Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

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

Impact of humic acids extracted from organic sources on the nitrogen forms, available phosphorus and potassium in a calcareous soil

Simin Khosravi[1], Sareh Nezami[*2], Akram Fatemi[3]

1. M.Sc. Graduate of Soil Fertility and Plant Nutrition, Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran. E-mail: khosravisimin1996@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran. E-mail: snezami1981@gmil.com
3. Assistant Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran. E-mail: fatemia.87@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.27.2022
Revised: 07.05.2023
Accepted: 07.10.2023

Keywords:
Calcareous soil,
Growth stimulant,
Macronutrients

ABSTRACT

Background and Objectives: More than 60% of the country's soils have less than 1% organic matter. Due to the calcareous nature of most soils, nutrients are insoluble and therefore not absorbed by the plants. One of the effective solutions in this situation is the use of humic acid because it is an active part of the organic resources and has a higher utilization efficiency than other organic fertilizers. This compound is extracted from various natural sources such as soil, compost, Leonardite (oxidized lignite), sediments, peat and different types of coal.

Materials and Methods: In the present study, humic acid was first extracted from five organic sources (cow manure compost, urban waste compost, vermicompost, sheep manure, and poultry manure). Then, added at 5 concentration levels (0, 0.25, 0.5, and 1 g of humic acid per kg of soil) to a calcareous soil under incubation conditions (temperature of 25 °C and field capacity moisture). After 70 days, nitrogen forms, available phosphorus, and potassium were determined.

Results: The highest and lowest amounts of nitrogen, phosphorus, and potassium were observed in poultry manure and vermicompost, respectively. The effect of different types and concentrations of extracted humic acid on soil nitrate, ammonium, available phosphorus, and potassium was significant at the probability level of 1% ($P<0.01$). The highest value of nitrate was found at the level of 1 g kg^{-1} of humic acid of poultry manure (234.53 mg kg^{-1}) which was about 10 times more than the control (23.97 mg kg^{-1}). The highest value of ammonium at the level of 1 humic acid extracted from poultry manure (144.48 mg kg^{-1}) was approximately 5 times more than the control (30.92 mg kg^{-1}). The maximum value of available phosphorus in humic acid 1 g kg^{-1} of poultry manure (25.40 mg kg^{-1}) was about 1.8 times more than the control (13.91 mg kg^{-1}) and the highest value of available potassium at the level of 0.5 humic acid of sheep manure (472.47 mg kg^{-1}) was approximately 1.2 times more than the control (394.69 mg kg^{-1}).

Conclusion: In general, results showed that with increasing the concentration levels of humic acids, the available forms of nutrients increased in the soil. The greatest effect on the availability of nutrients in the soil was observed in humic acid extracted from poultry manure at the

level of 1 g kg^{-1} soil. To better analyze and understand the real effect of humic acid, it is better to measure the contents of nitrogen, phosphorus, potassium, and other characteristics of humic acids in future studies.

Cite this article: Khosravi, Simin, Nezami, Sareh, Fatemi, Akram. 2023. Impact of humic acids extracted from organic sources on the nitrogen forms, available phosphorus and potassium in a calcareous soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 13 (3), 25-43.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20545.2072
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

اثر اسیدهای هیومیک استخراج شده از منابع آلی بر اشکال نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در یک خاک آهکی

سیمین خسروی[۱]، ساره نظامی*[۲]، اکرم فاطمی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رازی. کرمانشاه، کرمانشاه. ایران. رایانامه: khosravisimin1996@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. رایانامه: snezami1981@gmail.com

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. رایانامه: fatemia.87@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۹

واژه‌های کلیدی:
خاک آهکی،
عناصر پرمصرف،
محرک رشد

چکیده

سابقه و هدف: بررسی‌ها نشان می‌دهد در بیش از ۶۰ درصد از اراضی زیر کشت کشور، میزان کربن آلی کم‌تر از ۱ درصد بوده و به دلیل آهکی بودن اغلب خاک‌ها، عناصر غذایی به شکل نامحلول و غیرقابل‌جذب برای گیاه هستند. یکی از راهکارهای مؤثر در این شرایط استفاده از اسید هیومیک است که به دلیل آن که بخش فعال منابع آلی محسوب می‌شود، کارایی استفاده بالاتری نسبت به سایر کودهای آلی دارد. این ترکیب از منابع طبیعی بسیار متنوعی مانند خاک، کمپوست، لئوناردایت (لیگنایت اکسیدشده)، رسوبات دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، پیت و انواع زغال سنگ‌ها استخراج می‌شود.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر ابتدا اسید هیومیک از پنج منبع آلی (کمپوست کود گاوی، کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست، کود گوسفندی و کود مرغی) استخراج شد. سپس، اثر سطوح غلظتی ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ گرم اسید هیومیک در کیلوگرم خاک بر اشکال نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در یک خاک آهکی در شرایط انکوباسیون (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ظرفیت زراعی) به مدت ۷۰ روز مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب مربوط به منابع آلی کود مرغی و ورمی‌کمپوست بود. اثر نوع و غلظت‌های مختلف اسید هیومیک استخراج شده از منابع آلی بر نیترات و آمونیوم، فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ($P < ۰/۰۱$). بالاترین مقدار نیترات در سطح ۱ گرم در کیلوگرم اسید هیومیک کود

مرغی (۲۳٤/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) حدود ۱۰ برابر مقدار آن در نمونه شاهد (۲۳/۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و بالاترین مقدار آمونیوم در سطح ۱ اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی (۱٤٤/٤۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) تقریباً ۵ برابر مقدار آن در شاهد (۳۰/۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بیش‌ترین مقدار فسفر قابل دسترس در اسید هیومیک ۱ گرم در کیلوگرم کود مرغی (۲۵/٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد که حدود ۱/۸ برابر مقدار شاهد (۱۳/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بیش‌ترین مقدار پتاسیم قابل دسترس در سطح ۰/۵ اسید هیومیک کود گوسفندی (٤۷۲/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) حدوداً ۱/۲ برابر مقدار شاهد (۳۹٤/٦۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد با افزایش غلظت اسیدهای هیومیک قابلیت دسترسی عناصر در خاک افزایش یافت. بیش‌ترین اثر بر قابلیت دسترسی عناصر در خاک در اسید هیومیک کود مرغی و در سطح ۱ گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. به منظور تحلیل بهتر و شناخت تأثیر واقعی اسید هیومیک بهتر است در مطالعات آتی محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همین‌طور سایر خصوصیات اسید هومیک‌ها هم اندازه‌گیری شوند.

