

بهبود عملکرد پسته در خاک شور با کاربرد اسیدهای آلی

مصطفی میرابزاده اردکانی^۱، اعظم جعفری^{۱*}، امان الله جوانشاه^۲، مصطفی شیرمردی^۱

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد اسیدهای آلی بر عملکرد درختان پسته، این پژوهش در شهرستان اردکان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بود، که همراه با آب آبیاری از اسفند تا شهریور در ۴ نوبت (هر نوبت ۲/۵ کیلوگرم در هکتار) مصرف شد. در زمان برداشت محصول صفات تعداد خوشه، وزن تر پسته، وزن خشک پسته، وزن مغز پسته، تعداد پسته در خوشه، تعداد پسته خندان، تعداد پسته دهان بسته و پوک و سطح برگ در چهار شاخه درخت، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد اسید سیتریک، نسبت به بقیه تیمارها باعث بهبود صفات وزن تر پسته

با پوست (۲۸۳/۷۹ درصد)، وزن خشک پسته (۲۶۵/۷۴ درصد)، وزن خشک مغز پسته (۲۹۶/۴۳ درصد) و تعداد دانه در خوشه (۲۲۰/۹۸ درصد) نسبت به شاهد شد و درصد پسته خندان نیز نسبت به شاهد در تیمار دوم، ۴۲/۱۶ درصد افزایش یافت. بنابراین با توجه به تأثیر بالای این کودها بر عملکرد پسته در خاک شور توصیه می‌شود که استفاده از کودهای حاوی اسیدهای آلی در مناطقی با خاک و آب شور افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: اسید سیتریک، اسید فولویک، وزن

تر، وزن خشک، *Pistacia vera* L.

مقدمه

پسته یکی از محصولات کشاورزی است که با نام ایران درآمیخته و تولید آن در کشور سابقه تاریخی طولانی دارد و یکی از ارقام مهم صادرات کشور ما را تشکیل می‌دهد و نقش آن در اقتصاد کشاورزی و ملی چشم‌گیر و پرارزش است. علاوه بر آن پسته سرشار از

^۱ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

* نویسنده مسئول: ajafari@ardakan.ac.ir

^۲ هیأت علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

مواد غذایی ضروری و مقوی است که مصرف آن در بهداشت و سلامت و توانمندی اجتماع تأثیر بسزایی دارد. با توجه به اهمیت بالای پسته از دیرباز آن را طلای سبز نامیده‌اند. درخت پسته اهلی (*Pistacia vera* L.) متعلق به تیره سماق (Anacardiaceae) می‌باشد. این گیاه دو پایه و خزان کننده بوده و عمدتاً در مناطق نیمه‌گرمسیری کشت و کار می‌شود (ابریشمی، ۱۳۷۳). پسته یکی از محبوب‌ترین خشک میوه‌ها در جهان است (Wu & Xu, 2020) که در ایران، آمریکا، ترکیه، سوریه، ایتالیا و یونان کشت می‌شود (Catalan *et al.*, 2017). ۱۸ درصد سطح زیر کشت محصولات باغی به محصول پسته اختصاص دارد. با توجه به افزایش سطح زیر کشت از طریق احداث باغ‌های جدید پسته در استان‌های کشور و مصرف داخلی کم آن در مقایسه با مقدار تولید، ضرورت توجه به امر صادرات پسته، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان پسته جهان است که در این میان، استان یزد مقام سوم سطح زیرکشت و تولید را به خود اختصاص داده است. از طرفی شهرستان اردکان یکی از مناطقی است که دارای باغات قدیمی پسته با تنوع ژنتیکی و ارقام بومی می‌باشد که دارای تنوع مورفولوژیک زیادی است و در استان رتبه سوم را دارا می‌باشد (اسدیان و پورسخی، ۱۳۹۶).

آب و خاک از عوامل اصلی برای تولیدات کشاورزی محسوب می‌شوند. کیفیت و کمیت

محصولات باغی تابعی از کمیت و کیفیت این دو عامل می‌باشند. به دلیل محدودیت در اراضی مناسب و آب با کیفیت خوب (شیرین)، کاشت گیاهانی که بتوانند شرایط نامناسب آب و خاک را تحمل نموده و محصول اقتصادی داشته باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به چند ساله بودن درخت پسته و استقرار طولانی آن در زمین و عدم آگاهی باغداران از اصول علمی کاشت و داشت و به‌کارگیری روش‌های سنتی و در بعضی موارد تقلید در امر کوددهی و سایر عملیات، باعث شده است که حاصلخیزی این زمین‌ها کاهش یابد. علاوه بر این، به علت کیفیت نامساعد آب و خاک اکثر باغداران با مشکلات جدید و عدیده‌ای روبرو شده‌اند. داشتن دانش کافی درباره توسعه زمین‌های شور، شور و سدیمی، سدیمی، آهکی غیرشور و گچی، تأثیرات نامطلوب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این گونه خاک‌ها و شناخت درست و صحیح از وضعیت و موقعیت عناصر غذایی در آن‌ها در ارتباط با رشد درختان پسته، ما را در بهره‌برداری بهینه از این خاک‌ها کمک می‌نماید (صالحی، ۱۳۸۵).

