Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

The effect of humic acid application on growth characteristics, quality and yield of pistachios

Hamid Alipour[1], Azam Razavi Nasab[*2], Sayed Javad Hosseini Fard[3]

1. Assistant Prof. of Pistachio Research Center. Horticultural Science Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran. E-mail: h-alipour@pri.ir
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Agriculture, Payam Noor University, Iran. E-mail: azamrazavinasab@pnu.ac.ir
3. Associate Prof. of Soil Science, Pistachio Research Center. Horticultural Science Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran. E-mail: hosseinifard@pri.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.16.2022
Revised: 01.01.2023
Accepted: 01.04.2023

Keywords:
Emptiness,
Humic acid,
Kale-Ghoochi,
Pistachio,
Shimi Golfeiz

ABSTRACT

Background and Objectives: Today, in most pistachio farming areas, the reduction in the quantity and quality of irrigation water, followed by the reduction in the absorption of nutrients by the roots, has reduced the amount of pistachio fruit and its quality. The use of organic materials in sustainable agriculture, such as humic acid, causes the physical modification of the soil, including the increase of pores and water retention capacity and the reduction of evaporation from the soil surface. These substances increase the absorption of nutrients through the improvement of root growth and the formation of chelates of elements, and with the properties of stimulating growth, regulating plant growth hormones and increasing the tolerance of plants against plant stresses, it ultimately increases plant growth and finally, increasing the economic performance of pistachios.

Materials and Methods: This research was carried out in the form of a randomized complete block design with 5 treatments including zero (control), 500, 1000, 1500, 2000 kg per hectare of humic acid produced by Shimi Golfaiz Khorasan Company in three replicates and for two years of cultivation on fertile trees of 35-year-old Kale-Ghoochi trees. Each plot included 5 trees and a total of 75 trees were tested. Based on the soil test, the lack of nutrients was determined and the required amount of chemical fertilizers (the same amount for all treatments) was used in a mixture with humic acid, and only chemical fertilizers were used in the control treatment.

Results: The results of analysis of variance and comparison of treatment averages based on composite analysis of two-year data indicated that the difference between treatments was statistically significant for most of the assessed traits. The fresh and dry weight of the tree showed an increase of 39% and 38%, respectively, in the treatment of 1500 kilos of humic acid compared to the control. The treatment of 500 kg/ha of humic acid had the lowest amount of blank (25% reduction compared to the control) and the highest percentage of non-splitting (48% compared to the control). The treatment of 1000 kg/ha of humic acid caused the highest branch growth with 21% compared to the control. The 1500 kilo humic acid treatment had the highest amounts of calcium (23%), iron (25%), zinc (22%), and manganese (24%) compared to the control.

Conclusion: According to the results obtained from this research, the treatment of 1500 $kgha^{-1}$ of humic increased the fresh and dry yield and the concentration of calcium and micro nutrients elements of iron, zinc and manganese and is introduced as the best treatment. Of course, it should be kept in mind that regardless of the type and concentration of humic acid used, the method of application, the physical and chemical conditions of the soil, the management of the farm are also effective in the results obtained**.**

Cite this article: Alipour, Hamid, Razavi Nasab, Azam, Hosseini Fard, Sayed Javad. 2023. The effect of humic acid application on growth characteristics, quality and yield of pistachios. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 12 (4), 117-133.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20659.2077
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲
شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی، کیفیت و عملکرد پسته

حمید علی‌پور[۱]، اعظم رضوی‌نسب*[۲]، سید جواد حسینی‌فرد[۳]

۱. استادیار پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران. رایانامه: h-alipour@pri.ir

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران. رایانامه: azamrazavinasab@pnu.ac.ir

۳. دانشیار پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران. رایانامه: hosseinifard@pri.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴

واژه‌های کلیدی:
اسید هیومیک،
پسته،
پوکی،
شیمی گل فیض،
کله قوچی

چکیده

سابقه و هدف: امروزه در اکثر مناطق پسته‌کاری کاهش کمیت و کیفیت آب آبیاری باعث کاهش مقدار محصول و کیفیت میوه پسته شده است. استفاده از مواد آلی در کشاورزی پایدار مثل اسید هیومیک باعث اصلاح فیزیکی خاک، از جمله افزایش خلل و فرج و افزایش قدرت نگهداری آب می‌شود. این مواد از طریق بهبود رشد ریشه و تشکیل کلات‌های عناصر باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده و با ویژگی‌های تحریک‌کننده رشد، تنظیم هورمون‌های رشد گیاهی و افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های گیاهی در نهایت باعث افزایش رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد اقتصادی پسته می‌گردد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار شامل صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک تولید شرکت شیمی گل فیض خراسان در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی روی درختان بارور کله قوچی ۳۵ ساله اجرا شد. هر قطعه مورد مطالعه شامل پنج درخت بوده و در مجموع ۷۵ درخت مورد آزمایش قرار گرفت. بر اساس آزمایش خاک، کمبود عناصر غذایی تعیین شد و به مقدار لازم از کودهای شیمیایی (به مقدار یکسان برای همه تیمارها) به صورت مخلوط با اسید هیومیک استفاده گردید و در تیمار شاهد تنها از کودهای شیمیایی استفاده شد

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها بر اساس تجزیه مرکب اطلاعات دوساله مشخص نمود که اختلاف بین تیمارها در مورد اکثر صفات مورد ارزیابی از نظر آماری معنی‌دار بود. وزن محصول تر و وزن محصول خشک درخت، در تیمار ۱۵۰۰ کیلو اسید هیومیک به ترتیب ۳۹ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تیمار ۵۰۰ کیلوگرم

در هکتار اسید هیومیک دارای کم‌ترین میزان پوکی میوه (۲۵٪ کاهش نسبت به شاهد) و هم‌چنین بیش‌ترین درصد ناخندانی (٤٨٪ نسبت به شاهد) بود. تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک، بیش‌ترین رشد سرشاخه با ۲۱٪ نسبت به شاهد را ایجاد کرد. تیمار ۱۵۰۰ کیلو اسید هیومیک دارای بیش‌ترین مقادیر کلسیم (۲۳٪)، آهن (۲۵٪)، روی (۲۲٪)، منگنز (۲٤٪) نسبت به شاهد بود.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش تیمار ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در هکتار باعث افزایش محصول تر و محصول خشک و غلظت کلسیم و عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز شد و به عنوان بهترین تیمار معرفی می‌شود. البته باید در نظر داشت که فارغ از نوع و نشان و غلظت اسید هیومیک مصرفی، نحوه کاربرد، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و مدیریت مزرعه در نتایج به‌دست آمده مؤثر است.