استناد: خسروی، سیمین، نظامی، ساره، فاطمی، اکرم (۱۴۰۲). اثر اسیدهای هیومیک استخراج شده از منابع آلی بر اشکال نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در یک خاک آهکی. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۳ (۳)، ۴۳-۲۵.
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20545.2072

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین واقع شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در بیش از ٦٠ درصد از اراضی زیر کشت، میزان کربن آلی کم‌تر از ١ درصد و در بخش قابل‌توجهی از آن کم‌تر از ٠/٥ درصد می‌باشد (١). از طرف دیگر اغلب خاک‌های دارای کاربری کشاورزی در ایران، آهکی هستند و این شرایط، محدودیت عمده‌ای را برای فراهمی عناصر غذایی ایجاد کرده است. کشاورزی پایدار به سمت مصرف کودهای آلی به جای استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی سوق پیدا کرده است (٢). کاربرد مواد آلی در خاک، سبب بهبود شرایط خاک شده که در نهایت زیستگاهی مناسب برای میکروارگانسیم‌های خاک و گیاهان فراهم می‌شود. راهکار مناسب برای تحقق کشاورزی پایدار، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در کشاورزی است. یکی از روش‌های کشاورزی نوین، استفاده از محرک‌های رشد گیاهان است (٣). محرک‌ها انواع متعددی دارند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها مواد هیومیکی مانند اسید هیومیک‌ها هستند.

مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از تجزیه بقایای گیاهی و حیوانی تولید می‌شوند. این مواد در تمامی محیط‌های خاکی و آبی یافت می‌شوند و یکی از فراوان‌ترین شکل‌های مواد آلی در سطح زمین را تشکیل می‌دهند (٤). اسید هیومیک به رنگ قهوه‌ای تیره با وزن ملکولی بالا (٣٠٠٠٠٠-٥٠٠٠ دالتون) و مقدار کربن ٦٢-٥٠٪ می‌باشد. این ترکیب از منابع طبیعی بسیار متنوعی مانند خاک، کمپوست، لیگنایت اکسیدشده (لئونارداید)، رسوبات، پیت و انواع زغال سنگ‌ها استخراج می‌شود (٥). کاربرد اسید هیومیک به عنوان ماده‌ای با منبع طبیعی در جهت پایداری و افزایش تولید محصولات زراعی بسیار امیدبخش می‌باشد (٦).

سلیک و همکاران (٢٠٠٨) نشان دادند که غلظت ١ گرم در کیلوگرم اسید هیومیک بیش‌ترین تأثیر را بر قابلیت دسترسی عناصر و جذب آن‌ها توسط ذرت در یک خاک آهکی داشت (٧). ارجمند و همکاران (٢٠١٥) بیان نمودند که افزودن اسید هیومیک در سطح کم‌تر از ٠/٥ گرم در کیلوگرم مقدار نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک را به ترتیب ٣٠، ١٦٦ و ٥٢ درصد افزایش داد (٨). بزوگلووا و همکاران (٢٠١٧) در بررسی تأثیر مواد هیومیک بر عملکرد گندم زمستانه و خصوصیات خاک دریافتند که کاربرد مواد هیومیکی، تأثیر مثبتی بر افزایش محصول داشت که دلیل آن افزایش دسترسی اشکال متحرک فسفر، افزایش تعداد و فعالیت ریزجانداران خاکزی و افزایش ترشحات ریشه بود (٩). دینچسوی و سونمز (٢٠١٩) با بررسی تأثیر کاربرد پتاسیم و اسید هیومیک بر بازده و محتوای مواد مغذی گندم و ویژگی خاک نشان دادند، که اسید هیومیک سبب بهبود ساختار خاکِ سنگین شد، pH خاک را کاهش داد و شرایط بهتری را برای نفوذ آب و هوا به داخل خاک فراهم کرد. هم‌چنین، با تشکیل کلات و تأثیر بر ریزجانداران خاک باروری خاک را افزایش داد (١٠).

نتیجه مطالعه تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک بر محتوای ماده مغذی، رشد گیاه ذرت و خصوصیات خاک نشان داد که اسید هیومیک از طریق واکنش با عوامل تثبیت‌کننده در خاک، از تثبیت فسفر جلوگیری کرد و قابلیت دسترسی آن را در خاک افزایش داد. هم‌چنین، کاربرد اسید هیومیک در خاک، جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، مس و روی را توسط ذرت افزایش داد (١١، ١٢، ١٣). ایژار شافی و همکاران (٢٠٢٠)، پس از بررسی تأثیر کاربرد اسید هیومیک در خاک آهکی برای تعیین میزان جذب کود فسفر و عملکرد گیاه گندم، بیان کردند که اسید هیومیک با کاهش pH خاک، از جذب فسفر روی

سطح کلسیت‌ها جلوگیری نمود، قابلیت دسترسی فسفر را افزایش داد و در نهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گندم گردید (۱٤).

با توجه به تأثیر و اهمیت مواد هیومیکی در کشاورزی به‌عنوان محرک‌های رشد گیاه و اصلاح‌کننده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مطالعه حاضر انجام شد تا اثر غلظت‌های مختلف اسیدهای هیومیک را به عنوان بخش فعال هوموس بر قابلیت دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در یک خاک آهکی تحت شرایط انکوباسیون بررسی کند. عمده مطالعات انجام شده بر اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و شاخص‌های گیاهی بوده و مطالعات کمی در ارتباط با اثر این ترکیبات در خاک وجود دارد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه برای استخراج: در این پژوهش دو منبع آلی کمپوست کود گاوی و ورمی‌کمپوست حاصل فرآیند کمپوست‌سازی در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی بودند. کمپوست زباله شهری از شرکت بازیافت مواد و تولید کود آلی کرمانشاه تهیه شد. کودهای گوسفندی و مرغی نیز از مزرعه دانشکده کشاورزی تهیه شدند. تمامی منابع آلی پس از آماده‌سازی برای استخراج اسید هیومیک از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند. یکسری خصوصیات منابع آلی قبل از استخراج اسید هیومیک اندازه‌گیری شدند. pH (۱۵) و EC (۱٦) در عصاره ۱:۵ خاک به آب، نیتروژن کل به روش کجلدال (۱۷)، فسفر یه روش هضم خشک و تشکیل کمپلکس زرد و پتاسیم به روش هضم خشک (۱۸) و کربن آلی به روش LOI (۱۸) اندازه‌گیری شدند.

