



Investigating the effect of humic acid and amino acids on the quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

Mahnaz khataar¹ | Mahdi Ahmadian² | Mohammad Nabi Kaviani poor³

1. Soil and Water Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Hamadan, Iran. E-mail:

mah.khataar@gmail.com

2. Soil and Water Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Hamadan, Iran. E-mail:

mahdi.ahmadian@gmail.com

Department of medicinal plants, Jahad Daneshgahi Higher Educational Institution, Kermanshah, Iran. E-mail: 3. Student at

mohamadnabi.kavianipoor@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: March. 30, 2025

Revised: July. 13, 2025

Accepted: Sep. 1, 2025

Published online: Nov. 2025

Keywords:

Chlorophyll,

Root yield,

Essential oil,

Medicinal plant

ABSTRACT

To improve the efficiency of water and nutrient absorption, and consequently enhance the quantity and quality of crop yield, various growth stimulants, such as humic acid and amino acids, are widely utilized. This study investigates the effects of humic acid and amino acids on the quantitative and qualitative characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in a farm located in Deh Delian village, Hamadan city, during the spring of 2024. The experiment was designed as a factorial study based on a randomized complete design with three replications. The two factors examined were: humic acid applied at three concentrations (control—no humic acid, 2 and 4 per liter) and amino acids applied at three concentrations (control—no amino acids, 2 and 4 per liter). The results indicated that both humic acid and amino acid treatments significantly affected most coriander traits. The highest values for the number of stems (8.22), shoot length (41.22 cm), root fresh weight (8.88 g), root dry weight (3.24 g) and root volume (10.33 cm³), one-thousand-seed weight (10.30 g), and relative water content were (79.19) obtained from the 4 per liter amino acid and 4 per liter humic acid treatment, and the lowest values observed in the control group. The longest root length (17.88 cm) was observed in the 4 per liter amino acid and 4 per liter humic acid treatment, while the shortest root length occurred in the control. The highest seed yield (111.33 g) was found in the 4 per liter amino acid and 2 per liter humic acid treatment, with the lowest yield in the control. The highest percentage of essential oil was obtained when using the highest concentration of either amino acid (4 per liter) or humic acid (4 per liter) alone, while the lowest essential oil content (0.36 %) was observed in the control treatment. Chlorophyll content increased with both humic acid and amino acid treatments, with the lowest (2.69 mgg⁻¹) and highest (4.19 mgg⁻¹) values found in the control and 4 per liter amino acid and 4 per liter humic acid treatments, respectively. Therefore, the combined application of humic acid and amino acids significantly enhances the quantity and quality of coriander yield, and foliar spraying with these substances is economically justifiable.

Cite this article: Khattar, M., Ahmadian, M., Kaviani poor, M. N., (2025) Investigating the effect of humic acid and amino acids on the quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.), *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 56 (9), 2565-2591. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391949.669912>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391949.669912>



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

In the era of modern agriculture, the area of arable land has decreased due to various factors such as drought, increased soil salinity, and urban expansion. With rising demand for food production, increasing yield per unit area has become a key priority for planners and producers. Among the widely used organic sources that act as biostimulants and significantly boost yield per unit area are amino acids. These substances promote plant growth and activity, and in addition to being a rich source of nitrogen and carbon, they directly and indirectly mitigate the effects of environmental stresses. Another popular growth stimulant among farmers is humic acid. Humic acid plays a critical role in enhancing nutrient absorption by strengthening root structures, thus improving the plant's resistance to environmental stresses. Moreover, using humic acid as a foliar spray in combination with other fertilizers, especially pesticides, enhances their effectiveness. For these reasons, the present study was conducted with the following objectives:

Investigating the effect of humic acid on the quantitative and qualitative growth of the medicinal plant coriander.

Investigating the effect of amino acids on the quantitative and qualitative growth and yield of the medicinal plant coriander.

Investigating the interactive effect of amino acids and humic acid on the quantitative and qualitative growth and yield of the medicinal plant coriander

Method

The research was conducted in April 2024 in Hamedan County, Deh Delian Village, located at an east longitude of 47 to 49 degrees, a north latitude of 33 to 35 degrees, and an altitude of 1820 meters above sea level. The study was carried out as a field cultivation experiment using a factorial design based on a randomized complete design, with three replications. Disturbed soil samples were collected from a depth of 0-30 cm, air-dried, and passed through a 2 mm sieve to determine the chemical and physical properties. After preparing the field and applying nutrient fertilizers based on soil test recommendations, 30 coriander seeds were sown in each experimental plot during the first week of Farvardin 1403 AH. Irrigation was carried out on average once every four days. At the four-leaf stage, 15 strong and healthy plants were selected in each plot, while the weak plants were removed. The treatments were then applied as foliar sprays at three stages: four-leaf, stemming, and flowering. Each of the humic acid and amino acid treatments had three levels: control (no treatment), 2 per liter concentration, and 4 per liter concentration. At the end of the cultivation period, both the shoots and roots of the plants were harvested separately, and their desired traits were measured.

Results and Discussion

Amino acid and humic acid spraying, as well as their interaction effects, were significant on the studied traits. Amino acid application improved the number of stems per plant, the length and dry weight of the shoot, root dry weight, grain yield per unit area, thousand seed weight, relative leaf water content, and coriander essential oil content. Humic acid also positively affected the number of stems per plant, the length and fresh weight of the shoot, the length, fresh weight, dry weight, and volume of roots, grain yield per unit area, thousand seed weight, relative leaf water content, and the percentage of coriander essential oil. The interaction effect of amino acids and humic acid was also significant and positive on the number of stems per plant, length and dry weight of the shoot, fresh weight, dry weight and root volume, grain yield per unit area, thousand seed weight, relative leaf water content, and coriander essential oil percentage. The highest values for these traits were observed in the amino acid and humic acid treatment at 4 per liter, while the lowest values were recorded in the control treatment. The effect of amino acid and humic acid treatments, and their interaction, on total chlorophyll content was also significant. As the concentrations of amino acids and humic acid increased, total chlorophyll content also increased, with the highest and lowest values, similar to most other traits, observed in the amino acid-humic acid 4 per liter treatment and the control treatment, respectively. At low and medium levels of amino acid and humic acid, their interaction significantly enhanced the percentage of essential oil. However, at higher concentrations of each factor, there was no need for the application of the second factor, as the highest percentage of essential oil was achieved with either amino acid or humic acid applied alone at high concentrations (4 per liter). When using amino acids and humic acid, the purpose of cultivating coriander should be clearly defined

A- For the extraction and medicinal properties of coriander, it is recommended to use either amino acid or humic acid at high concentrations (4 per liter). If both acids are to be applied simultaneously at lower concentrations, it is advisable to use equal concentrations at the average level (2 per liter).

B- If the purpose of coriander cultivation is to consume the cilantro, either raw or cooked, it is

recommended to use high levels of both amino acids and humic acid (4 per liter) simultaneously, in order to achieve the highest yield of cilantro.

C- If the reason for cultivation is to harvest coriander seeds, an average level of humic acid (2 per liter) and a high level of amino acid (4 per liter) should be used to achieve the highest seed yield per unit area.

D- Finally, if coriander is planted in areas with limited water resources, high water efficiency can be achieved by using the highest levels of both amino acids and humic acids (4 per liter) simultaneously. In these conditions, maximum rooting and subsequent absorption of water and nutrients occur, leading to a significant increase in yield and improved water use efficiency

Author Contributions

MN. K. conducted the experiment and measurements. M. KH. analysed and wrote the draft. Other colleagues collaborated on the research as consultants. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank the reviewers and editor for their critical comments that helped to improve the paper.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

بررسی اثر اسید هیومیک و اسیدهای آمینه بر عملکرد کمی و کیفی گشنیز
(*Coriandrum sativum* L.)مهناز ختار^۱✉، مهدی احمدیان^۲، محمد نبی کاویانی پور^۳

۱. نویسنده مسئول، بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، همدان، ایران. رایانامه:

mah.khataar@gmail.com

۲. محقق بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، همدان، ایران. رایانامه:

mahdi.ahmadian@gmail.com

۳. گروه گیاهان دارویی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. رایانامه:

mohamadnabi.kavianipoor@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	به منظور بهبود کارایی جذب آب و عناصر غذایی و متعاقباً افزایش کیفیت و کمیت عملکرد، طیف وسیعی از محرک‌های رشد مانند اسید هیومیک و اسید آمینه استفاده می‌شود. به این دلیل در پژوهش حاضر تاثیر اسیدهیومیک و اسیدآمینه بر ویژگی‌های کمی و کیفی گشنیز، در مزرعه‌ای واقع در شهرستان همدان، روستای ده‌دلیان در بهار سال ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه در قالب آزمایش فاکتوریل، بر پایه طرح کامل تصادفی، در ۳ تکرار اجرا شد. دو فاکتور شامل اسیدهیومیک در سه سطح (شاهد، غلظت ۲ و ۴ در لیتر) و اسیدهای آمینه در سه سطح (شاهد، غلظت ۲ و ۴ در لیتر) بود. نتایج نشان داد که اثر هر دو فاکتور اسید آمینه و اسید هیومیک بر اکثر صفات گشنیز معنی‌دار بود. بیشترین تعداد ساقه (۸/۲۲)، طول (cm22/41) شاخساره، وزن تر (g88/8)، وزن خشک (g 24/3) و حجم (cm333/10) ریشه، وزن هزاردانه (g30/10) و محتوای نسبی آب برگ (۷۹/۱۹) در تیمار اسید آمینه و اسید هیومیک ۴ در لیتر و کمترین آن‌ها در تیمار شاهد به دست آمد. بیشترین طول ریشه (cm88/17) در تیمار اسید آمینه و اسید هیومیک ۴ در لیتر و کمترین آن در تیمار شاهد، مشاهده شد. بیشترین عملکرد بذر (g33/111) در تیمار اسید آمینه ۴ در لیتر-اسید هیومیک ۴ در لیتر و کمترین آن در تیمار شاهد بود. بیشترین درصد اسانس در هنگام اعمال بیشترین غلظت اسید آمینه یا اسید هیومیک به تنهایی حاصل شد، هرچند کمترین میزان آن، مانند اکثر صفات در شاهد (۰/۳۶٪) بود. اثر هر دو اسید آمینه و اسید هیومیک بر محتوای کلروفیل، افزایشی بود و بیشترین (mgg-119/4) و کمترین (mgg-169/2) آن به ترتیب در تیمار اسید آمینه-اسید هیومیک ۴ در لیتر و تیمار شاهد به دست آمد. بنابراین اسید هیومیک و اسیدهای آمینه و اثرات متقابل آن‌ها، نقش مفید و موثری بر افزایش کمیت و کیفیت عملکرد گشنیز داشته و محلول پاشی آن‌ها از لحاظ اقتصادی قابل توجیه است.
واژه‌های کلیدی: اسانس، کلروفیل، گیاه دارویی، وزن ریشه.	

استناد: ختار، مهناز، احمدیان، مهدی، کاویانی پور، محمدنبی، (۱۴۰۴) بررسی اثر اسید هیومیک و اسیدهای آمینه بر عملکرد کمی و کیفی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۶ (۹)، ۲۵۹۱-۲۵۶۵. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391949.669912>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391949.669912>

مقدمه

امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع، به منظور دستیابی به عملکرد کیفی و کمی زیاد و اهداف کشاورزی پایدار، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده، که یکی از ارکان آن استفاده از کودهای محرک رشد است (انصوری و همکاران، ۱۳۹۳). از جمله منابع آلی پرکاربرد که نقش محرک زیستی داشته و عملکرد را در واحد سطح به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهند، اسیدهای آمینه هستند. این مواد تقویت کننده رشد و فعالیت گیاهان هستند و علاوه بر دارا بودن منبع غنی از نیتروژن و کربن، به طور مستقیم و غیر مستقیم اثرات ناشی از تنش‌های محیطی را تعدیل می‌کنند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۰). از دیگر محرک‌های رشد که مورد اقبال بسیاری از کشاورزان قرار گرفته، اسید هیومیک است. اسید هیومیک نقش بسیار مهمی در افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه دارد. با توجه به شرایط آبی و خاکی زمین‌های زراعی ایران که پی‌اچ و قابلیت هدایت الکتریکی (شوری) زیادی دارند، اثرات این اسید بسیار مشهود است. در این راستا لازم است اثرات مفید محرک‌های رشد به ویژه برای محصولاتی که در سال‌های اخیر اهمیت درمانی و اقتصادی زیادی را به خود اختصاص داده‌اند، مورد بررسی قرار گیرند. از جمله این محصولات، گیاه دارویی گشنیز است که بیش از ۶۰ درصد از تولید آن در کشور، مختص استان همدان (از جمله شهرستان‌های نهاوند و تویسرکان) است. سرشاخه گشنیز به صورت تازه در سالاد و سوپ و بذر آن در صنایع غذایی و چاشنی مصرف می‌شود. اسانس گشنیز حاوی ۵۰ درصد لینالول بوده و در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌گردد. همچنین در طب سنتی از گشنیز به عنوان هضم کننده غذا، اشتها آور، ضد نفخ، برطرف کننده دردهای عضلانی و آرامش بخش مورد مصرف قرار می‌گیرد (پناهیان کیوی، ۱۳۹۸). تحقیقات نشان می‌دهند که خواص ذکر شده گیاه گشنیز، به شدت تحت تاثیر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و قابلیت دسترسی عناصر غذایی خاک است. از سوی دیگر به دلیل تنش گرمایی و بارش های کم سال‌های اخیر، عملکرد آن تحت تاثیر قرار گرفته است، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از کودهای محرک رشد می‌تواند، نقش مهمی را در ارتقای کمی و کیفی این گیاه ایفا کند.

پیشینه پژوهش

گشنیز گیاهی از خانواده گل چتریان با نام علمی *Coriandrum sativum* L. و یک ساله است. این گیاه دارای ساقه‌های کم و بیش ایستاده، منشعب، بدون کرک با فاصله میان گره‌های تو خالی است، که هر شاخه به یک گل آذین ختم می‌شود. به طوری که برگ‌های آن دارای دو شکل مختلف است، برگ‌های پایینی پهن، دندانه‌ای با دمبرگ بلند است. ولی برگ‌های بالا به صورت متناوب و باریک، دارای بریدگی‌های پر مانند، دمبرگ کوتاه و رشته‌ای شکل می‌باشد. گل آذین به صورت چتر مرکب است (Omidbaigi, 1997). این ویژگی‌ها موجب می‌شود تا محلول پاشی بتواند بخوبی در سطح گیاه انجام شده و کارایی مناسبی داشته باشد (پناهیان کیوی، ۱۳۹۸). محلول پاشی یا تغذیه برگی به ویژه در مناطقی مانند کشور ایران که دارای خاک‌های آهکی با pH بالا هستند، نقش بسیار مهمی را در جهت افزایش قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی و متعاقباً بهبود عملکرد ایفا می‌کند. این اثر به دلیل تغییر اقلیم و کاهش کیفیت و کمیت منابع آبی چشمگیرتر شده است. با محلول پاشی می‌توان ترکیبات کودی را در سریع‌ترین زمان در اختیار گیاه قرار داد و تا حدودی شرایط ناملائم محیطی را کنترل کرد. در این راستا با توجه به کمبود مواد آلی در بیشتر خاک‌های کشور، استفاده از محلول پاشی تربیات آلی محرک رشد می‌تواند بسیار ارزشمند باشد.