استناد: علی‌پور، حمید، رضوی‌نسب، اعظم، حسینی‌فرد، سید جواد (۱۴۰۱). تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشـدی، کیفیـت و عملکرد پسته. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۲ (۴)، ۱۳۳-۱۱۷.

DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20659.2077

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

در مناطق پسته‌کاری به علت بروز خشکسالی‌های اخیر و افزوده شدن بر مشکلات شوری و کم‌آبی این مناطق، تنها راه ادامه حیات محصول استراتژیک پسته، تکیه بر تحقیقات و فناوری‌های پیشرفته است (۱). بالابودن املاح محلول، مقدار بسیار کم ماده آلی و عدم وجود تعادل در عناصر غذایی خاک در مناطق پسته‌کاری، باعث شده است تا عملکرد این محصول استراتژیک بسیار کم‌تر از حد قابل‌قبول باشد. در این مناطق درختان پسته سالیان زیادی از ذخیره عناصر غذایی خاک استفاده نموده‌اند، بدون این‌که به جبران و جایگزینی علمی آن توجه گردد (۲). استفاده از کودهای آلی در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش جمعیت ریزجانداران مفید خاک، با فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم، موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌گردند (۳). استفاده از مواد آلی در خاک در سمیت‌زدایی آن نقش بسیار مهمی دارد، زیرا با کاتیون‌های خاک و فلزات سنگین پیوند قوی تشکیل می‌دهد (٤). اسید هیومیک از نظر بیوشیمیایی ماده مؤثره هوموس است و از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی، سبب افزایش زیست‌توده ریشه و اندام هوایی می‌شود. اسید هیومیک و اسید فولویک به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر کم‌مصرف و هم‌چنین تشکیل کلات‌های عناصر کم‌مصرف و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی زیستی آن‌ها و افزایش رشد گیاه و به دنبال آن افزایش سیستم ریشه و ترشحات آن شده و سبب افزایش جذب عناصر و باروری خاک گردیده و تولید را افزایش می‌دهند (۵، ٦). مطالعات زیادی نشان داده‌اند که در ترکیبات هیومیکی ویژگی تحریک‌کننده ریشه وجود دارد (۷). پژوهش‌گران نشان دادند که ریشه‌ها بیش‌تر از اندام هوایی تحت‌تأثیر ترکیبات هیومیکی قرار می‌گیرند (۸). اسید هیومیک به طور معنی داری تبخیر را کاهش می دهد و به ویژه در خاک‌های خشک، با درصد رس کم، موجب افزایش نگهداری آب در خاک می‌شود و کاربرد آن در خاک موجب کاهش ۲۵ تا ۵۰ درصدی مصرف آب می‌شود که از لحاظ اقتصادی به ویژه در مناطق خشک بسیار قابل‌توجه است (۵). اسید هیومیک ساخته شده از مولکول‌های طبیعی آلی و حاصل تجزیه میکروبی مواد آلی بوده که هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهی و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۹، ۱۰). اسید هیومیک باعث افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاهان از طریق افزایش نفوذپذیری غشاء ریشه می‌شود (۱۱). در بسیاری از موارد از اسید هیومیک به عنوان بهبوددهنده رشد نام برده شده که موجب بهبود جذب عناصر غذایی توسط ریشه می‌شود. اسید هیومیک دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بسیار بالایی بوده و کاتیون‌ها را بر روی خود نگه داشته و آنها را برای جذب گیاه قابل‌دسترس نگه می‌دارد (۸). امروزه کاربرد اسید هیومیک برای بهبود رشد گیاهان و هم‌چنین افزایش تحمل به تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از ترکیبات آلی مانند اسید هیومیک می‌تواند بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان را تحت‌تأثیر قرار داده و تحمل گیاهان در برابر تنش‌های محیطی را افزایش دهد (۱۲). اسید هیومیک از مولکول‌های طبیعی آلی و حاصل تجزیه میکروبی مواد آلی بوده که هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهی و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را افزایش می‌دهد (۱۰). نتایج مطالعات نشان داده که اسید هیومیک با توان بالای کلات‌کنندگی می‌تواند در بهبود فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، آهن و روی به‌ویژه در خاک‌های آهکی و سدیمی مؤثر باشد (۱۳). از سوی دیگر مواد

هیومیکی همانند یک مخزن عمل کرده و عناصر غذایی خاک را جذب نموده و آن‌ها را به موقع در اختیار ریشه گیاهان قرار می‌دهد که بدین‌ترتیب می‌تواند شرایط مناسبی برای رشد گیاهان فراهم سازد (١٤). اسید هیومیک می‌تواند با بهبود ساختمان خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک به ویژه در خاک‌های با درصد رس کم به نگهداری آب در خاک کمک نموده و سبب بهبود جذب آب توسط گیاهان شود. این ویژگی سبب شده تا کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی و در خاک‌های مناطق خشک مورد توجه قرار بگیرد (۵). هم‌چنین در پژوهشی کاربرد اسید هیومیک سبب بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی نیشکر و افزایش رشد آن در شرایط خشکی شد (۱۵). در پژوهشی دیگر اسید هیومیک اثرات نامطلوب تنش خشکی در گیاه ذرت را کاهش و تحمل آن را در شرایط تنش خشکی افزایش داد (۹). کاربرد اسید هیومیک در درختان بارور رقم پسته عباسعلی باعث افزایش ویژگی‌ها تعداد جوانه گل، درصد خندانی، سطح برگ، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقاومت روزنه‌ای و تعرق برگ شد، هم‌چنین باعث کاهش ویژگی‌ها درصد پوکی میوه و تعداد پسته‌های ترک نامنظم گردید (۲). پاکدامن و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند هیومیک اسید یک اصلاح‌کننده آلی است و می‌تواند به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی در اصلاح ویژگی‌های خاک، افزایش کارایی مصرف این کودها و کاهش مصرف آن‌ها مؤثر باشد و عملکرد پسته را بهبود بخشد (١٦).

