر اهمیت زیادی داشته‌اند. متأسفانه، گونه‌های درختی و درختچه‌ای که با هدف تولید محصولات باغی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند از تنوع بالایی برخوردار نیستند و بسیاری از آن‌ها به خشکی، شوری، سرما و گرما حساس بوده و در اغلب موارد نیز به آب بسیار زیادی نیاز دارند. رشد فزاینده جمعیت شهری در سطح استان خراسان (شهر مشهد) و توسعه صنعتی این

به شکل محلول‌پاشی و اضافه کردن به خاک مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق به دلیل نیاز به توصیه کاشت در شرایط سرد و خشک از رقم مقاوم و بومی عناب سیرجان استفاده شد. دانه‌های دوساله و هم اندازه عناب به صورت ریشه لخت تهیه گردید. سپس به بسترهای آماده شده در نهالستان مرکز تولید نهال کمربند سبز مشهد منتقل گردیدند. نحوه کاشت نهالها به صورت گودالی و با فواصل $1/5 \times 1/5$ متر بود که در سال ۱۴۰۱ انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک نهالستان در جدول ۱ ذکر شده است. در ۵ کرت آزمایشی مجزا، خاک نهالستان با کود حیوانی به مقدار ۵ تن در هکتار به طور کامل و یکنواخت مخلوط گردید. کود مورد استفاده در این تحقیق هیومیک اسید مایع ۱۴٪ برند تجاری گرومور آمریکا بود. ترکیبات اصلی این کود شامل: ۱۴٪ هیومیک اسید، ۱۶٪ ماده آلی، ۵٪ اسید فولویک، ۹/۸٪ کربن، ۷٪ پتاسیم بود. در دو کرت علاوه بر کود حیوانی مزبور، از کود هیومیک اسید مزبور با غلظت‌های ۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر با خاک هر گودال نهال مخلوط گردید. در دو کرت دیگر نیز، محلول‌پاشی بر سطوح برگ دانه‌ها با غلظت‌های مزبور در ابتدای فصل رویش انجام گرفت؛ بنابراین، در این پژوهش تعداد ۵ تیمار مختلف کودی، با ۳ دانه‌ها به عنوان تکرار در هر تیمار بررسی شدند. دانه‌ها به طور یکنواخت در طی یک دوره رویشی و به مدت ۶ ماه و هر سه روز یکبار آبیاری و سپس جهت بررسی نهایی اندازه‌گیری شدند.

شهر، نیاز به گسترش فضای سبز و کمربند سبز بیشتر شده است. بر این اساس، استفاده از انواع گونه‌های درختی ارزشمند، چند منظوره و پر کاربرد باغی و محصول ده نظیر عناب، توت و... در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه مدیران کمربند سبز و فضای سبز شهری قرار گرفته است. عناب با نام علمی *Ziziphus jujuba* Mill. از مهم‌ترین و تجاری‌ترین گونه‌های خانواده Rhamnaceae است که علاوه بر تولید میوه با خواص دارویی، مقاومت آن به شرایط سخت محیطی همچون خشکی، سرما و شوری باعث شده که در اکثر مناطق جهان کشت شود (پادل و همکاران ۲۰۲۳، ژو و همکاران ۲۰۲۴). این درخت بومی آسیای جنوب شرقی، مرکزی و قفقاز است و در کشورهای چین، هند، افغانستان، پاکستان و ایران بسیار کشت شده است. در حال حاضر در کشورهای سوریه، ایتالیا، فرانسه، اسپانیا و شمال آفریقا نیز کشت می‌شود. در حال حاضر چین بیشترین میزان تولید و تجارت میوه این گونه را در دست دارد (مودی و همکاران ۲۰۲۱؛ راد و همکاران ۲۰۲۲). در واقع محصولات این گونه به دلیل خواص دارویی و ارزش غذایی نیاز ساکنین اطراف مشهد را به صورت رایگان فراهم نموده و در زمان تولید میوه به یکی از کانون‌های تفریحی بسیاری از ساکنان این کلان‌شهر تبدیل کرده است. با توجه به اهمیت کاربرد کودهای آلی در کشاورزی پایدار و جایگاه ویژه گونه عناب در احداث کمربند سبز مشهد، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی توان رویشی این گونه در پاسخ به سطوح مختلف کود آلی هیومیک اسید

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک نهالستان محل انجام آزمایش

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	ماده آلی (%)	مواد خنثی		هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته	سنگریزه (%)
						شونده (آهک)	%			
۹	۲۶	۶۵	۵۱/۶۶	۲/۱۴۲	۰/۳۰۹	۱۰/۸۸	۱/۴۷۸	۸/۰۶	۵۰٪	

هوایی و وزن خشک ریشه، مقدار تبادلات گازی، شدت فتوسنتز و زنده‌مانی نهال‌های عناب اندازه‌گیری و ثبت گردید (کرتولی نژاد و همکاران ۲۰۱۷، بهمنی و همکاران

پس از گذشت ۱۸۰ روز از اعمال سطوح مختلف تیمار کوددهی، خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی نهال از جمله ارتفاع نهال، قطر یقه، طول ریشه، وزن خشک اندام

پایان، نسبت وزن ساقه به ریشه محاسبه شد. نرخ زنده-مانی و رویش ارتفاعی از طریق فرمول‌های اشاره شده در روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند (بهمنی و همکاران ۲۰۱۶، رحیمی و همکاران ۲۰۱۶).