استخراج اسیدهای هیومیک از منابع آلی: ابتدا اسید هیومیک از پنج نوع منبع آلی (کمپوست کود گاوی، کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست، کود گوسفندی، کود مرغی) استخراج شد. استخراج اسید هیومیک با نسبت ۱:۱۰ جامد به محلول و با استفاده از NaOH ۰/۱ مولار صورت گرفت. ابتدا درب نمونه‌ها با فویل آلومینیومی محکم بسته شد سپس، نمونه‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت با دور ۱۲۰ در دقیقه با شیکر دورانی، در تاریکی شیک شدند. در مرحله بعد، سوسپانسیون‌ها با دور ٤۰۰۰ در دقیقه به‌مدت نیم ساعت سانتریفیوژ شده و به این ترتیب مواد هیومیک محلول در باز، از مواد جامد و نامحلول جدا شد. برای جدا کردن اسید هیومیک از اسید فولویک، به عصاره‌ها، اسید کلریدریک ۲ مولار اضافه شد تا pH به حدود ۲ برسد. سپس، به‌منظور جداسازی اسید هیومیک نمونه‌ها دوباره با دور ٤۰۰۰ در دقیقه به‌مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و برای حذف ناخالصی‌ها از رسوب به‌دست آمده و کاهش درصد خاکستر آن، ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط HCl ۰/۱ مولار و HF ۰/۳ مولار اضافه شد و به مدت ۸ ساعت با دور ۱۲۰ در دقیقه شیک شدند. در این مرحله، محلول رویی پس از سانتریفیوژ، دور ریخته شد. این عمل ٤ بار تکرار و شستشو با آب مقطر هم چند مرحله صورت گرفت. در نهایت، رسوب به‌دست آمده در آون در دمای کم‌تر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد (۱۹، ۲۰). اسید هیومیک‌ها تا زمان اضافه کردن به خاک در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد و در فریزر قرار گرفتند. استخراج اسید هیومیک در تمامی نمونه‌ها در سه تکرار صورت گرفت.

افزودن غلظت‌های مختلف اسید هیومیک به خاک و انکوباسیون آن: در این بخش یک نمونه خاک آهکی از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری تهیه و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس، اسیدهای هیومیک استخراج شده از هر منبع آلی در سطوح ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ گرم اسید هیومیک در کیلوگرم خاک به آن اضافه شد. نمونه‌های خاک در

دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ظرفیت مزرعه به‌مدت ۷۰ روز انکواسیون شدند. در انتهای دوره، نیتروژن آمونیومی و نیتراتی به روش عصاره‌گیری با KCl ۲ مولار (۲۱)، فسفر قابل دسترس به روش اولسن (۲۲) و پتاسیم قابل دسترس خاک به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم ۱ نرمال خنثی (۲۳) تعیین شدند. تیمارها در این بخش در سه تکرار اعمال شدند.

تجزیه داده‌ها: تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی خصوصیات شیمیایی منابع آلی مورد استفاده برای استخراج اسید هیومیک را در این پژوهش نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کم‌ترین و بیش‌ترین میزان pH به ترتیب مربوط به کمپوست زباله شهری (۶/۴۸) و کود گوسفندی (۸/۲۴) و کم‌ترین و بیش‌ترین میزان هدایت الکتریکی به‌ترتیب مربوط به ورمی‌کمپوست (۲/۳۰) و کود گوسفندی (۲۱/۴۰) می¬باشد. بیش‌ترین مقدار کربن آلی مربوط به کود مرغی (۴۸/۲۵) و کم‌ترین مقدار آن مربوط به ورمی‌کمپوست (۱۴/۵۳) بود. هم‌چنین، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب مربوط به کود مرغی و ورمی‌کمپوست بود.

ویژگی‌های نمونه خاک در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان pH خاک ۷/۷۲ و هدایت الکتریکی خاک ۰/۳۷ بود. میزان کربن آلی حدود یک درصد و کربنات کلسیم خاک حدود ۳۲/۵ درصد و خاک آهکی می‌باشد. میزان عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک نیز در محدوده نرمال قرار دارند (۲۴، ۲۵).

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی منابع آلی.

Table 1. Some chemical characteristics of organic sources.

تیمار	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	کربن (٪) %C	نیتروژن (٪) %N	فسفر (٪) %P	پتاسیم (٪) %K	C/N
کمپوست کود گاوی Cow manure compost	6.91	7.68	17.44	2.64	2.02	1.38	6.60
کمپوست زباله شهری Municipal waste compost	6.48	13.27	20.34	2.91	1.84	1.02	6.98
ورمی‌کمپوست Vermicompost	7.11	2.30	14.53	2.12	1.72	0.81	6.85
کود گوسفندی Sheep manure	8.24	21.40	47.09	4.25	2.32	2.05	11.08
کود مرغی Chicken manure	7.24	10.99	48.25	5.18	2.44	2.35	9.31

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

Table 2. Some physical and chemical characteristics of studied soil.

پارامتر Parameter	واحد Unit	مقدار Value
$pH_{1:2.5}$	-	7.72
$EC_{1:2.5}$	$dS\ m^{-1}$	0.37
کربن آلی OC (%)	%	0.98
کربنات کلسیم TNV (%)	%	32.5
فسفر قابل دسترس P_{ava}	$mg\ kg^{-1}$	13.74
فسفر کل P_T	$mg\ kg^{-1}$	200
پتاسیم قابل دسترس K_{ava}	$mg\ kg^{-1}$	381.56
پتاسیم کل K_T	$mg\ kg^{-1}$	8538.25
آمونیوم NH_4^+	$mg\ kg^{-1}$	30.09
نیترات NO_3^-	$mg\ kg^{-1}$	18.67
نیتروژن کل N_T	%	0.08
CEC	$cmol_c\ kg^{-1}$	27.08
بافت خاک Soil texture	_	لوم رسی سیلتی SiCL

اثرات اسید هیومیک¬ها بر نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک پس از انکوباسیون

اشکال قابل‌جذب نیتروژن خاک (نیترات و آمونیوم): براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها غلظت‌های مختلف اسید هیومیک استخراج شده از منابع آلی بر مقدار نیترات خاک در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌دار داشتند ($P < ۰/۰۱$) (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس نیترات خاک بعد از انکوباسیون.

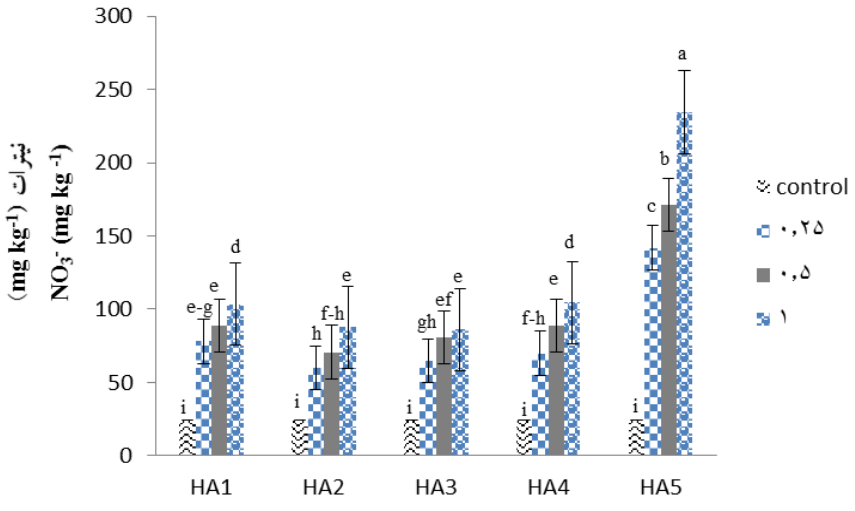
Table 3. Soil nitrate analysis of variance after incubation.

