نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://ejsms.gau.ac.ir

تأثیر گچ، گوگرد و هیوماکس بر برخی ویژگی‌های نهال پسته و خاک در مزرعه

اعظم رضوی‌نسب[۱]، *امیر فتوت[۲]، علیرضا آستارایی[۳] و احمد تاج‌آبادی‌پور[۴]

[۱]استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد،
[۳]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [٤]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

تاریخ دریافت: ۹۵/٦/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٦/۳/۸

چکیده

سابقه و هدف: به‌علت شور- سدیمی بودن اغلب خاک‌های تحت کشت پسته، این محصول عملکردی بسیار پایین‌تر از حد اقتصادی دارد. از این‌رو مواد اصلاحی مانند می‌تواند به‌ترتیب با وارد کردن کلسیم و در نتیجه جایگزینی آن با سدیم خاک و گوگرد با تولید اسید سولفوریک و کاهش موضعی pH و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و هم‌چنین اسید هیومیک، به‌عنوان بهبوددهنده وضعیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و تحریک رشد از طریق اثر بر متابولیسم گیاه مؤثر باشد. بنابراین هدف این پژوهش بررسی اثر گچ، گوگرد و اسید هیومیک از نوع هیوماکس در طی زمان بر برخی ویژگی‌های برگ پسته و خاک بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در دو سال، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت اصلی مواد اصلاحی شیمیایی (گچ و گوگرد عنصری) به‌میزان ۱۰ تن در هکتار (معادل ۲۷۰ گرم در هر گودال) و کرت فرعی روش مصرف هیوماکس (عدم مصرف، مصرف خاکی ٤۰ لیتر و محلول پاشی ۲/۵ لیتر در هکتار) بوده و تجزیه واریانس داده‌های دو سال به‌صورت تجزیه مرکب انجام شد. این پژوهش در مزرعه ایزدیاران در ۳۰ کیلومتری جنوب سیرجان، اجرا گردید. گچ و گوگرد در اواسط ماه فوریه سال ۲۰۱۲ هم‌زمان با کاشت نهال پسته یک‌ساله (رقم بادامی سیرجان)، در گودال کاشت ریخته و تیمار اسید هیومیک در اوایل ماه ژوئن سال ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ اعمال و در اوایل آگوست سال اول و دوم نمونه‌برداری از برگ و در واسط فوریه سال اول و دوم نمونه‌برداری از خاک انجام شد.

یافته‌ها: نتایج (با احتمال ۵ درصد معنی‌دار) نشان داد که در سال دوم میزان کلروفیل کل (۲٦ درصد)، کارتنوئیدها (۲۱/٤٤ درصد) و پتاسیم برگ (٤۲/۲۵ درصد) نسبت به سال اول کاهش یافت در حالی‌که کاربرد گوگرد دو ویژگی اول را افزایش داد. کاربرد گچ باعث افزایش کلروفیل a و پتاسیم برگ شد. از سوی دیگر مصرف خاکی هیوماکس منجر به افزایش میزان کلروفیل b و فسفر برگ به‌میزان ٥٦/۲۲ و ۱۹/٤٤ درصد گردید. بهترین ترکیب مؤثر بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، ترکیب گوگرد و مصرف خاکی هیوماکس در سال دوم بوده که به‌ویژه باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل b و کارتنوئیدها شد، در حالی‌که برهمکنش هیچ‌کدام از تیمارها میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ را افزایش نداد. در سال دوم قابلیت هدایت الکتریکی (۳۸/٦ درصد) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به سال اول

* مسئول مکاتبه: afotovat@um.ac.ir

کاهش و pH و نیتروژن خاک (۱۲۳ درصد) افزایش یافت. کاربرد گوگرد باعث کاهش چگالی ظاهری (۸ درصد) و افزایش میانگین قطر خاکدانه‌ها، پایداری خاکدانه‌ها در آب و قابلیت هدایت الکتریکی شد. مصرف خاکی هیوماکس، چگالی ظاهری (۹ درصد) و پایداری خاکدانه‌ها در آب را کاهش داد، در حالی‌که ترکیب گوگرد و محلول پاشی هیوماکس، باعث بیش‌ترین مقدار میانگین قطر خاکدانه‌ها شد و استفاده از ترکیب گچ و محلول پاشی هیوماکس بیش‌ترین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را به همراه داشت. به‌علت زیاد بودن خاصیت بافری خاک، هیچ‌یک از تیمارها بر تغییر pH خاک اثر معنی‌دار نداشت. هم‌چنین هیچ‌کدام از برهمکنش‌های تیمارها باعث افزایش غلظت نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب خاک نشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد که یکی از بهترین ترکیب‌ها برای افزایش برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک (کلروفیل کل و کارتنوئید) کاربرد هم‌زمان گوگرد و مصرف خاکی هیوماکس به‌ویژه در سال دوم است. کاربرد گچ و مصرف خاکی اسید هیومیک به‌ترتیب باعث افزایش پتاسیم و فسفر برگ گردید. کاربرد گوگرد، باعث بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک (چگالی ظاهری خاک، میانگین قطر خاکدانه‌ها و پایداری خاکدانه‌ها در آب) شد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک در سال دوم و بدون کاربرد مواد اصلاحی کاهش و نیتروژن خاک افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پسته، شوری خاک، گچ، گوگرد، هیوماکس