۲۰۲۲). به منظور اندازه‌گیری زیست‌توده در پایان آزمایش، نهال‌ها به آرامی از خاک خارج شده و پس از شست‌وشوی خاک اطراف ریشه و شمارش تعداد گره، هر یک از نهال‌ها از محل یقه به دو قسمت ریشه و ساقه جدا شده و سپس در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و با ترازوی دیجیتالی توزین شدند. در

$$\text{رابطه (۱)} \quad = \frac{n}{N} \times 100 = \text{درصد زنده‌مانی}$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad = H_2 - H_1 = \text{رویش ارتفاعی}$$

n = تعداد نهال زنده مانده در پایان دوره؛ N = تعداد کل نهال‌ها؛ H_2 = ارتفاع ثانویه (cm)، H_1 = ارتفاع اولیه (cm)

تخلیه شده پس از استفاده برگ، از اتاقک تخلیه شده و غلظت CO_2 (که به طور طبیعی در طی فرآیند فتوسنتز کاهش یافته) و غلظت H_2O (که پس از انجام فتوسنتز برگ مزبور افزایش یافته) مجدداً اندازه‌گیری و آنالیز می‌شود. از تفاوت‌های میان غلظت اولیه و غلظت نهایی (پس از مصرف) گازهای CO_2 و H_2O آنالیز شده در اتاقک و نیز نرخ جریان هوا، نرخ جذب (آسیمیلاسیون) و تعرق به صورت مداوم محاسبه می‌شود. کارایی مصرف آب از تقسیم فتوسنتز به تعرق، و هدایت مزوفیلی از تقسیم فتوسنتز به غلظت CO_2 بین سلولی محاسبه گردید (صادقی پور و کرتولی نژاد ۲۰۱۷). شدت فتوسنتز و نرخ تعرق توسط دستگاه مزبور از روابط زیر محاسبه شده است:

اندازه‌گیری میزان تبدلات گازی (هدایت روزنه‌ای) و نرخ فتوسنتز در هوای آزاد و تحت شرایط طبیعی دما، نور و رطوبت نسبی هوا با دستگاه قابل حمل اندازه‌گیری تبدلات گازی (LI- (LiCor Inc., Lincoln, USA) 6400 انجام گرفت. برای این منظور از هر تکرار ۳-۶ برگ بالغ انتخاب شد. اندازه‌گیری‌ها بین ساعت ۹ تا ۱۲ صبح در یک روز آفتابی با شدت نور ۱۴۰۰ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه انجام شد. برگ دانه‌ها در اتاقک کوچک این دستگاه که دارای محیط کاملاً کنترل شده است قرار گرفت. کنسول اصلی دستگاه، هوا را با غلظت قابل کنترل CO_2 و H_2O و با مقدار اندازه‌گیری شده به محفظه برگ تأمین می‌کند. غلظت CO_2 و H_2O اندازه‌گیری شده و از طریق جریان هوا به هر دو سطح برگ قرار داده شده درون اتاقک، هدایت می‌شود. هوای

$$\text{رابطه (۳)} \quad A = u_s \times \Delta c$$

$$\text{رابطه (۴)} \quad E = \frac{\Delta e \times u_s}{p}$$

A : نرخ فتوسنتز بر حسب میکرو مول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه

E : نرخ تعرق بر حسب مول بخار آب بر مترمربع در ثانیه

u_s : میزان جریان جرم هوای ورودی اتاقک برگ در هر مترمربع از سطح برگ بر حسب مول بر مترمربع در ثانیه

Δc : اختلاف در غلظت CO_2 درون اتاقک قبل و بعد از اندازه‌گیری بر حسب میکرو مول بر مول

Δe : اختلاف غلظت بخار آب درون اتاقک قبل و بعد از اندازه‌گیری بر حسب میلی بار

p : فشار جوی بر حسب میلی بار

محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با یک فاکتور کوددهی در قالب ۵ تیمار (۴ تیمار هیومیک اسید و کود حیوانی به عنوان شاهد) و در ۳ تکرار نهال انجام شد. پس از برداشت داده‌ها آزمون نرمالیت، همگنی واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به ترتیب توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف (-Kolmogorov Smirnov)، لَوْن (Levene) و توکی (Tukey) انجام گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و رسم جداول از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی درصد زنده‌مانی دانه‌های عناب حاکی از آن بود که همگی دانه‌ها فارغ از هرگونه تیمار کودی، زنده باقی ماندند (زنده‌مانی در تمامی تیمارها ۱۰۰٪). جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس مربوط به اثرات تیمارهای کود بر متغیرهای رویشی و فیزیولوژیک در دانه‌های گونه عناب را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر انواع تیمارهای مختلف هیومیک اسید بر متغیرهای رویشی و فیزیولوژیک عناب رقم سیرجان