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square	F-Value
تیمار Treatment	19	8510.34	220.60**
خطا Error	40	38.57	
کل Total	59	-	
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	63.17	-	

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

ns non significant, * significant at 5%, ** significant at 1%

براساس نتایج مقایسه میانگین تنها در کود مرغی غلظت‌های مختلف در سطوح متفاوتی نسبت به یکدیگر قرار گرفتند. به‌طورکلی تقریباً در تمامی نمونه‌ها با افزایش سطوح غلظتی مقدار نیترات خاک نیز افزایش پیدا کرد. بیش‌ترین مقادیر نیترات خاک در نمونه اسید هیومیک استخراج شده ازکود مرغی در تمامی غلظت‌ها مشاهده شد و پس از آن اسید هیومیک ناشی از کود گاوی و گوسفندی در تمامی غلظت‌ها بیش‌ترین مقدار نیترات خاک را داشتند. بالاترین مقدار نیترات در سطح ۱ اسید هیومیک کود مرغی (۲۳٤/۵۳ میلی گرم در کیلوگرم) حدود ۱۰ برابر مقدار آن درنمونه شاهد (۲۳/۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت نیترات در خاک‌های تیمار شده با اسید هیومیک بعد از انکوباسیون.

Figure 1. Mean comparison of nitrate concentration in treated soil with humic acid after incubation.

HA1: اسید هیومیک کمپوست کود گاوی، **HA2**: اسید هیومیک کمپوست زباله شهری، **HA3**: اسید هیومیک ورمی‌کمپوست، **HA4**: اسید هیومیک کود گوسفندی، **HA5**: اسید هیومیک کود مرغی. ستون‌های با حروف متفاوت نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد هستند

HA1: Cow manure compost humic acid, HA2: Municipal waste compost humic acid, HA3: Vermicompost humic acid, HA4: Sheep manure humic acid, HA5: Chicken manure humic acid. Columns with different letters are significant at 1% level

هم‌چنین، براساس نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک استخراج‌شده از منابع مختلف آلی بر مقدار آمونیوم خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد ($P < ۰/۰۱$) (جدول ٤).

جدول ٤- تجزیه واریانس آمونیوم خاک بعد از انکوباسیون.

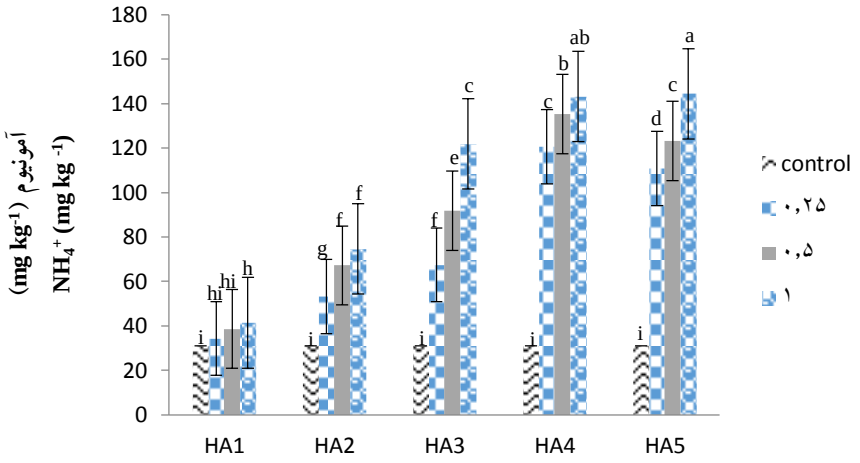
Table 4. Soil ammonium analysis of variance after incubation.

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square	F-Value
تیمار Treatment	19	5631.13	375.34**
خطا Error	40	15.00	
کل Total	59	-	
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	55.63	-	

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

ns non significant, * significant at 5%, ** significant at 1%

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقادیر آمونیوم با شاهد در تمامی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند و در سطوح مختلف قرار گرفتند. به‌طورکلی در تمامی نمونه‌ها مقدار آمونیوم خاک با افزایش غلظت افزایش یافت که این افزایش در اسید هیومیک‌های استخراج شده از سایر منابع آلی بیش‌تر از کمپوست کود گاوی بود. بالاترین مقدار آمونیوم در غلظت ۱ گرم در کیلوگرم اسید هیومیک ابتدا در کود مرغی (۱٤٤/٤۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سپس در کود گوسفندی (۱٤۳/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد که البته اختلاف چشمگیر نبود. بدین‌ترتیب بالاترین مقدار آمونیوم در غلظت ۱ اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی (۱٤٤/٤۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) تقریباً ۵ برابر مقدار آن در شاهد (۳۰/۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین غلظت آمونیوم در خاک‌های تیمار شده با اسید هیومیک بعد از انکوباسیون.

Figure 2. Mean comparison of ammonium concentration in treated soil with humic acid after incubation.

HA1: اسید هیومیک کمپوست کود گاوی، HA2: اسید هیومیک کمپوست زباله شهری، HA3: اسید هیومیک ورمی‌کمپوست، HA4: اسید هیومیک کود گوسفندی، HA5: اسید هیومیک کود مرغی. ستون‌های با حروف متفاوت نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد هستند

HA1: Cow manure compost humic acid, HA2: Municipal waste compost humic acid, HA3: Vermicompost humic acid, HA4: Sheep manure humic acid, HA5: Chicken manure humic acid. Columns with different letters are significant at 1% level

بر اساس نتایج این مطالعه بیش‌ترین مقادیر نیترات و آمونیوم در اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی و در سطح ۱ گرم در کیلوگرم حاصل شد. به‌نظر می‌رسد که مقادیر بالای اشکال نیتروژن در تیمار کود مرغی به دلیل بالا بودن درصد نیتروژن در منبع کودی (۵/۱۸ درصد) نسبت به سایر منابع و به‌دنبال آن در اسید هیومیک استخراج شده باشد. البته مقادیر عناصر در اسید هیومیک اندازه‌گیری نشده‌اند. بیدگین و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که افزودن اسید هیومیک به خاک سبب افزایش فعالیت یکسری از آنزیم‌ها شده که این آنزیم‌ها در فرآیند معدنی شدن مواد آلی، عناصر غذایی را آزاد کرده و سبب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شوند (۸، ۲۶). خالد و فاوی (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که اسید هیومیک در برخی شرایط به‌عنوان بازدارنده اوره‌آز و نیتریفیکاسیون عمل کرده و از این طریق از هدرروی نیتروژن خاک جلوگیری می‌کند (۶، ۱۱). در پژوهشی افزایش جذب نیترات در اثر استفاده از اسیدهای هیومیک بر لوبیا (۲۷) و خیار (۲۸) گزارش شد.