به منظور بهبود کارایی جذب آب و عناصر غذایی و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، طیف وسیعی از ترکیبات آلی مختلف مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات موجب افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی شده و متعاقباً به ارتقای عملکرد و رسیدن به کشاورزی پایدار کمک می‌کنند. از مهمترین این مواد می‌توان به اسیدهای آمینه و اسید هیومیک اشاره کرد که به صورت کود در بازار وجود دارند و به سلامت کلی خاک و گیاه کمک می‌کنند (Nargesi et al., 2022). این ترکیبات همراه آب آبیاری یا بصورت محلول پاشی در کشاورزی استفاده می‌شوند، تا فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهی را تنظیم یا تقویت کنند. اسیدهای آمینه در تمام واکنش‌های اصلی گیاه اعم از ساختاری، آنزیمی، متابولیسمی و انتقال انرژی نقش دارند و در کل کیفیت و کمیت محصول را بهبود می‌بخشند (Abdel-Mawgoud et al., 2011). گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند و این ویژگی به خصوص در مناطق سرد، خاک‌های فقیر از ماده آلی و یا دارای کمبود نیتروژن از اهمیت بیشتری برخوردار است (Rafie et al., 2020). امینی فرد و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی، اثر محلول پاشی اسید آمینه (شاهد و سه در لیتر) بر صفات رویشی و زایشی گیاه گشنیز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که صفات

رویشی (تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ) و زایشی گیاه (عملکرد دانه، تعداد بذر و وزن هزاردانه) تحت تاثیر اسید آمینه قرار گرفت، به طوری که بیشترین تعداد برگ (۲۷) و عملکرد دانه (۸۷۳/۳ کیلوگرم در هکتار)، با کاربرد غلظت سه در لیتر اسید آمینه حاصل شد. دانایی و شریف زاده احتشامی (۱۴۰۲) محلول پاشی اسید آمینه‌های آلانین، پرولین و گلوتامین با غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، در دو مرحله ۲ تا ۴ برگی و ۴ تا ۶ برگی را بر گیاه گشنیز اعمال کردند. نتایج نشان داد که تیمارها به طور معنی‌داری صفات مورد ارزیابی را نسبت به شاهد، افزایش دادند. در شرایط نامناسب محیطی بیوسنتز اسیدهای آمینه به سختی انجام می‌شود، بنابراین مصرف اسیدهای آمینه به صورت کود، نیاز ساخت آن را توسط گیاه برطرف می‌کند و این امکان را به گیاه می‌دهد که انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالا بردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (Naghdi Badi et al. 2015). این ترکیبات در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل می‌کنند و وقتی در شرایط مناسب وارد گیاه شوند داخل سلول شده و به دلیل خلوص بالا، در فرآیندهای متابولیکی گیاه استفاده می‌شوند (نجفی و همکاران، ۱۴۰۰).

اسید هیومیک، یکی دیگر از کودهای آلی مورد استفاده در کشاورزی است که به مقدار کم توسط فعالیت میلیون‌ها باکتری مفید خاک، در اثر تجزیه مواد آلی در شرایط هوازی تولید می‌شود و سبب افزایش ریشه زایی و متعاقباً جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد. همچنین از طریق افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه، جوانه زنی و قوه نامیه بذرها، فتوسنتز، مقاومت گیاه به انواع تنش‌های زیستی و محیطی و نهایت کیفیت و کمیت عملکرد را ارتقاء می‌دهد (مفاخری و امینیان دهکردی، ۱۳۹۸). در پژوهشی اثرات اسیدهیومیک بر میزان برخی از متابولیت‌های ثانویه و خاصیت آنتی اکسیدانی برگ گیاه گشنیز در منطقه سیستان مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارها شامل کاربرد اسید هیومیک در مرحله ۴ برگی و در ۴ سطح صفر (شاهد)، ۲، ۱ و ۳ کیلوگرم در هکتار و صفات مورد مطالعه شامل میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌ها، میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتوسیانینی بودند. نتایج نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل a و b مربوط به کاربرد ۲ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بود و کمترین میزان برای این صفات نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر متابولیت‌های ثانویه و خاصیت آنتی اکسیدانی برگ گیاه گشنیز داشت (شریفی راد و همکاران، ۱۳۹۶). صدیق و هاشمی دهکردی (۱۴۰۰) اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک) بر میزان رشد گیاه دارویی باریجه^۱ را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که این کود تأثیر معنی‌داری بر صفات رویشی گیاه دارد. به طوری که ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک، بیشترین میزان ارتفاع ساقه و طول، قطر و وزن خشک ریشه را ایجاد کرد. گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۶) محلول پاشی اسید هیومیک در سه سطح صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر در را بر گیاه دارویی بادرنجبویه^۲ اعمال و اذعان کردند که بیشترین مقدار ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته، قطر ساقه، وزن خشک و تر ریشه و بالاترین درصد و عملکرد اسانس در تیمار ۴۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک حاصل شد. خالص رو و ملکیان (۱۳۹۵) نیز نشان دادند که مصرف غلظت یک درصد اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد و تیمار نیم درصد، موجب افزایش معنی دار صفات ارتفاع بوته و تعداد چترک در چتر گیاه دارویی زنیان^۳ شد. طاهری و رستمی (۱۳۹۲) بیان کردند که مواد هیومیکی سبب بهبود وزن تر برگ، اندام هوایی و افزایش سطح برگ و طول ریشه در گیاه ریحان^۴ می‌شود. احتمال بر این است که مواد هیومیکی از طریق تولید هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. با افزایش سطح ریشه جذب و دسترسی به نیتروژن، کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم ارتقاء می‌یابد.

El-Sayed و همکاران (2017) اثر اسید هیومیک، اسید آمینه و استفاده همزمان آن‌ها را به صورت آزمایش گلخانه‌ای طی دو سال زراعی بر روی گیاه چمن ساحلی^۵ انجام مورد مطالعه قرار دادند. تیمارها شامل سه سطح اسید هیومیک (۰، ۵ و ۱۰ میلی لیتر در لیتر) به صورت محلول پاشی و سه سطح اسید آمینه (۰، ۱ و ۲ گرم به ازای هر گلدان) به صورت خاکی بود. نتایج به دست آمده نشان داد که تمامی تیمارهای اسید هیومیک و اسید آمینه به تنهایی و توأمان، باعث افزایش ویژگی‌های بخش هوایی در مقایسه با شاهد شد. Hegab و همکاران (2020) اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه و اسید هیومیک را بر رشد و عملکرد گندم مورد مطالعه قرار داده و بیان داشتند که عملکرد و اجزای آن، غلظت آنتی اکسیدان‌ها، فنل کل و مواد مغذی گندم^۶ با افزایش اسیدهای آلی نسبت به شاهد ارتقاء یافت و این

1. *Ferula gummosa* Boiss
2. *Melissa officinalis*
3. *Trachyspermum ammi*
4. *Ocimum basilicum*
5. *Spinifex longifolius*
6. *Triticum aestivum*

افزایش در هنگام استفاده از اسید آمینه بیشتر از اسید هیومیک بود. Nargesi و همکاران (2022) اثر اسیدهای آمینه و اسید هیومیک را بر درخت زیتون^۱ مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که درختان تیمار شده با آرژنین + اسید هیومیک، دارای بیشترین میزان پروتئین میوه و کلروفیل کل بودند.

ضرورت انجام پژوهش

با توجه به بازار فعال گیاهان دارویی و تقاضای زیاد آن از سمت مصرف کنندگان، نیاز به افزایش کیفی و کمی عملکرد، که منجر به افزایش ماده مؤثره گردد، به شدت احساس می‌شود. همچنین این افزایش عملکرد می‌تواند قیمت بالای ماده مؤثره را در بازار جبران کند. اخیراً از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی استفاده می‌شود که اثر قابل توجهی بر محصولات کشاورزی دارند (سبزواری و خزاعی، ۱۳۸۸). اسیدهای آمینه و اسید هیومیک از جمله این ترکیبات آلی هستند که جهت تغذیه گیاهی توصیه شده و تا حدود زیادی در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه و قابلیت جذب مواد غذایی مؤثراند. لذا لازم است بررسی اثر این مواد به عنوان محرک رشد، برای محصولات کشاورزی که نقش استراتژیکی و اقتصادی در کشور دارند، با دقت نظر بیشتری انجام شود. گیاه گشنیز به دلیل دارا بودن اسانس و کاربرد در صنایع غذایی، داروسازی و آرایشی-بهداشتی، اهمیت اقتصادی بالایی دارد و سطح وسیعی از زمین‌های تحت کشت این محصول در کشور، مربوط به استان همدان است. این درحالی است که تاکنون مطالعات مزرعه‌ای محدودی در زمینه بررسی اثرات اسید هیومیک و اسیدهای آمینه و تعیین میزان مصرف بهینه آنها برای گیاه دارویی گشنیز، انجام شده است و حتی آزمایشات گلخانه‌ای نیز انگشت شمار است. بنابراین برای به دست آوردن عملکرد بیشتر و بهره‌گیری بالاتر از گیاه گشنیز، لازم است مطالعات بیشتر و دقیقتری در این زمینه انجام شود.

به همین دلیل پژوهش حاضر در جهت رسیدن به اهداف زیر انجام گرفت.

بررسی اثر اسید هیومیک بر رشد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز

بررسی اثر اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز

بررسی اثر متقابل اسیدهای آمینه و اسید هیومیک بر رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز

روش‌شناسی پژوهش

شرایط اکولوژیکی منطقه اجرای پروژه

این پژوهش در شهرستان همدان، روستای ده دلیان (جاده ملایر) در بهار سال ۱۴۰۳ انجام شد. این منطقه دارای طول جغرافیایی شرقی ۴۷ تا ۴۹ درجه و عرض جغرافیایی شمالی ۳۳ تا ۳۵ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۲۰ متر می‌باشد.

نمونه‌برداری خاک

در این پژوهش سعی شد از مزرعه ای با خاک بافت متوسط و شوری کم استفاده شود. نمونه از لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک‌های این منطقه برداشت شد. نمونه‌های دست‌خورده پس از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک شده و جهت تعیین خصوصیات شیمیایی از الک ۲ mm گذرانده شدند.

تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک

بافت خاک به روش هیدرومتری، کربن آلی (CO) خاک به روش اکسیداسیون تر، کربنات کلسیم (CaCO_3) معادل، به روش خنثی‌سازی با HCl، رسانایی الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH)، در عصاره اشباع خاک، به ترتیب با دستگاه رسانایی سنج الکتریکی^۲ (Jenway 4510) و pH متر (Jenway 3505)، فسفر (P) به روش السن، پتاسیم (K) توسط استات آمونیوم و عناصر ریز مغذی آهن، روی، مس و منگنز اندازه‌گیری شدند (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد بررسی در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد بررسی

K (ppm)	P (ppm)	N (%)	CaCO_3 (%)	OC (%)	EC (dSm^{-1})	pH	Sand (%)	Clay (%)	Texture
۲۹۶	۱۴	۰/۰۵	۲۱	۰/۵۵	۱/۶	۸/۱	۵۲	۱۹	لوم



جدول ۲: مقادیر برخی از عناصر ریز مغذی خاک مورد بررسی

Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
۴	۰/۶۳	۳/۵	۲/۴

تعیین ویژگی‌های آب آبیاری

جهت آبیاری محصول از آب چاه استفاده شد. ابتدا نمونه آب پس از یک ربع کار موتور، برداشته و سریعاً به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس میزان کلر آب به روش تیتراسیون با نیترات نقره، کربنات و بیکربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، سدیم با دستگاه فلیم فتومتر، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA و EC و pH به ترتیب با دستگاه رسانایی سنج الکتریکی (Jenway 4510) و pH متر (Jenway 3505) اندازه گیری شدند (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد بررسی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: برخی ویژگی‌های آب آبیاری مورد بررسی

Na ⁺ meqL ⁻	Mg ⁺² meqL ⁻	Ca ⁺² meqL ⁻	EC dSm ⁻¹	pH	Cl ⁻ meqL ⁻	HCO ₃ ⁻ meqL ⁻	CO ₃ ⁻² meqL ⁻
۲/۰	۴/۰	۵/۶	۱/۱	۷/۰	۲/۲	۷/۵	.

تیمارهای محلولپاشی

هدف از این تحقیق ارزیابی اثر کودهای اسید هیومیک (کود اسید هیومیک مایع بیوزر حاوی: ۸/۹ درصد اسید هیومیک، ۱/۶ درصد K₂O، ۰/۵۳ درصد P₂O₅، ۰/۶ درصد N) و اسیدهای آمینه (کود اسید آمینه شرکت بیوزر حاوی اسیدهای آمینه آسپاراتیک، گلوتامیک، گلیسین، آرچنین، ترئونین، آلانین، پرولین، تیروسین، والین، متیونین، سیستین، ایزولئوسین، لئوسین، فنیل آلانین، لیزین و تربیتوفان) به صورت محلول پاشی بر رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز بود. پژوهش به صورت کشت مزرعه ای و در قالب آزمایش فاکتوریل، بر پایه طرح کامل تصادفی، در ۳ تکرار اجرا شد.

اسید هیومیک

اسید هیومیک در سه سطح شاهد-بدون استفاده از اسید هیومیک، غلظت ۲ در لیتر و غلظت ۴ در لیتر بود.

اسیدهای آمینه

اسیدهای آمینه در سه سطح شاهد-بدون استفاده از اسیدهای آمینه، غلظت ۲ در لیتر و غلظت ۴ در لیتر بود.

کرت‌های آزمایشی

با توجه به سه سطح اسید هیومیک و سه سطح اسیدهای آمینه به صورت فاکتوریل با سه تکرار، ۲۷ کرت آزمایشی به ابعاد ۲×۲ مترمربع آماده شد.

۹ تیمار ۳×۳ تکرار=۲۷ کرت آزمایشی

کشت گیاهان

پس از آماده‌سازی مزرعه و کوددهی عناصر غذایی مطابق با دستورالعمل موسسه خاک و آب، هفته اول فروردین ماه سال ۱۴۰۳، در هر کرت آزمایشی، تعداد ۳۰ بذر گشنیز کشت شد. آبیاری به طور متوسط هر چهار روز یکبار انجام شد.

اعمال تیمارها

در مرحله چهار برگی، در همه کرت‌ها، تعداد ۱۵ بوته قوی و مناسب حفظ شد و بقیه بوته‌ها که ضعیف بودند، حذف شدند. سپس تیمارها به صورت جداگانه و در فاصله سه تا چهار روز از هم، در سه مرحله چهار برگی، ساقه دهی و گلدهی به صورت محلول پاشی اعمال شدند. لازم به ذکر است که محلول پاشی قبل از طلوع آفتاب و یا در عصر نزدیک غروب آفتاب انجام شد، تا بهترین کارایی را داشته باشد.

اندازه‌گیری صفات کیفی و کمی گشنیز

در پایان کشت و پس از رسیدن کامل گیاهان به مرحله مناسب (در اواخر تیر)، شاخساره و ریشه گیاهان به صورت جداگانه برداشت شد و

صفات مورد نظر آن‌ها اندازه گیری شد. این زمان معمولاً هنگامی است که گیاه دیگر رشد نمی‌کند و علائم رسیدگی (مانند زرد شدن برگ‌ها، خشک شدن برخی قسمت‌ها یا رسیدن دانه‌ها) در گیاه مشاهده می‌شود. زیرا برداشت زودتر یا دیرتر از موعد می‌تواند باعث کاهش کمیت و کیفیت محصول شود (دواشی و همکاران، ۱۳۸۳ و Khalid and Ahmed, 2015).

ارتفاع بوته و طول ریشه

ارتفاع بوته و ریشه گیاهان با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته از سطح خاک تا بالاترین نقطه رشد و طول ریشه از محل طوقه تا پایین‌ترین نقطه تارهای کشنده است (Newman, 1966).

تعداد ساقه در هر بوته

پس از پایان کشت، به صورت تصادفی از هر کرت، سه بوته انتخاب شد و تعداد ساقه هر بوته شمارش شد (بستامی و همکاران، ۱۳۹۴).

وزن تر و خشک شاخساره و ریشه

برای این منظور از ترازوی دقیق و دیجیتالی استفاده شد. از هر تکرار، سه گیاه انتخاب، شاخساره و ریشه آن‌ها به طور جداگانه برداشت و پس از شستشو با دقت توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک شاخساره و ریشه، نمونه‌ها در پاکت به صورت جداگانه گذاشته شده و به مدت ۷۲ ساعت در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و پس از خشک شدن وزن شدند.

حجم ریشه

حجم ریشه‌ها توسط یک استوانه مدرج اندازه‌گیری شد (Himmelbauer et al. 2004). به این صورت که در یک استوانه یک لیتری، ۶۰۰ میلی لیتر آب ریخته شد و سپس ریشه هر گیاه پس از شستشوی کامل، داخل استوانه قرار گرفت، طوری که در آب غوطه ور شد. از اختلاف حجم آب در ابتدا و پس از قرار گرفتن ریشه در آب، حجم ریشه به دست آمد.