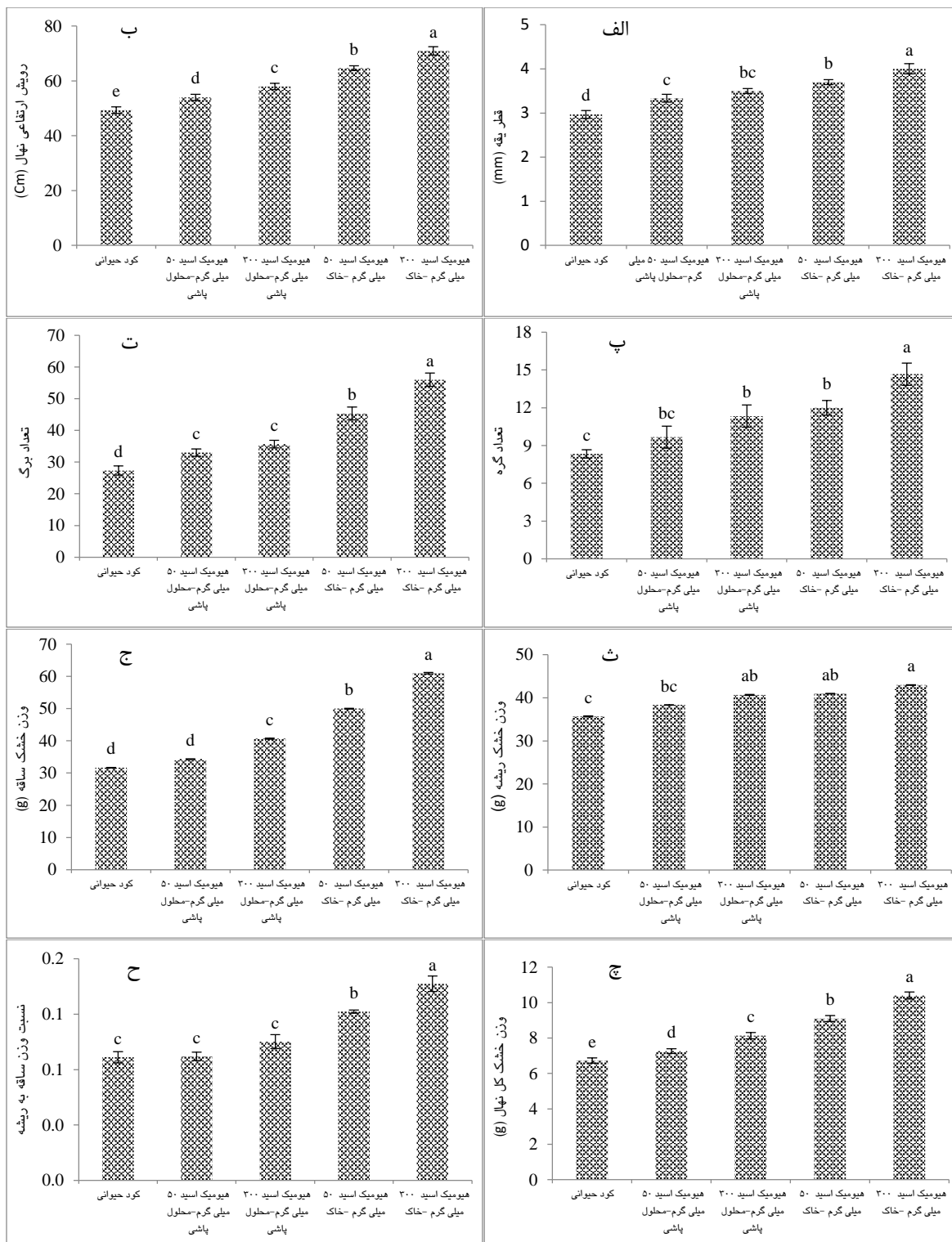
متغیرها	منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ارتفاع نهال	تیمار	۸۸۴/۲۷	۴	۲۲۱/۰۷	۵۱/۰۲**
	اشتباه	۴۳/۳۳	۱۰	۴/۳۳	
قطر یقه	تیمار	۱/۸۱	۴	۰/۴۵	۲۱/۱۷**
	اشتباه	۰/۲۱	۱۰	۰/۰۲	
تعداد برگ	تیمار	۱۵۳۳/۷۳	۴	۳۸۳/۴۳	۴۷/۹۳**
	اشتباه	۸۰	۱۰	۸	
تعداد گره	تیمار	۷۳/۶۹	۴	۱۷/۴۲	۱۰/۴۶**
	اشتباه	۱۶/۶۷	۱۰	۱/۶۷	
وزن خشک ساقه	تیمار	۱۷/۴۲	۴	۴/۳۵	۷۲/۵۷**
	اشتباه	۰/۶	۱۰	۰/۰۶	
وزن خشک ریشه	تیمار	۰/۹۵	۴	۰/۲۴	۱۰/۷۹**
	اشتباه	۰/۲۲	۱۰	۰/۰۲	
نسبت وزن ساقه به ریشه	تیمار	۰/۶۳	۴	۰/۱۶	۳۱/۵۱**
	اشتباه	۰/۰۵	۱۰	۰/۰۰۵	
وزن کل	تیمار	۲۵/۷۹	۴	۶/۴۵	۷۶/۷۵**
	اشتباه	۰/۸۴	۱۰	۰/۰۸	
تعرق برگ	تیمار	۱/۶۸	۴	۰/۴۲	۱۰/۵۶**
	اشتباه	۰/۰۴	۱۰	۰/۰۰۴	
هدایت روزنه‌ای	تیمار	۵/۲۳	۴	۱/۳۱	۱۹۹۴/۶۰**
	اشتباه	۰/۰۰۷	۱۰	۰/۰۰۱	
فتوسنتز	تیمار	۴۷/۱۰	۴	۱۱/۷۸	۸۴/۷۸**
	اشتباه	۱/۳۹	۱۰	۰/۱۴	

** اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد

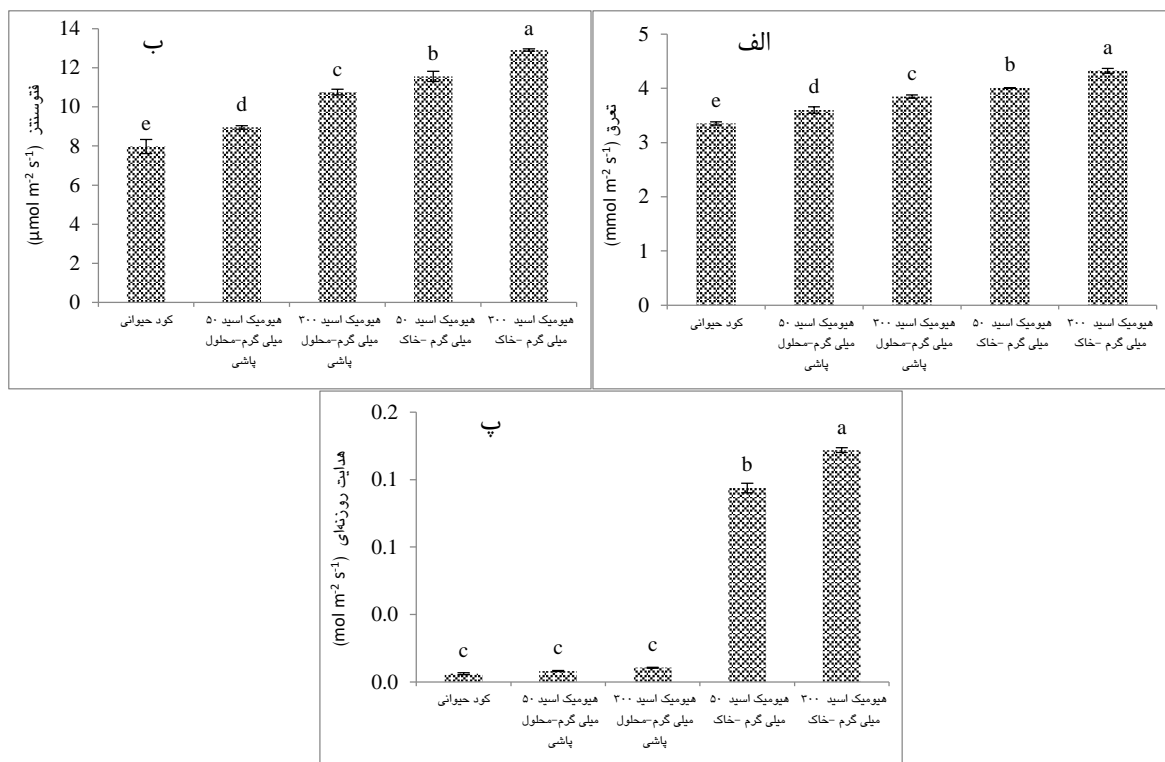
معنی‌دار است و بیشترین ارتفاع مربوط به دانه‌های تیمار شده با هیومیک اسید در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اضافه شده به خاک و کمترین ارتفاع مربوط به دانه‌های تیمار شده با کود حیوانی بود (شکل ۱ الف).