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) گیاهی نیمه‌گرمسیری از خانواده آناکاردیاسه[1] است که دارای ویژگی‌های بالقوه‌ای از نظر سازگاری با شرایط نامساعد محیطی می‌باشد. ایران یکی از مهم‌ترین صادرکنندگان پسته است به‌طوری‌که سطح زیرکشت باغ‌های پسته ایران بیش از ۳۱٦۰۰۰ هکتار (تولید سالانه حدود ۲٤۰ هزار تن پسته خشک) می‌باشد و از این مقدار، ٦۱/٦ درصد به استان کرمان تعلق دارد (۱۵). شوری- سدیمی بودن خاک، مقدار بسیار کم ماده آلی و عدم وجود تعادل در عناصر غذایی خاک در مناطق پسته‌کاری، باعث شده عملکرد این محصول راهبردی بسیار کم‌تر از حد مورد قبول باشد (۲٦). گچ و گوگرد از جمله مواد اصلاح‌کننده شیمیایی پرکاربرد بوده که در خاک‌های شور- سدیمی، بسیار قابل استفاده هستند. گچ از طریق افزایش غلظت کلسیم یا انحلال کلسیم موجود در خاک، موجب جایگزینی کلسیم با سدیم تبادلی در خاک‌های سدیمی و شور- سدیمی و اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک برای استفاده پایدار از خاک و بهره‌وری روزافزون کشت و کار و افزایش رشد و عملکرد آن می‌شود (۲۷) و گوگرد به‌عنوان یک ماده اسیدزا به‌منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و کاهش pH کاربرد زیادی دارد (۱۲). با توجه به شرایط آهکی خاک‌های ایران به‌خصوص در مناطق پسته‌کاری، اگر در جهت تعدیل pH خاک از مواد شیمیایی اسیدزای مناسب استفاده گردد، به دنبال آن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌ویژه خاک‌های سدیمی با تخریب ساختمان روبرو هستند، اصلاح خواهد شد (۱٦). در چنین شرایطی چگالی ظاهری، میانگین قطر خاکدانه‌ها، پایداری خاکدانه‌ها و به دنبال آن حرکت آب و هوا در خاک، نفوذ ریشه، جوانه‌زنی بذر، رواناب، فرسایش، شخم و عملیات کشت و کار تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (۲۱). از سوی دیگر اسید هیومیک حاصلخیزی خاک را با افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز از طریق

1- Anacardiacae

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، افزایش می‌دهد که از آن به‌عنوان بهبوددهنده رشد نیز یاد می‌شود (۸). اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری تبخیر را کاهش داده و به‌ویژه در خاک‌های خشک، با درصد رس کم، موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود (١٤) که از لحاظ اقتصادی به‌ویژه در مناطق خشک بسیار قابل‌توجه است. استان کرمان بزرگ‌ترین قطب تولید پسته جهان، با مشکلاتی هم‌چون شور- سدیمی بودن و آهکی بودن خاک‌ها، زیاد بودن pH، کمبود شدید مواد آلی خاک، زیاد بودن چگالی ظاهری و ناپایداری خاکدانه‌ها و مدیریت ضعیف مواجه است (٢٦). نظر به مشکلات ذکر شده، این پژوهش در شرایط مزرعه، طی دو سال با هدف بررسی اثر هم‌زمان مواد اصلاحی شیمیایی ارزان و در اختیار کشاورز (گچ و گوگرد) و اسید هیومیک به‌عنوان بهبوددهنده متابولیسم گیاهی، بر برخی ویژگی‌های نهال‌های پسته (برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و غلظت برخی عناصر) و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه در باغ پسته تازه احداث شده متعلق به شرکت ایزدیاران، در روستای ایزدآباد شریف، در ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان سیرجان (۲۹ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۵۵ درجه و ٤٠ دقیقه شرقی) واقع در استان کرمان انجام شد. خاک مورد نظر شور- سدیمی بوده (جدول ۱) و میانگین بیشینه و کمینه دما در این منطقه به‌ترتیب ٤٠ و ۸- درجه سلسیوس و متوسط بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در دو سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل دو نوع ماده اصلاحی شیمیایی پودر گچ (سولفات کلسیم دو آبه) و پودر گوگرد عنصری با درجه خلوص ۸۰ درصد به‌میزان ۱۰ تن در هکتار (معادل ۲۷۰ گرم در هر گودال) و کرت فرعی شامل روش مصرف اسید هومیک با نام تجاری هیوماکس[1] (اسید هیومیک ۱۲ درصد، اسید فولویک ۳ درصد و اکسید پتاسیم ۳ درصد) در سه حالت عدم مصرف، مصرف خاکی (٤٠ لیتر در هکتار) و محلول پاشی (۲/۵ لیتر در هکتار) بوده و تجزیه واریانس داده‌های دو سال به‌صورت تجزیه مرکب انجام شد. در اوایل فوریه ۲۰۱۲، قبل از کاشت به‌علت زیاد بودن شوری خاک (۱۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) خاک مزرعه با مقدار فراوان آب با کیفیت مناسب (۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر) غرقاب شده تا عملیات شستشوی اولیه انجام شود. بعد از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، عملیات حفر گودال کشت توسط مته حفاری به عمق ۵۵ سانتی‌متر و قطر ٤٠ سانتی‌متر آغاز شد. نهال پسته از رقم بادامی سیرجان و از نهالستان شرکت ایزدیاران سیرجان تهیه و در سه ردیف شش‌تایی با فاصله روی ردیف سه و بین ردیف هفت متر کاشته شد (در مجموع ۱۸ نهال). مواد اصلاحی شیمیایی با توجه به نقشه طرح در گودال حفر شده ریخته و با خاک گودال کاملاً مخلوط گردید و در هر گودال یک نهال یک‌ساله کاشته و از مقداری ماسه نیز برای پر کردن آن استفاده شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای بود و تیمار هیوماکس در فصل رشد (سه ماه پس از ظهور برگ‌ها، در ژوئن سال ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) با توجه به دستور مقدار مصرف هیوماکس، به‌صورت مصرف خاکی و محلول پاشی اعمال شد. در اوایل آگوست سال اول و دوم نمونه‌برداری تصادفی از برگ