شوری پس از خشکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است. امروزه شوری خاک‌های کشاورزی و منابع آب که منجر به تخریب اراضی می‌گردد، به یک معضل جهانی در اراضی تحت آبیاری تبدیل شده است (Katerji *et al.*, 2008). شوری و سدیم خاک یکی از

در رشد گیاه رخ داده و افت محصول حادث خواهد شد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۸).

انواع زیادی اسید کربوکسیلیک وجود دارد که برخی نمونه‌های رایج عبارتند از: اسید سیتریک، اسید استیک، اسید هیومیک، اسید فولویک، اسید سالیسیلیک، اسید مالیک، اسید اگزالیک و اسید فرمیک (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). ترکیبات هوموسی مواد آلی، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک و جزء هومین هستند که از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت و لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و ... استخراج می‌شوند و در اندازه مولکولی و ساختار متفاوت هستند (Sebahattin & Necdet, 2005).

اسید فولویک از نظر شیمیایی فعال‌تر از اسید هیومیک می‌باشد. قدرت تبادل یونی اسید فولویک بیشتر از دو برابر اسید هیومیک است. اسید فولویک سایز مولکول کوچک‌تری دارد و به همین دلیل از لحاظ نفوذ به درون ریشه دارای کارایی بالاتری نسبت به اسید هیومیک است. همان‌طور که این مولکول وارد گیاه می‌شود، می‌تواند عناصر میکرو را به همراه خود از سطح ریشه وارد بافت گیاه نماید (Pujar, 1995). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که اسیدهای فولویک رشد و نمو گیاهان را افزایش می‌دهند، بنابراین بهبود وضعیت تغذیه‌ای و کیفیت گیاه را باعث می‌شوند. اسید فولویک همچنین ممکن است جذب برخی از یون‌های فلزات

مهم‌ترین تهدیدات کشاورزی در زمین‌های تحت آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (Farooq et al., 2015).

استفاده از آب‌های شور با کیفیت نامناسب، عملیات کشاورزی از قبیل کوددهی، تبخیر و تعرق شدید با آب‌شویی ناکافی، فقدان زمین‌های مناسب و عدم مدیریت آبیاری و زهکشی مشخص، از جمله دلایل اصلی شور و سدیمی شدن خاک هستند (Villa-Castorena et al., 2003). آبیاری از طریق آب‌های با کیفیت نامطلوب سبب تغییر در شیمی محلول خاک مانند تغییر pH، و قابلیت دسترسی یون‌ها برای گیاهان می‌شود. در این حالت املاح در خاک حرکت کرده و در نهایت در آن تجمع می‌یابند (David & Dimitrios, 2002). اثرات مضر شوری بر رشد گیاه از دو جنبه افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش آب قابل دسترس و همچنین اثرات خاص برخی از عناصر موجود در غلظت‌های بالا اهمیت دارد (Qadir & Oster, 2004). تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به حساب می‌آید. در تغذیه گیاه نه‌تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه باشد بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان عناصر مصرفی از اهمیت بسیاری برخوردار است. زیرا در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای، افزودن تعدادی از عناصر غذایی نه‌تنها افزایش عملکرد رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی نیز

- سمی را با تخریب یا غیرفعالسازی مواد سمی کاهش دهد (Mahmoudi & Nazarmohammadi, 2016).
- Turan *et al.* (۲۰۱۱) دریافتند که کاربرد اسید هیومیک شوری خاک را می‌کاهد و جذب مواد غذایی گیاه را بهبود بخشیده و تولید محصول را افزایش می‌دهد. Sahman *et al.* (۲۰۰۵) با کاربرد اسید هیومیک بر روی هندوانه، افزایش عملکرد و کیفیت محصول را مشاهده کردند. Nikbakht *et al.* (۲۰۰۸) دریافتند که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌داری در رشد ریشه گیاه ژربرای رشد یافته در محلول غذایی شد.
- با توجه به ملاحظات زیست محیطی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). ولی کاربرد اسیدهای آلی هنوز در کشور ایران چندان رایج نمی‌باشد. در یک پژوهش با تیمار گیاهان ریحان با اسید سیتریک، میزان محصول افزایش پیدا کرد (Jaafari & Hadavi, 2012). این پژوهشگران بیان کردند که ترشح اسیدهای آلی توسط ریشه‌ها در پاسخ به محلول‌پاشی اسیدهای آلی افزایش می‌یابد (Jaafari & Hadavi, 2012). اسپری اسید سیتریک تحمل خشکی را در لوبیا ایجاد کرد (El-Tohamy *et al.*, 2013). افزایش عملکرد ناشی از فعل و انفعالات مثبت بین محلول پاشی اسید سیتریک و تلقیح بذر با میکوریزای ازوتوباکتر و آزوسپیریلوم نیز گزارش شده است (Maleki *et al.*, 2013). اسید سیتریک همه پارامترهای رشدی گیاه گازانیا مانند ارتفاع گیاه، ماندگاری گل روی گیاه، وزن تر و خشک ریشه را بهبود می‌بخشد (Talebi *et al.*, 2014). در مطالعه دیگری اسید سیتریک برای جلوگیری از برگ ریزی در گیاه ختمی که در شرایط کم نور رشد می‌کند، مؤثر واقع شد (Zhang *et al.*, 2009). کاربرد اسیدهای معدنی و آلی با تغییراتی که در شیمی خاک ایجاد می‌کنند، در کوتاه مدت باعث رهاسازی عناصر غذایی توسط گیاهان می‌شوند و اگر این عناصر غذایی رهاسده در محلول خاک هم‌زمان با اوج فعالیت ریشه گیاهان برای جذب مواد غذایی باشند، قادر به تأمین بخشی از نیاز غذایی گیاهان هستند (اعتمادیان و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین هرگونه تحقیق در این زمینه می‌تواند باعث حفظ، نگهداری، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش محصول و کاهش اثرات شوری در کشاورزی کشور شود. باغات پسته اردکان یکی از مراکز تولید پسته کشور محسوب می‌گردد. باغات پسته قدیمی و سنتی در این منطقه وجود دارد که از نظر ذخایر ژنتیکی پسته بسیار با ارزش هستند و حفظ و نگهداری آن‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بررسی منابع مختلف نشان داد که تاکنون تحقیقات مدونی در مورد بهبود عملکرد پسته در خاک شور با