اثر کود هیومیک اسید بر متغیرهای رویشی دانه‌های عناب

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف کود بر ارتفاع نهال عناب



شکل ۱- تاثیر تیمارهای مختلف هیومیک اسید بر متغیرهای رویشی عنب رقم سیرجان (میانگین ± اشتباه معیار)



شکل ۲- تاثیر تیمارهای مختلف هیومیک اسید بر متغیرهای رویشی عناب رقم سیرجان (میانگین ± اشتباه معیار)

بحث و نتیجه‌گیری

فتوسنتز فرایندی است که در آن گیاهان، جلبک‌ها و برخی از باکتری‌ها، انرژی نورانی خورشید را به انرژی شیمیایی به شکل قند یا گلوکز تبدیل و از آن به عنوان سوخت در فعالیت‌های سلولی استفاده می‌نمایند. محصولات جانبی همچون اکسیژن، گلوکز و فروکتوز در طی فرایند فتوسنتز تولید شده که گیاهان از آن‌ها به عنوان منبع انرژی جهت رشد اندام‌های رویشی و زایشی خود استفاده می‌نمایند (صادقی پور و کرتولی نژاد ۲۰۱۷). تحقیقات پیشین نشان داده که اسید هیومیک از طریق افزایش آنزیم رویسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (دلفاین و همکاران ۲۰۰۵). با کاربرد اسید هیومیک و افزایش عناصر ریزمغذی مانند منگنز و آهن که از عناصر ضروری جهت تشکیل و پایداری کلروپلاست و سنتز برخی پروتئین‌ها محسوب می‌شوند و اثرگذاری این مواد بر فعالیت آنزیم‌ها، افزایش عملکرد و فتوسنتز در گیاهان مشاهده می‌شود (مارشدر ۱۹۹۵)؛

لذا باتوجه به اینکه اسید هیومیک می‌تواند فتوسنتز گیاهان را افزایش دهد، به عنوان یک راهکار جهت کاهش تنش خشکی در گیاهان به حساب می‌آید (شن و همکاران ۲۰۲۰). نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به تیمار هیومیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است و کمترین میزان فتوسنتز در دانهال‌های بدون هیومیک اسید بوده است (شکل ۲ الف). به طور مشابه نتایج شعاع داودلی و مطلبی (۲۰۲۰) غلظت ۳۵۰۰ گرم در هکتار هیومیک اسید برای نهال ماگونیا، حاتمی و همکاران (۲۰۲۰) غلظت‌های ۵ و ۷ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید برای پایه‌های بادام، چمنی و همکاران (۱۳۹۴) غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در گیاه دارویی پروانش و شن و همکاران (۲۰۲۰) غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید برای گیاه ارزن بهترین تیمار در جهت بهبود و افزایش متغیرهای رویشی و فتوسنتز با کاربرد هیومیک

را نشان داده‌اند. در مطالعه نقاش زاده و همکاران (۲۰۱۴) اثر کود زیستی میکوریز (*Glomus intraradices*) در برگ گیاه ذرت نشان داد که افزایش محتوای آب گیاه در گیاهان همزیست با میکوریز باعث افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق در گیاه نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود زیستی) شده است. در مطالعه دیگر نتایج بررسی صفری و همکاران (۱۴۰۱) حاکی از آن است که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای و تعرق برگ انگور شد؛ با این حال با کاربرد کودهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار اثر تنش خشکی جبران و تعرق افزایش یافت.

هیومیک اسید به طور مستقیم با افزایش جذب آهن و سنتز کلروفیل، افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش فتوسنتز، افزایش جذب عناصر مفید و کاهش جذب عناصر سمی، با خاصیت کلات‌کنندگی، رشد و تولید گیاه را افزایش می‌دهد و به طور غیرمستقیم با تغییر ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، بر رشد گیاهان اثر مثبتی می‌گذارد (پاراندیان و ساموات ۲۰۱۲). در آزمایش حاضر، بیشترین ارتفاع در دانه‌های تیمار شده با هیومیک اسید در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (شکل ۱ الف). هم سو با این تحقیق در مطالعه شعاع داودلی و مطلبی (۲۰۲۰) اثرات تیمار اسید هیومیک و تیوباسیلوس بر ارتفاع درخت ماگنولیا دارای اختلاف معنی‌داری بوده است؛ به گونه‌ای که با کاربرد تیمارهای مذکور، ارتفاع درخت افزایش یافت. رضوی نسب و همکاران (۲۰۱۷) افزایش ارتفاع دانه‌های پسته و مشایخی و همکاران (۲۰۱۹) افزایش ارتفاع بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) را با استفاده از هیومیک اسید مشاهده کردند. در تحقیق عبدی (۲۰۱۹) مصرف هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع نهال‌های آتریپلکس (*Atriplex canescens L.*) گردید. در مطالعه امیری و همکاران (۱۴۰۱) کاربرد هم‌زمان ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک به همراه اسید سالیسیلیک اکثر صفات مورد مطالعه را بهبود بخشید؛ طوریکه بیشترین ارتفاع بوته گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor L.*) در تیمار کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در شرایط

اسید نشان دادند که بسیار هم سو با نتایج این مطالعه می‌باشد.