والدریگی و همکاران (۲۰۱۳) اثر اسید هیومیک استخراج شده از لیگنایت و بقایای سبزیجات کمپوست شده را بر جمعیت میکروبی خاک بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن اسید هیومیک جمعیت باکتری‌های هتروتروف را در خاک افزایش داد و اثر مثبتی بر میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده سلولز خاک داشت. هم‌چنین، جمعیت باکتری‌های اتوتروف اکسیدکننده آمونیومی و نیتریتی خاک به طور چشمگیری افزایش یافتند (۲۹). بزوگلوا و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان نمودند که افزودن مواد هیومیکی به خاک سبب افزایش تعداد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن می‌شود (۹). تامر و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که افزودن اسید هیومیک بیش از همه فراوانی نسبی ساختار جوامع میکروبی را افزایش داد که این امر نقش مثبتی در تغییر شکل کربن و نیتروژن خاک داشت (۳۰، ۳۱). لی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی اثر افزودن اسید هیومیک را در یک مطالعه سه ساله بر خصوصیات خاک و رشد گیاه بادام‌زمینی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزودن اسید هیومیک

مقدار نیتروژن قابل دسترس و کل خاک، فسفر قابل‌دسترس و کل خاک، پتاسیم قابل دسترس و کل خاک و مقدار ماده آلی خاک از سال دوم به‌طور چشمگیری افزایش یافتند و در سال سوم به بیش‌ترین مقدار خود رسیدند. علاوه بر آن فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، سوکراز و فسفاتاز به‌طور چشمگیری با افزودن اسید هیومیک در طول سه سال افزایش یافتند (۳۲).

فسفر قابل دسترس: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع و غلظت‌های مختلف اسید هیومیک استخراج شده از منابع آلی بر فسفر قابل دسترس خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ($P < ۰/۰۱$) (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس فسفر قابل‌دسترس خاک بعد از انکوباسیون.

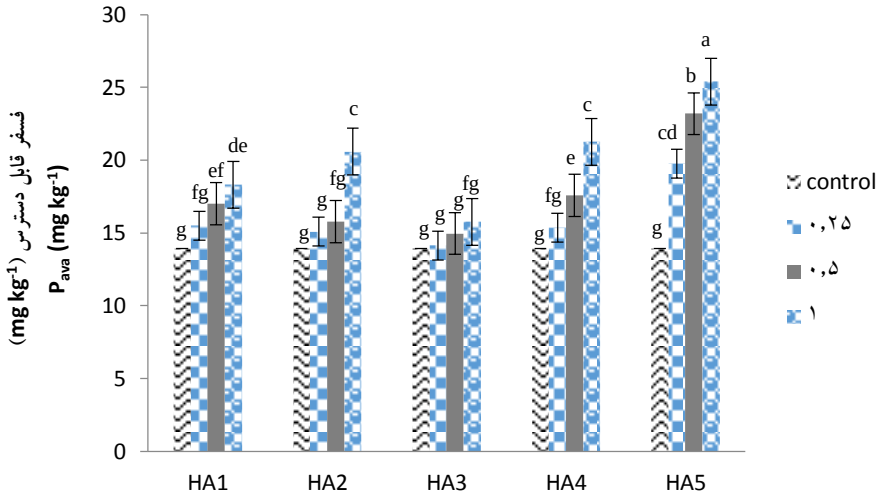
Table 5. Soil available phosphorus analysis of variance after incubation.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square	F-Value
تیمار Treatment	19	34.92	67.10**
خطا Error	40	0.52	
کل Total	59	-	
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	19.90	-	

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

ns non significant, * significant at 5%, ** significant at 1%

براساس نتایج مقایسه میانگین مقدار فسفر قابل دسترس خاک در اسید هیومیک ناشی از پنج منبع آلی در تمامی غلظت‌ها با شاهد متفاوت بود و در غلظت ۱ گرم در کیلوگرم اسید هیومیک، از همه بیش‌تر بود. به‌طورکلی بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین فسفر قابل دسترس خاک در تمامی نمونه‌های حاوی اسید هیومیک، به ترتیب در اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی (۲۵/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و اسید هیومیک حاصله از ورمی‌کمپوست (۱۴/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. در تمامی غلظت‌ها بیش‌ترین مقدار فسفر قابل دسترس خاک در اسید هیومیک ناشی از کود مرغی به‌دست آمد. بالاترین مقدار فسفر قابل دسترس در خاک حاوی اسید هیومیک با غلظت ۱ گرم در کیلوگرم کود مرغی (۲۵/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) حدود ۱/۸ برابر مقدار فسفر قابل دسترس خاک شاهد بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین فسفر قابل دسترس در خاک‌های تیمار شده با اسید هیومیک بعد از انکوباسیون.

Figure 3. Mean comparison of available Phosphorus in treated soil with humic acid after incubation.

HA1: اسید هیومیک کمپوست کود گاوی، HA2: اسید هیومیک کمپوست زباله شهری، HA3: اسید هیومیک ورمی‌کمپوست، HA4: اسید هیومیک کود گوسفندی، HA5: اسید هیومیک کود مرغی. ستون‌های با حروف متفاوت نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد هستند

HA1: Cow manure compost humic acid, HA2: Municipal waste compost humic acid, HA3: Vermicompost humic acid, HA4: Sheep manure humic acid, HA5: Chicken manure humic acid. Columns with different letters are significant at 1% level

همان‌طور که بیان شد بیش‌ترین مقدار فسفر قابل دسترس خاک نیز در اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی مشاهده شد و با افزایش غلظت اسید هیومیک‌ها افزایش یافت. اسید هیومیک با مکانیسم‌های مختلفی در آزادسازی عناصر غذایی از جمله فسفر در خاک مفید است. گروه‌های کربوکسیل و فنولیک موجود در اسید هیومیک تمایل بالایی برای تشکیل کمپلکس با یون کلسیم دارند. ۸۵ تا ۹۰ درصد بار منفی اسید هیومیک ناشی از یونیزاسیون این گروه‌های عامل است. پیوند یون کلسیم با این گروه‌ها در خاک‌های آهکی سبب کاهش تثبیت فسفر و افزایش فراهمی آن می‌شود (۲، ۱۰، ۱۲، ۲۰، ۲۶). زمانی که اسید هیومیک به خاک افزوده می‌شود، به‌دلیل دارا بودن سطح ویژه و ظرفیت جذب بالاتر در واحد وزن نسبت به کانی‌های رسی، دارای مکان‌های پیوند بیش‌تری برای فسفر است (۳۴). اسید هیومیک می‌تواند حلالیت فسفات غیرمحلول در خاک را از طریق تشکیل کمپلکس هیومیک اسید- فلز- فسفات افزایش دهد (۳۵). پیوند اسید هیومیک با سطح کلوئیدهای خاک در نتیجه رقابت با فسفات مانع از جذب فسفر بر سطح کلوئیدها می‌شود (۳۶، ۳۷) هم‌چنین، اسید هیومیک جذب شده توسط خاک یک میدان الکترواستاتیک منفی ایجاد می‌کند. این پدیده تمایل فسفر را برای کلوئیدهای خاک با تشکیل یک مانع فیزیکی روی سطح کانی‌ها کاهش می‌دهد و در نتیجه آن مقدار فسفر قابل دسترس در خاک افزایش می‌یابد (۱۰، ۳۸، ۳۹).