کاربرد اسیدهای آلی انجام نشده است. با توجه به شوری آب و خاک در اغلب باغات پسته کشور، به ویژه شهرستان اردکان، امید است با این پژوهش بتوان نتایج خوبی برای حفظ این باغات به دست آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی مدت یک سال (۹۵-۹۶) در شهرستان اردکان و منطقه چاه افضل که یکی از قدیمی‌ترین مراکز تنوع مورفولوژیکی پسته کشور می‌باشد، انجام شد. شهرستان اردکان و چاه افضل در انتهای دشت یزد اردکان واقع شده‌اند و دارای آب و خاک شور می‌باشند. مختصات جغرافیایی چاه افضل $53^{\circ}10'$ تا $54^{\circ}15'$ طول شرقی و $28^{\circ}32'$ تا $30^{\circ}10'$ عرض شمالی می‌باشد (خلیلی، ۱۳۶۰). متوسط بارندگی سالیانه حدود $61/5$ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه $19/4$ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه در سیستم طبقه‌بندی، در تقسیم‌بندی آمبرژه بیابانی معتدل و دارای آب و خاک شور می‌باشد (موسسه تحقیقات آب و خاک استان یزد، ۱۳۷۴). EC آب محل انجام آزمایش 15800 و EC خاک آن 18200 میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد.

آزمایش روی درختان ۲۰ ساله پسته رقم احمدآقایی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار انجام گرفت. هر تکرار شامل یک درخت می‌باشد. چهار کرت انتخاب گردید و در هر

کرت چهار درخت علامت‌گذاری شد و از هر درخت نیز در چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب هر کدام یک شاخه انتخاب گردید. تیمارهای این پژوهش شامل تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک + ۱۰٪ اسید پلی‌ساکارید ملاس چغندرقد) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بود. میزان مصرف هر تیمار ۱۰ کیلو گرم در هر هکتار بود که همراه با آب آبیاری از اسفند تا شهریور در ۴ نوبت (هر نوبت $2/5$ کیلوگرم در هکتار) مصرف گردید. کود به صورت پودری بوده و در هر دوره آبیاری بسته به نوع تیمار کود در آب حل کرده و به تدریج به آب آبیاری اضافه شد.

به منظور بررسی اثر تیمارها، صفاتی شامل تعداد خوشه، وزن تر پسته با پوست، وزن خشک پسته، وزن مغز پسته، تعداد دانه در خوشه‌ها، تعداد پسته خندان، تعداد پسته دهان بسته، تعداد پسته پوک و سطح برگ اندازه‌گیری شد. در تیر ماه، اندازه‌گیری سطح برگ به وسیله دستگاه سطح‌سنج انجام گرفت که در این اندازه‌گیری از ناحیه برگ سوم هر شاخه سه برگ نمونه تهیه گردید. اندازه‌گیری صفات زایشی مانند شمارش تعداد خوشه در هر شاخه، شمارش تعداد پسته در هر شاخه، اندازه‌گیری وزن تر پسته با پوست رویی، اندازه‌گیری وزن خشک پسته، اندازه‌گیری وزن خشک

مغز پسته، تعداد پسته پوک، دهان بسته و خندان، در همراه در زمان برداشت محصول انجام گرفت. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 و رسم نمودار با اکسل انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

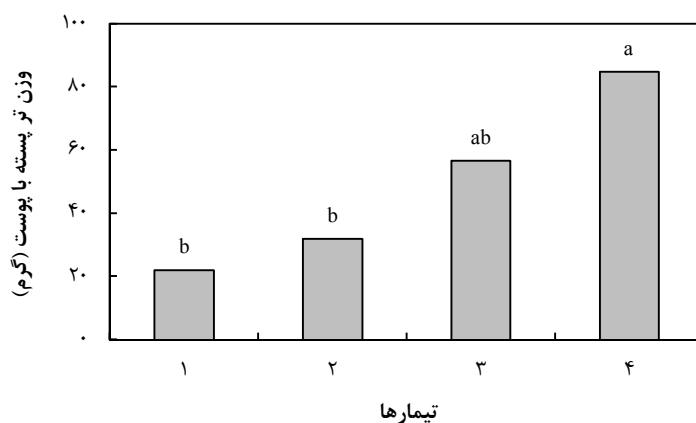
نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر مشخصه‌های تعداد خوشه، سطح برگ، تعداد پسته دهان بسته و پوک معنی‌دار نبود، ولی صفات وزن تر و خشک پسته، وزن خشک مغز پسته، تعداد دانه در خوشه و تعداد پسته خندان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفتند (جدول ۱).