1- HUMAX

نهال‌های پسته برای اندازه‌گیری غلظت انواع کلروفیل و کارتنوئیدها (۲) و بعد از هضم خشک و عصاره‌گیری، غلظت نیتروژن برگ (۱۸) توسط دستگاه کلدال مدل V40 ساخت شرکت BAKHSHI، پتاسیم برگ به‌روش شعله‌سنجی توسط دستگاه فلیم‌فتومتر مدل PFP7 ساخت شرکت JENWAY (۱۰) و فسفر بروش وانادو مولیبدو فسفریک اسید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2100 ساخت شرکت UNICO (۱۱) تعیین گردید. در فوریه سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱٤ از خاک پای هر نهال توسط اوگر از عمق ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام و پس از انتقال به آزمایشگاه، برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند چگالی ظاهری (BD) به روش کلوخه پارافینی، میانگین قطر خاکدانه‌ها (MWD) (۲۹) و پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA) (۱۳) و برخی ویژگی‌های شیمیایی هم‌چون ظرفیت کاتیون‌های تبادلی (CEC) خاک (٤)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) توسط هدایت الکتریکی سنج و pH خاک به‌وسیله الکترود شیشه‌ای، میزان پتاسیم به روش شعله‌سنجی (۲۲)، نیتروژن کل بروش کلدال در عصاره محلول خاک (۵) و فسفر قابل‌استفاده خاک به روشن اولسن (۲۰) اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با آزمون چنددامنه‌ای دانکن[1] در سطح احتمال پنج درصد انجام و سپس نمودارها توسط نرم‌افزار اکسل[2] رسم و نتایج تفسیر شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش.

Table 1. Some of soil physical and chemical properties.

قابلیت هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	واکنش خاک pH	درصد آهک % T.N.V	گچ $CaSO_4.2H_2O$ ($cmol^+\ Kg^{-1}$)	درصد رس %Clay	درصد سیلت %Silt	درصد سیلت %Silt	بافت خاک Soil Texture
10.75	8.6	15.5	4.4	9	44	47	LOAM
درصد کربن %OC	نسبت جذب سدیم SAR	درصد سدیم تبادلی ESP	درصد نیتروژن %N	فسفر قابل‌جذب Labile P ($mg\ kg^{-1}$)			پتاسیم قابل‌جذب Available K ($mg\ kg^{-1}$)
0.35	20.38	23.51	0.03	25			276

نتایج و بحث

غلظت انواع کلروفیل، کارتنوئید و برخی عناصر در برگ پسته: طبق نتایج به‌دست آمده (جدول ۲)، بعد از گذشت یک‌سال، میزان کلروفیل کل، کارتنوئیدها و غلظت پتاسیم برگ به‌ترتیب ۲٦، ۲۱/٤ و ٤۲/۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). پس از یک‌سال و به دنبال آن افزایش تعداد و سطح برگ، کاهش میزان کلروفیل a، کارتنوئیدها و غلظت پتاسیم برگ را می‌توان ناشی از اثر رقت[1] دانست (۲٦).

هم‌چنین نتایج نشان داد که نوع ماده اصلاحی شیمیایی بر برخی ویژگی‌ها مؤثر است. به‌طوری‌که کاربرد گچ باعث افزایش ۳۹/۵ درصدی میزان

1- Dilution effect
2- Duncan
3- Excel

کلروفیل a و ۲۱/٤ درصدی غلظت پتاسیم برگ نسبت به گوگرد و کاربرد گوگرد باعث افزایش به‌ترتیب ۳۳/٦ و ۹۸/۲ درصدی کلروفیل b و کارتنوئیدها نسبت به گچ شد (جدول ٤). این‌گونه به‌نظر می‌رسد که کاربرد گچ در خاک باعث جایگزینی کلسیم به‌جای سدیم و به دنبال آن افزایش شستشوی سدیم و اثر مطلوب بر میزان نفوذپذیری خاک و بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک شده (۲۷) و این بهبود شرایط بر رشد گیاه اثر مطلوب گذاشته و جذب پتاسیم را افزایش داد. از سوی دیگر محتمل است که افزایش گوگرد و به‌دنبال آن اکسیداسیون آن، باعث کاهش موضعی pH خاک و افزایش قابلیت انحلال و جذب عناصر غذایی شده (۱۲) که در نهایت مسبب افزایش رشد گیاه و فراهم کردن پیش‌سازها و یون‌های لازم برای ساخت کلروفیل b و کارتنوئیدها شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های برگ پسته.

Table 2. Analyses of variance of some properties of pistachio leaf.

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares						
		کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoied	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K
		میکروگرم بر میلی‌لیتر ($\mu g\ ml^{-1}$)				درصد (%)		
سال Year	1	67380*	19374*	92.53	15684*	0.036	0.0010	4.114*
تکرار Replication	4	3376*	2609	446	60.91	0.037	0.0001	0.310*
ماده شیمیایی Chemical matter	1	21.59	34784*	8945*	2787*	0.001	0.0001	0.676*
سال*شیمیایی Year*Chemical	1	34594*	634	19083*	2466*	0.028	0.0010	0.236*
خطا Error	4	120	713	180	30.58	0.039	0.0001	0.028
اسید هیومیک Humic acid	2	18146	12721*	3164*	842*	0.150	0.0020*	0.039
سال*هیومیک Year*Humic	2	21426	24962*	7653*	947*	0.152	0.0020*	0.036
شیمیایی*هیومیک Chemical*Humic	2	7058	5540	9303*	1372*	0.074	0.0070*	0.133*
سال*شیمیایی*هیومیک Year*Chemical*Humic	2	28708*	681	5924*	1481*	0.060	0.0001	0.129
خطا Error	16	6234	1838	377	48.19	0.047	0.0001	0.037
ضریب تغییرات CV		27.28	22.74	18.01	25.99	9.77	13.82	15.17

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد.