سان و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که افزودن اسید هیومیک به خاک سبب افزایش فسفر قابل دسترس می‌شود که از دلایل آن افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز (فسفاتاز اسیدی/ قلیایی و فسفو دی استراز) در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها بعد از افزودن اسید هیومیک به خاک بود. این آنزیم‌ها معدنی شدن فسفر آلی را در خاک افزایش دادند (۶، ۹، ۴۰).

بزوگلووا و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند افزودن اسید هیومیک معمولاً منجر به کاهش pH خاک می‌شود که این امر را از طریق تنوع گروه‌های عاملی که دارد، انجام می‌دهد (۹). با توجه به نتایج به دست آمده از pH خاک در این مطالعه اثر اسیدهای هیومیک‌ها بر pH خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (نتایج آورده نشده‌اند). اسید هیومیک کود مرغی در غلظت ۱ گرم در کیلوگرم نسبت به سایر غلظت‌ها و شاهد pH کم‌تری داشت. اما این کاهش نسبت به شاهد زیاد چشمگیر نبود. این امر می‌تواند به‌دلیل درصد بالای کربنات کلسیم و ظرفیت بافری خاک باشد. البته خود اسید هیومیک هم می‌تواند اسیدیته خاک را خنثی کرده و ظرفیت بافری را افزایش دهد (۸، ۹، ۳٤). با توجه به طول دوره انکوباسیون که ۷۰ روز می‌باشد به نظر می‌رسد در زمان‌هایی pH خاک کاهش داشته و در حلالیت منابع فسفر مؤثر بوده است. فسفر قابل دسترس بیش‌تر در تیمار اسید هیومیک ناشی از کود مرغی می‌تواند به دلیل محتوی فسفر بالاتر این کود نسبت به سایر منابع کودی نیز باشد.

پتاسیم قابل دسترس: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر نوع و غلظت‌های مختلف اسید هیومیک استخراج شده از منابع مختلف آلی بر پتاسیم قابل دسترس خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) شد (جدول ٦).

جدول ٦- تجزیه واریانس پتاسیم قابل دسترس خاک بعد از انکوباسیون.

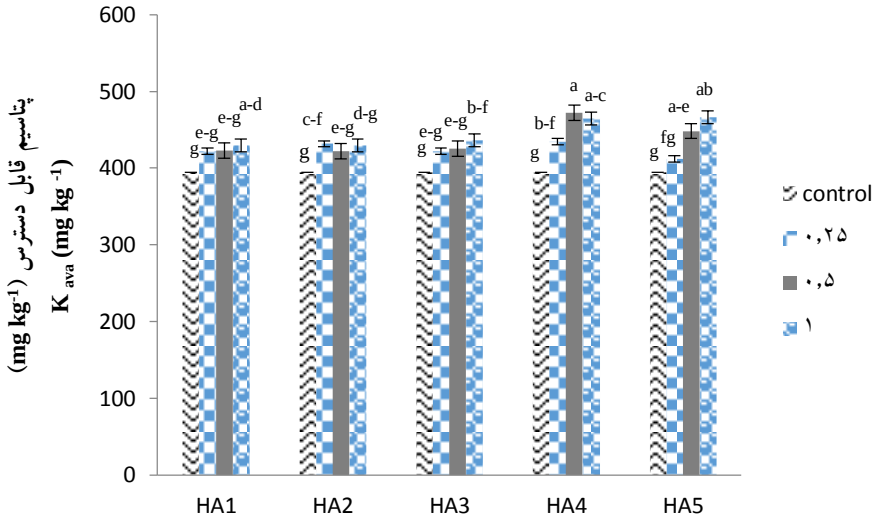
Table 6. Soil available potassium analysis of variance after incubation.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square	F-Value
تیمار Treatment	19	1929.20	10.41**
خطا Error	40	185.32	
کل Total	٥٩	-	
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	6.20	-	

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

ns non significant, * significant at 5%, ** significant at 1%

به‌طورکلی تمامی پنج نوع اسید هیومیک استخراج شده از منابع مختلف آلی سبب افزایش پتاسیم قابل دسترس خاک نسبت به شاهد شدند. در تمامی نمونه‌ها مقدار پتاسیم قابل دسترس با افزایش غلظت افزایش یافت که این افزایش و تفاوت در اسید هیومیک ناشی از کود گوسفندی و مرغی چشمگیرتر بود. بیش‌ترین مقادیر پتاسیم قابل دسترس به ترتیب ٤٧٢/١٩، ٤٦٦/٢٥ و ٤٦٥ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که به‌ترتیب به غلظت ۰/۵ اسید هیومیک گوسفندی، غلظت ۱ اسید هیومیک مرغی و غلظت ۱ اسید هیومیک گوسفندی اختصاص داشت. بالاترین مقدار پتاسیم قابل دسترس حدوداً ۱/۲ برابر مقدار شاهد بود (شکل ٤).



شکل ٤- مقایسه میانگین پتاسیم قابل دسترس در خاک‌های تیمار شده با اسید هیومیک بعد از انکوباسیون.

Figure 4. Mean comparison of available potassium in treated soil with humic acid after incubation.

HA1: اسید هیومیک کمپوست کود گاوی، HA2: اسید هیومیک کمپوست زباله شهری، HA3: اسید هیومیک ورمی‌کمپوست، HA4: اسید هیومیک کود گوسفندی، HA5: اسید هیومیک کود مرغی. ستون‌های با حروف متفاوت نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد هستند

HA1: Cow manure compost humic acid, HA2: Municipal waste compost humic acid, HA3: Vermicompost humic acid, HA4: Sheep manure humic acid, HA5: Chicken manure humic acid. Columns with different letters are significant at 1% level