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول به شمار می‌آید. در تغذیه گیاه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از موضوعات اصلی تغذیه معدنی گیاه افزایش عملکرد از طریق مدیریت کارا و مؤثر کوددهی است، در شرایط کنونی افت کمی و کیفی آب در مناطق پسته‌کاری باعث شده که جذب کافی و متعادل عناصر غذایی از طریق ریشه انجام نشود و در نتیجه میزان فتوسنتز برگ کاهش یافته و با کاهش تولید اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و چربی‌ها در گیاه، میزان محصول نیز از نظر کمی و کیفی کاهش یابد (۱۷). طبق یافته‌های ذکر شده مشخص می‌گردد که اسید هیومیک علاوه بر نقش مثبتی که در اصلاح فیزیکی خاک، از جمله افزایش خلل و فرج و افزایش قدرت نگهداری آب دارد، از طریق بهبود رشد ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده و در نتیجه رشد گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین این پژوهش با هدف پاسخ به این‌که آیا اسید هیومیک انتخابی که محصول داخلی از شرکت شیمی گل فیض خراسان است، اثری بر رشد و عملکرد درختان پسته، به‌ویژه در شرایطی که اغلب باغ‌های پسته از عدم مدیریت صحیح رنج می‌برند، دارد؟ چه میزان از این نوع اسید هیومیک تأثیر بیش‌تری بر بهبود ویژگی‌ها کمی و کیفی پسته دارد؟ و در چه تیماری بیش‌ترین غلظت عناصر غذایی در گیاه مشاهده می‌گردد؟

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای پروژه، یک باغ پسته در حومه شهرستان کرمان که از نظر ویژگی‌ها آب (جدول ۱)، خاک (جدول ۲) و درختان در حد متوسط باغ‌های پسته استان انتخاب شد. آبیاری باغ به صورت غرقابی با دور آبیاری ٤۵ روزه بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۹ از درختان بارور رقم پسته کله قوچی ۳۵ ساله اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل مقادیر صفر (تیمار شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ کیلو اسید هیومیک (از نوع جامد فرتی پلاس شرکت شیمی گل فیض خراسان

شامل اسید هیومیک (۸٪)، اسید فولویک (۳٪)، اکسید پتاسیم (۱٪) و آهن (۰/۳٪)) در هکتار بود. بر اساس آزمایش خاک قبل از شروع پروژه (جدول ۲)، کمبود عناصر غذایی تعیین شده و به مقدار لازم از کودهای شیمیایی (۵۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۳۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آهن، ۷۵ کیلوگرم سولفات روی، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) (به میزان یکسان برای همه تیمارها) به صورت مخلوط با اسید هیومیک استفاده شد و در تیمار شاهد فقط از کودهای شیمیایی استفاده گردید. هر قطعه آزمایش شامل ۵ درخت یکسان (از نظر رقم، سن، و شرایط رشدی در یک ردیف ۱۰ درختی) و در مجموع ۷۵ درخت بود. بین ردیف پلات‌های آزمایشی، یک ردیف درخت به‌عنوان گارد در نظر گرفته شد. پس از تهیه نقشه پروژه، محل تیمارها در باغ انتخابی تعیین و تیمارها طبق نقشه اعمال گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده.

Table 1. Some chemical properties of used water.

ویژگی Property	قابلیت هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	مجموع املاح محلول در آب TDS ($mgkg^{-1}$)	کلسیم Ca^{2+} meL^{-1}	منیزیم Mg meL^{-1}	سدیم Na meL^{-1}	پتاسیم K meL^{-1}
مقدار Value	7.30	4818	22.00	4.00	47.15	0.12
ویژگی Property	کربنات CO_3^{-2} meL^{-1}	بی کربنات HCO_3^- meL^{-1}	سولفات SO_4^{-2} meL^{-1}	نسبت جذب سدیم SAR ($mgkg^{-1}$)	کلر Cl^- meL^{-1}	pH
مقدار Value	0	1.05	12.20	13.09	59.85	7.54

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش.

Table 2. Some soil physical and chemical properties.

ویژگی Property	قابلیت هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	pH خاک	آهک T.N.V %	گچ Gypsum %	رس Clay %	شن Sand %	سیلت Silt %	بافت خاک Texture	کربن آلی OC %
مقدار Value	5.25	7.73	14.75	1.67	3	71	26	Sandy clay loam	0.67
عنصر غذایی Element	نیتروژن N %	فسفر P $mgkg^{-1}$	پتاسیم K $mgkg^{-1}$	کلسیم Ca meL^{-1}	منیزیم Mg meL^{-1}	آهن Fe $mgkg^{-1}$	روی Mn $mgkg^{-1}$	مس Cu $mgkg^{-1}$	منگنز Mn $mgkg^{-1}$
غلظت Concentration	0.03	10.2	280	30	10	4.25	0.65	0.50	5.20

در طول فصل داشت، آبیاری همه تیمارها به روش غرقابی انجام شده و مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها برای همه تیمارها به‌طور یکسان انجام شد. صفات متوسط رشد سرشاخه، سطح برگ بعد از تثبیت رشد رویشی درختان در تاریخ ۱۵ خرداد با متر و خط‌کش و کولیس اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری از برگ در ۱۵ تیرماه (زمان معمول نمونه‌برداری) انجام و غلظت عناصر غذایی پر مصرف از جمله نیتروژن قابل‌دسترس به روش کجلدال، فسفر قابل‌استفاده به روش اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم به روش شعله‌سنجی با دستگاه فلیم فتومتر در فاز محلول خاک، کلسیم و منیزیم و عناصر غذایی کم‌مصرف آهن، روی، مس، منگنز و بور با دستگاه جذب اتمی (۱۸) نیز در عصاره محلول خاک اندازه‌گیری شد. پس از برداشت محصول در ۲۰ شهریور در هر تیمار، مقادیر محصول تر و خشک درخت، درصد پوکی، درصد خندانی، درصد ناخندانی، درصد مغز پسته ناخندان و اونس پسته تعیین گردید.