* Significant in P<0.05.

نتایج هم‌چنین نشان داد مصرف خاکی هیوماکس باعث افزایش ٥٦/٢ درصدی میزان کلروفیل b و ١٩/٤ درصدی غلظت فسفر برگ شد (جدول ٥). پژوهش‌گران دریافتند که اسید هیومیک موجود در هیوماکس با کاهش استرس و تحریک رشد (٨) و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و به دنبال آن افزایش رنگدانه‌ها شده (٦) و این می‌تواند عامل افزایش میزان کلروفیل b نیز باشد. هم‌چنین اسید هیومیک نیز با کلات کردن فسفر و تشکیل کمپلکس با یون آهن، آن را از رسوب نجات داده و به گیاه می‌رساند (٨). هر چند پژوهش‌های کمی از اثر محلول پاشی اسید هیومیک وجود دارد ولی احتمالاً علت کاهش کلروفیل a در اثر محلول پاشی می‌تواند به‌علت افزایش سطح برگ و تعداد برگ و اثر رقت ناشی از آن باشد. اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل و پتاسیم برگ، از کاربرد گچ در سال اول و بیش‌ترین میزان کلروفیل b و کارتنوئیدها بعد از گذشت یک‌سال از کاربرد گوگرد به‌دست آمد (شکل ١). استفاده از مواد اصلاحی حاوی کلسیم و مواد اصلاحی اسیدزا به همراه ماده‌ای چون هیوماکس که حاوی اسید هیومیک و پتاسیم است، در بهبود شرایط خاک‌های تحت تنش شوری یا شور- سدیمی با افزایش فراهمی عناصری چون پتاسیم و فسفر موفقیت‌آمیز است (٢٧).

جدول ٣- تغییرات برخی ویژگی‌های برگ پسته در سال دوم نسبت به سال اول.

Table 3. Changes of some properties of pistachio leaf in second year than the first year.

سال Year	کلروفیل کل (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Total Chlorophyll (µg ml^{-1})	کارتنوئید (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Carotenoied (µg ml^{-1})	پتاسیم برگ (درصد) Leaf K%
سال اول First Year	332[a]	5.83[a]	1.60[a]
سال دوم Second Year	246[b]	4.58[b]	0.92[b]

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ٥ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test (P<0.05).

جدول ٤- اثر مواد اصلاحی شیمیایی بر برخی ویژگی‌های برگ پسته.

Table 4. Effect of chemical amendment material on some properties of pistachio leaf.

مواد اصلاحی شیمیایی Chemical amendment	کلروفیل a (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Chlorophyll a (µg ml^{-1})	کلروفیل b (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Chlorophyll b (µg ml^{-1})	کارتنوئید (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Carotenoied (µg ml^{-1})	پتاسیم برگ (درصد) Leaf K%
گچ Gypsum	219[a]	92.04[b]	17.91[b]	1.37[a]
گوگرد Sulfur	157[b]	123[a]	35.50[a]	1.12[b]

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ٥ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test (P<0.05).

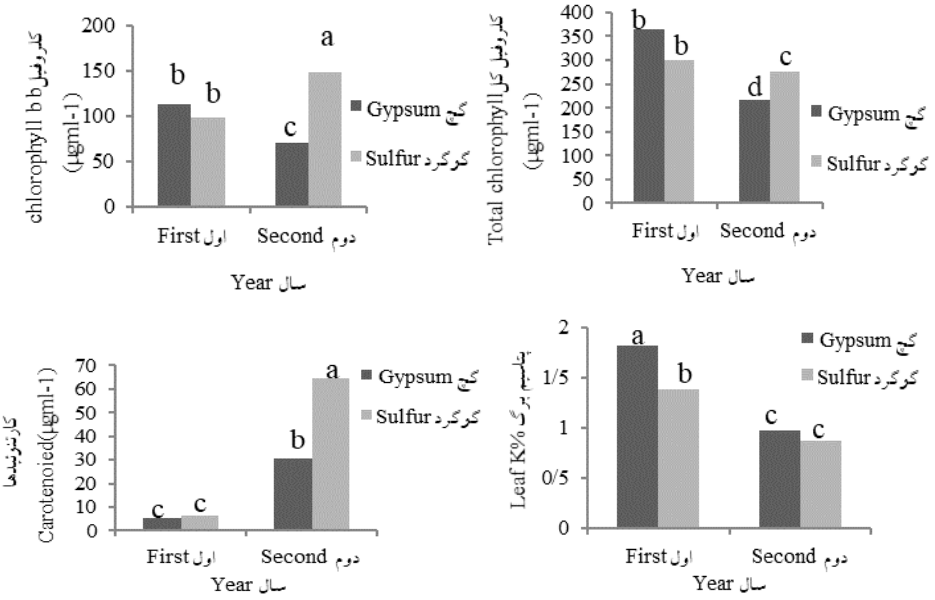
جدول ۵- اثر روش‌های مصرف هیوماکس بر برخی ویژگی‌های برگ پسته.

Table 5. Effect of HUMAX application methods on some properties of pistachio leaf.

حداقل تفاوت معنی‌دار LSD	محلول پاشی Foliar Application	مصرف خاکی Soil Application	عدم مصرف No Use	روش مصرف هیوماکس HUMAX application methods
37.10	153[b]	216[a]	197[a]	کلروفیل a (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Chlorophyll a (µg ml^{-1})
16.80	92.08[b]	124[a]	107[b]	کلروفیل b (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Chlorophyll b (µg ml^{-1})
6.01	20.64[b]	36.26[a]	23.21[b]	کارتنوئید (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Cartenoied (µg ml^{-1})
0.016	0.130[a]	0.129[a]	0.108[b]	فسفر (درصد) P%

اعدادی که در هر ردیف دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test (P<0.05).