کلروفیل

اندازه‌گیری غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه گیشنز در پایان آزمایش صورت گرفت. برای این منظور ۰/۱ گرم بافت برگ تازه با ۵ میلی لیتر استون ۸۰ درصد در یک هاون چینی ساییده شد تا به صورت توده یکنواختی درآمد. پس از سانتریفیوژ کردن عصاره حاصل (۳۰۰۰ هزار دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) محلول رویی برداشته و جذب نور توسط آن، در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل a) و ۶۴۵ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل b) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و با استفاده از استون به عنوان شاهد قرائت شد. در نهایت غلظت کلروفیل بر حسب رابطه ۱ تا ۳ به دست آمد (کریمی و سوری، ۱۳۹۴).

$$\text{Chlorophyll}_a = 12.7(A663) - 2.6(A645)$$

رابطه ۱)

$$\text{Chlorophyll}_b = 22.9(A645) - 4.68(A663)$$

رابطه ۲)

$$\text{Chlorophyll}_{\text{total}} = \text{Chlorophyll}_a + \text{Chlorophyll}_b$$

رابطه ۳)

درصد اسانس

برای اندازه‌گیری درصد اسانس، گیاهان به صورت جداگانه در سایه به مدت دو هفته خشک شدند. از هر تکرار ۱۰۰ گرم برای اندازه‌گیری درصد اسانس استفاده شد. نمونه‌ها کاملاً خرد شده و به کمک دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت اسانس‌گیری شدند. برای محاسبه درصد اسانس، میزان اسانس هر نمونه بر اساس ۱۰۰ گرم وزن خشک محاسبه و گزارش شد.

محتوای نسبی آب برگ

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، از روش Ritchie & Nguyen (1990) استفاده شد. نمونه‌های برگ‌ی توزین شد، سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفت. سپس آب سطحی آن‌ها خشک و توزین شد و وزن اشباع آن‌ها به دست آمد. بعد از آن برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد داخل آون الکتریکی قرار گرفت و دوباره توزین شد و وزن خشک به دست آمد (رابطه ۴).

$$\text{RWC} = (\text{FW} - \text{DW}) / (\text{TW} - \text{DW}) \times 100$$

رابطه ۴)

RWC محتوای آب نسبی، FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن اشباع است.

عملکرد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه

در پایان فصل رشد، به طور تصادفی ۳ بوته از هر کرت برداشت شد و تعداد دانه هر بوته اندازه‌گیری و در واحد سطح یک مترمربع محاسبه



شد. سپس وزن هزاردانه هر کرت نیز اندازه‌گیری شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات بدست آمده، از نرم افزار SAS 9.1.3 استفاده شد. اثر تیمارها و همچنین اثر متقابل بین آن‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن بررسی شد. همچنین نمودارها با نرم افزار Excel ۲۰۱۰ رسم گردید.

یافته‌های پژوهش

اثر اسیدهای آمینه و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد شاخساره گشنیز

جدول ۴ تجزیه واریانس اثر اسید آمینه و اسید هیومیک را بر تعداد ساقه در بوته و طول، وزن تر و وزن خشک شاخساره گشنیز نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که محلول پاشی اسید آمینه به تنهایی توانست اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر مقدار هر چهار صفت گذارد. اعمال اسید هیومیک نیز اثر معنی‌داری بر تعداد ساقه در بوته و طول شاخساره در سطح آماری یک درصد و بر وزن تر و خشک شاخساره در سطح آماری ۵ درصد داشت. اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر همه صفات، در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر اسید آمینه (AA) و اسید هیومیک (AH) بر تعداد ساقه در بوته (N)، طول شاخساره (H)، وزن تر شاخساره (Ww) و وزن خشک شاخساره (Wd) گشنیز.

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییرات
Wd	Ww	H	N		
**۴۶۶/۵۳	**۱۳۱۹/۴۵	**۸۴/۰۰	**۱/۵۲	۲	AA
*۱۳۵/۵۱	*۵۶۴/۶۴	**۴۱/۴۹	**۱/۲۵	۲	AH
*۲۸/۵۳	*۲۸/۴۴	*۴/۵۶	*۰/۰۷	۴	AA×AH
۳۰۷/۸۲	۱۱۹۲	۵۱/۲۲	۱/۱۵		خطا
۲۹/۴۰	۲۶/۰۲	۹/۱۴	۱۴/۵۹		CV

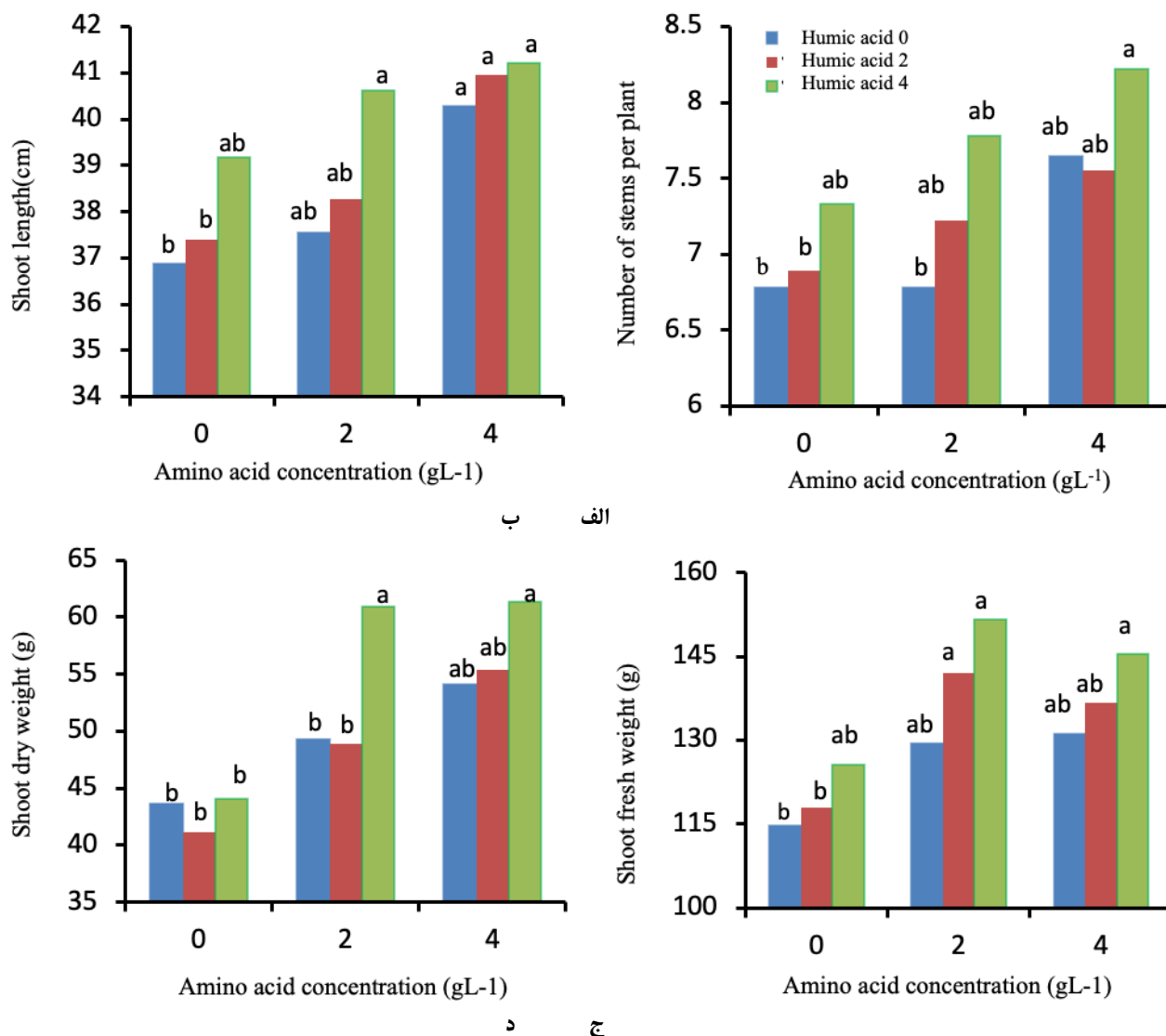
** و * به ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

در شکل ۱ (الف-د) به ترتیب تغییرات تعداد ساقه در بوته، طول شاخساره (سانتی متر)، وزن تر و خشک شاخساره (گرم) گشنیز به‌صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (gL^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (gL^{-1}) آورده شده است.

تعداد ساقه در بوته

بررسی شکل ۱ نشان می‌دهد که افزایش غلظت اسید آمینه بر تعداد ساقه در بوته‌های گشنیز معنی‌دار نبود (شکل ۱. الف). اثر اسید هیومیک بر تعداد ساقه در بوته چشمگیر بود و بیشترین تعداد آن در تیمار اسید هیومیک با غلظت ۴ در لیتر و کمترین تعداد در تیمار اسید هیومیک با غلظت صفر مشاهده شد (شکل ۱. الف). اثر متقابل بین اسیدهای آمینه و اسید هیومیک بر تعداد ساقه در بوته، از لحاظ آماری معنادار بود. این موضوع نشان‌دهنده آن است که تأثیر اسید آمینه بر تعداد ساقه، به غلظت اسید هیومیک مصرفی بستگی دارد و بالعکس. به عبارت دیگر، اثر هر یک از این ترکیبات بر شاخص مورد بررسی، به سطح دیگری وابسته است. کمترین تعداد ساقه در تیمار شاهد (بدون استفاده از اسید هیومیک و اسید آمینه) و بیشترین تعداد در تیمار ترکیب اسید آمینه و اسید هیومیک هر دو با غلظت ۴ در هزار مشاهده شد. در این تیمار، تعداد ساقه‌ها ۲۱ درصد بیشتر از شاهد بود. بررسی روند تغییرات نشان داد که در حضور اسید هیومیک با غلظت‌های ۲ و ۴ در هزار، افزایش غلظت اسید آمینه به صورت خطی موجب افزایش تعداد ساقه شد. در حالی که در تیمارهای بدون اسید هیومیک (غلظت صفر)، تا غلظت ۲ در هزار اسید آمینه، تعداد ساقه تقریباً ثابت بود و تنها در غلظت ۴ در هزار افزایش معناداری مشاهده شد. این موضوع بیانگر آن است که تأثیر اسید آمینه بر افزایش تعداد ساقه، به حضور و غلظت اسید هیومیک بستگی دارد. به همین ترتیب، در تیمارهای بدون اسید آمینه، افزایش غلظت اسید هیومیک از صفر به ۲ در هزار، تأثیر چندانی بر تعداد ساقه نداشت، اما در غلظت ۴ در هزار، روند افزایشی معناداری مشاهده شد. همچنین، در حضور اسید آمینه با غلظت ۴ در هزار، تفاوت بین تیمارهای اسید هیومیک با غلظت صفر و ۲ در هزار نیز مشابه بود. اما در غلظت اسید آمینه ۲ در هزار، افزایش غلظت اسید هیومیک از صفر به ۲ در هزار، به طور معنی‌داری تعداد ساقه در

بوته گشنیز را افزایش داد. در کل، نتایج نشان داد که اثرات اسید هیومیک و اسید آمینه بر تعداد ساقه، به صورت هم‌افزایی عمل کرده و حضور همزمان و افزایش غلظت هر دو ماده، موجب ارتقای بیشینه اثر مثبت بر تعداد ساقه شده است. این یافته‌ها مؤید آن است که اثر هر یک از این ترکیبات بر افزایش تعداد ساقه، به غلظت دیگری وابسته بوده و ترکیب بهینه آن‌ها، بیشترین تأثیر را بر شاخص مورد بررسی خواهد داشت (شکل ۱. الف).



شکل ۱. تغییرات تعداد ساقه در بوته (الف)، طول شاخساره (سانتی متر) (ب)، وزن تر (ج) و خشک (د) شاخساره یک بوته (گرم) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (gL⁻¹)، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (gL⁻¹). میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

طول شاخساره

شکل ۱. ب نشان می‌دهد که افزایش اسید آمینه موجب افزایش طول شاخساره شد. در همه تیمارها بیشترین طول بوته در غلظت ۴ در لیتر و کمترین آن‌ها در غلظت صفر اسید آمینه مشاهده شد. شیب این روند صعودی، در تیمارهای اسید هیومیک با غلظت صفر و ۲ در لیتر خیلی بیشتر از ۴ در لیتر است. این امر بیانگر تأثیر بیشتر اسید آمینه در غلظت‌های کمتر اسید هیومیک (کمتر از ۴ در لیتر) بر طول شاخساره است. در تیمار اسید هیومیک ۴ در لیتر هم، افزایش غلظت اسید آمینه از صفر تا ۲ در لیتر، شیب افزایشی بیشتری نسبت به ۲ تا ۴ در لیتر داشت. به این معنی که هنگام محلول پاشی گشنیز با غلظت اسید هیومیک ۴ در لیتر، غلظت اسید آمینه ۲ در لیتر تفاوت زیادی با غلظت ۴ در لیتر ندارد (شکل ۱. ب). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسید هیومیک نیز اثر مثبت و معنی‌داری بر طول شاخساره داشت و بیشترین طول بوته در اسید هیومیک ۴ در لیتر و کمترین آن در تیمار شاهد بود. این تفاوت‌ها در تیمار اسید آمینه با غلظت ۲ در لیتر (۸ درصد) مشهودتر

بود. بنابراین می‌توان بیان کرد که در صورت مصرف اسید هیومیک با غلظت متوسط (۲ در لیتر) بهتر است از محلول پاشی اسید آمینه با غلظت مناسب هم استفاده کرد. این در حالی است که کمترین اختلاف (۲ درصد) بین تیمارهای اسید هیومیک در غلظت بالای اسید آمینه (۴ در لیتر) دیده شد (شکل ۱. ب). اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر طول بوته معنی‌داری بود. کمترین طول بوته در تیمار شاهد (اسید هیومیک و اسید آمینه صفر) و بیشترین طول در اسید آمینه - اسید هیومیک با غلظت ۴ در لیتر بود (شکل ۱. ب). اما به لحاظ آماری بهترین تیمار غلظت ۲ در لیتر اسید آمینه - ۴ در لیتر اسید هیومیک بود (شکل ۱. ب).

وزن تر شاخساره

نتایج نشان می‌دهد که در همه سطوح اسید هیومیک، افزایش غلظت اسید آمینه از صفر تا ۲ در لیتر موجب افزایش وزن تر شاخساره شد. این روند صعودی در تیمار اسید هیومیک صفر تا غلظت اسید آمینه ۴ در لیتر نیز ادامه داشت. اما در غلظت‌های ۲ و ۴ در لیتر اسید هیومیک، با افزایش بیشتر غلظت اسید آمینه (از ۲ تا ۴ در لیتر) روند به صورت کاهش است. یعنی در این دو غلظت اسید هیومیک، با افزایش اسید آمینه نه تنها وزن تر شاخساره گشنیز زیاد نشده بلکه معکوس عمل کرده، هر چند که این کاهش معنی‌دار نیست (شکل ۱. ج). در همه سطوح اسید آمینه، افزایش غلظت اسید هیومیک، باعث افزایش وزن تر شاخساره شد، که این تغییرات در سطح ۲ در لیتر اسید آمینه واضح تر بود (شکل ۱. ج). بررسی اثر متقابل اسید هیومیک و اسید آمینه بیانگر این موضوع بود که بهترین تیمار جهت افزایش وزن تر بوته، در غلظت اسید آمینه ۲ در لیتر - اسید هیومیک ۴ در لیتر محقق شد (شکل ۱. ج). این در حالی است که کمترین میزان وزن تر بوته، مشابه شکل‌های ۱. الف و ۱. ب در تیمار شاهد (غلظت اسید هیومیک و اسید آمینه صفر) با اختلاف ۳۲ درصدی دیده شد (شکل ۱. ج).

وزن خشک شاخساره

در همه سطوح اسید هیومیک، با افزایش غلظت اسید آمینه وزن خشک شاخساره روند صعودی داشت. در سطوح صفر و ۲ در لیتر اسید هیومیک، روند صعودی یکنواخت بود، اما در سطح ۴ در لیتر شیب افزایش وزن خشک از صفر تا ۲ در لیتر اسید آمینه بسیار بالا و سپس تا ۴ در لیتر شیب، بسیار کم و تقریباً روند ثابت بود (شکل ۱. د). در غلظت صفر اسید آمینه، افزایش غلظت اسید هیومیک از صفر تا ۴ در لیتر، بر وزن خشک شاخساره گشنیز معنی‌دار نبود. در سطوح بالاتر اسید آمینه، با افزایش غلظت اسید هیومیک، از صفر تا ۲ در لیتر نیز تغییرات وزن خشک بوته معنی‌دار نبود ولی با بالاتر رفتن غلظت آن از ۲ تا ۴ در لیتر، اسید هیومیک توانست به طور معنی‌داری وزن خشک بوته را در سطوح اسید آمینه ۲ و ۴ در لیتر (۴۰ درصد) افزایش دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در غلظت‌های کم اسید هیومیک (صفر و ۲ در لیتر)، محلول پاشی این اسید نتوانسته در ارتقای وزن بوته نقش موثری داشته باشد (شکل ۱. د). اسید هیومیک و اسید آمینه موجب تشدید اثرات متقابل هم بر وزن خشک شاخساره شدند، به طوری که از لحاظ آماری بهترین تیمار در غلظت ۲ در لیتر اسید آمینه - ۴ در لیتر اسید هیومیک رخ داد (شکل ۱. د).