وزن میوه: بدین منظور در زمان برداشت از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰۰ میوه پسته با پوست از شاخه‌های شمالی و ۱۰۰ عدد از شاخه جنوبی جمع‌آوری شد. وزن تر نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و میانگین وزن آن‌ها بر حسب گرم یادداشت گردید و سپس همین پسته‌ها از پوست جدا شده و در هوای آزاد به مدت سه روز خشک گردید و به عنوان وزن خشک ثبت گردید (۱۹).

تعیین درصد پوکی: برای اندازه‌گیری درصد پوکی در زمان برداشت محصول، از هر تکرار در هر تیمار چهار خوشه انتخاب و تعداد یکصد عدد پسته با پوست تازه و به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد. سپس پوست سبز رویی جدا گردید. از میان یکصد عدد پسته تعداد میوه‌هایی که فاقد مغز بودند شمارش و درصد پوکی محاسبه شد (۱۹).

تعیین درصد خندانی و ناخندانی: برای اندازه‌گیری درصد خندانی در زمان برداشت محصول، از هر تکرار در هر تیمار ٤ خوشه انتخاب و تعداد یکصد عدد پسته با پوست تازه و به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد. سپس پوست سبز رویی جدا گردید. از میان یکصد عدد پسته تعداد میوه‌هایی که دهانشان باز بود شمارش و درصد خندانی یادداشت شد و به همین ترتیب تعداد میوه‌هایی که دهانشان بسته بود شمارش و درصد ناخندانی گزارش شد (۱۹).

درصد مغز پسته‌های ناخندان: تعداد یکصد عدد پسته ناخندان انتخاب و میوه شکسته شد و تعداد میوه‌هایی که حاوی مغز بودند یادداشت و درصد مغز پسته‌های ناخندان ثبت گردید (۱۹).

اونس پسته: برای محاسبه اونس، از یک ترازوی شاهین‌دار (برای به حداقل رساندن خطا) استفاده شد. در یک کفه ترازو وزنه ۲۸/۳ گرم (معادل یک اونس) را قرار داده و در کفه دیگر دانه‌های پسته را ریخته تا به وزن ۲۸/۳ برسد. تعداد دانه‌ها برابر با اونس پسته است (۲۰). هرچه پسته دانه درشت‌تر باشد اونس کم‌تری دارد.

بعد از اتمام آزمایش و جمع آوری اطلاعات، داده‌های آزمایشی با نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری (تجزیه واریانس داده‌های دو سال به‌صورت تجزیه مرکب) قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و سپس نمودارها توسط نرم‌افزار اکسل رسم و نتایج تفسیر شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها براساس تجزیه مرکب اطلاعات دوساله (جدول ۳) مشخص نمود که اختلاف بین تیمارها در وزن تر، وزن خشک، درصد پوکی، درصد ناخندانی و رشد سرشاخه از نظر آماری معنی‌دار است. از نظر وزن محصول تر و خشک درخت، تیمار ۱۵۰۰ کیلو اسید هیومیک به ترتیب با مقادیر ۹/٤۳ و ۲/٤٥ کیلوگرم بیش‌ترین مقادیر را داشت و نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۹/٤۰٦ و ۳۸/٤۱٪ افزایش نشان داد. تیمار ۵۰۰ کیلو اسید هیومیک دارای کم‌ترین میزان پوکی میوه (۱۰/۷ درصد) و هم‌چنین بیش‌ترین درصد ناخندانی (۵۰ درصد) بود. تیمار ۱۰۰۰ کیلو اسید هیومیک، بیش‌ترین رشد سرشاخه (۱۵/٤ سانتی‌متر) را ایجاد کرد که نسبت به شاهد ۲٤/۱۹٪ افزایش داشت (جدول ٤).

تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های معدنی، کاتالیز اسید هیومیک توسط آنزیم‌ها در گیاه، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و فعالیت‌های هورمونی در گیاه دلیل اصلی اثرات مثبت اسید هیومیک روی صفات کمی و کیفی است (۲۱) و احتمالاً به همین دلیل ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پسته تحت تیمار اسید هیومیک در پژوهش فوق بوده است. افشاری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند کاربرد اسید هیومیک در درختان بارور رقم پسته عباسعلی باعث افزایش ویژگی‌ها تعداد جوانه گل، درصد خندانی، سطح برگ، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقاومت روزنه‌ای و تعرق برگ شد، هم‌چنین باعث کاهش درصد پوکی میوه و تعداد پسته‌های دارای ترک نامنظم گردید (۲).

آریابد و همکاران (۲۰۲۱) در کاربرد انواع مختلف اسید هیومیک (جامد معمولی، جامد فرتی پلاس شیمی گل، مایع شیمی گل و هیوماکس آمریکایی) نشان دادند که بیش‌ترین میزان صد دانه، بیش‌ترین عملکرد، کلروفیل، کم‌ترین اونس و پوکی نیز از بیش‌ترین مقدار مصرفی هیومیک اسید نسبت به شاهد حاصل شد. طبق یافته‌های این پژوهش اسیدهای هیومیک داخلی (مایع ایرانی، جامد فرتی پلاس) تقریباً به خوبی اسید هیومیک خارجی (هیوماکس) بوده و با تکیه بر دانش داخلی می‌توان به عملکرد بالا دست پیدا نمود (۲۲). پاک کیش و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی کاربرد اسید هیومیک بر بهبود رشد رویشی و زایشی پسته رقم اکبری دریافتند که بیش‌ترین میزان سطح برگ، طول و قطر شاخه و بیش‌ترین وزن خوشه و تعداد میوه در خوشه از تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۳۰ روز بعد از مرحله تمام گل و کم‌ترین پوکی از تیمار ۵۰ میلی‌گرم مشاهده گردید (۱۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس و ضرایب تغییرات صفات اندازه‌گیری‌شده.