شکل ۱- برهمکنش سال- مواد اصلاحی شیمیایی بر برخی ویژگی‌های برگ پسته.

ستون‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر شکل، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 1. Interaction effect of year and chemical amendments on some properties of pistachio leaf. Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test (P<0.05).

در سال دوم مصرف خاکی هیوماکس باعث بیش‌ترین مقدار کلروفیل b و کارتنوئیدها شد (جدول ٦). با گذشت یک سال و کاربرد مجدد اسید هیومیک رشد گیاه و جذب عناصر غذایی لازم برای رنگدانه‌های فوق، از طریق افزایش نفوذپذیری ریشه افزایش یافته (۸) و هم‌چنین در هر دو سال به‌علت اثرات مطلوب هیوماکس بر فراهمی فسفر (از طریق کلات کردن فسفر و کاهش موضعی pH)، با مصرف خاکی هیوماکس میزان فسفر برگ به‌ترتیب ۳۳/۳ و ۱٦/۱ درصد افزایش نشان داد (۸). مصرف خاکی هیوماکس به همراه گوگرد نیز مقدار کلروفیل b و کارتنوئیدها را به بیش‌ترین مقدار خود رساند (جدول ٦). این احتمال وجود دارد که هیوماکس با بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش میزان آب قابل استفاده و جمعیت میکروبی و فعال کردن باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد باعث انحلال کربنات کلسیم موجود در خاک و جایگزینی کلسیم به‌جای سدیم و هم‌چنین کاهش موضعی pH خاک منجر به بهبود جذب عناصر غذایی (۲۷) و افزایش غلظت کلروفیل b و کارتنوئیدها شده باشد (۱۹).

جدول ٦- برهمکنش سال- هیوماکس و مواد اصلاحی شیمیایی- هیوماکس بر برخی ویژگی‌های برگ پسته.

Table 6. Interaction effect of year - HUMAX and chemical amendments- HUMAX on some properties of pistachio leaf.

روش مصرف هیوماکس	کلروفیل b (میکروگرم بر میلی‌لیتر) chlorophyll b (μgml^{-1})			کارتنوئیدها (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Carotenoied (μgml^{-1})			فسفر برگ (درصد) Leaf P %		
	عدم مصرف	مصرف خاکی	محلول پاشی	عدم مصرف	مصرف خاکی	محلول پاشی	عدم مصرف	مصرف خاکی	محلول پاشی
سال اول First Year	120^{b}	93.76^{c}	104^{bc}	6.01^{c}	5.26^{c}	6.23^{c}	0.09^{c}	0.12^{b}	0.14^{a}
سال دوم Second Year	93.16^{c}	155^{a}	79.81^{c}	40.42^{b}	67.27^{a}	35.05^{b}	0.12^{b}	0.14^{a}	0.12^{b}
گچ Gypsum	120^{b}	80.99^{c}	76.13^{c}	24.98^{bc}	16.66^{cd}	12.08^{d}			
گوگرد Sulfur	94.66^{bc}	168^{a}	108^{b}	21.44^{bc}	55.87^{a}	29.20^{b}			

اعدادی که در هر ستون و ردیف دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test ($P<0.05$).

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که بعد از یکسال، CEC و EC به‌میزان ۲۰/۸ و ۳۸/٦ درصد کاهش و pH و نیتروژن خاک به‌میزان ۱۱/٤ و ۱۲۲/۸ درصد افزایش یافت (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 7. Analyses of variance of physical and chemical soil properties.

		میانگین مربعات Mean of squares								
منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	چگالی ظاهری BD ($g\ cm^{-3}$)	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها MWD (g)	پایداری خاکدانه‌ها در آب WSA (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC ($cmol^{+}kg^{-1}$)	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	واکنش خاک pH	نیتروژن کل خاک N (%)	فسفر قابل‌جذب P ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب K ($mgkg^{-1}$)
سال Year	1	0.008	0.0001	0.032	95.61*	5.55*	5.905*	1.616*	2.473	17311
تکرار Replication	4	0.006	0.0290	0.114	15.24	0.18	0.022	0.005	0.406	2108
ماده شیمیایی Chemical matter	1	0.13*	3.161*	2.676*	7.20	7.12*	0.047	0.002	0.187	5163
سال*شیمیایی Year*Chemical	1	0.15*	0.0020	0.008	7.15	6.58*	0.165*	0.007	0.332	5415
خطا Error	4	0.004	0.162	0.067	4.764	0.04	0.015	0.009	2.857	6249
اسید هیومیک Humic acid	2	0.071*	0.549*	0.791*	1.96	0.09	0.001	0.008	0.931	1306
سال *هیومیک Year*Humic	2	0.003	0.041	0.026	1.78	0.03	0.009	0.025*	0.185	3186
شیمیایی*هیومیک Chemical*Humic	2	0.015	0.507*	1.527*	17.92*	0.08	0.050*	0.012*	5.290*	9713*
سال *شیمیایی*هیومیک Year*Chemical*Humic	2	0.005	0.036	0.069	0.38*	0.16	0.051*	0.009	3.267	1651
خطا Error	16	0.009	0.031	0.080	2.74	0.11	0.010	0.003	1.150	2280
ضریب تغییرات CV		6.07	12.59	13.71	11.77	20.72	1.34	10.02	20.21	20.20

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد.

* Significant in P<0.05.

جدول ۸- اثر سال بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک.

Table 8. Changes of some chemical properties of soil in the second year than the first year.

سال Year	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) CEC ($cmol^{+}kg^{-1}$)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dSm^{-1})	واکنش خاک pH	نیتروژن خاک (درصد) N (%)
سال اول First Year	15.69^{a}	2.02^{a}	7.10^{b}	0.35^{b}
سال دوم Second Year	12.43^{b}	1.24^{b}	7.91^{a}	0.78^{a}

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test ($P<0.05$).