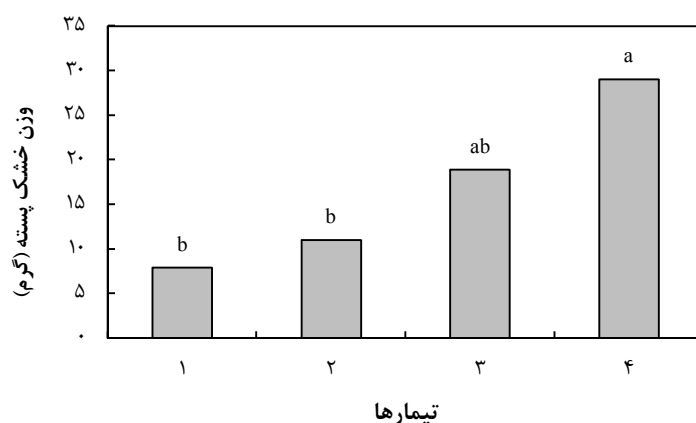
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای شاهد، ۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک، ۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک و ۱۰٪ پلی‌ساکارید و ۱۰٪ اسید سیتریک بر پارامترهای اندازه‌گیری شده.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد خوشه	وزن تر پسته با پوست	وزن خشک پسته	وزن مغز	تعداد دانه در خوشه ها	درصد پسته خندان	تعداد دهان بست	تعداد پوک
تیمار	۳	۳/۱۳ ^{ns}	۳۱۳۴/۹۳*	۳۵۴/۷۲*	۷۸/۱۴*	۴۶۲/۵۷*	۱۸۱/۷۹*	۲۹/۱ ^{ns}	۱۶/۱۶ ^{ns}
تکرار	۳	۰/۳ ^{ns}	۴۲۸/۸۲ ^{ns}	۵۲/۹ ^{ns}	۱۲/۶۲ ^{ns}	۹۱/۵ ^{ns}	۲۲۷/۹۳*	۱۲/۳۶ ^{ns}	۶/۴۵ ^{ns}
خطا	۹	۱/۵	۸۶۰/۶۴	۹۴/۶۵	۱۷/۳۴	۱۵۵/۳۹	۳۹/۴۶	۱۵/۹۶	۹/۳۳
کل	۱۵								
ضریب تغییرات*		۲۵/۴۳	۲۳/۸۱	۱۸/۳۱	۲۳/۵۲	۲۴/۴۸	۱۵/۰۷	۱۷/۰۶	۲۵/۲۶

*، ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۱- اثر تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک و پلی ساکارید) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بر وزن تر پسته با پوست. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۲- اثر تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک و پلی ساکارید) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بر وزن خشک پسته. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

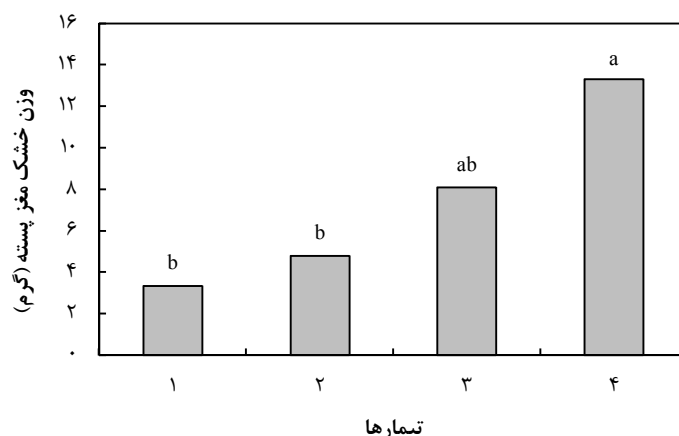
همچنین مشابه صفات قبلی، تیمار چهارم (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد دانه در خوشه و تعداد پسته خندان داشته که با دو تیمار شاهد و تیمار دوم (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک) اختلاف معنی‌داری را نشان داد ولی در مقایسه با تیمار سوم (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید

کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک) این افزایش معنی‌دار بود و وزن خشک مغز پسته را از ۳/۳۶ گرم در تیمار شاهد به ۱۳/۳۲ گرم در تیمار ۱۰۰٪ اسید سیتریک رساند و حدود ۲۹۶/۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. ولی در مقایسه با تیمار سوم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۳).