Table 3. Analysis of variance and change coefficients of the measured properties.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares							
		وزن تر Fresh weight (kg)	وزن خشک Dry weight (kg)	پوکی Emptiness %	خندانی Splitting %	ناخندانی Nonsplitting %	مغز ناخندان Kernel of Non-Splitting %	انس Once	سطح برگ Leaf surface (mm^2)	رشد سرشاخه Branch growth (cm)
سال Year	1	26284^{**}	1639^{**}	224^{**}	1032^{*}	294^{ns}	1083^{**}	14.70^{**}	29190^{ns}	12.41^{ns}
تکرار Rep	4	773^{*}	42.15^{*}	73.73^{*}	466^{ns}	175^{ns}	16.91^{ns}	1.56^{ns}	24637^{ns}	6.29^{ns}
اسیدهیومیک Humic	4	212^{*}	13.47^{*}	56.00^{ns}	272^{ns}	395^{ns}	7.91^{ns}	0.30^{ns}	73290^{ns}	11.74^{*}
خطای اصلی Main error	4	749	37.44	102	365	100	10.11	0.95	1096347	10.69
هیومیک * سال Humic*Year	4	106^{ns}	3.28^{ns}	47.47^{ns}	55.20^{ns}	96.03^{ns}	8.46^{ns}	0.87^{ns}	1836419	6.94^{ns}
خطای فرعی Minor error	16	130	7.99	18.98	156	171	15.26	1.48	1013444	3.08
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		30.49	28.71	28.41	26.94	34.21	10.14	5.48	11.76	13.37

** و * وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار

** and * Significant difference at the 1% and 5% and ^{ns} no significant difference

جدول ٤- مقایسه میانگین تیمارها بر اساس تجزیه مرکب دو ساله صفات کمی میوه و رویشی درخت.

Table 4. Comparison of average treatments based on two-year composite analysis of leaf elements Comparison of average treatments based on two-year composite analysis of fruit and vegetative traits of the tree.

رشد سرشاخه Branch growth (cm)	سطح برگ Leaf surface (mm^2)	انس دانه Once	مغز ناخندان Kernel of Non-Splitting %	ناخندانی Nonsplitting %	خندانی Splitting %	پوکی Emptiness %	وزن خشک Dry weight ($kgtree^{-1}$)	وزن تر Fresh weight ($kgtree^{-1}$)	صفت Property / اسید هیومیک Humic acid ($kgha^{-1}$)
12.4^{b}	8546^{a}	22^{a}	37.7^{a}	33.8^{b}	51.8^{a}	14.3^{ab}	1.77^{b}	6.7^{b}	شاهد (0) Control
13.4^{b}	8506^{a}	22.5^{a}	39.9^{a}	50^{a}	39.3^{a}	10.7^{b}	1.8^{b}	7.13^{ab}	500
15.4^{a}	8607^{a}	22.3^{a}	38.7^{a}	42.5^{ab}	39.1^{a}	18.3^{a}	2^{ab}	7.7^{ab}	1000
12.5^{b}	8709^{a}	22^{a}	37^{a}	35.8^{b}	48.5^{a}	15.8^{a}	2.45^{a}	9.43^{a}	1500
11.95^{b}	8414^{a}	22.3^{a}	39^{a}	29.2^{b}	53.1^{a}	17.6^{a}	1.74^{b}	6.5^{b}	2000

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Averages that have a common letter do not have a statistically significant difference

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها براساس تجزیه مرکب اطلاعات دوساله (جدول ٥) مشخص نمود که اختلاف بین تیمارها از نظر غلظت عناصر غذایی برگ در مورد کلسیم، آهن، روی، مس و منگنز معنی‌دار است. بیش‌ترین غلظت کلسیم برگ در تیمار ١٥٠٠ کیلو اسید هیومیک مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ٢٢/٧٣٪ افزایش نشان داد. کاربرد مقادیر مختلف اسید هیومیک در مورد بقیه عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم) معنی‌دار نبود. بیش‌ترین غلظت آهن برگ نیز در تیمار ١٥٠٠ کیلو اسید هیومیک دیده شد که این افزایش نسبت به شاهد ٢٥/٢٤٪ بود. بیش‌ترین غلظت روی در تیمار ١٠٠٠ کیلو اسید هیومیک (بدون اختلاف با تیمار ١٥٠٠ کیلو) به‌دست آمد و نسبت به شاهد ٣١/٦٧٪ افزایش داشت. بیش‌ترین غلظت مس برگ در تیمار ٢٠٠٠ کیلو اسید هیومیک با ٢٠/٧٪ افزایش نسبت به شاهد دیده شد. بالاترین غلظت منگنز برگ هم در تیمار ١٥٠٠ کیلو اسید هیومیک (بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ٢٠٠٠ کیلو) و با ٢٤/١٤٪ نسبت به شاهد ملاحظه گردید.

جدول ۵- تجزیه واریانس و ضرایب تغییرات بر اساس تجزیه مرکب دو ساله عناصر برگ.

Table 5. Comparison of average treatments based on two-year composite analysis of leaf elements.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares										
		نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	بور Br
		درصد						میکروگرم بر گرم				
سال Year	1	0.00^{ns}	49654**	0.018^{ns}	0.322^{ns}	1560**	0.432^{ns}	3.40^{ns}	11132**	1.61**	0.002^{ns}	0.00**
تکرار Rep	4	0.001^{ns}	11700^{ns}	0.061^{ns}	0.049^{ns}	47.00^{ns}	0.431^{ns}	114**	576^{ns}	0.014^{ns}	0.029^{ns}	0.00^{ns}
اسیدهیومیک Humic	4	0.001^{ns}	4239^{ns}	0.015^{ns}	0.182^{ns}	59.29^{ns}	7.247^{ns}	27.73^{ns}	1230**	0.046^{ns}	0.014^{ns}	0.00^{ns}
خطای اصلی Main error	4	0.000	14360	0.038	0.186	14.93	1.91	116	627	0.054	0.034	0.00
هیومیک * سال Humic*Year	4	0.000^{ns}	7839^{ns}	0.015^{ns}	0.259^{ns}	33.56^{ns}	4.496^{ns}	19.69^{ns}	436^{ns}	0.097^{ns}	0.023^{ns}	0.00^{ns}
خطای فرعی Minor error	16	0.000	5179	0.0386	0.122	65.64	2.993	17.85	385	0.057	0.018	0.000
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.54	8.92	49.99	14.45	25.11	31.11	20.13	18.58	8.17	6.82	12.15