این احتمال وجود دارد که با گذشت یک‌سال و مصرف شدن یون‌های موجود در فاز محلول توسط ریشه و جبران این کاهش توسط فاز تبادلی خاک، میزان CEC کاهش یافته باشد. این کاهش هم‌چنین می‌تواند به‌علت تجزیه هیوماکس در خاک نیز باشد. هم‌چنین با گذشت زمان و انجام آبیاری و آبشویی زمستانه و شستشوی نمک‌ها، EC بدون استفاده از هر ماده اصلاحی کاهش و در مقابل pH به‌علت مهاجرت یون‌های اسیدزا و یا انحلال بیکربنات‌ها با گذشت زمان افزایش یافت (۲۸). به‌نظر می‌رسد که در سال دوم و اثربخشی مواد اصلاحی شیمیایی، اثر مطلوب بر پایداری خاکدانه‌ها، ساختمان‌سازی و به دنبال آن شستشوی نمک‌های مضر از پروفیل خاک داشته و اصلاح بیش‌تر خاک و بهبود تهویه (۷) باعث تجزیه مواد آلی خاک شده و بدین‌ترتیب نیتروژن موجود در خاک افزایش یافت (۹). از سوی دیگر کاربرد گوگرد باعث کاهش ۸/۱ درصدی BD و افزایش MWD و WSA و EC به‌ترتیب به‌میزان ۵۳/۱، ۳۰/۲ و ۷٤/۸ درصد نسبت به کاربرد گچ گردید (جدول ۹). احتمالاً با اکسیداسیون گوگرد در خاک و به دنبال آن تولید اسید سولفوریک، قسمتی از آهک موجود در خاک حل شده و کلسیم به‌دست آمده به خاکدانه‌سازی و هماور کردن ذرات پرداخته که نتیجه نهایی آن کاهش چگالی ظاهری می‌باشد. یون کلسیم با اثر مثبت بر هماوری ذرات خاک و به دنبال آن تشکیل خاکدانه‌های پایدار MWD را افزایش داد که با نتایج روستا (۲۰۱۰) نیز تطابق دارد (۲٤). احتمالاً به‌علت ایجاد یون‌های ذکر شده در خاک، EC خاک نیز افزایش یافته است. مصرف خاکی هیوماکس باعث کاهش ۹/۲ درصدی BD و ۲۲ درصدی WSA شد. در حالی‌که بر MWD تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱۰). هیوماکس با اثرات مثبت خود بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و هم‌آوری خاکدانه‌ها (۲)، کاهش BD را به دنبال داشت. احتمال دارد کاهش WSA به این دلیل باشد که ذرات هیومیکی در بعضی قسمت‌ها باعث پراکندگی ذرات رس و مسدود شدن قسمتی از خلل و فرج خاک شده و به دنبال آن نفوذپذیری و پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافت (۱۷).

جدول ۹- اثر مواد اصلاحی شیمیایی بر برخی ویژگی‌های خاک.

Table 9. Effect of chemical amendment materials on some soil properties.

مواد اصلاحی شیمیایی Chemical amendment	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) BD (gcm^{-3})	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (گرم) MWD (g)	پایداری خاکدانه‌ها در آب (درصد) WSA (%)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dSm^{-1})
گچ Gypsum	1.62[a]	1.11[b]	1.79[b]	1.19[b]
گوگرد Sulfur	1.49[b]	1.70[a]	2.33[a]	2.08[a]

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test (P<0.05).

جدول ۱۰- اثر روش‌های مصرف هیوماکس بر برخی ویژگی‌های خاک.

Table 10. Effect of HUMAX application methods on some soil properties.

ویژگی‌های خاک Soil properties	روش مصرف هیوماکس HUMAX application methods: عدم مصرف No Application	مصرف خاکی Soil Application	محلول پاشی Foliar Application	حداقل تفاوت معنی‌دار LSD
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) BD (gcm^{-3})	1.63 [a]	1.48 [b]	1.57 [a]	0.082
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (گرم) MWD (g)	1.24 [b]	1.33 [b]	1.65 [a]	0.152
پایداری خاکدانه‌ها در آب (درصد) WSA (%)	2.28 [a]	1.78 [b]	2.11 [a]	0.245

اعدادی که در هر ردیف دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test (P<0.05).

نتایج نشان داد (جدول ۱۱)، کم‌ترین مقدار BD و EC از کاربرد گوگرد در سال دوم حاصل شد که با گذشت زمان و اثرگذاری بیش‌تر گوگرد در امر اصلاح خاک و اثر مطلوب بر شرایط فیزیکی خاک و اصلاح خاک مورد انتظار بود. علت افزایش شوری در حضور اسید سولفوریک ناشی از اکسیداسیون گوگرد در سال دوم، احتمالاً به افزایش یون‌های محلول در نتیجه انحلال کانی‌ها ارتباط دارد که ناشی از افزایش فشار دی اکسید کربن (۲۵) و یا تشکیل اسیدهای آلی (۲۷) می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان نیتروژن خاک در سال دوم و با مصرف خاکی هیوماکس حاصل شد (جدول ۱۱). از آن‌جایی‌که ساختار اسید هیومیک دارای نیتروژن بوده و این تیمار در سال دوم هم تکرار شده با گذشت زمان به‌میزان نیتروژن خاک افزوده شد.

جدول ۱۱- برهمکنش تیمارهای آزمایش بر برخی ویژگی‌های خاک.

Table 11. Interaction effect of treatment on some soil properties.