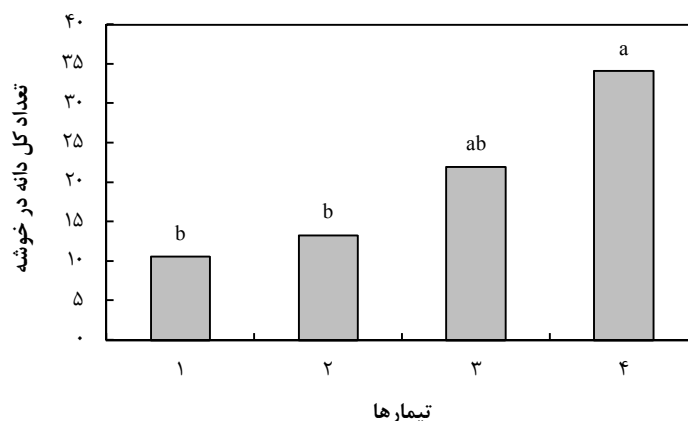
فولویک + ۱۰٪ پلی ساکارید) اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴ و ۵). تیمار کاربرد ۱۰۰٪ اسید سیتریک، تعداد دانه در خوشه را به ۳۴/۱۲ رساند و در مقایسه با تیمار شاهد ۲۲۰/۹۸ درصد تعداد دانه را افزایش داد. همچنین تیمار دوم (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، درصد پسته خندان را نیز به ۴۸/۹۳ درصد رساند که حدود ۴۲/۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (شکل ۵).

بنابراین در تمام صفاتی که تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار گرفتند، کاربرد ۱۰۰ درصد اسید سیتریک بیشترین افزایش را نسبت به شاهد ایجاد کرد و بالاترین افزایش در وزن خشک مغز پسته (۲۹۶/۴۳ درصد) مشاهده بیشترین افزایش را نسبت به شاهد ایجاد کرد و بالاترین افزایش در وزن خشک مغز پسته (۲۹۶/۴۳ درصد) مشاهده شد. با در نظر گرفتن قیمت بالای مغز پسته، این میزان

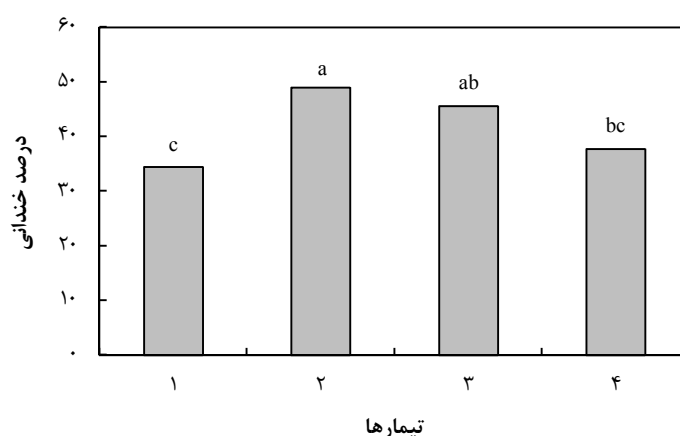
افزایش از نظر اقتصادی سود بالایی را نصیب باغدار می‌کند. البته استفاده از اسید فولویک و پلی ساکارید در تیمار سوم نیز در بهبود مشخصه‌های مورد ارزیابی مؤثر واقع شد. ولی همانطور که مشاهده گردید، افزایش غلظت اسید سیتریک به تنهایی تأثیر بیشتری در بهبود این صفات داشت و این مسئله بیان گر نقش مؤثرتر این نوع اسید کربوکسیلیک در باغ پسته مورد بررسی می‌باشد. اسیدهای آلی در بسیاری از فرایندهای خاک مانند تحرک و جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان و ریزجانداران، خنثی کردن فلزات سمی (مانند آلومینیوم) توسط گیاهان، رشد ریزجانداران در ریزوسفر و حل شدن کانی‌های خاک مؤثر می‌باشند (Marschner, 1995). در حقیقت ترشح اسیدهای آلی توسط ریشه گیاهان، یکی از راهکارهای گیاهان و ریزجانداران در رویارویی با تنش‌هایی مانند کمبود عناصر غذایی و سمیت فلزات می‌باشد (Khademi et al).



شکل ۳- اثر تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک و پلی ساکارید) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بر وزن خشک مغز پسته. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه معنی دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۴- اثر تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک و پلی ساکارید) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بر تعداد دانه در خوشه. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۵- اثر تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۲۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک)، تیمار ۳ (۷۰٪ اسید سیتریک + ۱۰٪ کلسیم + ۱۰٪ اسید فولویک و پلی ساکارید) و تیمار ۴ (۱۰۰٪ اسید سیتریک) بر درصد پسته خندان. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی برگ گیاه به کار می‌رود، محتوی کلروفیل برگ و به دنبال آن میزان فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد و این خود دلیلی برای افزایش وزن خشک گیاه می‌باشد. از طرفی اسیدهای آلی مثل اسید هیومیک و اسید فولویک غلظت mRNA

(*al.*, 2009). اسیدهای آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی و باکتری‌های محرک رشد، از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی جهت بالا بردن عملکرد به خصوص در شرایط تنش شوری می‌توانند مؤثر واقع شوند (Melero *et al.*, 2007). هنگامی که