با توجه به نتایج این پژوهش بیش‌ترین مقدار پتاسیم قابل دسترس در خاک تیمار شده با اسید هیومیک استخراج شده از کود گوسفندی و سپس مرغی حاصل شد. این نتایج با نتایج ظرفیت تبادلی کاتیونی خاک همخوانی دارد که براساس آن بیش‌ترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اسید هیومیک کود مرغی و گوسفندی مشاهده گردید (نتایج آورده نشده‌اند). هالپرن و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که پلی‌آنیون‌های اسید هیومیک ناشی از یونیزاسیون گروه‌های عاملی، سبب افزایش پتاسیم قابل دسترس و جذب آن توسط گیاه، از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در خاک می‌شوند (٤١). الک و کاسمن (۱۹۹۵) گزارش کردند که افزودن بخش متحرک اسید هیومیک (MHA) به خاک‌های ورمیکولایتی تثبیت پتاسیم را کاهش داده و منجر به افزایش پتاسیم قابل استخراج به مقدار زیادی شد. این امر در نتیجه واکنش تبادلی سریع و نه انحلال کانی بود (۸، ٤٢). چنگوآ و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که اسید هیومیک بر تثبیت و آزادسازی پتاسیم در خاک از طریق انحلال کانی‌های حاوی پتاسیم یا مسدود کردن پتاسیم بین لایه‌ای و جذب سطحی شده اثر دارد (۸، ٤٣). ایونگلو و بلوینز (۱۹۸۸) نشان دادند که مسدود شدن فیزیکی نقاط تثبیت بین لایه‌ای پتاسیم در لبه کانی‌های رسی توسط گروه‌های کربوکسیل اسید هیومیک که با یون Ca^{2+} تشکیل کمپلکس داده‌اند، منجر به آزادسازی بیش‌تر یون پتاسیم می‌شود. پژوهشگران دیگری جانشینی پتاسیم بین لایه‌ای یا تبادلی توسط بخش‌های آمونیاکی در اسید هیومیک را دلیل افزایش پتاسیم قابل دسترس بیان کرده‌اند (٤٤، ٤٥). میناری و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که پوشش اسید هیومیک بر سطح کلوئیدهای خاک بر طبیعت سطوح کانی‌های رسی و واکنش NH_4^+ و K^+ بر کانی‌های رسی مؤثر هستند که همین امر بر قابلیت دسترسی این کاتیون‌ها در

خاک‌های زراعی اثر می‌گذارد. آن‌ها هم‌چنین بیان کردند که کاربرد اسید هیومیک می‌تواند K^+ یا NH_4^+ را با سایر عناصر غذایی مبادله کند که در نتیجه آن قابلیت دسترسی این عناصر افزایش می‌یابد (۳٤). کریستوف (۲۰۰۳) گزارش کرد که افزایش فعالیت مبکروارگانیسم‌ها به خصوص باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم در اثر افزودن اسید هیومیک به خاک سبب افزایش پتاسیم قابل دسترس در خاک می‌گردد (٤٦). نتایج تجزیه منابع آلی نشان داد که بیش‌ترین مقدار پتاسیم در کود گوسفندی و مرغی و کم‌ترین مقدار آن در ورمی‌کمپوست ملاحظه شد. می‌توان تا حدودی بالا بودن مقادیر پتاسیم در این اسید هیومیک‌ها را به بالا بودن پتاسیم در منابع آلی آن‌ها نیز نسبت داد. علاوه بر آن بیش‌ترین مقدار اسید هیومیک توسط NaOH از کود گوسفندی و مرغی حاصل شد. این مقدار بیش‌تر می‌تواند عناصر غذایی بیش‌تری را هم از کودها استخراج کرده باشد.

نتیجه‌گیری

کاربرد اسیدهای هیومیک در خاک توانست پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، آمونیوم و نیترات را افزایش دهد. مقادیر قابل دسترس عناصر مورد نظر با افزایش غلظت اسیدهای هیومیک افزایش یافتند. در بین اسیدهای هیومیک، اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی و سپس گوسفندی به ویژه در غلظت ۱ گرم اسید هیومیک در کیلوگرم خاک بیش‌ترین تأثیر را بر آزادسازی عناصر از خاک داشتند و کم‌ترین تأثیر نیز در تیمار اسید هیومیک کمپوست زباله شهری مشاهده گردید. هم‌چنین، بیش‌ترین تأثیر اسیدهای هیومیک، بر قابلیت دسترسی اشکال نیتروژن در خاک مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی منبع مناسبی جهت تولید کود برای استفاده در کنار سایر کودها در خاک و گیاه باشد. هم‌چنین، می‌توان برای اهداف تغذیه‌ای و فراهم کردن عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و اهداف درازمدت بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از اسید هیومیک استخراج شده از کود مرغی و گوسفندی استفاده نمود. به‌منظور تحلیل بهتر و شناخت تأثیر واقعی اسید هیومیک بهتر است در مطالعه‌های آتی محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اسید هومیک‌ها هم اندازه‌گیری شود. هم‌چنین، فعالیت آنزیم‌های مؤثر در افزایش اشکال قابل دسترس عناصر در خاک نیز تعیین شود.

منابع

1. Samavat, S., Tehrani, M. M., Bazargan, K., & Basirat, M. (2008). Instructions on how to check organic materials. Prepared in the research department of chemistry, soil fertility and plant nutrition. Soil &Water Research Institute. [In Persian]
2. Karimi, H. (1996). Agricultural plants. Tehran University Publication. 205 p. [In Persian]
3. Valinejad, M., & Vaseghi, S. (2020). The importance and impact of soil organic matter in sustainable agriculture, the 10th national conference on sustainable environment, energy and natural resources. 1-11. [In Persian]
4. Mccarthy, P., Bloom, P. R., Clapp, C. E., & Malcolm, R. L. (2001). In: Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. SSSA. Madison. 261 p.
5. Sarlaki, A., Sharif Pa Ghaleh, A., Kianmehr, M. H., & Shakiba, N. (2017). Spectral, structural and chemical study of humic acids extracted from coals in Iranian mines. Iranian. *Journal of Soil & Water Research*, 48 (5), 1145-1158. [In Persian]
6. Sun, Q., Liu, J., Huo, L. C., Li, Y., Li, X., Xia, L., Zhou, Z., Zhang, M., & Li, B. (2020). Humic acids derived from Leonardite to improve enzymatic

activities and bioavailability of nutrients in a calcareous soil. International *Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(3), 200-205.