سال دوم Second Year			سال اول First Year			سال Year
گوگرد Sulfur	گچ Gypsum		گوگرد Sulfur	گچ Gypsum		ماده اصلاحی شیمیایی Chemical amendment
1.42[c]	1.67[a]		1.58[b]	1.57[b]		چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) BD (gcm^{-3})
2.11[a]	0.37[b]		2.04[a]	2.01[a]		قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC(dSm^{-1})
محلول پاشی Foliar	مصرف خاکی Soil Use	عدم مصرف No Humic	محلول پاشی Foliar	مصرف خاکی Soil Use	عدم مصرف No Humic	مصرف هیوماکس HUMAX application
0.77[b]	0.85[a]	0.71[b]	0.39[c]	0.32[c]	0.36[c]	نیتروژن خاک (درصد) Soil N%

اعدادی که در هر ردیف دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test ($P<0.05$).

در برهمکنش گچ وگوگرد و روش مصرف هیوماکس بیش‌ترین MWD از کاربرد گوگرد به همراه محلول پاشی هیوماکس و بیش‌ترین CEC از همراهی گچ با محلول پاشی هیوماکس به‌دست آمده است (جدول ۱۲). افزایش ماده آلی ناشی از افزایش رشد گیاه به‌علت محلول پاشی هیوماکس و تولید اسید سولفوریک در حین اکسیداسیون گوگرد و به دنبال آزادسازی یون کلسیم، شرایط را برای تشکیل خاکدانه‌های با ابعاد بزرگ فراهم کرده است (۹). مصرف خاکی هیوماکس و افزایش فعالیت میکروبی به‌خصوص قارچ‌ها و هیف‌های آن‌ها در اتصال خاکدانه‌های کوچک‌تر و ایجاد خاکدانه‌های بزرگ‌تر (۱)، به همراه گوگرد، اثرات مطلوب بر خاکدانه‌سازی مضاعف گردیده و MWD افزایش یافت. ریتز و هاینس (۲۰۰۳) بیان نمودند که افزودن مواد آلی به همراه مواد معدنی مانند گچ می‌تواند باعث پیوند رس‌ها و مواد آلی شده و از یک طرف انتشار رس را کم و از طرف دیگر باعث افزایش CEC گردد (۲۳). در بین برهمکنش‌ها گزینه‌ای که باعث کاهش معنی‌دار pH شده باشد وجود نداشت. احتمالاً به‌علت بالا بودن ظرفیت بافری این‌گونه خاک‌ها، مواد اصلاحی شیمیایی به مقدار زیاد و مدت زمان بسیار طولانی لازم است تا کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در pH خاک ایجاد شود (۳).

جدول ۱۲- برهمکنش مواد اصلاحی شیمیایی و روش مصرف هیوماکس بر برخی ویژگی‌های خاک.

Table 12. Interaction effect of chemical amendments and HUMAX application methods on some properties of soil.

روش مصرف هیوماکس HUMAX application	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) CEC ($cmol^{+}kg^{-1}$)			میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (گرم) MWD (mm)		
	عدم مصرف No humic	مصرف خاکی Soil Use	محلول پاشی Foliar	عدم مصرف No humic	مصرف خاکی Soil Use	محلول پاشی Foliar
گچ Gypsum	13.16^{b}	14.10^{b}	16.28^{a}	0.883^{d}	1.262^{c}	1.187^{c}
گوگرد Sulfur	14.13^{b}	14.10^{b}	12.02^{b}	1.605^{b}	1.394^{bc}	2.111^{a}

اعدادی که در هر ستون و ردیف دارای یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Duncan test ($P<0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که یکی از بهترین ترکیب‌های اثرگذار بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک در برگ نهال پسته، ترکیب گوگرد به همراه مصرف خاکی هیوماکس بعد از گذشت یک‌سال می‌باشد که باعث افزایش معنی‌دار غلظت کلروفیل b و کارتنوئیدها شد ولی بر غلظت عناصر برگ معنی‌دار نبود. مصرف خاکی هیوماکس، تنها غلظت فسفر برگ را افزایش داد. هم‌چنین مصرف گوگرد با گذشت زمان، باعث کاهش BD و EC و افزایش MWD، WSA و نیتروژن خاک شد و مصرف خاکی هیوماکس موفق به کاهش BD گردید. به‌طورکلی می‌توان با توجه به هدف بهبود وضعیت تغذیه گیاه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و یا بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از ترکیب مواد مختلف در دسترس کشاورز به نحو بهینه استفاده نمود.

منابع

1.Alimardani, A., Delavar, M.A., and Golchin, A. 2011. Effect of organic and mineral material on some physical properties of one sodic soil. Soil Management and Sustainable Production. 1: 2. 21-38. (In Persian)

2.Arnon, D.E. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.

3.Bergkvist, P., Jarvis, N., Berggren, D., and Carlgren, K. 2003. Long-term effects of sewage sludge applications on soil properties, cadmium availability and distribution in arable soil. Agriculture, Ecosystems and Environment. 97: 1. 167-179.

4.Bower Co, A., Reitemeier, R.F., and Fireman, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Science. 73: 4. 251-262.

5.Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1965. Total nitrogen. Methods of soil analysis. 2: 1149-1176.