هدایت روزنه‌ای پیوند دهنده فتوسنتز و تعرق گیاه بوده و از آن به‌عنوان شاخص کلیدی جهت کمی کردن برهم‌کنش گیاهان و اقلیم در مدل‌های اقلیمی طراحی شده استفاده می‌گردد (نایتانی و همکاران ۲۰۱۲). هدایت روزنه‌ای با تنظیم سرعت فرایندهای تعرق، جذب دی‌اکسید کربن (آسیمیلسیون) و تنفس یکی از ویژگی‌های متابولیکی گیاه است که به دلیل تأثیرپذیری از تنش‌های کمبود آب در گیاه، به‌عنوان شاخص تنش خشکی نیز به‌حساب می‌آید (ناصری و همکاران ۲۰۲۰). در این مطالعه بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای مربوط به دانه‌های تیمار شده با هیومیک اسید در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در خاک و کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار محلول‌پاشی با هیومیک اسید در غلظت‌های ۳۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد (کود حیوانی) بود (شکل ۲ پ). نتایج مطالعات چمنی و همکاران (۱۳۹۴) در گیاه زینتی دارویی پروانش، حاتمی و همکاران (۲۰۲۰) در پایه‌های بادام در شرایط تنش شوری، عباس زاده فاروجی و همکاران (۲۰۲۰) در گیاه شمع‌دانی، مان-هونگ و همکاران (۲۰۲۰) در سیب زمینی و همتی و همکاران (۲۰۲۲) در گیاه کانولا نیز مطابق با نتایج این مطالعه افزایش هدایت روزنه‌ای گیاه را با استفاده از هیومیک اسید نشان داد.

از دست دادن آب گیاه از طریق تعرق باعث پلاسمولیز و تخریب غشای سلولی می‌شود. به نظر می‌رسد که افزایش نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه استفاده از کودهای آلی باشد (خراسانی نژاد و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به این که هیومیک اسید در توانایی جذب آب و مواد غذایی اثرگذار است، می‌توان انتظار داشت که اثر مثبتی در حفظ آب گیاه داشته باشد. در این تحقیق میزان تعرق برگ در گونه عناب در تیمارهای هیومیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در خاک نیز بیشترین مقدار مشاهده شده بود (شکل ۲ ب). هم سو با این نتیجه در پژوهش‌های دیگری اثر کودهای مختلف افزایش تعرق

تحقیق اثر آن بر رشد اندام‌های هوایی برجسته‌تر بوده است.

در مطالعات پژوهشگران همچون میرزایی اسکندیان و همکاران (۲۰۲۰) افزایش وزن تر و خشک ریشه گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*)، حسینی چنارستان علیا و همکاران (۲۰۱۷) افزایش وزن تر و خشک ریشه نهال پرتقال والنسیا با پایه نارنج، دلفاین و همکاران (۲۰۰۵) افزایش وزن خشک ریشه گندم و در مطالعه پادم و همکاران (۱۹۹۹) افزایش وزن خشک ریشه گیاهان بادمجان و فلفل با استفاده از هیومیک اسید مشاهده شد. در مطالعه رهی و همکاران (۲۰۱۳) در گونه مرتعی فستوکا اثر هیومیک اسید بر وزن تر و خشک ریشه نیز در سطوح مختلف هیومیک اسید معنی‌دار بود. سانگیتا و همکاران (۲۰۰۶) به این نتیجه دست یافتند که هیومیک اسید می‌تواند با افزایش جذب NPK و رشد اندام‌های گیاهی سبب افزایش ویژگی‌های مورفولوژیکی ریشه گردد. باتوجه‌به نتایج مطالعات فوق که هم راستا با نتایج مطالعه حاضر است می‌توان گفت هیومیک اسید به دلیل خاصیت شبه اکسینی و سیتوکینینی (حاتمی و همکاران ۲۰۲۰) تأثیر بسیار مثبتی بر فیزیولوژی گیاه دارد و باعث توسعه ریشه و افزایش وزن آن می‌گردد (رهی و همکاران ۲۰۱۳).

صفت تعداد برگ به‌صورت ژنتیکی تنظیم می‌شود؛ اما شرایط محیطی نیز بر آن اثرگذار است (صبوری و همکاران ۲۰۱۸). هیومیک اسید اثر شبه هورمونی دارد و استفاده به‌صورت خاکی و یا محلول‌پاشی از آن می‌تواند سبب افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد بخصوص اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در بافت‌های گیاهی گردد (عبدل ماوگود و همکاران ۲۰۰۷). باتوجه به نقش سیتوکینین در تقسیم سلولی و اثری که اکسین و جیبرلین در بزرگ شدن سلول‌ها و افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها ایفا می‌کنند، افزایش تعداد برگ و ارتفاع بوته دور از انتظار نمی‌باشد (چن و اویاد ۱۹۹۰). نتایج این پژوهش حاکی از آن است که استفاده از هیومیک اسید اضافه شده به خاک در غلظت بالا موجب افزایش تعداد برگ در دانهال‌های عناب می‌شود (شکل ۱ پ). در مطالعه رضوی نسب و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از هیومیک اسید

آبیاری کامل مشاهده شد. همچنین در مطالعه صبوری و همکاران (۲۰۱۸)، بیشترین ارتفاع بوته گیاه مرزه در شرایط آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد. استفاده از اسید هیومیک در گیاه پروانش نیز سبب افزایش معنی‌دار در صفات رویشی گیاه، نظیر ارتفاع شد (بیانلو و همکاران ۲۰۲۰).