- را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهند (Liu *et al.*, 1996).
- مشابه با نتایج این پژوهش، Gulser *et al.* (۲۰۱۰) در تحقیق اثر اسید هیومیک روی فلفل دریافتند که وزن تر و خشک برگ و ساقه تحت تأثیر اسید هیومیک افزایش می‌یابد. همچنین به کار بردن اسید هیومیک در سویا، بادام زمینی و شبدر رشد ساقه، وزن خشک گره‌ها و به‌خصوص رشد ریشه را افزایش داد (Tattini *et al.*, 1983).
- (۱۹۹۰) در طی آزمایش روی یک زیرگونه زیتون با کاربرد ۰، ۲۰۰، تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم اسید هیومیک در گلدان به همراه ترکیبات کودی نشان دادند که اسید هیومیک نسبت ریشه به اندام هوایی را بیشتر از وزن ریشه افزایش می‌دهد. همچنین اسید هیومیک سبب افزایش ماده خشک اندام هوایی و ریشه در زیتون شد.
- Kline & Wilson (۱۹۹۴) در بررسی اثر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی رشد گیاهچه‌های فلفل دریافتند که اسید هیومیک به میزان ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایشی در طول ریشه از ۱۳/۱ به ۲۰/۲ سانتیمتر و طول ساقه از ۲۰/۹ به ۵۱/۵ سانتیمتر شد، همچنین اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌داری در خشک ساقه و ریشه به ترتیب از ۰/۵ به ۱/۰۷ و از ۰/۰۵ به ۰/۲۳ شد. Nikbakht *et al.* (۲۰۰۸) دریافتند که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌داری در رشد ریشه گیاه ژربرا رشدیافته در محلول غذایی شد. El-mohamedy & Ahmad (۲۰۰۹) در پژوهشی که با کاربرد اسید هیومیک بر روی پرتقال انجام دادند، مشاهده کردند که اسید هیومیک باعث افزایش تعداد میوه در درخت و بالاترین عملکرد محصول شده است. همچنین خصوصیات فیزیکی (وزن، اندازه، ارتفاع و قطر میوه) و کیفی میوه (درصد مواد جامد محلول، درصد اسیدیته، نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته و درصد وزن آب میوه) با کاربرد اسید هیومیک افزایش پیدا کرد.
- Mahmoud & Hafez (۲۰۱۰) در آزمایشی که بر روی سیب‌زمینی با کاربرد اسید هیومیک انجام دادند، مشاهده کردند پارامترهای رشد رویشی از جمله ارتفاع گیاه تعداد برگ و شاخساره و وزن تر و خشک برگ‌ها و شاخساره‌ها افزایش یافت. همچنین مقدار محصول، کیفیت و مقدار مواد مغذی غده سیب‌زمینی با کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت، که این افزایش رشد ممکن است ناشی از نقش اسید هیومیک در بهبود حاصل‌خیزی خاک و افزایش در دسترسی عناصر غذایی باشد. این نتایج با گزارشاتی که توسط Erik *et al.* (۲۰۰۰) بر روی گوجه‌فرنگی، Hartwigson & Evans (۲۰۰۰) و Hafez (۲۰۰۳) روی کدو انجام داده‌اند مشابه است.
- کاربرد اسید هیومیک در بادام نشان می‌دهد که این اسید موجب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت و رشد گیاه می‌گردد (Thenmozhi *et al.*, 2004).

مواد هیومیک می‌توانند با ساختارهای فسفولپیدی غشاهای سلولی واکنش کنند و به‌عنوان حاملین مواد غذایی از طریق آن‌ها عمل کنند (Russo & Berlyn, 1990). بخش‌های با وزن مولکولی پایین از جمله اسید فولویک دارای تعداد زیادی از گروه‌های فعال به ویژه گروه‌های کربوکسیلی و فنولی هستند که توانایی آن‌ها را در متابولیسم گیاهان بهبود می‌بخشند (Russo & Berlyn, 1990).

اسیدهای آلی با کاهش مصرف کودهای شیمیایی، جذب آلاینده‌های خاک و تقویت میکروارگانیسم‌های مفید و احیای توازن عناصر، ابزار ایده‌آلی برای اصلاح خاک می‌باشند. مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که اسیدهای آلی مانند اسید فولویک رشد و نمو گیاهان را افزایش می‌دهند و بنابراین بهبود وضعیت تغذیه‌ای و کیفیت گیاه را باعث می‌شوند. اسید فولویک همچنین ممکن است جذب برخی از یون‌های فلزات سمی را بکاهد (Mindari et al., 2014). اسیدهای سیتریک به دلیل داشتن گروه‌های فعال کربونیل و کربوکسیل، جذب عناصر و مواد غذایی توسط گیاه را افزایش داده و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و افزایش محصول را در پی دارند. با در نظر گرفتن تغذیه گیاهان و ریزجانداران، به نظر می‌رسد اسیدهای آلی نقش مهمی در انحلال و آزادسازی عناصر غذایی کم‌محلول مانند آهن، روی، مس، منگنز و فسفر در خاک داشته باشند (Elrahman et al., 2011). همه این

ویژگی‌ها به توانایی این اسیدها در کمپلکس شدن با کاتیون‌های فلزی و همچنین جذب آن‌ها توسط ریزجانداران به عنوان منبع ساده کربن کمک می‌کند (Eilers et al., 2010).