اثر اسیدهای آمینه و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ریشه گشنیز

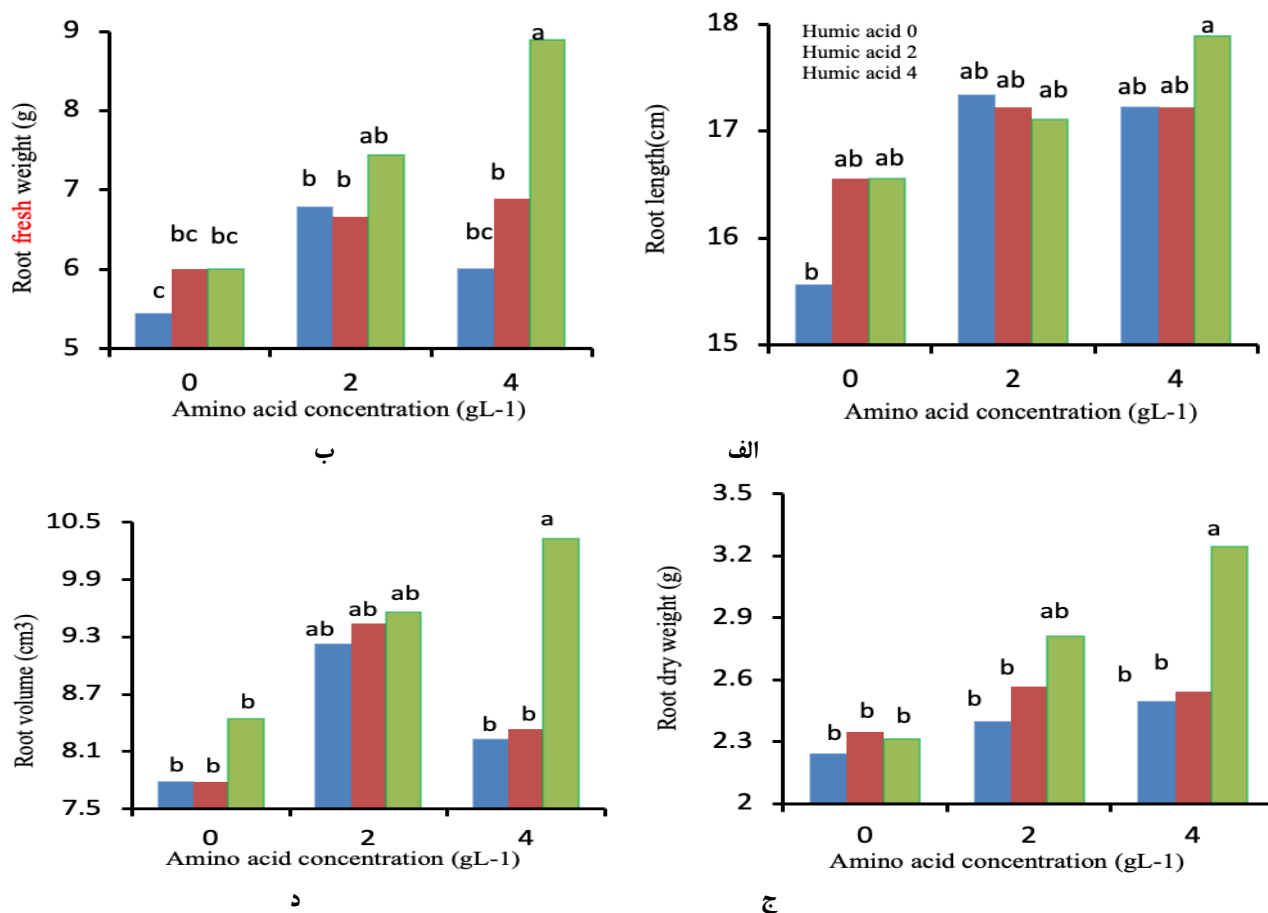
جدول ۵ تجزیه واریانس اثر اسید آمینه و اسید هیومیک را بر طول، وزن تر و وزن خشک و حجم ریشه گشنیز نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که محلول پاشی اسید آمینه به تنهایی توانست اثر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بر طول ریشه و در سطح یک درصد بر مقدار سه صفت دیگر گذارد. اعمال اسید هیومیک نیز اثر معنی‌داری بر صفات ریشه در سطح آماری یک درصد داشت. اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر طول ریشه در سطح آماری یک درصد و بر صفات دیگر در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۵: تجزیه واریانس اثر اسید آمینه (AA) و اسید هیومیک (AH) بر طول ریشه (HR)، وزن تر ریشه (WRw) و وزن خشک ریشه (WRd) و حجم ریشه (VR) گشنیز.

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییرات
VR	WRd	WRw	HR		
۴/۶۵**	۰/۴۹**	۵/۲۳**	۱/۰۳*	۲	AA
۲/۹۱**	۰/۴۱**	۴/۳۹**	۱/۶۴**	۲	AH
۰/۹۳*	۰/۱۲*	۱/۵۰*	۲/۰۸**	۴	AA×AH
۳/۴۴	۰/۳۸	۳/۲۳	۲/۱۹		خطا
۲۱/۱۲	۲۴/۲۹	۲۶/۹۱	۸/۷۸		CV

** و * به ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

در شکل ۲ (الف-ه) به ترتیب تغییرات طول ریشه (سانتی متر)، وزن تر و خشک ریشه (گرم) و حجم ریشه (سانتی مترمکعب) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (gL^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (gL^{-1})، آورده شده است.



شکل ۲: تغییرات طول ریشه (سانتی متر) (الف)، وزن تر و خشک ریشه یک بوته (گرم) (ب و ج) و حجم ریشه (سانتی متر مکعب) (د) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (gL^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (gL^{-1})، آورده شده است. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

طول ریشه

در همه تیمارهای اسید هیومیک، با افزایش غلظت اسید آمینه از صفر تا ۲ در لیتر، طول ریشه روند صعودی داشت. اما در غلظت‌های اسید آمینه بیشتر از ۲ در لیتر، منحنی‌ها به صورت واگرا است. به طوری که در غلظت اسید هیومیک صفر، روند طول ریشه با اسید آمینه کاهشی، در غلظت ۲ در لیتر تقریباً ثابت و در غلظت ۴ در لیتر افزایشی بود. سطوح مصرف بیشتر اسید هیومیک نیز موجب افزایش طول ریشه شد. بیشترین اثر اسید هیومیک بر طول ریشه در سطح اسید آمینه ۲ و ۴ در لیتر اتفاق افتاد، به این ترتیب که در سطح اسید هیومیک و اسید آمینه ۴ در لیتر، بیشترین طول ریشه (۱۷/۸۸ سانتی متر) و در سطح شاهد کمترین طول ریشه گشنیز (۱۵/۵۵ سانتی متر) حاصل شد، که این اختلاف در حدود ۱۷ درصد است. بنابراین می‌توان بیان داشت که اثرات متقابل اسید هیومیک و اسید آمینه در غلظت ۴ در لیتر، موجب ارتقای ریشه دوانی و عملکرد ریشه شده است (شکل ۲.الف).

وزن تر ریشه

روند تغییرات وزن تر ریشه با افزایش غلظت اسید آمینه، تقریباً مشابه طول ریشه بود (شکل ۲.الف و ۲.ب)، به این صورت که در همه سطوح اسید هیومیک، وزن تر ریشه با افزایش غلظت اسید آمینه از صفر تا ۲ در لیتر، افزایش یافت. اما با افزایش بیشتر غلظت اسید آمینه از ۲ تا ۴ در لیتر، وزن تر ریشه در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر همچنان روند افزایشی، در سطح ۲ در لیتر تقریباً ثابت و در سطح صفر روند کاهشی داشت. بنابراین بیشترین اثر اسید هیومیک بر وزن تر ریشه (۴۸ درصد)، در هنگام اعمال محلول پاشی اسید آمینه با غلظت ۴ در لیتر بود (شکل ۲.ب). تیمار اسید هیومیک توانست اثر مثبتی در ارتقای وزن تر ریشه داشته باشد و موجب افزایش آن شد. این اثر در



سطح ۴ در لیتر اسید هیومیک بیشتر از سایر سطوح بود (شکل ۲.ب). اثر متقابل اسید هیومیک و اسید آمینه بر وزن تر ریشه معنی‌دار بود، به این ترتیب که بیشترین مقدار آن در سطوح ۴ در لیتر اسید آمینه و اسید هیومیک (۸/۸۸ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۵/۴۴ گرم) با اختلاف ۶۳ درصد مشاهده شد (شکل ۲.ب).

وزن خشک ریشه

نتایج نشان می‌دهد که روند وزن خشک ریشه گشنیز با تغییرات غلظت اسید آمینه و اسید هیومیک شبیه وزن خشک شاخساره بود. در هر سه سطح اسید هیومیک، وزن خشک ریشه در غلظت‌های بیشتر اسید آمینه افزایش یافت. کمترین مقادیر وزن خشک ریشه در سطح اسید آمینه صفر و بیشترین آن در غلظت ۴ در لیتر اسید آمینه مشاهده شد. در غلظت صفر اسید هیومیک، تغییرات وزن خشک ریشه با اسید آمینه شیب ملایم و یکنواختی داشت. در سطح اسید هیومیک ۲ در لیتر، ابتدا تا اسید آمینه ۲ در لیتر شیب بیشتر بود ولی با افزایش بیشتر غلظت اسید آمینه (در غلظت ۴ در لیتر)، تقریباً ثابت ماند. در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر، تغییرات وزن خشک ریشه با اسید آمینه، شیب یکنواخت و تندی داشت که نشان از اثر بخشی بیشتر اسید آمینه در سطوح بالای اسید هیومیک دارد (شکل ۲.ج). اسید هیومیک نیز اثر مثبتی بر وزن خشک ریشه داشت و موجب افزایش وزن آن شد. این اثر در سطوح اسید آمینه بالاتر، بیشتر خود را نشان داد. یعنی در سطح اسید آمینه صفر تفاوت وزن خشک ریشه در سطوح مختلف اسید هیومیک کم بود، ولی با اعمال غلظت بیشتری از اسید آمینه، منحنی‌ها واگرا شد و در سطح اسید آمینه ۴ در لیتر، به بیشترین مقدار خود رسید. وزن خشک ریشه در بین سطوح اسید هیومیک صفر و ۲ در لیتر تقریباً شبیه هم بود ولی در اسید هیومیک ۴ در لیتر، وزن خشک ریشه به طور معنی‌داری فراتر از سطوح پایین تر آن بود (شکل ۲.ج). اثر متقابل بین تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک به صورت تشدید بود، به طوری که کمترین مقدار وزن خشک ریشه گشنیز در تیمار شاهد (۲/۲۴) و بیشتری آن در تیمار اسید آمینه - اسید هیومیک ۴ در لیتر (۳/۲۴) به دست آمد. تفاوت این اثر متقابل حدود ۴۵ درصد بود (شکل ۲.ج).

حجم ریشه

تغییرات حجم ریشه گشنیز با سطوح مختلف اسید آمینه با سایر صفات مورد بررسی تفاوت داشت. در سطوح اسید هیومیک صفر و ۲ در لیتر، ابتدا حجم ریشه با افزایش غلظت اسید آمینه، تا ۲ در لیتر با شیب تندی افزایشی بود، ولی با افزایش بیشتر غلظت اسید آمینه تا ۴ در لیتر، حجم ریشه‌ها کاهش یافت. در سطح ۴ در لیتر اسید هیومیک، تغییرات حجم ریشه با اسید آمینه افزایشی بود (شکل ۲.د). مشابه سایر صفات، حجم ریشه نیز با افزایش غلظت اسید هیومیک بالاتر رفت و کمترین آن در سطح صفر و بیشترین آن در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر مشاهده شد (شکل ۲.د). اثر متقابل بین اسید آمینه و اسید هیومیک در سطوح پایین (غلظت صفر) و بالای (۴ در لیتر) اسید آمینه تشدید شونده بود. بیشترین (۱۰/۳۳ سانتی‌متر مکعب) و کمترین (۷/۷۷ سانتی‌متر مکعب) حجم ریشه گشنیز به ترتیب در تیمار اسید آمینه و اسید هیومیک ۴ در لیتر و شاهد به دست آمد که اختلاف ۳۳ درصدی داشت (شکل ۲.د).

اثر اسیدهای آمینه و اسید هیومیک بر عملکرد دانه گشنیز

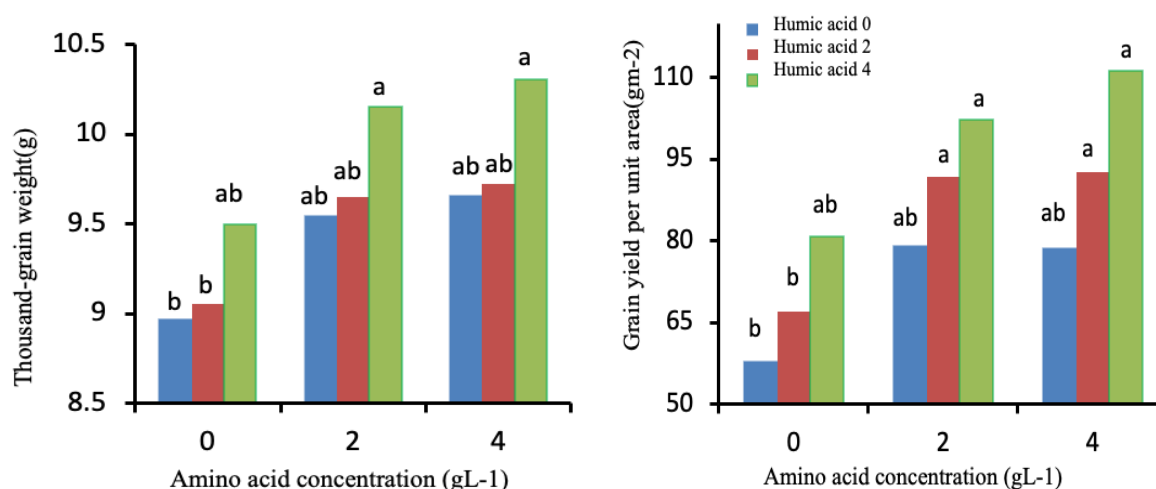
جدول ۶ تجزیه واریانس اثر اسید آمینه و اسید هیومیک را بر عملکرد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه گشنیز نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که محلول پاشی اسید آمینه به تنهایی توانست اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر مقدار هر دو صفت گذارد. اعمال اسید هیومیک نیز اثر معنی‌داری بر هر دو صفت در سطح آماری یک درصد داشت. اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر دو صفت، در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۶: تجزیه واریانس اثر اسید آمینه (AA) و اسید هیومیک (AH) بر عملکرد دانه در واحد سطح (YS) و وزن هزار دانه (WS) گشنیز.

منبع تغییرات		درجه آزادی	
WS	YS		
۱/۴۶*	۳۹۵۱/۳۷*	۲	AA
۰/۹۳**	۳۵۰۹/۵۹**	۲	AH
۰/۰۴*	۵۹/۹۸*	۴	AA × AH
۰/۱۸	۱۱۰۵/۵۵		خطا
۴/۴۱	۲۶/۱۹		CV

** و * به ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

در شکل ۳ (الف-ب) به ترتیب تغییرات عملکرد دانه در واحد سطح (گرم در مترمربع) و وزن هزاردانه (گرم) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (g L^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (g L^{-1}) آورده شده است.



شکل ۳: تغییرات عملکرد دانه در واحد سطح (گرم در مترمربع) (الف) و وزن هزاردانه (گرم) (ب) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (g L^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (g L^{-1}). میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد دانه در واحد سطح

نتایج نشان داد که عملکرد دانه در واحد سطح، با غلظت اسید آمینه رابطه مستقیم داشت و کمترین و بیشترین مقادیر آن به ترتیب در سطوح اسید آمینه صفر و ۴ در لیتر به دست آمد (شکل ۳.الف). روند تغییرات عملکرد دانه گشنیز در واحد سطح با اسید هیومیک نیز مانند بیشتر صفات بود، به طوری که کمترین مقدار عملکرد دانه در سطح اسید هیومیک صفر بود، سپس این عملکرد تا غلظت ۴ در لیتر افزایشی شد (شکل ۳.الف). اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. کمترین مقدار آن (۵۷/۷۷ گرم در مترمربع) در تیمار شاهد و بیشترین آن (۱۱۱/۳۳ گرم در مترمربع) در تیمار اسید هیومیک و اسید آمینه ۴ در لیتر مشاهده شد، هرچند اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲ در لیتر اسید آمینه-۴ در لیتر اسید هیومیک نداشت (شکل ۳.الف).