مطالعات زیادی در رابطه با توانایی مواد هیومیکی در افزایش رشد ساقه در ارقام متفاوت گونه‌های گیاهی تحت شرایط مختلف ارائه شده است. اثر تسریع‌کنندگی مواد هیومیکی بر رشد ساقه در وهله اول به دلیل تأثیر بر فعالیت $H^+ - ATPase$ ریشه و توزیع نیترات ریشه در ساقه بوده که سبب تغییراتی در توزیع مشخص سایتوکینین‌ها، پلی آمین‌ها و ATP می‌گردد و در نتیجه بر رشد ساقه اثر خواهد گذاشت (روبیو و همکاران ۲۰۰۹).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هیومیک اسید در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در خاک بیشترین وزن ساقه، ریشه و وزن کل نهال را تولید کرد. در مطالعه دلفاین و همکاران (۲۰۰۵) و طاهیر و همکاران (۲۰۱۱) سطوح مختلف استفاده از هیومیک اسید موجب افزایش وزن ساقه در گندم شده است. در پژوهش تورکمن و همکاران (۲۰۰۴) نیز کاربرد هیومیک اسید در غلظت‌های مختلف موجب افزایش قطر و طول ساقه در گیاه گوجه فرنگی شد. همچنین در مطالعه رهی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از هیومیک اسید در گونه مرتعی *Festuca arundinacea* وزن تر و خشک ساقه افزایش یافت که نتایج مطالعات ذکر شده هم راستا با نتایج این پژوهش در ارتباط با افزایش وزن ساقه در گونه عناب می‌باشد. هیومیک اسید قابلیت تولید گیاه و حاصلخیزی خاک را با افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز از طریق تشکیل کلات‌های عناصر کم مصرف و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی زیستی آن‌ها و افزایش رشد گیاه و به دنبال آن افزایش سیستم ریشه و ترشحات آن، افزایش خواهد داد (رضوی نسب و همکاران ۲۰۱۷). هیومیک اسید سبب تحریک رشد قسمت‌های هوایی و ریشه گیاه می‌شود (رهی و همکاران ۲۰۱۳)؛ در حالیکه در این

مورفولوژیکی گونه عناب کاملاً اثرگذار بوده و آن‌ها را بهبود بخشیده است. همچنین بر اساس یافته‌های این مطالعه تیمار هیومیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اضافه شده به خاک در تمام شاخص‌های مورد اندازه‌گیری عملکرد بهتری را نسبت تمام تیمارها و حتی نسبت به محلول‌پاشی بر سطح برگ با غلظت مشابه از خود نشان داده است. تیمار محلول‌پاشی با هیومیک اسید ۵۰ میلی-گرم در لیتر و کود حیوانی نیز در اکثر متغیرها، کمترین میانگین را ایجاد نمود. بنابراین اضافه کردن هیومیک اسید به همراه کود حیوانی در زمان کاشت نهال به ویژه در مناطقی که خاک ضعیف از مواد غذایی می‌باشد جهت بهبود رشد و عملکرد نهال‌های عناب و یا گونه‌های مشابه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله حاضر بر خود لازم می‌دانند که از همکاری صمیمانه مدیریت و مسئولین محترم کمربند سبز شهرداری مشهد و سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرستان مشهد به دلیل در اختیار قرار دادن نهالستان، تهیه نهال‌های مورد استفاده و تأمین نیروی انسانی جهت رسیدگی به نهالها در طی مدت آزمایش، کمال تشکر و قدردانی را به جای آورند.

به‌صورت محلول‌پاشی ۲/۵ لیتر در هکتار سبب افزایش تعداد برگ در نهال‌های پسته در شرایط مزرعه شد. همچنین لوتس و همکاران (۱۹۹۶) و پادم و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ در گیاهان بادمجان و فلفل شد. در مطالعه رهی و همکاران (۲۰۱۳) استفاده از کود هیومیک اسید به‌صورت گرانولی سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ شد. عباس زاده و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه به این نتیجه رسیدند که تأثیر غلظت‌های مختلف ترکیب کود آلی (اسید هیومیک و اسید فلووویک) بر تعداد برگ رقم زیتون زرد معنی‌دار بوده است. در پژوهش‌های دیگر نیز اثر سطوح مختلف هیومیک اسید بر گیاه همیشه بهار (محمدی پور و همکاران ۲۰۱۲)، درخت زراآلو (فتحی و همکاران ۲۰۱۰) و گیاه مرزه (صبوری و همکاران ۲۰۱۸) بر افزایش تعداد برگ مثبت و معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مطالعات پیشین می‌توان گفت هیومیک اسید موجب دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده و در نتیجه سبب افزایش اندام‌های هوایی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

آنچه که از نتایج این تحقیق برمی‌آید این است استفاده از هیومیک اسید بر تبادلات گازی و ویژگی‌های

منابع مورد استفاده

- Abbas Zadeh B, Asadi Sanam S and Layegh Haghghi M. 2019. Enhancement of phenolic compounds of olive (*Olea europaea* L.) leaf with soil application of chemical and organic fertilizers. *Journal of Plant Production Research*, 26(3): 179-98. (In Persian). doi: 10.22069/jopp.2019.15532.2395
- Abbaszadeh Faruji R, Shoor M, Tehranifar A and Abedi B. 2020. Effects of Humic and Fulvic Acids on Some Physiological Characteristics of Two Ornamental Plants of Granium (*Plargonium* spp.) and Scindapsus (*Scindapsus* spp.). *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 11(1): 45-58. (In Persian). doi: 10.47176/jspi.11.1.18081
- Abdel Mawgoud AMR, El Greadly NHM, Helmy YI and Singer M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(2): 169-174.
- Abdi N. 2019. Effects of the Zeolite, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Humic Acid on early growth of *Atriplex canescens* L. seedlings in Arak. *Journal of Arid Biome*, 8(2): 27-35. (In Persian). doi: 10.29252/aridbiom.2019.1402