7. Celik, H., Katkat A. V., Asık, B. B., & Turan, M. A. (2008). Effects of soil applied humic substances to dry weight and mineral nutrients uptake of maize under calcareous soil conditions. *The Journal of Agricultural Science*, 54 (6), 605-614.
8. Arjumend, T., Abbasi, M. K., & Rafique, E. (2015). Effects of lignited-derived humic acid on some selected soil properties, growth and nutrient uptake of wheat (*Triticum Aestivum* L.) grown under greenhouse condition. *Pakistan Journal of Bology*, 47 (6), 2231-2238.
9. Bezuglova, O. S., Polienko, E. A., Gorovtsov, A. V., Lyhman, V. A., & Pavlov, P. D. (2017). The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 239-242.
10. Dinçsoy, M., & Sönmez, F. (2019). The effect of potassium and humic acid applications on yield and nutrient contents of wheat (Triticum aestivum L. var. Delfii) with same soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, 42(20), 2757-2772.
11. Khaled, H., & 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 Water Research*, 6(1), 21-29.
12. Rosa, S. D., Silva, C. A., & Maluf, H. J. G. M. (2018). Humic acid-phosphate fertilizer interaction and extractable phosphorus in soils of contrasting texture. Revista Ci^encia Agron^omic34a, 49 (1), 32-42.
13. Sharifi, M., Khattak, R. A., & Sarir, M. S. (2002). Effect of different levels of ligniticcoal derived humic acid on growth of maize plants. Plant Analysis, 33, 3567-3580.
14. Izhar Shafi, M., Adnan, M., Fahad, Sh., Wahid, F., Khan, A., Yue, Z., Danish, S., Zafar-ul-Hye, S., Brtnicky, M., & Datta, R. (2020). Application of Single Superphosphate with Humic Acid Improves the Growth, Yield and Phosphorus Uptake of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Calcareous Soil. *Agronomy*, 10 (9), 1224-1236.
15. Roades, J. D. (1996). Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. Method of soil analysis, parss: chemical methods. Madison. Wisconsin, USA, 417-436.
16. Chapman, H. D. (1965). Cation-exchange capacity Methods of Soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties, 891-901.
17. Anderson, G. (2009). Seaweed extract shows improved fruit quality at mcLaren valevineyard trial. Australian and New Zealand *Grapegrower & Winemaker*, 548, 17-22.
18. Rowell, D. L. (1994). Soil science: methods and applications. Harlow: Longman Group. 350 p.
19. Qi, B. C., Aldrich, C., & Lorenzen, L. (2004). Effect of ultrasonication on the humic acids extracted from lignocellulose substrate decomposed by anaerobic digestion. *Chemical Engineering Journal*, 98, 153-163.
20. Swift, R. S. (1996). Organic matter characterization. In Methods of Soil Analysis, part 3: Chemical methods, ed. D. L. Sparks, Madison, Wisc. SSSA. 1011-1069.
21. Jones, D. L. (2001). Simple method to enable the high resolution determination of total free amino acids in soil solutions and soil extracts. *Soil Biology Biochemistry*, 34, 1893-1902.
22. Olsen, S. R. V., Cole, F. S., Watanabe, L., & Dean, A. (1954). Estimations of available phosphorus in soils by extractions with sodium bicarbonate. Washington, DC: United States Department of Agriculture. 41-939.
23. Helmke, P. D., Sparks, A., Page, R., Loppert, P., Soltanpour, M., & Tabatabai, E. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. Method of soil analysis part 3- chemical methods. 74-551.
24. Karuku, G. N., & Mochoge, B. O. (2016). Nitrogen forms in three Kenyan

soils Nitisols, Luvisols and Ferralsols. International *Journal of Innovative Education Research*, 4, 17-30.

25. Malakouti, M. J. (2004). Optimum recommendation of fertilizer consumption for agricultural products in Iran. Mobaleghan Publication. 348 p. [In Persian]
26. Bidegain, R. A., Kaemmerer, M., Guiresse, M., Hafidi, M., Rey, F., Morard, P., & Revel, J. C. (2000). Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 134, 259-267.
27. Aydin, A. K. C., & Turan, M. (2012) Humic acid application alleviate salinity stress of bean (Phaseolus vulgaris L.) plants decreasing membrane leakage. African *Journal of Agricultural Research*, 7, 1073-1086.
28. Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreño, A. M., Aguirre, E., Garnica, M., & Fuentes, M. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology*, 167, 633-642.
29. Valdrighia, M., Peraa, A., Scatenab, S., Agnoluccib, M., & Vallinia, G. (2013). Effects of Humic Acids Extracted from Mined Lignite or Composted Vegetable Residues on Plant Growth and Soil microbial Populations, a Soil Microbiology Center, National Research Council (CNR) by Institute of Agricultural Microbiology, University of Pisa Published online.
30. Ounia, Y., Ghnayaa, T., Montemurrob, F., Abdellya, C. H., & Lakhdara, A. (2014). The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. International *Journal of Plant Production*, 8 (3), 1735-6814.
31. Tamer, N., Bas¸alma, D., Turkmen, C., & Namli, A. (2016). Effect of organic soil conditioners on soil properties and yield and yield components of sunflower (Helianthus annuus L.*). Journal of Soil Science & Plant Nutrition*, 4 (1), 11-21.
32. Li, Y., Fang, F., Wei, J., Wu, X., Cui, R., Li, G., Zheng, F., & Tan, D. (2019). Humic Acid Fertilizer Improved Soil Properties and Soil Microbial Diversity of Continuous Cropping Peanut, A Three-Year Experiment. 657, 2326-2397.
33. Fu, Z., Wu, F. Song, K., Lin, Y., Bai, Y., Zhu, Y., & Giesy, J. P. (2013). Competitive interaction between soils derived humic acid and phosphate on goethite. *Applied Geochemistry*, 36 (1), 125-31.
34. Mindari, W., Edi Sasongko, P., Kusuma, Z., Syekhfani, & Aini, N. (2018). Efficiency of various sources and doses of humic acid on physical and chemical properties of saline soil and growth and yield of rice. The 9th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) and AJI from Ritsumeikan University AIP Conf.
35. Wang, X. J., Wang, Z. Q., & Li, S. G. (1995). The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use Management*, 11, 99-102.
36. Mackowiak, C. L., Grossl, P. R., & Bugbee, B. G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil. *Science Society of America Journal*, 65, 1744-1750.
37. Malcolm, R. E., & Vaghuan, D. V. (1979). Humic substances and phosphatase activies in plant tissues. *Soil Biology and Biochemistry*, 11, 253-259.
38. Wang, D., Lin, Z., Wang, T., Yao, Z., Qin, M., Zheng, S., & Lu, W. (2016). Where does the toxicity of metal oxide nanoparticles come from: The nanoparticles, the ions, or a combination of both. *Journal of Hazard Materials*, 308, 328-334.
39. Yang, C. M., Ming, C. W., Lu, Y. F., Chang, I. F., & Chou, C. H. (2016). Humic substances affect the activity of chlorophylls. *Journal of Chemical Ecology*, 30 (5), 1057-1058.
40. Gerke, J. (2018). Concepts and Misconceptions of Humic Substances as

the Stable Part of Soil Organic Matter, Ausbau 5, 18258 Rukieten, Germany, 49, 325-384.
41. Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake, In: D.L. Sparks, (Ed.). Advances in Agronomy, 129, 141-174.
42. Olk, D. C., & Cassman, K. G. (1995). Reduction of potassium fixation by two humic acid fractions in vermiculitic soils. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 1250-1258.
43. Chenghua, L., Lei, L., & Liyu, D. (2005). Effect of humic acids on fixation and release of potassium in cultivated brown soil. Acta Pedologica Sinica, 42, 472-477.
44. Evangelou, V. P., & Blevins, R. L. (1988). Effect of longterm tillage systems and nitrogen addition on potassium quantity-intensity relations. *Soil Science Society of America Journal*, 52, 1047-1054.
45. Mortland, M. M. (1986). Mechnisms of adsorption of nonhumic organic species by clays. P 59-76. *In* P. M. Huang and M. Schinitzer(ed.). Interaction of soil minerals with natural organics and microbes. SSSA Spec. Publ. 17. SSSA. Madison, WI.
46. Christoph, E. (2003). Report on the consultancy stays on the occasion of the UNDP-RDA program developing and promoting support system and international cooperation on environment-friendly agriculture, Korea. 33, 517-524.