همچنین اسیدهای کربوکسیلیک مانند اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شوند (Delfine et al., 2005). کاربرد اسیدهای آلی ارزان قیمت مانند اسیدسیتریک و اسیداستیک در کنار اسیدهای معدنی همچون اسیدسولفوریک و اسیدفسفریک در کشاورزی علی‌رغم پیامدهای مثبت آن در خاک‌های آهکی و همچنین قیمت مناسب آن‌ها، هنوز در کشور ایران چندان رایج نمی‌باشد. از دیدگاه اقتصادی، هزینه کاربرد این اسیدها مانند کودهای رایجی همچون نترات پتاسیم و سولفات پتاسیم می‌باشد. کاربرد اسیدهای معدنی و آلی با تغییراتی که در شیمی خاک ایجاد می‌کنند، در کوتاه مدت باعث رهاسازی عناصر غذایی در خاک می‌شوند و اگر این عناصر غذایی رهاسده در محلول خاک هم‌زمان با اوج فعالیت ریشه گیاهان برای جذب مواد غذایی باشد، قادر به تأمین بخشی از نیاز غذایی گیاهان هستند (اعتمادیان و همکاران، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، به نظر می‌رسد اسیدهای آلی اصلاح‌کننده مناسبی برای

۵. موسسه تحقیقات خاک و آب. (۱۳۷۴). نقشه گزارش ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان یزد.
۶. ملکوتی، ج، و نفیسی، م. (۱۳۷۸). کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی، کرج.

7. Catalan, L, Alvarez-Ortí, M, Pardo-Giménez, A, Gomez, R, Rabadan, A, & Pardo, JE. (2017). Pistachio oil: A review on its chemical composition, extraction systems, and uses. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(5), 1600126. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600126>
8. David, R, & Dimitrios, P. (2002). Diffusion and cation exchange during the reclamation of saline structured soils. *Geoderma*, 10, 271-279.
9. Delfine, S, Tognetti, R, Desiderio, E, & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 183-191.
10. Eilers, KG, Lauber, CL, Knight, R, & Fierer, N. (2010). Shifts in bacterial community structure associated with inputs of low molecular weight carbon compounds to soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 896-903.
11. El-mohamedy, RSR, & Ahmed, MA. (2009). Effect of biofertilizers and humic acid and on content of dry root rot disease and improvement yield quality of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Agriculture and Bioogical Seiences*, 5(2), 127-137.
12. Elrahman, SHA, Mostafa, MAM, Taha, TA, Elsharawy, MAO, & Eid, MA. (2012).

خاک‌های شور هستند، به‌ویژه اسید سیتریک که باعث افزایش عملکرد پسته می‌شود. بنابراین با توجه به کاهش آب آبیاری و به‌دنبال آن شورشدن خاک و آب بهتر است از اسیدهای کربوکسیلیک استفاده شود که با اصلاح خاک، مواد مورد نیاز گیاه را فراهم نموده و از اثرات منفی شوری و کاهش عملکرد گیاه نیز کاسته می‌شود.

منابع

۱. ابریشمی، م.ح. (۱۳۷۳). پسته ایران، شناخت تاریخی. مرکز نشر دانشگاهی تهران، تهران.
۲. اسدیان، ع، و پورسخی، ک. (۱۳۹۶). بررسی تنوع برخی ارقام پسته استان یزد با استفاده از صفات مورفولوژیک. هفتمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی.
۳. اعتمادیان، م، حسنی، ا، نورزاده حداد، م، و حنیفه ئی، م. (۱۳۹۶). کاربرد اسیدهای آلی و معدنی بر آزادسازی عناصر غذایی در خاک‌های آهکی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۵): ۷۳-۹۱.
۴. سبزواری، س، خزاعی، حر، و کافی، م. (۱۳۸۸). اثر هیومیک اسید بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۲): ۸۷-۹۴.

19. Jaafari, N, & Hadavi, E. (2012). Growth and essential oil yield of Basil (*Ocimum basilicum* L.) as affected by foliar spray of citric acid and salicylic acid. *Journal of Medicinal and Spice Plants*, 17(2), 80-83.
20. Katerji, N, Van Hoorn, JW, Hamdy, A, Mastroiilli, M, & Oweis, T. (2008). Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. *Agricultural Water Management*, 72, 177-194.
21. Khademi, Z, Jones, DL, Malakouti, MJ, Asadi, F, & Ardebili, M. (2009). Organic acid mediated nutrient extraction efficiency in three calcareous soils. *Australian Journal of Soil Research*, 47, 213-220.
22. Liu, C, Cooper, RJ, & Bowman, DC. (1998). Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. *HortScience*, 33, 1023-1025.
23. Mahmoud, AR, & Hafez, MM. (2010). Increasing productivity of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) by using potassium fertilizer and humic acid application. *International Journal of Academic Research*, 2(2), 83-88.
24. Mahmoudi, M, & Nazarmohammadi, M. (2016). Study the effects of fulvic acid on qualitative traits of *Citrus medica* under lime condition. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences*, 4(1), 104-105.
25. Maleki, V, Ardakani, MR, Rejali F, & Taherpour, AA. (2013). Physiological responses of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) to triple inoculation with azotobacter, azospirillum, glomus intraradices and foliar Effect of different amendments on soil chemical characteristics, grain yield and elemental content of wheat plants grown on salt-affected soil irrigated with low quality water. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(2), 175-182.
13. El-Tohamy, WA, El-Abagy, HM, Badr, MA, & Gruda, N. (2013). Drought tolerance and water status of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L) as affected by citric acid application. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86, 212-216.
14. Feibert, EBG, Shock, CC, & Lamont, DS. (2000). Evaluation of humic acid and other non conventional fertilizer additives for onion productivity. Malheur Experiment Station, Oregon State University Ontario, OR.
15. Farooq, M, Hussain, M, Wakeel, A, & Siddique, KH. (2015). Salt stress in maize: Effects, resistance mechanisms, and management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 461-481.
16. Gulser, F, Sonmez, F, & Boysan, S. (2010). Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 873-876.
17. Hafez, MM. (2003). Effect of some sources of nitrogen fertilizer and concentration of humic acid on the productivity of squash plant. *Egyptian Journal of Applied Science*, 19(10), 293-309.
18. Hartwigson, JA, & Evans, MR. (2000). Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *HortScience*, 35(7), 1231-1233.