- Amiri MB, Esmaeilian Y and Alboghobiesh M. 2022. Effect of humic and salicylic acids spraying on some morphological characteristics, yield and yield components of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in different levels of irrigation. Iranian Journal of Field Crop Science, 53(1): 55-67. (In Persian). doi: 10.22059/ijfcs.2020.311183.654757
- Bahmani M, Tabari M, Jalali SG and Kartoolinejad D. 2022. Morphological and physiological changes in *Calotropis procera* seedlings under water stress conditions. Desert Ecosystem Engineering, 4(7): 43-52. (In Persian)
- Bahmani M, Yousefi S and Kartoolinejad D. 2016. The effects of gamma radiation on seed germination and vigour of caper (*Capparis spinosa* var. *parviflora*) medicinal plant. Iranian Journal of Seed Research, 3(1):15-26. (In Persian). doi:10.29252/yuj.3.1.15
- Bayanloo E, Aelaei M and Khani MS. 2020. Effect of γ -aminobutyric acid (GABA), humic acid and salicylic acid on some morphophysiological responses and antioxidant characters of *Catharanthus roseus* L. (G.Don). Iranian Journal of Horticultural Science, 50(4): 993-1008. (In Persian). doi: 10.22059/ijhs.2018.251946.1397
- Bello WB, Adejuyigbe CO, Adigun JA and Dare MO. 2019. Soil fertility status, nutrient uptake and maize (*Zea mays* L.) yield as influenced by animal manure and compost. Journal of Organic Agriculture and Environment, 7(1): 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35784>
- Chamani E, Bonyadi M and Ghanbari A. 2016. Effects of Salicylic acid and Humic acid on Vegetative Indices of Periwinkle (*Catharanthus roseus* L.). Journal of Horticultural Science, 29(4): 631-641. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v29i4.33521>
- Chen Y and Aviad T. 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: Humic substances in soil and crop sciences. Soil Science Society of America Journal, 161-187. <https://doi.org/10.2136/1990.humicsubstances.c7>
- Delfine S, Tognetti R, Desiderio E and Alvino A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable, 25: 183-191. <https://doi.org/10.1051/agro:2005017>
- Fathy MA, Gabr MA and El Shall A. 2010. Effect of humic acid treatments on 'Canino' apricot growth, yield and fruit quality. New York Science Journal, 3: 109-115. (In Persian)
- Hatami E, Shokouhian AA, Ghanbari AR and Naseri L. 2020. Investigation the effect of humic acid on some morphophysiological and biochemical characteristics of almond rootstocks under salinity stress. Iranian Journal of Horticultural Science, 51(3): 523-536. (In Persian). doi: 10.22059/ijhs.2019.277630.1615
- Hemati A, Alikhani HA, Babaei Ajdanian L, Asgari Lajayer B and van Hullebusch ED. 2022. Effects of foliar application of humic acid extracts and indole acetic acid on important growth indices of canola (*Brassica napus* L.). Scientific Report, 12: 20033. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21997-5>
- Hoseini Chenarestani Olia M, Hoseini Farrehi M and Aboutalebi AH. 2017. Effect of different media culture and humic acid on some important vegetative properties of orange seedling cv. Valencia (*Citrus sinensis*) using sour orange (*C. aurantium*) rootstock. Iranian Journal of Horticultural Science, 48(3): 487-502. (In Persian). doi: 10.22059/ijhs.2017.139777.913
- Kartoolinejad D, Rahimi D, Nourmohammadi K and Naghdi R. 2017. The Effect of carbon nanotubes on drought resistance of caucasian alder (*Alnus subcordata* CA Mey) in germination stage. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(2): 17-28. (In Persian). doi: 10.22034/ijst.2018.108709.1033
- Keshavarz H, Modarres-Sanavy SA, Sefidkon F and Mokhtassi-Bidgoli A. 2019. Effect of organic fertilizers and urea fertilizer on phenolic compounds, antioxidant activity, yield and yield components of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 17(4): 661-672. (In Persian). doi: 10.22067/gsc.v17i4.80548
- Khan MN, Mobin M, Abbas ZK and Alamri SA. 2018. Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. Encyclopedia of the Anthropocene, 5: 225-240.