وزن هزار دانه

شکل ۳.ب تغییرات وزن هزار دانه گشنیز را به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه در سطوح مختلف اسید هیومیک نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که وزن هزار دانه با افزایش غلظت اسید آمینه، افزایش یافت و کمترین و بیشترین آن به ترتیب در سطح اسید آمینه صفر و ۴ در لیتر مشاهده شد و شیب افزایشی آن در هر سه سطح اسید هیومیک تقریباً یکنواخت و یکسان بود. اسید هیومیک نیز توانست اثر مثبتی بر وزن هزار دانه گشنیز گذارد، به طوری که با افزایش غلظت اسید هیومیک وزن هزار دانه نیز افزایش یافت و کمترین و بیشترین مقادیر آن به ترتیب در غلظت صفر و ۴ در لیتر به دست آمد. در همه سطوح اسید آمینه، تفاوت وزن هزار دانه در تیمار صفر تا ۲ در لیتر کم بود ولی با افزایش بیشتر غلظت اسید هیومیک (۴ در لیتر) این تفاوت به بیشترین مقدار خود رسید (شکل ۳.ب). اثر متقابل اسید هیومیک و اسید آمینه نیز معنی‌دار بود و اسیدهای مصرفی اثرات یکدیگر را تشدید کردند. کمترین وزن هزار دانه (۸/۹۶ گرم) در تیمار شاهد و بیشترین آن (۱۰/۳۰ گرم) در تیمار اسید هیومیک و اسید آمینه ۴ در لیتر با اختلاف ۱۵ درصد مشاهده شد، هرچند اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲ در لیتر اسید آمینه-۴ در لیتر اسید هیومیک نداشت (شکل ۳.ب).

اثر اسیدهای آمینه و اسید هیومیک بر ویژگی‌های کیفی شاخساره گشنیز

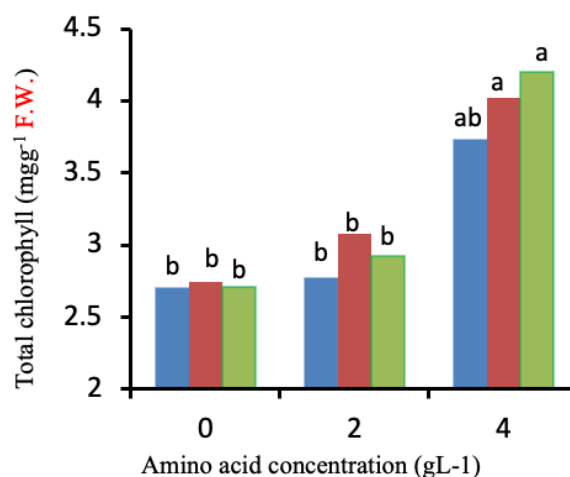
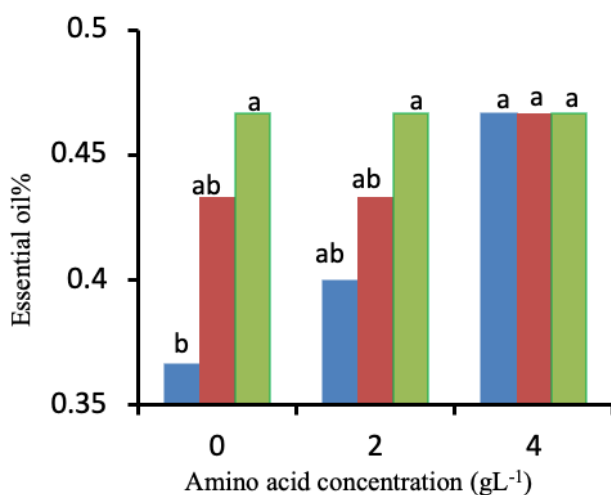
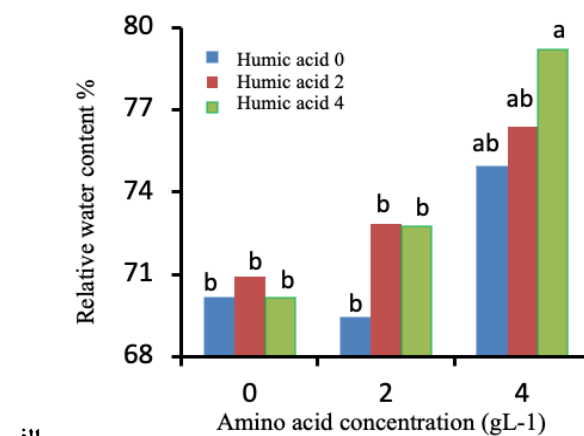
جدول ۷ تجزیه واریانس اثر اسید آمینه و اسید هیومیک را بر محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل و اسانس گشنیز نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که محلول پاشی اسید آمینه به تنهایی توانست اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر محتوای نسبی آب و در سطح آماری ۵ درصد بر اسانس گذارد. اعمال اسید هیومیک نیز اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب و اسانس در سطح آماری ۵ درصد داشت. اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر همه صفات، در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۷: تجزیه واریانس اثر اسید آمینه (AA) و اسید هیومیک (AH) بر محتوای نسبی آب برگ (RWC)، کلروفیل کل (Ch) و اسانس (E) گشنیز.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		RWC	Ch
E			
AA	۲	۰۰۱۰۴/۲۴	۴۱۲/۸۰
AH	۲	۰۱۵/۶۵	۱۳/۹۸
AA×AH	۴	۰۵/۲۶	۰۵/۲۰
خطا		۴۰/۴۱	۱۶۲/۳۶
CV		۸/۷۱	۲۹/۷۰
			۲۳/۵۱

** و * به ترتیب بیان گر اثر معنی دار در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد می باشند.

در شکل ۴ (الف-ج) به ترتیب تغییرات محتوای نسبی آب برگ (درصد)، کلروفیل (میلی گرم در وزن تر برگ) و اسانس (درصد) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (gL^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (gL^{-1}) آورده شده است.



شکل ۴: تغییرات محتوای نسبی آب برگ (درصد)، کلروفیل (میلی گرم در وزن تر برگ) و اسانس (درصد) گشنیز به صورت تابعی از غلظت اسید آمینه (gL^{-1})، تحت سطوح مختلف اسید هیومیک (gL^{-1}). میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

محتوای نسبی آب

روند تغییرات محتوای نسبی آب برگ گشنیز با غلظت اسید آمینه تقریباً مثبت بود و با افزایش سطوح اسید آمینه محتوای نسبی آب نیز افزایش یافت. شیب افزایشی در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر بیشتر از سایر سطوح آن بود (شکل ۴.الف). اثر اسید هیومیک بر محتوای نسبی آب برگ گشنیز در سطوح پایین اسید آمینه کمتر بود ولی با بالاتر رفتن غلظت اسید هیومیک تا ۴ در لیتر، تفاوت مشهودتر شد و

موجب ارتقای میزان محتوای نسبی آب گشت (شکل ۴. الف)، اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز معنی‌دار و مثبت بود. بنابراین در تیمار شاهد کمترین (۷۰ درصد) و در تیمار اسید آمینه و اسید هیومیک ۴ در لیتر بیشترین (۷۹ درصد) محتوای نسبی آب برگ (۱۳ درصد افزایش) به دست آمد (شکل ۴. الف).

کلروفیل کل

در تمام سطوح اسید هیومیک، روند تغییرات محتوای کلروفیل کل گشنیز با غلظت‌های مختلف اسید آمینه، مثبت و معنی‌دار بود. کمترین مقدار کلروفیل کل در سطح اسید آمینه صفر و بیشترین آن در سطح ۴ در لیتر مشاهده شد. شیب افزایشی در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر بیشتر بود و با کاهش غلظت اسید هیومیک شیب تا حدودی کم شد. همچنین نرخ افزایشی محتوای کلروفیل با غلظت اسید آمینه، از سطح صفر تا ۲ در لیتر، کمتر از ۲ تا ۴ در لیتر بود (شکل ۴. ب). اسید هیومیک در سطح اسید آمینه ۴ در لیتر، به طور معنی‌داری موجب افزایش محتوای کلروفیل کل (۱۲ درصد) شد. منحنی‌ها واگرا بودند به این صورت که با کاهش غلظت اسید آمینه، تفاوت بین سطوح مختلف اسید هیومیک کمتر شد و در غلظت اسید هیومیک صفر، تقریباً برابر صفر شد (شکل ۴. ب). اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک معنی‌دار بود. در غلظت اسید آمینه صفر کمترین محتوای کلروفیل کل مربوط به شاهد بود و بیشترین آن در تیمار اسید هیومیک - اسید آمینه ۴ در لیتر (با ۵۵ درصد اختلاف) به دست آمد (شکل ۴. ب).

درصد اسانس

شکل ۴. ج نشان می‌دهد که در سطوح اسید هیومیک صفر تا ۲ در لیتر، درصد اسانس با غلظت اسید آمینه افزایشی بود، این نرخ افزایشی با افزایش سطوح اسید هیومیک کمتر شد و در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر، به صفر میل کرد. بنابراین می‌توان بیان کرد که در سطح اسید هیومیک ۴ در لیتر، غلظت اسید آمینه، هیچ گونه اثری بر میزان و درصد اسانس نداشت (شکل ۴. ج). نتایج نشان می‌دهد که اسید هیومیک، اثر معنی‌دار و مثبتی بر درصد اسانس داشت، به طوری که با افزایش غلظت آن، میزان اسانس افزایش یافت. این اثر در سطح اسید آمینه صفر بالا بود، ولی با افزایش غلظت اسید آمینه از صفر تا ۴ در لیتر، کمتر شد و در سطح اسید آمینه ۴ در لیتر، اختلاف بین سطوح مختلف اسید هیومیک تقریباً صفر بود. این نتیجه نشان می‌دهد که دقیقاً مشابه اثر اسید آمینه، در غلظت اسید آمینه ۴ در لیتر نیز، اعمال اسید هیومیک نمی‌تواند اثر معنی‌دار و مثبتی بر میزان و درصد اسانس گشنیز داشته باشد (شکل ۴. ج). اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز معنی‌دار بود. کمترین درصد اسانس گشنیز در تیمار شاهد حاصل شد. در غلظت‌های اسید آمینه و اسید هیومیک ۲ در لیتر و کمتر از آن، اثر متقابل تیمارها تشدید می‌بود (شکل ۴. ج).

بحث

عملکرد بخش هوایی

نتایج نشان داد که اعمال تیمار اسید آمینه و اسید هیومیک توانست اثر مثبتی بر میزان عملکرد بخش هوایی و شاخساره گیاه گشنیز داشته باشد. زیرا تحت تاثیر تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک، میزان کلروفیل افزایش یافت که این امر موجب بهبود فتوسنتز و افزایش رشد رویشی شاخسار شد. از سوی دیگر این تیمارها، توانستند محتوای نسبی آب آبیاری و متعاقباً تقسیم و رشد سلولی را ارتقا دهند، بنابراین عملکرد بخش هوایی به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. اسید آمینه می‌تواند با تولید سلول‌های جدید از طریق بازگرداندن آنزیم‌های خاص برای سنتز پروتئین، سبب افزایش شاخه‌ها و برگ‌ها شود. از آنجا که علت افزایش تعداد شاخسار و برگ، می‌تواند به دلیل افزایش جذب نیتروژن باشد، لذا با اثرگذاری بر فرآیندهای تقسیم سلولی می‌تواند باعث افزایش رشد رویشی و در نهایت، افزایش تعداد برگ و شاخسار در گیاه شود (امینی فر و همکاران، ۱۳۹۹). این در حالی است که امینی فرد و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که اسید آمینه اثر معنی‌داری بر شاخه‌های جانبی گشنیز نداشت، هرچند که به طور کلی موجب افزایش ۱۱ درصدی این صفت شد. در واقع اسیدهای آمینه فرم ارگانیک نیتروژن هستند و به عنوان منبع تامین این ماده موجب افزایش عملکرد از جمله رشد رویشی گیاهان مانند گشنیز می‌شوند (Nardi et al., 2016). Abd-Elkader و همکاران (2020) نیز نشان دادند که محلول پاشی اسید آمینه آلانین، بر طول ساقه اثر مثبت دارد. پژوهشگران معتقدند که اسید آمینه‌ها موجب افزایش محتوی و فعالیت هورمون‌های رشد جیبرلین و ایندول استیک اسید شده و نهایت، رشد در گیاه را تحریک می‌کنند. نتایج امینی فرد و همکاران (۱۳۹۹) نیز نشان داد که اسید آمینه اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گشنیز داشت و بیشترین آن در تیمار اسید آمینه ۳ در لیتر (بالاترین غلظت) مشاهده شد. همچنین اسیدهای آمینه روی جذب نیتروژن از خاک اثر گذاشته

و باعث افزایش نیتروژن گیاه شده و به تبع آن رشد رویشی از جمله ارتفاع گیاه را افزایش می‌دهند. به علاوه مطالعات نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten et al., 2010). رضا خانی و حاج سید هادی (۱۳۹۶) نتایج مشابهی را نشان دادند و بیان کردند که بیشترین ارتفاع بوته گشنیز ۶۱/۲۷ سانتی‌متر بود که در تیمار محلول پاشی با اسید آمینه، ۹ درصد بیشتر از شاهد بود. این موضوع به دلیل آن است که اسیدهای آمینه می‌توانند فرآیندهای بیوشیمیایی اصلی و سوخت و ساز را در گیاهان بهبود دهند. اسیدهای آمینه به عنوان محرک‌های زیستی در گیاهان، می‌توانند نقش موثری بر بهبود متابولیسم، رشد و عملکرد گیاهان داشته باشند (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲). این ترکیبات بلوک‌های پروتئینی و اساس ساختمان آن هستند که با تامین عنصر نیتروژن موجب افزایش عملکرد از جمله وزن شاخساره گیاه می‌شوند (Nardi et al., 2016). دانایی و شریف زاده احتشامی (۱۴۰۲)، نشان دادند که اسیدهای آمینه موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و آنزیمی بر گیاه گشنیز می‌شوند. این نتایج مطابق نتایج Abd-Elkader و همکاران (2020) است. در مطالعه‌ای اثر اسید آمینه‌ها بر گشنیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بود که بیشترین وزن تر شاخساره گشنیز مربوط به تیمار محلول پاشی گلوتامین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲). دلیل این امر می‌تواند مربوط به نقش اسید آمینه‌ها در متابولیسم گیاه و جذب پروتئین باشد، که بر تقسیم و افزایش سلول تاثیر مثبت دارد (Abd-Elkader et al., 2020). رضا خانی و حاج سید هادی (۱۳۹۶) نتایج مشابهی را نشان دادند و بیان کردند که بیشترین عملکرد زیست توده گشنیز ۷۶۹۳ کیلوگرم در هکتار بود که در تیمار محلول پاشی اسید آمینه مشاهده شد. اسیدهای آمینه بر بیوستت هورمون‌ها، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی و در نتیجه فتوسنتز و بهبود رشد و عملکرد گیاهان اثر مثبتی دارند (Rafie et al., 2020). در مطالعه‌ای اثر اسید آمینه‌ها بر گشنیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بود که بیشترین وزن خشک شاخساره گشنیز مربوط به تیمار محلول پاشی گلوتامین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲). اثر متقابل برخی اسید آمینه‌ها با آنزیم‌ها سبب حفظ ساختار پروتئین و فعالیت مربوط به آن می‌شود. همچنین می‌تواند در آبیوشی لایه‌های احاطه کننده فسفولیپیدها نقش داشته و با گروه‌های هیدروکسیل واکنش دهد و محتوای ترکیبات اصلی گیاهی همچون پروتئین‌ها و فسفولیپیدهای غشایی را ارتقاء دهند و در نهایت منجر به افزایش عملکرد شوند (Vendruscolo et al., 2007). Khatatab و همکاران (2016) نیز گزارش کردند که استفاده از اسید آمینه باعث افزایش فعالیت فتوسنتزی و افزایش رشد و به دنبال آن افزایش وزن تر و خشک برگ می‌گردد. پژوهشگران علت این تأثیر مثبت را اهمیت تغذیه برگ گیاهان اسیدهای آمینه آزاد به عنوان یک منبع مهم در ساخت و سنتز پروتئین عنوان کردند. کاربرد اسید هیومیک نیز منجر به بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک این گیاه می‌شود که در نتیجه، تعداد شاخه‌های فرعی و اصلی با افزایش اسید هیومیک افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج طاهری موسوی و طالبی (۱۳۹۷) اثر اسید هیومیک بر تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد شاخه‌های فرعی گشنیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و تیمار محلول پاشی اسید هیومیک با بالاترین غلظت (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) دارای بیشترین تعداد شاخه اصلی و فرعی بود. همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شد (Delfine et al., 2005). مفاخری و امینیان دهکردی (۱۳۹۸) نیز نشان دادند که تعداد ساقه‌های جانبی گشنیز تحت تیمار اسید هیومیک به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. استفاده از اسید هیومیک باعث رشد اندام هوایی و افزایش تولید محصولات زراعی می‌شود، که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس میباشد (Harper et al., 2000).