** و * وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

** and * Significant difference at the 1% and 5% and ns no significant difference

برگ بود و تیمار شاهد از نظر این عناصر کمترین مقدار را داشت، بنابراین تیمار ۱۵۰۰ کیلو اسید هیومیک در هکتار باعث افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف و کلسیم توسط ریشه شده است (جدول ٦). آریابد و همکاران (۲۰۲۱ و ۲۰۲۱) در کاربرد انواع مختلف اسید هیومیک (جامد معمولی، جامد فرتی پلاس شیمی گل، مایع شیمی گل و هیوماکس آمریکایی نشان دادند که بیش‌ترین غلظت نیتروژن، فسفر، منیزیم، روی و منگنز برگ از کاربرد هیومکس و بیش‌ترین غلظت کلسیم از سه نوع هیومیک اسید ذکر شده غیر از جامد معمولی و بیش‌ترین غلظت مس از کاربرد ٦۰ لیتر در هکتار هیوماکس و ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار جامد فرتی پلاس مشاهده شد به‌دست آمد (٦، ۲۲).

سجادیان و حکم‌آبادی (۲۰۱۵) در بررسی اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و اندام هوایی و جذب عناصر غذایی در پسته رقم بادامی زرند دریافتند که اسید هیومیک اثر معنی‌دار بر طول گیاه و فاصله میانگره داشته و هم‌چنین باعث افزایش رشد و طول ریشه شده و از طریق افزایش گستردگی ریشه، جذب روی، مس و منیزیم را افزایش داد. بهترین تیمار در این پژوهش ٦۰ گرم اسید هیومیک در گلدان حاوی ۱۰۰۰ گرم ورمی‌کولیت بود (۲۳).

گزارش‌های رشیدی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد، کاربرد اسید هیومیک در دانهال‌های پسته تحت تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار طول نهال، سطح برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل گیاه، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، غلظت فسفر در ریشه و اندام هوایی و مقدار پتاسیم جذب شده در ریشه و اندام هوایی شد، بنابراین کاربرد اسید هیومیک با بهبود محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش جذب عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی، سبب بهبود رشد دانهال‌های پسته و افزایش تحمل به تنش خشکی شد (۲٤). اسید هیومیک با افزایش جمعیت موجودات زنده خاک، اصلاح فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش جوانه‌زنی و رشد ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه باعث بهبود محصول از نظر کمی و کیفی می‌گردد (۲۵). در پژوهشی افروشه و جوانشاه (۲۰۲۰) نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش رشد رویشی نهال پسته در مقایسه با شاهد در فاصله آبیاری زیاد شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب و حفاظت نسبی آب با کاربرد اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری (در سطح پنج درصد) افزایش یافت. این نتایج نشان داد که نهال پسته نسبت به تنش آبی حساس بوده و استفاده از اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی می‌تواند یک استراتژی مدیریتی مناسب برای بهبود باشد (۲٦).

با افزایش سطح برگ در اثر کاربرد اسید هیومیک و به دنبال آن میزان کلروفیل و افزایش راندمان فتوسنتز، هیدروکربن‌های بیش‌تری توسط برگ ساخته شده و به منبع مصرف که میوه و قسمت‌های رویشی گیاه است منتقل می‌شود و به دنبال این تغییرات عملکرد، خندانی و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پسته افزایش می‌یابد که یکی از دلایل افزایش عملکرد و بهبود رشد رویشی و زایشی پسته با کاربرد اسید هیومیک است (۲۷). پژوهش‌گران (۲۸) در بررسی اثر گچ، گوگرد و اسید هیومیک بر رشد و ترکیب شیمیایی برگ درختان پسته دریافتند که با کاربرد هیومکس و کمپوست زباله شهری غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ درختان پسته افزایش یافت.

جدول ٦- مقایسه میانگین تیمارها بر اساس تجزیه مرکب دو ساله مربوط به غلظت عناصر غذایی برگ.

Table 6. Comparison of average treatments based on two-year composite analysis related to the concentration of leaf nutrients.

بر Br	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	سدیم Na	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	
میکروگرم بر گرم					درصد						
768[a]	29[b]	5.8[ab]	18.0[b]	103[b]	0.18[a]	0.37[a]	2.2[b]	2.94[a]	0.07[a]	2.0[a]	شاهد Control
8.8[a]	30[b]	5.8[ab]	21.4[ab]	108[b]	0.20[a]	0.35[a]	2.3[b]	3.00[a]	0.07[a]	2.0[a]	500
838[a]	31[b]	5.0[b]	23.7[a]	92[b]	0.20[a]	0.39[a]	2.5[a]	2.80[a]	0.07[a]	1.9[a]	1000
821[a]	36[a]	5.0[b]	22.0[a]	129[a]	0.19[a]	0.40[a]	2.7[a]	3.00[a]	0.08[a]	1.9[a]	1500
795[a]	35[a]	7.0[a]	20.0[ab]	96[b]	0.23[a]	0.48[a]	2.4[ab]	2.90[a]	0.08[a]	2.0[a]	2000

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Averages that have a common letter do not have a statistically significant difference

در پژوهش جوانشاه و امینیان نسب (۲۰۱٦) در بررسی اثر غلظت‌های مختلف هیومیک اسید (صفر، ٤، ۸ و ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک) و یک ماده تجاری ضد نمک از ترکیب هیومیک اسید و کلسیم (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در کیلوگرم خاک) در نهال‌های پسته تحت تنش شوری مشخص گردید که بین تیمارهای مصرفی اختلاف معنی‌داری در جذب کلسیم و منیزیم توسط گیاه وجود ندارد (۲۹). نتایج رضوی‌نسب و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد در هر دو سال استفاده از هیومکس در مزرعه پسته به علت اثرات مطلوب آن بر فراهمی فسفر (از طریق کلات کردن فسفر و کاهش موضعی pH)، با مصرف خاکی هیومکس میزان فسفر برگ به‌ترتیب ۳۳/۳ و ۱٦/۱ درصد افزایش نشان داد (۳۰).