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

7.Elyas Azar, Kh. 2002. Saline-Sodic soil recommendatin. Urumieh University Press, 320p. (In Persian)
8.Eyheraguibel, B., Silvestre, J., and Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. Bioresource Technology. 99: 10. 4206-4212.
9.Golchin, A., Baldock, J.A., and Oades, J.M. 1997. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. Soil processes and the carbon cycle. CRC Press, Boca Raton, Pp: 245-266.
10.Horneck, D.A., and Hanson, D. 1998. Determination of potassium and sodium by flame emission spectrophotometry. Hand book of reference methods for plant analysis, Pp: 153-155.
11.Kacar, B., and Inal, A. 2008. Plant analysis. Nobel Publication and Distribution, Pp: 891-1241. (In Turkish)
12.Kaya, M., Kucukyumuk, Z., and Erdal, I. 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur containing waste on nutrient concentrations and grown on calcareous soil. Afric. J. Biotechnol. 8: 18. 4481-4489.
13.Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph, 9: 425-442.
14.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.
15.Khezri, M. 2016. Look at the last status of cultivation aera, production and and export of pistachio in Iran and the word. Sabzine J. 1: 44. 7-7. (In Persian)
16.Malakouti, M.J., and Homai, M. 2004. Soil fertility in dry region. Tarbiat Moddares University Press, 441p. (In Persian)
17.Mirzashahi, K., and Roohipour, H. 2005. Effect of source and emmount of organic matter on aggragate stability index and soil bulk density in the north Khozestan. Pasturage and Desert Research of Iran. 12: 4. 395-407.
18.Motsara, M.R., and Roy, R.N. 2008. Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis (19): Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. FAO Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.
19.Mozafari, V., Asadolahi, Z., Tajabadipour, A., and Akhgar, A. 2013. Effect of salinity and mangenuse on some physiological and ecophysiological properties of pistachio. Soil and Water Research of Iran J. 1: 81-94. (In Persian)
20.Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, Washington D.C.
21.Qadir, M., and Oster, J.D. 2004. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soil and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. Science of the total environment. 323: 1. 1-19.
22.Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil Science. United State Salinity Laboratory Staff. Washington, D.C. 169p.
23.Rietz, D.N., and Haynes, R.J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. Soil Biology and Biochemistry. 35: 6. 845-854.
24.Roosta, M., Enayati, K., and Vakili, A. 2010. Lab effect of mineral and organic material on mean weight diameter in a saline sodic soil. Soil Research (Soil Water Science). 24: 3. 229-235. (In Persian)
25.Sekhon, B.S., and Bajwa, M.S. 1993. Effect of organic matter and gypsum in controlling soil sodicity in rice-wheat-maize system irrigated with sodic waters. Agricultural Water Management. 24: 1. 15-25.
26.Tajabadi Pour, A., Shahriaripour, R., and Mozafari, V. 2010. Effect of phosphorus and zinc application on growth and chemical composition of pistachio seedlings. Korea. Soc. Hort. Sci. 51: 61-67.

27. 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.
28. Yazdanpanah, N., Pazira, A., Neshat, A., and Mahmodabadi, M. 2012. Effect pf different amendment on some physical and chemical properties of saline sodic soils. Khoshkboom J. 2: 1. 83-97. (In Persian)
29. Yoder, R.E., and Robert, E. 1936. A Direct Method of Aggregate Analysis of Soils and A Study of the Physical Nature of Erosion Losses (1). Soil Sci. Soc. Amer. J. 17: 2001. 165-165.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 7(3), 2017
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effects of gypsum, sulfur and HUMAX on some properties of pistachio seedlings and soil in field conditions

A. Razavi Nasab[1], *A. Fotovat[2], A.R. Astaraie[3] and A. Tajabadipour[4]
[1]Assistant Prof., Dept. of Agriculture, Payam-Noor University, [2]Professor, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, [4]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
Received: 09/15/2016; Accepted: 05/29/2017

Abstract

Background and Objectives: Production of pistachio is not often economical as located mainly in saline-sodic soils. Amendments such as gypsum and sulfur are cheap and convenient available. Gypsum can introduce calcium to the soil and replace exchangeable sodium and sulfur with production sulfuric acid and then pH reduction will increase the availability and absorption of plant nutrients from soil. Humic acid can also improve physical, chemical and biological soil properties and stimulate growth via its effects on plant metabolism. Therefore, the objective of this research was to study the influence of gypsum, sulfur and humic acid on some properties of pistachio leaves and some soil properties.

Materials and Methods: A field experiment was accomplished as a randomized complete block design in two years (split plot) with three replications in Izadyaran Company (30 km south of Sirjan). Treatments were consisted of two chemical amendments (gypsum and sulfur, 10 Mg ha^{-1}) as main plot factor and methods of HUMAX applications (control, soil application 40 L ha^{-1}, and foliar application 2.5 L ha^{-1}), as subplots. Analysis of variance was performed by multiplex analysis. Chemical matters were poured in to the pit of planting and mixed thoroughly with soil and an one-year-pistachio seedling was planted (February 2012) Then three months after planting, HUMAX was applied (June 2012). HUMAX application was repeated in the following year (June 2013). Leaf sampling and soil sampling for the measurement of some leaf and soil properties were performed in the middle of summer (August 2012 and 2013) and at the end of winter (February 2013 and 2014), respectively.

Results: Results showed that over a year, the amount of chlorophyll-a, carotenoids and leaf K declined ($P<0.05$), while first two features increased with sulfur. Gypsum application increased chlorophyll-a and leaf K. Soil application of HUMAX was able to increase the amount of chlorophyll-b and leaf P. The effective combination was sulfur and soil application of humic acid in the second year that significantly increased chlorophyll-b and carotenoids, while none of them decrease leaf N, P, K. At the end of the first year the electrical conductivity, cation exchange capacity decreased, whereas soil pH and N increased. Sulfur reduced bulk density, the mean weight diameter and water aggregate stability but increased EC. Soil application of HUMAX reduced bulk density and water aggregate stability while sulfur usage plus foliar application of HUMAX caused the greatest mean weight diameter. The highest CEC value was recorded in foliar application of HUMAX and gypsum treatment. Due to the high buffering properties of soil, none of the treatments had significant effect on soil pH. None of the interaction effect on soil N, labial P and available K.

Conclusion: The findings of this study showed that one of the best combinations for increasing the some physiologic properties of pistachio leaf were sulfur plus soil application of HUMAX especially with passing the time. Leaf K and P increased with gypsum and soil application of HUMAX. Sulfur application improved bulk density, mean weight diameter and water aggregate stability. Electrical conductivity can be reduced with time and soil N increased.

Keywords: Gypsum, HUMAX, Pistachio, Soil salinity, Sulfur

* Corresponding Author; Email: afotovat@um.ac.ir