بنابراین افزایش عملکرد بخش هوایی و شاخساره گشنیز در اثر مصرف اسید هیومیک و اسیدهای آمینه را می‌توان با چندین مکانیسم فیزیولوژیک و بیوشیمیایی توضیح داد: ۱. بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز؛ اسید هیومیک جذب عناصر غذایی را بالا می‌برد. این امر باعث می‌شود گیاه بتواند عناصر کلیدی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم را بهتر جذب کند. نیتروژن نقش اساسی در سنتز کلروفیل و پروتئین‌های ساختاری گیاه دارد و افزایش آن منجر به رشد بیشتر اندام هوایی و افزایش سطح فتوسنتز می‌شود. ۲. تحریک رشد سلولی و تقسیم سلولی؛ اسیدهای آمینه به عنوان پیش‌ساز پروتئین‌ها و برخی هورمون‌های گیاهی (مانند اکسین‌ها و جیبرلین‌ها) عمل می‌کنند و فرآیندهای تقسیم و رشد سلولی را تحریک می‌کنند. همچنین، اسیدهای آمینه می‌توانند به طور مستقیم در سنتز کلروفیل نقش داشته باشند و از این طریق ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش دهند. ۳. افزایش محتوای کلروفیل و کارایی فتوسنتزی؛ مطالعات نشان داده‌اند که مصرف اسید هیومیک و اسیدهای آمینه باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ می‌شود. کلروفیل بیشتر به معنای جذب نور بیشتر و افزایش تولید مواد فتوسنتزی است که به رشد و توسعه بیشتر شاخساره منجر می‌شود. ۴. بهبود وضعیت آبی گیاه و افزایش تحمل به تنش؛ اسید هیومیک و اسیدهای آمینه با افزایش محتوای نسبی آب برگ، وضعیت آبی گیاه را بهبود می‌بخشند و تحمل گیاه به

تنش‌های محیطی مانند خشکی را افزایش می‌دهند. این ویژگی به گیاه اجازه می‌دهد در شرایط نامطلوب محیطی نیز رشد مطلوبی داشته باشد و عملکرد بخش هوایی افزایش یابد. ۵. نقش در متابولیسم و سنتز پروتئین؛ اسیدهای آمینه به‌عنوان بلوک‌های سازنده پروتئین‌ها، مستقیماً در متابولیسم گیاه نقش دارند و با تأمین نیتروژن آلی، سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌های کلیدی را افزایش می‌دهند. این امر موجب بهبود رشد رویشی و افزایش وزن شاخساره می‌شود. ۶. افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی فتوسنتزی؛ مطالعات نشان داده‌اند که اسید هیومیک می‌تواند فعالیت آنزیم روبیسکو (RuBisCO) را که نقش اصلی در تثبیت دی‌اکسیدکربن دارد، افزایش دهد و از این طریق راندمان فتوسنتز و رشد اندام هوایی را بالا ببرد (امینی فرد و همکاران، ۱۳۹۹، رضا خانی و حاج سید هادی، ۱۳۹۶، دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲، شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲، طاهری موسوی و طالشی، ۱۳۹۷، مفاخری و امینیان دهکردی، ۱۳۹۸، Faten et al., 2010, Nardi et al., 2016, Abd-Elkader et al., 2020, Rafie et al., 2020, Vendruscolo et al., 2007, Delfine et al., 2005, Harper et al., 2000)

عملکرد بخش ریشه

نتایج میزان عملکرد بخش ریشه گشنیز با اعمال تیمارهای اسید هیومیک و اسید آمینه نیز مثبت بود و با افزایش غلظت این تیمارها میزان ریشه دوانی افزایش یافت. تحت اعمال این تیمارها، دو فاکتور مهم در عملکرد، یعنی میزان کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ ارتقاء یافت. در این شرایط عملکرد بخش هوایی بهینه و به تبع آن ریشه دوانی نیز به طور چشمگیری نسبت به شاهد بیشتر شد. به طور کلی اسیدهای آمینه موادی هستند که باعث تحریک سوخت و ساز در گیاهان شده و با افزایش تنفس، عملکرد ریشه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۶) نیز نتایج مشابهی را نشان دادند. برخی اسید آمینه‌ها مانند گلوتامین، با دو چرخه مهم متابولیکی گیاه یعنی چرخه کربن و نیتروژن، در ارتباط هستند و بر محتوای پروتئین و قندها و نهایت، عملکرد اجزای مختلف محصول موثرند (Abaspoor et al., 2019). این نتایج مطابق نتایج Abd-Elkader و همکاران (2020) است. در مطالعه‌ای اثر اسید آمینه‌ها بر گشنیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بود که بیشترین وزن تر ریشه گشنیز مربوط به تیمار محلول پاشی گلوتامین با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲). اسیدهای آمینه امکان جذب نیتروژن، آب و عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهند و از این طریق، بر میزان فتوسنتز و انتقال مواد به ریشه موثرند. در مطالعه‌ای اثر اسید آمینه‌ها بر گشنیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بود که بیشترین وزن خشک ریشه گشنیز مربوط به تیمار محلول پاشی گلوتامین با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲). شریف زاده احتشامی و دانایی (۱۴۰۲) نیز نشان دادند که وزن خشک و تر ریشه گشنیز با کاربرد اسید آمینه افزایش می‌یابد. طبق پژوهش‌های صورت گرفته اسید هیومیک، می‌تواند تأثیر بسیار مثبتی بر فیزیولوژی گیاه داشته و باعث توسعه ریشه و ریشه‌های جانبی گردند. بنابراین عملکرد دانه، شاخساره و به ویژه ریشه دوانی بهبود یافته و متعاقباً افزایش حجم ریشه را خواهیم داشت. Jones و همکاران (2004) اظهار داشتند که اسید هیومیک خاصیت شبیه هورمون دارد و سبب افزایش حجم ریشه و در نتیجه جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود. اسید هیومیک در واقع یک بهبود دهنده رشد و نمو گیاه است. این ترکیب می‌تواند بطور مستقیم اثرات مثبتی بر رشد گیاه گذارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هیومیک تحریک می‌شود و باعث اثربخشی سیستم ریشه‌ای می‌گردد (Liu et al., 2005). در کل می‌توان بیان کرد محلول پاشی اسید هیومیک و اسیدهای آمینه به طور مستقیم بر اندام هوایی تأثیر می‌گذارد، اما به صورت غیرمستقیم (از طریق افزایش فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و بهبود جذب عناصر) می‌تواند توسعه ریشه را نیز تحریک کند. این روش به اندازه کاربرد خاکی مؤثر نیست، اما در برخی شرایط می‌تواند باعث بهبود رشد ریشه و عملکرد گیاه شود، به ویژه اگر گیاه تحت تنش باشد یا دسترسی به مواد غذایی محدود باشد.

به طوری کلی و با توجه به مباحث ذکر شده، افزایش وزن و حجم ریشه (ریشه‌دوانی) گشنیز در پاسخ به تیمارهای اسید هیومیک و اسیدهای آمینه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ریشه به عنوان اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی، نقش حیاتی در رشد و عملکرد کلی گیاه دارد. این بهبود را می‌توان به مکانیسم‌های زیر نسبت داد: ۱. اثر مستقیم اسید هیومیک بر مورفولوژی ریشه؛ اسید هیومیک به دلیل داشتن ساختار مولکولی پیچیده و گروه‌های عاملی متنوع (مانند کربوکسیل و هیدروکسیل)، می‌تواند مستقیماً بر رشد و توسعه ریشه تأثیر بگذارد. این ترکیبات دارای فعالیت‌های شبه‌هورمونی (مانند اکسین) هستند که باعث تحریک تقسیم و طول‌شدن سلول‌های ریشه، افزایش تعداد ریشه‌های جانبی و در نتیجه، افزایش وزن و حجم کلی ریشه می‌شوند. ۲. بهبود جذب آب و عناصر غذایی؛ افزایش حجم و سطح ریشه باعث دسترسی بیشتر گیاه به آب و عناصر غذایی موجود در خاک می‌شود. اسید هیومیک با بهبود ریشه دوانی و جذب آب، جذب کارآمدتر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و سایر عناصر حیاتی برای ریشه را فراهم می‌کند. این جذب بیشتر عناصر غذایی، به

نوبه خود، به صورت تصاعدی رشد ریشه و اندام هوایی را تقویت می‌کند. ۳. نقش اسیدهای آمینه در متابولیسم و سنتز پروتئین ریشه؛ اسیدهای آمینه به عنوان بلوک‌های سازنده پروتئین‌ها، در تمامی فرآیندهای حیاتی سلول‌های ریشه، از جمله تنفس، سنتز آنزیم‌ها و انتقال انرژی نقش دارند. برخی اسیدهای آمینه مانند گلوتامین، به طور مستقیم با چرخه کربن و نیتروژن در گیاه مرتبط هستند و می‌توانند با فعال‌سازی مسیرهای متابولیکی، باعث افزایش تولید سلول‌های جدید در ریشه و در نتیجه، رشد بیشتر آن شوند. این ترکیبات همچنین به عنوان منبع آلی نیتروژن، جذب و استفاده از نیتروژن را در ریشه بهبود می‌بخشند. ۴. اثرات هم‌افزایی و غیرمستقیم بر ریشه؛ اگرچه محلول‌پاشی اسید هیومیک و اسیدهای آمینه مستقیماً بر اندام هوایی اعمال می‌شود، اما تأثیرات آن‌ها بر ریشه اغلب غیرمستقیم و ناشی از یک سیستم هماهنگ در گیاه است. افزایش محتوای کلروفیل و بهبود فتوسنتز در اندام هوایی، منجر به تولید بیشتر مواد فتوسنتزی (مانند قندها و کربوهیدرات‌ها) می‌شود که سپس به ریشه منتقل شده و به عنوان منبع انرژی برای رشد و توسعه آن به کار می‌روند. همچنین، بهبود وضعیت آبی گیاه و مقاومت در برابر تنش‌ها (ناشی از اثرات اسیدهای آمینه)، به حفظ عملکرد بهینه ریشه در شرایط نامساعد کمک می‌کند. این مکانیسم‌ها باعث افزایش عملکرد بخش هوایی و به تبع آن، ریشه‌دوانی بیشتر و در نهایت، افزایش حجم ریشه می‌شود (گرگینی شبانکاره و همکاران، ۱۳۹۶، دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲، شریف زاده احتشامی و دانایی، ۱۴۰۲، Abaspoor et al., 2019, Jones et al., 2004, Liu et al., 2005, Abd-Elkader et al., 2020).

عملکرد دانه

تیمارهای اسید هیومیک و اسید آمینه بر میزان عملکرد دانه اثر افزایشی داشت. نتایج نشان داد با استفاده از این دو اسید، محتوای کلروفیل و عملکرد بخش هوایی بیشتر شد، که این امر به معنای افزایش نرخ فتوسنتز است. بنابراین میزان تولید و ذخیره کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها در گیاه بیشتر و در نهایت عملکرد دانه ارتقاء یافت. از سوی دیگر با افزایش ریشه دوانی، گیاه نسبت به جذب آب و عناصر غذایی توانمندتر و به تبع آن نرخ رشد و عملکرد بخش هوایی و دانه بیشتر شد. نتایج بررسی‌های مختلف مؤید آن است که اسیدهای آمینه به عنوان منبع تأمین نیتروژن، در افزایش نورساخت و بهبود سرعت رشد پر شدن دانه‌ها نقش مؤثری دارند، که این موضوع در افزایش عملکرد دانه مفید است. در واقع تغذیه برگ‌ی اسیدهای آمینه آزاد، می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین در گیاه باشد (Raeisi et al., 2014). امینی فرد و همکاران (۱۳۹۹) نیز بیان داشتند که با افزایش غلظت اسید آمینه تعداد و عملکرد دانه گشنیز در واحد سطح افزایش می‌یابد. این افزایش عملکرد دانه می‌تواند حاصل افزایش فتوسنتز و رهاسازی عناصر معدنی در سطح برگ و ارتقاء جذب برگ‌ی و نیز زیاد شدن فعالیت‌های هورمونی و آنتیاکسیدانی گیاه باشد. همچنین قاضی مناس و همکاران (۱۳۹۲) اظهار داشتند که اسیدهای آمینه به عنوان منبع تأمین نیتروژن، در تولید پروتئین گیاهی و افزایش سطح برگ و شاخساره گیاه مؤثرند، در نتیجه، افزایش رشد و عملکرد بوته و دانه از محلول پاشی اسیدهای آمینه قابل انتظار است. امینی فرد و همکاران (۱۳۹۹) نیز نتایج مشابهی را برای گشنیز نشان داده و بیان داشتند که افزایش غلظت اسید آمینه تا سه در لیتر، موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. رضاخانی و حاج سید هادی (۱۳۹۶) نتایج مشابهی را نشان دادند و بیان کردند که در تیمار با محلول پاشی اسید آمینه بیشترین عملکرد دانه گشنیز ۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، که در مقایسه با شاهد ۱۳ درصد بیشتر بود. مزایای استفاده از اسید آمینه با محتوای نیتروژن آلی در ارتباط با تعامل مثبت و سازنده با در دسترس بودن برخی مواد معدنی و مغذی است (Cerdna et al., 2009). ارزش استفاده از فرآورده‌های زیستی با مجموعه‌ای از اسیدهای آمینه آزاد، در این است که به دلیل غنای اسید آمینه‌ای این فرآورده‌ها، سلول‌سازی به بیوسنتز مجدد این ترکیبات نداشته و انرژی مورد نیاز جهت این بیوسنتز، در گیاه ذخیره می‌شود. این فرآورده‌ها با تأثیر بر روند پروتئین‌سازی در سطوح ژنی و همچنین اثرگذاری بر سوخت و ساز گیاهی، رشد و تکوین گیاه را تنظیم نموده و در مراحل مختلف رشد، کارایی و کاربرد خاص خود را با محلول پاشی در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Raeisi et al., 2014). Moradi و همکاران (2018) بیان داشتند که با مصرف اسید هیومیک از طریق افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه، جوانه زنی و قوه نامیه بذرها، فتوسنتز، جذب مواد غذایی توسط گیاه و درصد جوانه زنی بذرها، موجب افزایش کمیت و کیفیت محصولات می‌شود. مفاخری و همکاران نشان دادند که با اعمال اسید هیومیک عملکرد دانه افزایش می‌یابد و دلیل آن را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود تغذیه گیاه، ارتقای کارایی تبدیل فتوسنتزی به ماده خشک و در نتیجه عملکرد دانه بیان کردند. طاهری موسوی و طالشی (۱۳۹۷) نیز نشان دادند که عملکرد دانه و وزن هزاردانه با افزایش مصرف اسید هیومیک سیر صعودی دارد. به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۱۰۱۳/۳۱ کیلوگرم در هکتار) و وزن هزاردانه (۸/۲۰ گرم) مربوط به تیمار محلول با پاشی اسید هیومیک (۱۵۰ میلی گرم در لیتر) بوده و کمترین آنها (به ترتیب ۷۶۳/۰۲ کیلوگرم در هکتار و ۷/۴۳ گرم) مربوط به شاهد بوده است. مطابق مطالب ذکر شده افزایش عملکرد دانه گشنیز در اثر کاربرد اسید هیومیک و اسیدهای آمینه را می‌توان با چندین مکانیسم

فیزیولوژیک و بیوشیمیایی توضیح داد: ۱. افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک؛ اسید هیومیک و اسیدهای آمینه با افزایش محتوای کلروفیل برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را بالا می‌برند. کلروفیل بیشتر به معنای جذب نور بیشتر و تولید بیشتر کربوهیدرات‌ها و مواد فتوسنتزی است که در نهایت به دانه‌ها منتقل شده و موجب افزایش پر شدن دانه و عملکرد می‌شود. افزایش فتوسنتز همچنین سبب افزایش تولید پروتئین و سایر مواد ذخیره‌ای در دانه‌ها می‌گردد. ۲. بهبود رشد ریشه و جذب عناصر غذایی؛ اسید هیومیک موجب توسعه حجم و طول ریشه شده و جذب عناصر غذایی کلیدی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد. این عناصر برای سنتز پروتئین، نشاسته و سایر ترکیبات ضروری دانه لازم هستند. جذب بهتر آب و عناصر غذایی، رشد و عملکرد بخش هوایی و در نهایت عملکرد دانه را ارتقا می‌دهد. ۳. نقش اسیدهای آمینه در سنتز پروتئین و پر شدن دانه؛ اسیدهای آمینه به عنوان بلوک‌های سازنده پروتئین، نقش مستقیم در سنتز پروتئین دانه دارند. محلول پاشی اسیدهای آمینه باعث می‌شود گیاه انرژی کمتری برای سنتز این ترکیبات صرف کند و پروتئین بیشتری در دانه ذخیره شود. همچنین اسیدهای آمینه با افزایش فعالیت هورمون‌های رشد و آنزیم‌های کلیدی، سرعت پر شدن دانه و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه را افزایش می‌دهند. ۴. تحریک هورمون‌های رشد و تنظیم ژنتیکی؛ کاربرد اسیدهای آمینه و اسید هیومیک باعث افزایش سطح هورمون‌های رشد مانند جبرلین و اکسین می‌شود که رشد زایشی و پر شدن دانه را تحریک می‌کنند. از سوی دیگر برخی مطالعات نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند بیان ژن‌های مرتبط با پر شدن دانه و سنتز پروتئین را افزایش دهند. ۵. افزایش تحمل به تنش و بهبود کیفیت بذر؛ اسید هیومیک و اسیدهای آمینه با بهبود وضعیت آبی گیاه و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تحمل گیاه به تنش‌های محیطی را افزایش داده و از کاهش عملکرد دانه در شرایط نامساعد جلوگیری می‌کنند (امینی فرد و همکاران، ۱۳۹۹، قاضی مناس و همکاران، ۱۳۹۲، رضا خانی و حاج سید هادی، ۱۳۹۶، طاهری موسوی و طالبی، ۱۳۹۷، Cerdna et al., 2009، Raeisi et al., 2014، Moradi et al., 2018).