سعیدی و ساکی‌نژاد (۲۰۱٦) در اثر مقادیر مختلف هیومیک کلات منیزیم و هورمون جیبرلین بر روند رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی دریافتند که کاربرد غلظت ۲۰۰ میلی‌لیتر در هکتار هیومیک کلات منیزیم و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین تأثیر بهتری بر عملکرد و اجزای آن و شاخص‌های فیزیولوژیکی نسبت به مقادیر غلظت بالاتر از خود نشان داد (۳۱).

به‌نظر می‌آید که اسید هیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نقش دارد. احتمالاً اسید هیومیک از طریق افزایش سطوح برگی سبب تداوم فعالیت بافت‌های فتوسنتزکننده شده و عملکرد ریشه را افزایش می‌دهد (۳۲). افزایش عملکرد به واسطه استفاده از اسید هیومیک می‌تواند به فعالیت‌های شبه‌هورمونی (اکسین، جیبرلین و سیتوکینین) اسید هیومیک مرتبط باشد، از طرف دیگر اسید هیومیک با گسترش سیستم ریشه دسترسی به آب و عناصر غذایی را فراهم کرده و سبب بهبود عملکرد می‌گردد (۳۳).

اضافه کردن مواد هیومیکی همراه با کلات آهن سکوسترین، جذب آهن توسط درخت لیمو را افزایش داد، این افزایش به‌علت خاصیت کلات‌کنندگی اسید هیومیک با عناصر خاک می‌باشد (۳٤). کاربرد اسید هیومیک با بهبود شرایط فیزیکی خاک، افزایش میزان آب قابل‌استفاده، افزایش جمعیت میکروبی و فعال کردن باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد، باعث انحلال

کربنات کلسیم موجود در خاک و با کاهش موضعی pH خاک منجر به بهبود جذب عناصر غذایی از جمله مس و روی شد (۳۵). کاربرد اسید هیومیک در گیاه ذرت به‌صورت خاکی، غلظت مس برگ را با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (۷). جلالی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف (گچ، اسید هیومیک و ترکیب ضد نمک) بر عملکرد پسته دریافتند که هیومیک اسید یک اصلاح‌کننده آلی است و می‌تواند به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی در اصلاح ویژگی‌های خاک، افزایش کارایی مصرف این کودها و کاهش مصرف آن‌ها مؤثر باشد (۳۶).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی تیمار ۱۵۰۰ کیلو اسید هیومیک فرتی پلاس شرکت شیمی گل در هکتار باعث افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف و کلسیم در برگ و هم‌چنین افزایش محصول تر و خشک درختان شد و به عنوان بهترین تیمار معرفی می‌شود. البته لازم به ذکر است که تأثیرات اسید هیومیک نه تنها به غلظت و نشان مصرفی اسید هیومیک بلکه به روش کاربرد آن و شرایط خاک و مدیریت مزرعه نیز وابسته است. هر چند که نقاط مبهم درباره اسید هیومیک هم‌چنان وجود داشته که از آن جمله می‌توان به پیچیده بودن اسید هیومیک به‌علت وجود منشاءهای مختلف تشکیل و هم‌چنین سازوکار اثرگذاری بر گیاه اشاره کرد و رفع این نکات مبهم ابتدا با تجزیه کامل و دقیق نشان‌های مختلف اسید هیومیک (اعم از داخلی و خارجی) و سپس با تحقیق و پژوهش و مقایسه نشان‌های داخلی گوناگون در خاک‌های مناطق مختلف و میزان اثربخشی آن بر عملکرد محصولات مختلف، هم می‌تواند باعث درک بهتر از نقش دقیق اسید هیومیک در فراهمی عناصر غذایی و بهبود عملکرد محصول راهبردی مانند پسته شده و هم باعث رونق تولید داخلی و ارزآوری گردد و توسعه اشتغال و خودکفایی ملی را به ارمغان آورد.

منابع

1.Afshari, H., Talai, A., and Sadeghi, Gh. 2009. Reviews some compounds found in Fruits and nuts, and the impact of pollen grains on their quantitative and qualitative characteristics. Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries), 22: 2. 13-24. (In Persian with English abstract)

2.Afshari, H., Pour Ali, M., Sajedi, S., and Hokm Abadi, H. 2015. The effect of different-types of humic acid on quantitative and qualitative characteristics Pistachio AbbasAli variety. Journal of Plant Physiology Environment, 37: 83-72. (In Persian with English abstract)

3.Madrid, F., Lopez, R., and Cabera, F. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming condition Journal of Agriculture Ecosystem and Environment, 119: 249-256.

4.Sadegh, L., Fekri, M., and Gorgin, N. 2010. Effects of poultry manure and pistachio-compost on the kinetics of copper desorption from two calcareous soils. Arabic Journal of Geo-Science, 8: 42-48.

5.Asik, B.B., Turan, M.A., Celik, H., and Katkat, A.V. 2009. Effect of humic substances to dry weight and mineral nutrients uptake of wheat on saline soil conditions. Asian Journal of Crop Science, 1: 2. 87-95.