- Khorasaninejad S, Alizadeh Ahmadabadi A and Hemmati K. 2018. The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress. *Scientia Horticulturae*, 239: 314-323. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.015>
- Lutts S, Kinet JM and Bouharmont J. 1996. Na Cl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annul Botony*, 78: 389-398. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0134>
- MacCarthy P. 2001. The principles of humic substances. *Soil science*, 166(11): 738-751.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London. Pp: 245.
- Mashayekhi S, Abdali Mashhadi A, Bakhshandeh A, Lotfi Jalal Abadi A and Seyyed Nejad SM. 2019. Relationship of salicylic acid and humic acid foliar spray and harvesting times with yield and quality of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(1): 209-222. (In Persian)
- Mirzaee N, Jabbarzadeh Z and Rasouli-Sadaghiani M. 2020. Influence of humic acid and nano-calcium chelate application on photosynthetic pigments and nutrient uptake of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. *Plant Process and Function*, 9(39): 61-76. (In Persian). doi: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8
- Mohammadipour E, Golchin A, Mohammadi J, Negahdar N and Zarchini M. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research*, 3: 5095-5098.
- Moudi M, Mousavi kouhi SM, Ghollasi mood S and Ayoobi A. 2021. DNA barcoding of *Ziziphus jujuba* Mill. in Iran using chloroplast genes (rbcL and matK). *Journal of Plant Production Research*, 28(2): 115-130. doi: 10.22069/jopp.2021.17976.2669 (In Persian). doi: 10.22069/jopp.2021.17976.2669
- Naghashzadeh MR, Sharifabad HH, Heravan EM, Rafiee M, Rejali F and Imantalab N. 2014. Evaluation of maize leaf gas exchanges with application of mycorrhizal biofertilizer under drought stress conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 30(1): 47-59. (In Persian)
- Naithani KJ, Ewers BE and Pendall E. 2012. Sap flux-scaled transpiration and stomatal conductance response to soil and atmospheric drought in a semi-arid sagebrush ecosystem. *Journal of Hydrology*, 464-465: 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.07.008>
- Nasseri A, Khorshidi MB, Faramarzi A and Mottaghifard Z. 2020. Determination of Irrigation Time by Measuring Stomatal Conductance in Corn Leaves. *Water Management in Agriculture* 6(2): 37-46. (In Persian)
- Noormand Moaied F, Abbaszadeh B, Sefidkon F, Valizadeh N and Shaikhzadeh J. 2024. Performance and quality Response of Satureja Spicijera Essential Oil to Organic and Chemical Fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 33(4): 51-64. (In Persian)
- Padem H, Ocal A and Alan R. 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. *ISHS Acta Hort*, 491: 241-246. doi: 10.17660/ActaHortic.1999.491.35
- Pahalvi HN, Rafiya L, Rashid S, Nisar B and Kamili AN. 2021. Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers*, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs, 1-20.
- Parandian F and Samavat S. 2012. Effects of fulvic acid and humic acid on anthocyanin, soluble sugar, α -amylase enzyme and some micronutrients in liliium. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(5): 924-929. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55702760>
- Paudel MR, Poudeyal MR and Devkota HP. 2023. *Ziziphus* spp. (*Ziziphus jujuba* mill., *Ziziphus mauritiana* lam.). In *Himalayan Fruits and Berries* (pp. 491-497). Academic Press.
- Rad MH, Assareh MH, Vazifehshenas MR, Kavand A and Soltani M. 2022. The effect of Sustained Deficit Irrigation (SDI) on yield and some morphological and biochemical indicators of jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.). *Research in Pomology*, 7(1): 145-155. doi: 10.30466/rip.2021.53329.1159 (In Persian). doi: 10.30466/rip.2021.53329.1159

- Rahi A, Mirzaie-Nodoushan H, Danaee M and Azizi F. 2013. Effects of humic acid on vegetative characteristics of *Festuca arundinacea*. Iranian Journal of Range and Desert Research (IJRDR), 19(4): 722-736. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2013.3061>
- Rahimi D, Sadeghipour A, Kartoolinejad D. 2016. Effects of priming with different concentrations of potassium nitrate salt on seed germination and vigor indices of *Capparis cartilaginea*. Rangeland, 10(2):180-190. (In Persian). doi: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.5.7
- Razavi Nasab A, Fotovat A, Astaraie AR and Tajabadipour A. 2017. Effect of organic and chemical amendment matters and humic acid on morpho-physiologic parameters of pistachio seedlings in field conditions. Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture), 40(1): 107-24. (In Persian). doi: 10.22055/agen.2017.13081
- Roussos PA, Gasparatos D, Kechrologou K, Katsenos P and Bouchagier P. 2017. Impact of organic fertilization on soil properties, plant physiology and yield in two newly planted olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Mediterranean conditions. Scientia horticulturae, 220: 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.019>
- Rubio V, Bustos R, Irigoyen ML, Cardona-Lopez X, Rojas-Triana M and Paz-Ares J. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. Plant Molecular Biology, 69(4): 361-373.
- Sabouri F, Sirousmehr A and Gorgini Shabankareh H. 2018. Effect of irrigation regimes and application of humic acid on some morphological and physiological characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Plant Biology, 9(4): 13-24. (In Persian). doi: 10.22108/ijpb.2018.22437
- Sadeghipour AS and Kartoolinejad D. 2017. Carbon uptake and leaf gas exchange of ash tree (*Fraxinus excelsior*) affected by different intensities of photosynthetically active radiation (case study: Central Europe forests). Journal of Natural Environment, 70(2): 373-384. (In Persian). doi: 10.22059/jne.2017.124954.928
- Safari A, Fatemi A, Saiedi M and Kolahchi Z. 2022. Effect of drought stress on water use efficiency of grapevines (*Vitis vinifera* L.) cultivar 'Bidaneh Ghermrz' under different fertilizer treatments. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) , 35(4): 836-47. (In Persian). doi: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
- Sangeetha M, Singaram P and Uma Devi R. 2006. Effect of lignite humic acid and fertilizer on yield of onion and nutrient availability, Proceeding of 18th World Congress of Soil science 9-15. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Shen J, Guo MJ, Wang YG, Yuan XY, Wen YY, Song XE, Dong SQ and Guo PY. 2020. Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. Plant Signaling & Behavior, 15(8): e1774212. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1774212>
- Shoa Davoud Li A and Motalebi E. 2020. The effect of application of humic acid and sulfur together with Thiobacillus bacteria on the morphological characteristics of magnolia plant. Plant and Biotechnology of Iran, 14(4): 11-19. (In Persian). doi: 10.34172/ajehe.2023.5284
- Tahir MM, Khurshid M, Khan MZ, Abbasi MK and Kazmi MH. 2011. lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils, Pedosphere, 21: 124-131. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:95713102>
- Türkmen Ö, Dursun A, Turan M and Erdinç Ç. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Acta Agriculture Scandinavica, 7: 168-174. doi: 10.1080/09064710310022014
- Xue TT, Ruan KH, Xu HB, Liu HB, Tang ZS, Yang YG, ... and Song ZX. 2024. Effect of different drying methods on the drying characteristics, chemical properties and antioxidant capacity of *Ziziphus jujuba* var. *Spinosa* fruit. LWT, 196, 115873. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115873>
- Yogananda SB, Parama VR, Prakash SS and Thimmegowda MN. 2019. Effect of biodegradable urban waste compost on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 53(6): 703-707. doi: 10.18805/IJARE.A-4737.