ویژگی‌های کیفی

تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک سبب بهبود و افزایش کیفیت بخش هوایی گشنیز شد. کاربرد این دو اسید با اثر مثبتی که بر عملکرد ریشه داشت، جذب آب را بالاتر برد. همچنین اسید آمینه از طریق بهبود نفوذپذیری غشای سلولی، سبب تسهیل انتقال عناصر غذایی و آب در سیستم آوندی شد (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲). این امر افزایش جذب آب، محتوای نسبی آب برگ و تقسیم و رشد سلولی و در نهایت ارتقای کیفیت و کمیت بخش هوایی را به همراه داشت. این نتیجه مطابق نتایج اکثر پژوهش‌ها است. Noroozlo و همکاران (2019) اذعان کردند که محلول پاشی کاهو با اسید آمینه گلوتامین، محتوای کلروفیل کل را افزایش می‌دهد. دانایی و شریف زاده احتشامی (۱۴۰۲) بیان کردند که محلول پاشی آلانین موجب افزایش محتوای کلروفیل کل شد. زیرا اسیدهای آمینه با فراهم کردن شرایط تغذیه‌ای مناسب برای گیاه سبب افزایش کلروفیل می‌شوند. شریف زاده احتشامی و و دانایی (۱۴۰۲) نیز افزایش محتوای کلروفیل گشنیز با محلول پاشی اسید آمینه را گزارش کردند. عباسی فر و همکاران (۱۳۹۸) اثر اسید آمینه پرولین را بر مرزه مطالعه و نشان دادند که با اعمال این اسید، میزان اسانس به مقدار زیادی افزایش یافت. رضا خانی و حاج سید هادی (۱۳۹۶) نتایج مشابهی را نشان دادند و بیان کردند که بیشترین اسانس (۰/۵ درصد) در تیمار محلول پاشی با اسید آمینه بود که نسبت به تیمار شاهد ۳۵ درصد بیشتر بود. محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کرده‌اند که اسانس‌ها ترکیبی ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند، و حضور عنصرهایی مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری است (قاضی مناس و همکاران، ۱۳۹۲). از این رو با مصرف اسید آمینه از راه فراهمی جذب بیشتر فسفر و نیتروژن می‌توان میزان اسانس را افزایش داد. با توجه به تأثیر مثبت محلول پاشی اسیدهای آمینه بر جذب عناصر غذایی و محتوای نیتروژن گیاه و با در نظر گرفتن نقش مهم و مؤثر نیتروژن در تشکیل اسانس، به نظر می‌رسد افزایش ۳۵ درصدی اسانس دانه در مقایسه با شاهد قابل توجیه باشد. نتایج یک تحقیق دیگر نیز گویای تأثیر مثبت محلول پاشی اسید آمینه در افزایش رشد، عملکرد پیکره رویشی و درصد اسانس ریحان است (Saburi et al., 2014). Haj Seyyed Hadi & Dorzi Alaviyeh (2016) نیز نشان دادند که محلول پاشی اسید آمینه، باعث افزایش عملکرد گل و درصد اسانس بابونه شد. اسیدهای آمینه به عنوان ترکیب‌های محرک رشد کمی و کیفی گیاه فعالیت می‌کنند. این ترکیب‌ها در زیست ساخت (بیوسنتز) متابولیت‌های ثانویه و هورمونی نقش مهمی دارند (Gawronak, 2008). بنابراین کاربرد محرک‌های زیستی می‌تواند یکی از مهمترین عامل‌ها در کشت موفق یک گیاه دارویی باشد، چون افزون بر شاخص‌های کمی، بر شاخص‌های کیفی گیاه دارویی نیز مؤثر واقع می‌شود. از این طریق فعالسازی هورمون‌های مؤثر در رشد زایشی، فعالسازی فرآیند تشکیل کربوهیدرات‌ها، افزایش جذب و انتقال عنصرها و افزایش میزان پروتئین در گیاهان، موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی، در مدت زمان کوتاهی به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود. از اثرگذاری‌های مثبت اسید آمینه بر گیاهان می‌توان

به بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک و ترکیب‌های بیوشیمیایی چای و افزایش عملکرد کمی و کیفی در بابونه اشاره کرد (Gawronak, 2008). اسید هیومیک از طریق فعالیت‌های هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی و به ویژه آب، سبب افزایش ریشه زایی و بهبود جذب آب می‌شود. گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۶) نیز نشان دادند که با مصرف اسید هیومیک میزان جذب آب توسط بادرنجبویه افزایش یافته و این ترکیب توانسته اثر منفی تنش خشکی را کاهش دهد. شریفی راد و همکاران (۱۳۹۶) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده و نشان دادند که بیشترین محتوای کلروفیل گشنیز مربوط به کاربرد اسید هیومیک (۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد بود. مطالعات مفاخری و امینیان دهکردی (۱۳۹۸) بر روی گشنیز نیز موید این موضوع است. افزایش میزان کلروفیل می‌تواند به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد باشد. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش سبزیگی گیاه دارد و بر اساس افزایش قابل توجه جذب نیتروژن، در حضور اسید هیومیک، میتوان چنین استنباط کرد که ماده هیومیک مورد استفاده در این پژوهش به خصوص در غلظت‌های بالاتر، توانسته است باعث افزایش جذب مواد، به ویژه نیتروژن و متعاقباً ارتقای کلروفیل گیاه شود. اهمیت گیاه دارویی به میزان ماده موثره تولید شده آن است. نتایج حاصل از تحقیق مفاخری و امینیان دهکردی (۱۳۸۹) نشان داد که محلول پاشی با اسید هیومیک درصد اسانس گشنیز را افزایش می‌دهد. اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند که واحدهای سازنده آن‌ها عناصر غذایی همچون نیتروژن و فسفر هستند. بنابراین می‌توان احتمال داد با مصرف اسید هیومیک قدرت جذب عناصر غذایی در گشنیز بالا رفته و درصد اسانس نیز بهبود می‌یابد.

به طور خلاصه مکانیسم‌های علمی بهبود ویژگی‌های کیفی گشنیز با مصرف اسید هیومیک و اسیدهای آمینه عبارتند از ۱. افزایش کلروفیل و بهبود فتوسنتز؛ اسیدهای آمینه و اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر کلیدی مانند نیتروژن و منیزیم، که در ساختار کلروفیل نقش دارند، موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ می‌شوند. افزایش کلروفیل به معنای بهبود ظرفیت فتوسنتزی و رشد گیاه است که به صورت غیرمستقیم کیفیت بخش هوایی را ارتقا می‌دهد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (مانند آلانین و گلوتامین) و اسید هیومیک، محتوای کلروفیل را در گیاهان دارویی افزایش می‌دهد. ۲. افزایش اسانس و متابولیت‌های ثانویه؛ اسیدهای آمینه و اسید هیومیک با افزایش جذب نیتروژن و فسفر، که پیش‌سازهای اصلی سنتز ترکیبات ترپنوئیدی (مانند اسانس‌ها) هستند، موجب افزایش درصد و کیفیت اسانس گیاه می‌شوند. همچنین این ترکیبات با فعال‌سازی مسیرهای متابولیکی و افزایش تولید ATP و NADPH، انرژی مورد نیاز برای سنتز متابولیت‌های ثانویه را فراهم می‌کنند. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (مانند پرولین) و اسید هیومیک، درصد اسانس را در گیاهانی مانند گشنیز، مرزه و بابونه افزایش می‌دهد. ۳. بهبود نفوذپذیری غشا و انتقال عناصر غذایی؛ اسیدهای آمینه با بهبود نفوذپذیری غشای سلولی، انتقال آب و عناصر غذایی را در سیستم آوندی گیاه تسهیل می‌کنند. این امر موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، رشد سلولی و در نهایت ارتقای کیفیت و کمیت بخش هوایی می‌شود. ۴. تحریک هورمون‌های رشد و متابولیسم سلولی؛ اسیدهای آمینه و اسید هیومیک به عنوان بیواستیمولانت، با تحریک تولید هورمون‌های رشد (مانند اکسین و جیبرلین)، تقسیم و رشد سلولی را افزایش می‌دهند و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه را به دنبال دارند. ۵. افزایش تحمل به تنش و بهبود کیفیت در شرایط نامساعد؛ اسید هیومیک و اسیدهای آمینه با افزایش جذب آب و عناصر غذایی و بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تحمل گیاه به تنش‌های محیطی (مانند خشکی) را افزایش داده و از کاهش کیفیت محصول جلوگیری می‌کنند (دانایی و شریف زاده احتشامی، ۱۴۰۲، رضا خانی و حاج سید هادی، ۱۳۹۶، قاضی مناس و همکاران، ۱۳۹۲، شبانکاره و همکاران، مطالعات مفاخری و امینیان دهکردی، ۱۳۹۶، ۱۳۹۸، شریفی راد و همکاران، ۱۳۹۶، Saburi et al., 2014، Noroozlo et al. 2019، Gawronak, 2008، and Dorzi, Haj Seyyed Hadi 2016).

نتیجه گیری و پیشنهادها

محلول‌پاشی اسید آمینه و اسید هیومیک و اثر متقابل آن‌ها، بر صفات مورد مطالعه معنی‌داری بود. مصرف اسید آمینه توانست موجب ارتقای تعداد ساقه در بوته، طول و وزن خشک شاخساره، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، محتوای نسبی آب برگ و اسانس گشنیز شود. اسید هیومیک نیز اثر مثبتی بر تعداد ساقه در بوته، طول و وزن تر شاخساره‌شاخساره، طول، وزن تر، وزن خشک و حجم ریشه، عملکرد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، محتوای نسبی آب برگ و درصد اسانس گشنیز داشت.

اثر متقابل اسید آمینه و اسید هیومیک نیز بر تعداد ساقه در بوته، طول و وزن خشک شاخساره، وزن تر، وزن خشک و حجم ریشه، عملکرد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، محتوای نسبی آب برگ و درصد اسانس گشنیز معنی دار و مثبت بود، به طوری که بیشترین مقادیر این صفات در اسید آمینه و اسید هیومیک ۴ در لیتر و کمترین مقادیر آن‌ها در تیمار شاهد حاصل شد.

اثر تیمارهای اسید آمینه و اسید هیومیک و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای کلروفیل کل، معنی دار بود. به این صورت که با افزایش غلظت اسید آمینه و اسید هیومیک به میزان کلروفیل کل اضافه شد و بیشترین و کمترین مقادیر آن مشابه اکثر صفات مورد بررسی، به ترتیب در تیمار اسید آمینه- اسید هیومیک ۴ در لیتر و تیمار شاهد به دست آمد.

در سطوح پایین و متوسط اسید آمینه و اسید هیومیک، اثر متقابل فاکتورها بر درصد اسانس، تشدید بود و موجب افزایش چشمگیر میزان اسانس شد. ولی هنگام محلول پاشی سطوح بالای هر کدام از این فاکتورها، نیازی به اعمال فاکتور دوم نبود، به این معنی که فقط با اعمال اسید آمینه یا اسید هیومیک به تنهایی در سطح بالا (۴ در لیتر)، بیشترین درصد اسانس به دست آمد.

به هنگام استفاده از اسید آمینه و اسید هیومیک، باید هدف از کشت محصول گشنیز مشخص شود:

الف- چنانچه گشنیز جهت اسانس گیری و متعاقباً خاصیت دارویی آن کشت گردد، توصیه می‌شود که تنها از اسید آمینه یا اسید هیومیک در غلظت بالا (۴ در لیتر) استفاده شود و اگر تمایل به استفاده همزمان هر دو اسید با غلظت کمتر باشد، بهتر است غلظت‌های برابر و سطح متوسط آن‌ها (۲ در لیتر) اعمال شود.

ب- در صورتی که هدف از کشت گشنیز، مصرف شاخساره، به صورت خام یا پخته باشد، توصیه می‌شود تا حد امکان همزمان از سطوح بالای هر دو اسید آمینه و اسید هیومیک (۴ در لیتر) استفاده شود، تا بالاترین عملکرد شاخساره حاصل گردد.

ج- اگر دلیل کشت، استفاده از دانه گشنیز است، باید از سطح متوسط اسید هیومیک (۲ در لیتر) و سطح بالای اسید آمینه (۴ در لیتر) استفاده شود، تا بالاترین عملکرد دانه در واحد سطح به دست آید.

د- در نهایت اگر گشنیز در مناطقی با منابع آبی محدود کاشته شود، در صورتی می‌توان کارایی آب بالایی داشت که از بالاترین سطح اسید آمینه و اسید هیومیک (۴ در لیتر) به طور توانمند استفاده شود. در این شرایط بیشترین ریشه دوانی و متعاقباً جذب آب و عناصر غذایی انجام شده و عملکرد به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که نتیجه آن ارتقای کارایی مصرف آب است. هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

منابع

- امینی فرد، محمد حسین؛ غلامی، مژگان؛ بیات، حسن و مرادی نژاد، فرید (۱۳۹۹). تأثیر کاربرد کودهای اسید فولیک و اسید آمینه بر ویژگیهای فیزیولوژیکی، رشدی و عملکرد گشنیز. *بومشناسی کشاورزی*، ۱۲(۳)، ۳۷۳-۳۸۸.
- انصوری، علی؛ شهقلى، حسن؛ مکاریان، حسن و فلاح نصرت آباد، علیرضا (۱۳۹۳). ارزیابی تأثیر باکتریهای محرک رشد و شوری بر جوانه‌زنی و رشد بوته ذرت. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۴(۴)، ۲۳۵-۲۵۳.
- بستامی، اسماء؛ مجیدیان، مجید؛ محسن آبادی، غلام رضا و بخشی، داوود (۱۳۹۴). تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز به زراعی کشاورزی. *مجله کشاورزی پردیس ابوریحان*، ۱۷(۱)، ۹۳-۱۰۷.
- پناهیان کیوی، مهدی (۱۳۹۸). اثر محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد ماده خشک و اسانس گشنیز تحت تنش خشکی. *ماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۵(۲)، ۳۰۹-۳۲۲.
- خالص رو، شیوا و ملکیان، حمید (۱۳۹۵). ارزیابی کاربرد ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد، میزان و ترکیب های اسانس در کشت ارگانیک گیاه دارویی زنیان. *دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۲(۶)، ۹۶۸-۹۸۰.
- دانایی، الهام و شریف زاده احتشامی، محمدعلی (۱۴۰۲). بررسی اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه آلانین، پرولین و گلوتامین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و آنزیمی گیاه گشنیز. *فصلنامه کیفیت و ماندگاری تولیدات کشاورزی و مواد غذایی*، ۳(۱)، ۱-۱۴.
- دواشی، آیت؛ اصفا، سید محمد و سرلک، بابک (۱۳۸۳). آشنایی با گیاه دارویی گشنیز. اصفهان: سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان.
- رضاخانی، امیررضا و حاج سید هادی، محمدرضا (۱۳۹۶). تأثیر کود دامی و محلولپاشی اسیدهای آمینه بر ویژگیهای رشدی، عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه دارویی گشنیز. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۸(۳)، ۷۷۷-۷۸۶.
- رضایی، الیاس؛ مکاریان، حسن؛ برادران فیروزآبادی، مهدی و غلامی، احمد (۱۴۰۰). تأثیر محلول پاشی مخلوط اسید آمینه بر برخی صفات رشدی و عملکرد دانه سه رقم سورگوم در رقابت با علف‌های هرز. *پایان نامه مقطع ارشد مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود*.