6.Aryabod, S., Razavi Nasab, A., and Nadaf Feyz Abadi, F. 2021. The effect of external and internal humic acids on the yield and concentration of leaf micro elements of pistachio trees. Journal of

Pistachio Science and Technology. 6: 11. 52-68. (In Persian)
7.Khaled, H., and Fawy, H.A. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research, 6: 21-29.
8.Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34: 1527-1536.
9.Canellas, L.P., Silva, S.F., Olk, D.C., and Olivares, F.L. 2015. Foliar application of plant growthpromoting bacteria and humic acid increase maize yields. Journal of Food, Agriculture and Environment, 13: 131-138.
10.Orsi, M. 2014. Molecular dynamics simulation of humic substances (Review). Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 1: 10. 1-14.
11.Valdrighi, M.M., Pear, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., and Vallini, G. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: A comparative study Agriculture, Ecosystems and Environment. 58: 133-144.
12.Ozfidan-Konakci, C., Yildiztugay, E., Bahtiyar, M., and Kucukoduk, M. 2018. The humic acidinduced changes in the water status, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense systems of wheat leaves with cadmium stress. Ecotoxicology and Environmental Safety, 155: 66-75.
13.Ozdamar Unlu, H., Unlu, H., Karakurt, Y., and Padem, H. 2011. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. Scientific Research and Essays, 6: 2800-2803.
14.Turan, M.A., Asik, B.B., Katkat, A.V., and Celik, H. 2011.The effects of soil-applied humic substances to the dry weight and mineral nutrient uptake of maize plants under soil salinity conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 39: 171-177.
15.Aguiar, N.O., Medici, L.O., Olivares, F.L., Dobbss, L.B., Torres-Netto, A., Silva, S.F., Novontny E.H., and Canellas, L.P. 2016. Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. Annals of Applied Biology, 168: 2. 203-213.
16.Pakdaman, N., Javanshah, A., and Nadi, M. 2019. The Effects of some inorganic-, synthetic- and organic-Fertilizers on the vegetative growth and iron content in pistachio cv. Ghazvini under alkaline conditions. Journal of Nuts, 10: 2. 127-137.
17.Rahdari, P., Panahi, B., and Mozaphari, A. 2012. Effect of free amino acids spray on the some nutrient elements accumulation in pistachios (*Pistachio Vera* L.), Ohadi (Fandoghi) cultivar. Advances in Environmental Biology, 6: 5. 1780-1785.
18.Hanlon, E.A. 1998. Elemental determination by atomic absorption spectrophotometry. Handbook of reference methods for plant analysis, 157-164.
19.Pakkish, Z., Asghari, H., and Mohamadreza Khani, S. 2021. The application of humic acid on the improvement of vegetative and reproductive growth of pistachio cv. Akbari. The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology. 34: 4. 50-67.
20.Rahemi, M., and Asghari, H. 2004. Effect of hydrogen cyanamide (dormex), volk oil and potassium budbreak, yield and nut characteristics of pistachio (*Pistacia vera* L.). Horticultural Sience and Biotechnology. 79: 5. 823-827.
21.Ozdamar Ullu, H., Unlu, H., Karakurt, Y., and Padem, H. 2011.Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. Scientific Research and Essays. 6: 13. 2800-2803.
22.Aryabod, S., RazaviNasab, A., and Nadaf Feyz Abadi, F. 2021. Comparison of humic acid types on the concentration of macro nutrients elements in soil and leaves and yield components of pistachio trees in field conditions.

Agricultural Engineering. 44: 3. 325-342. (In Persian with English abstract)
23. Sajadian, H., and Hokm Abadi, H. 2015. Effect of humic acid on root and shoot growth and leaf nutrient contents in seedlings of *Pistacia vera* cv. Badami-Riz-Zarand. Journal of Nuts, 6: 2. 123-130.
24. Rashidi, N., Moezzi, A.A., and Rahnama, A. 2019. Effect of Humic Acid on Growth Characteristics, Phosphorous and Potassium Uptake and Photosynthesis Pigments of Pistachio Seedlings under Drought Stress. Applied Soil Research, 7: 3. 134-149. (In Persian with English abstract)
25. Cangi, R., Tarakcioglu, C., and Yasar, H. 2006. Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in Ercis grape (*V. vinifera* L.) cultivar. Asian Journal Chemistry. 18: 1493-1499.
26. Afrousheh, M., and Javanshah, A. 2020. The Effect of humic acid on the growth and physiological indices of pistachio seedling (*Pistacia vera*) under drought stress. Journal of Nuts. 11: 1. 1-12.
27. Taghizadeh-Alisaraei, A., Alizadeh Assar, H., Ghobadian, B., and Motevali, A. 2017. Potential of biofuel production from pistachio waste in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72: 510-522.
28. Razavi Nasab, A., Fotovat, A., Astaraie, A., and Tajabadipour, A. 2018. Effect of gypsum, sulfur and HUMAX on some properties of pistachio leaves and soil at field condition. Soil Management and Sustainable Production, 7: 3. 123-138. (In Persian)
29. Javanshah, A., and Aminian Nasab, S. 2016. Effect of Humic Acid and Calcium on Morpho-Physiological Traits and Mineral Nutrient Uptake of Pistachio Seedling under Salinity Stress. Journal of Nut. 7: 2. 125-135.
30. Razavi Nasab, A., Fotovat, A., Astaraie, A., and Tajabadipour, A. 2019. Effect of organic waste and humic acid on some growth parameters and nutrient concentration of pistachio seedlings. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50: 3. 254-264.
31. Saeedi, S., and Saki Nejad, T. 2016. Effect of different amounts of humic chelate magnesium and Gibberellins on the growth and yield of cowpea. Agronomy Research in Semi Desert Regions, 12: 4. 267-278. (In Persian)
32. Osman, K.T. 2018. Acid soils and acid sulfate soils. In management of soil problems, Springer, Cham, pp. 299-332.
33. Rahimi, A., Dolati, B., and Vahidzadeh, S. 2018. Investigating the simultaneous effect of the application of micro nutrients and humic acid on some quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) variety Universe. Agricultural Engineering 41: 4. 83-97. (In Persian with English abstract)
34. Sánchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J., and Bermúdez, D. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. Journal of Plant Nutrition, 25: 11. 2433-2442.
35. Wong, V.N.L., Dalal, R.C., and Greene, R.S.B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soil following gypsum and organic material additions: A. laboratory incubation. Applied Soil Ecology, 41: 29-40.
36. Jalali, Z., Panahi, B., and Mirhajian, A. 2018. Evaluation of soil application amendment effect of anti-salt materials (gypsum, humic acid fertilizer and antisalt fertilizer) on the yield of pistachio. International Journal of Biological Forum, 10: 1. 111-117.