- سبزواری، سمیرا و خزاعی، حمیدرضا (۱۳۸۸). اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم رقم پیشناز. *نشریه بوم شناسی کشاورزی*، ۱(۲)، ۵۳-۶۳.
- شریف زاده احتشامی، محمدعلی و دانائی، الهام (۱۴۰۲). بررسی اثر محلولپاشی اسیدهای آمینه آلانین، پرولین و گلوتامین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و آنزیمی گیاه گشنیز. *فصلنامه کیفیت و ماندگاری تولیدات کشاورزی*، ۳(۱)، ۴۹-۶۲.
- شریفی راد، محمد؛ نجفی، شهلا و اسماعیل زاده بهابادی، صدیقه (۱۳۹۶). بررسی تاثیر هیومیک اسید بر میزان برخی متابولیت‌های ثانویه و خاصیت آنتی اکسیدانی برگ گشنیز. *کنفرانس بین المللی علوم کشاورزی، گیاهان دارویی و طب سنتی*، ۱-۱۲.
- صدیق، فاطمه و هاشمی دهکردی، الهه (۱۴۰۰). تاثیر هیومیک اسید بر ویژگی‌های رویشی گیاه دارویی باریجه. *کنفرانس بین المللی علوم کشاورزی، گیاهان دارویی و طب سنتی*، ۴-۶.
- طاهری موسوی، حمید و طالشی، کاظم (۱۳۹۷). اثر تنش خشکی واسید هیومیک بر روی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گشنیز در شرایط آب و هوایی خرم آباد. *پژوهشنامه کشاورزی*، ۱۰(۲)، ۱-۱۹.
- طاهری، قدیر و رستمی مهدی (۱۳۹۲). اثر اسید هیومیک بر رشد رویشی و میزان پرولین گیاه ریحان *Ocimum basilicum* L. در شرایط متفاوت شوری. *اولین همایش ملی تنش شوری در گیاهان و راهکارهای توسعه کشاورزی در شرایط شور*.
- عباسی فر، احمدرضا؛ محمدی خلیفه لویی، زهرا؛ خدیوی، علی و اکرمیان، مرتضی (۱۳۹۸). تاثیر پرولین و ۲۴-اپی براسینولید بر شاخص‌های رشد و صفات بیوشیمیایی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.). *مجله پژوهشهای گیاهی (زیست شناسی ایران)*، ۳۲(۴)، ۸۷۳-۸۸۵.
- علی احمایی، مریم و بهبهانی زاده، علی اصغر (۱۳۷۲). شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. *موسسه تحقیقات خاک و آب*، (۸۹۲)، ۰-۰. SID. <https://sid.ir/paper/445317/fa>
- قاضی مناس، معصومه؛ بانج شفیعی، شهرام؛ حاج سید هادی، محمدرضا و درزی، محمد تقی (۱۳۹۲). بررسی اثرهای مقادیر مختلف کود زیستی ورمیکمپوست و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲(۲)، ۲۸۰-۲۶۹.
- کریمی، ناصر و سوری زهرا (۱۳۹۴). بررسی اثر متقابل آرسنیک و فسفر بر محتوی کلروفیل و میزان تجمع مالون دی آلدهید در گیاه. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۴(۱۱): ۱-۱۲.
- گرگینی شبانکاره، حسین؛ صبوری، فرنوش؛ ساعدی، فریبا و فاخری، براتعلی (۱۳۹۶). اثر سطوح مختلف اسید هیومیک بر شاخصهای رشد و اسانس گیاه دارویی بادرنجوبه تحت رژیمهای خشکی. *نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۱(۲)، ۱۶۶-۱۷۶.
- مفاخری، سودابه و امینیان دهکردی، رقیه (۱۳۹۸). پاسخ گیاه دارویی گشنیز به برخی تیمارهای تغذیه ای. *نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۵(۵)، ۸۳۴-۸۴۵.
- نجفی، میثم؛ آروبی، حسین و امینی فرد، محمدحسین (۱۴۰۰). بررسی اثر اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار "سوپر دامینوس" تحت تنش خشکی. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۵(۴)، ۵۲۱-۵۳۳.

REFERENCES

- Abaspoor Esfaden, M., Kallaterjari, S., & Fatehi, F. (2019). The effect of salicylic acid and L-arginine on morpho-physiological properties and leaf nutrients of *Catharanthus roseus* under drought stress. *Journal of Horticultural Science*, 33(3), 417-432.
- Abbasi Far, A.R., Mohammadi Khalife Loui, Z., Khadivi, A., Akramian, M. (2019). Effect of Proline and 24-Epibrassinolide on Growth Indices and Biochemical Traits of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Plant Research (Biology of Iran)*, 32(4), 873-885. (In Persian)
- Abd-Elkader, H. H., Massoud, H. Y., El-Baz, T. T., & El-Erian, M. A. (2020). Effect of amino acids spray on growth, flowering and keeping quality of *Gerbera jamesonii* L. as a pot plant. *Journal of Plant Production*, 11(2), 201-206.
- Abdel-Mawgoud, A. M. R., El-Bassiouny, A. M., Ghoname, A., & Abou-Hussein, S. D. (2011). Foliar application of amino acids and micronutrients enhance performance of green bean crop under newly reclaimed land conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), 51-55.
- Amini, F., M. Gholami, M., Bayat, H., Moradi Nejad, F. (2020). Effect of Fulvic Acid and Amino Acid Fertilizers Application on Physiological Traits, Growth, and Yield of Coriander. *Ecological Agriculture*, 12(3), 373-388. (In Persian)
- Ansouri, A., Shahgholi, H., Makarian H., Fallah Nosratabad A. (2014). Evaluation of the Effect of Growth-Promoting Bacteria and Salinity on Germination and Growth of Corn Seedlings. *Soil Management and Sustainable Production Journal*, 4(4), 235-253. (In Persian)

- Bastami, A., Majidian, M., Mohsen Abadi G.R., Bakhshi D. (2015). Effect of Fertilizer Treatments on the Quantitative and Qualitative Yield of Medicinal Coriander (*Coriandrum sativum*). *Pardis Aburaihan Agriculture Journal*, 17(1), 93-107. (In Persian)
- Cerdna, M., Snchez Snchez, A., Oliver, M., Juarez, M., & Snchez Andreu, J.J. (2009). Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants. *Acta Horticulturae*, 830, 481-488.
- Danaei, E., Sharifzadeh Ehteshami, M.A. (2023). The Effect of Foliar Application of Amino Acids Alanine, Proline, and Glutamine on Some Morphophysiological and Enzymatic Properties of Coriander. *Journal of Quality and Stability of Agricultural and Food Products*, 3(1), 1-14. (In Persian)
- Davashi, A., Asfa, S.M., Sarlak, B. (2004). Familiarity with the Medicinal Plant Coriander. Isfahan: Agricultural Jihad Organization of Isfahan Province. (In Persian)
- 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.
- Ehyaie, M., Behbahani, Z.A. (1993). Description of Chemical Analysis Methods of Soil. Soil and Water Research Institute, No. 892, 0-0. Available at: <https://sid.ir/paper/445317/fa> (In Persian)
- El-Sayed, B. A., Shahin, S. M., Noor El-Deen, T. M., & El-Fadaly, H. G. (2017). The role of humic and amino acids in improving growth and quality of paspalum turf. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 4(1), 7-14.
- Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., & Mahmoud, A.R. (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. *Research Journal of Agriculture and Biological*, 6(5), 583-588.
- Gawronak, H. (2008). Biostimulators in modern agriculture (general aspects). Arysta Life Science. Published by the editorial House wies Jutra, Limited. Warsaw.
- Gorgini Shabankareh, H., Sabouri, F., Saedi, F., Fakhri, B. (2017). Effect of Different Levels of Humic Acid on Growth Indices and Essential Oil of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) Under Drought Regimes. *Journal of Agricultural Research in Dry Areas*, 1(2), 166-176. (In Persian)
- Haj Seyyed Hadi, M. & Dorzi Alaviyeh, Z., (2016). The effect of amino acid foliar application and application of different vermicompost means on morphological traits and chamomile flower performance. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(23), 5611-5617.
- Hakan, C., Vahap Katkat, A., Bulent Asik, B., & Turan, M. A. (2011). Effect of Foliar Applied Humic Acid to Dry Weight and Mineral Nutrient Uptake of Maize under Calcareous Soil Conditions Communications. *Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), 29 – 38.
- Harper, S.M. Kerven, G.L., Edwards, D.G., & Ostatek-Boczynski, Z. (2000). Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulesis* and from decomposed hay. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1331-1336.
- Hegab, R. H., Fawy, H. A., & Habib, A. A. M. (2020). Evaluates effect of amino acids, humic acid and antioxidants as foliar application on the biochemical content and productivity of wheat under North Sinai soils conditions. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 8, 167-174.
- Himmelbauer, M. L., Loiskand, W., & Kastanek, F. (2004). Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analyses systems. *Plant and Soil*, 260, 111-120.
- Jones, C.A., Jacobsen, J.S., & Mugaas A. (2004). Effect of humic acid phosphorus availability and spring wheat yield. *Fact. Fertilizer*, 32.
- Karimi, N., Souri, Z. (2015). Interaction Effect of Arsenic and Phosphorus on Chlorophyll Content and Malondialdehyde Accumulation in *Isatis cappadocica*. *Process and Plant Function*, 4(11), 1-12. (In Persian)
- Khales Row Sh., Malekian, H. (2017). Evaluation of Vermicompost and Humic Acid Application on Morphological Traits, Yield, and Essential Oil Content and Composition in Organic Cultivation of *Ziziphora clinopodioides*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Scientific-Research Bimonthly*, 32(6), 968-980. (In Persian)
- Khalid, A.K., & Ahmed, A.M.A. (2015). Effect of different harvest times on the yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Scientia Horticulturae*, 182, 145-150.
- Khattab, M., Shehata, A., Abou El- Saadate, E., & Al-Hasni1, K. (2016). Effect of glycine, methionine and tryptophan on the vegetative growth, flowering and corms production of gladiolus plant. *Journal Science of Exchange*, 4, 37-48.
- Liu, P., Yang, Y.S., Xu, G.D., Fang, Y.H., Yang, Y.A., & Kalin, R.M. (2005). The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties. *Plant, Soil and Environment*,



51, 5. 197-205.

- Mafakhari, S., Aminian Dehkordi, R. (2019). Response of Medicinal Coriander (*Coriandrum sativum* L.) to Some Nutritional Treatments. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35(5), 834-845. (In Persian)
- Moradi, Sh., Pasari, B., & Talebi, R. (2018). Effects of mycorrhiza, organic and chemical fertilizers on growth of tobacco plant. *Agricultural Crop Management*, 19(4), 947-962
- Naghdi Badi, H., Labbafi, M. R., Qavami, N., Qaderi, A., Abdossi, V., Agharebparast, M. R & Mehrafarin, A. (2015). Responses of quality and quantity yield of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) to foliar application of bio-stimulator based on amino acids and methanol. *Journal of Medicinal Plants*, 14(54), 146-158.
- Najafi, M., Arvayi, H., Aminifar, M.H. (2021). Investigation of the Effect of Humic Acid and Amino Acid as Drip Fertilizers on Growth Traits of Cucumber "Super Dominus" under Drought Stress. *Journal of Horticultural Sciences*, 35(4), 521-533. (In Persian)
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., & Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73(1), 18-23.
- Nargesi, M. M., Sedaghatthoor, S., & Hashemabadi, D. (2022). Effect of foliar application of amino acid, humic acid and fulvic acid on the oil content and quality of olive. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3473-3481.
- Newman, E. I. (1966). A method of estimating the total length of root in a sampel. *Journal od Applied Ecology*, 3, 139-145.
- Noroozlo, Y. A., Souri, M. K., & Delshad, M. (2019). Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. *Open Agriculture*, 4(1), 164-172.
- Omidbaigi, R. (1997). *Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants*. Astan Press, 2, 424.
- Panahian, Kiwi M. (2019). Effect of Foliar Application of Zinc Sulfate on Dry Matter Yield and Essential Oil of Coriander under Drought Stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Scientific-Research Monthly*, 35(2), 309-322. (In Persian)
- Qhazi Monas, M., Banj Shafie, S., Haj Seyed Hadi, M.R., Darzi, M.T. (2013). Investigation of the Effects of Different Levels of Vermicompost Biofertilizer and Nitrogen on Quantitative and Qualitative Performance of German Chamomile Medicinal Plant. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Scientific-Research Quarterly*, 29(2), 269-280. (In Persian)
- Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. (2014). Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 4(1), 463-46.
- Rafie, M. R., Sohi, M., & Javadzadeh, M. (2020). Study the effect of plant growth biostimulants application on quantitative and qualitative characteristics of wheat in a calcareous soil (Case study in Khuzestan). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 10(2), 69-88.
- Rezaei, E., Makarian, H., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A. (2021). Effect of Foliar Application of Amino Acid Mixture on Some Growth Traits and Grain Yield of Three Sorghum Cultivars under Weed Competition. Master's Thesis, Agricultural Engineering, Shahrood University of Technology. (In Persian)
- RezaKhani, A., Haj Seyed Hadi, M. (2017). Effect of Manure and Foliar Application of Amino Acids on Growth Traits, Seed Yield, and Essential Oil Content of Medicinal Coriander. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 48(3), 777-786. (In Persian)
- Ritchie, S. W., & Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
- Saburi, M., Haj Seyed Hadi, M. R. & Darzi, M. T. (2014). Effects of amino acids and nitrogen fixing bacteria on quantitative yield & essential oil content of basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agricultural Science Developments*, 3(8), 265-268.
- Sabzevari, S., Khazaei, H. (2009). Effect of Foliar Application of Different Levels of Humic Acid on Growth Characteristics, Yield, and Yield Components of Wheat Cultivar Pishtaz. *Ecological Agriculture Journal*, 1(2), 53-63. (In Persian)
- Sedigh F., Hashemi Dehkordi, E. (2021). Effect of Humic Acid on Vegetative Characteristics of Medicinal Barijeh. *International Conference on Agricultural Sciences, Medicinal Plants, and Traditional Medicine*, 4, 1-6. (In Persian)
- Sharifi, Rad M., Najafi, Sh., Esmaeilzadeh Bahabadi, S. (2017). Investigation of the Effect of Humic Acid on

- Some Secondary Metabolites and Antioxidant Properties of Coriander Leaves. International Conference on Agricultural Sciences, Medicinal Plants, and Traditional Medicine, 1-12. (In Persian)
- Sharifzadeh Ehteshami, M.A., Danaei, E. (2023). Investigation of the Effect of Foliar Application of Amino Acids Alanine, Proline, and Glutamine on Some Morphophysiological and Enzymatic Properties of Coriander. *Journal of Quality and Stability of Agricultural Products*, 3(1), 49-62. (In Persian)
- Taheri Mousavi, H., Talashi, K. (2018). Effect of Drought Stress and Humic Acid on Yield and Yield Components of Medicinal Coriander under Climatic Conditions of Khorramabad. *Agricultural Research Journal*, 10(2), 1-19. (In Persian)
- Taheri, Gh., Rostami, M. (2013). Effect of Humic Acid on Vegetative Growth and Proline Content of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under Different Salinity Conditions. *Proceedings of the First National Conference on Salinity Stress in Plants and Strategies for Agricultural Development in Saline Conditions*. (In Persian)
- Vendruscolo, E. C. G., Schuster, I., Pileggi, M., Scapim, C. A., Molinari, H. B. C., Marur, C. J., & Vieira, L. G. E. (2007). Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. *Journal of plant physiology*, 164(10), 1367-1376.