- Fruit yield and quality of watermelon as affected by hybrids and humic acid application. *Applied Sciences Research*, 1(1), 51-58.
34. Sebahattin, A, & Necdet, C. (2005). Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (*Brassica rapa* L.). *Journal of Agronomy*, 4, 130-133.
 35. Kline, SW, & Wilson, CE. (1994). Proposal for experimentation with Arkansas lignite to identify organic soil supplements suitable to regional agricultural needs. Arkansas Tech University, Russellville, USA.
 36. Talebi, M, Hadavi, E, & Jaafari, N. (2014). Foliar sprays of citric acid and malic acid modify growth, flowering, and root to shoot ratio of *Gazania* (*Gazania rigens* L.): A comparative analysis by ANOVA and structural equations modeling. *Advances in Agriculture*, 2014, 1-6
 37. Tan, KH, & Tantiwiranond, D. (1983). Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut and clover. *Soil Science Society of America Journal*, 47, 1121-1124.
 38. Tattini, M, Chiarini, A, Tafani, R, & Castagneto, M. (1990). Effect of humic acids on growth and nitrogen uptake of container – grown olive. (*Olea europaea* L. ‘Maurino’). *Acta Horticulturae*, 286, 125-128.
 39. Thenmozhi, S, Natarajan, S, & Selvakumari, G. (2004). Effect of humic acid on growth and yield parameters of groundnut (var. Vri 2). *Cropres*, 27, 205-209.
 40. Turan, MA, Asik, BB, Katkat, AV, & Celik, H. (2011). The effects of soil-applied humic substances to the dry weight and mineral application of citric acid. *Annals of Biological Research*, 4, 62-71.
 26. Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
 27. Melero, S, Madejon, E, & Herencia, JC. (2007). Chemical and biochemical properties of a clay soil under dry land agriculture system as affected by organic fertilization. *European Journal of Agronomy*, 26, 327-334.
 28. Mindari, W, Kusuma, Z, Aini, N, & Syekhfani, S. (2014). Effects of humic acid-based buffer + cation on chemical characteristics of saline soils and maize growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(1), 259-268.
 29. Nikbakht, A, Kafi, M, Babalar, M, Xia, YP, Luo, A, & Etemadi, NA. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2155-2167.
 30. Pujar, SS. (1995). Effect of distillery effluent irrigation on growth, yield and quality of crops. M.Sc. (Agriculture) Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad.
 31. Qadir, M, & Oster, JD. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 323, 1-19.
 32. Russo, RO, & Berlyn, GP. (1990). The use of organic biostimulants to help low input. sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 2, 19-42.
 33. Sahman, SR, Abou-Hussein, SD, Abdel-Mawgoud, MR, & El-Nemr, MA. (2005).

42. Wu, Q, & Xu, H. (2020). Design and development of an on-line fluorescence spectroscopy system for detection of aflatoxin in pistachio nuts. *Postharvest Biology and Technology*, 159, 111016.
43. Zhang, L, Livingstone, JR, Tarui, Y, & Hirasawa, E. (2009). Effects of citric acid, sucrose, and proton concentration in suppressing defoliation in Hibiscus plants grown under low-illumination conditions. *HortTechnology*, 19, 305-308.
- nutrient uptake of maize plants under soil-salinity conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 171-177.
41. Villa-Castorena, M, Ulery, AL, Catalán-Valencia, EA, & Remmenga, MD. (2003). Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chilli pepper plants. *Soil Science Society of America Journal*, 37, 1781-1789.

Improving Pistachio Yield in Saline Soil with the Application of Organic Acids

Abstract

In order to investigate the effect of organic acids application in saline soil on pistachio yield, this research was carried out in Ardakan city in Chah-Afzal area in a randomized complete block design with 4 treatments and 4 replications. Treatments included: treatment 1 (control), treatment 2 (70% citric acid + 20% calcium + 10%fulvic acid), treatment 3 (70% citric acid + 10% calcium + 10% fulvic acid + 10% polysaccharide), treatment 4 (100% citric acid). The amount of each treatment was 10 kg per hectare, which was used in irrigation water from March to September in four steps (2.5 kg per hectare, each step). At the harvest time, the number of cluster, fresh weight of pistachio, dry weight of pistachio, pistachio nut weight, number of nut per cluster, number of open shell pistachio,

number of closed shell and blank nut and leaf area were evaluated in the four branches of each tree. Results showed that among treatments, 100% citric acid improved the fresh weight of pistachio with skin (283.79 %), pistachio dry weight (265.74%), pistachio nut weight (296.43 %), and number of nuts per cluster (220.98 %) compared to the control treatment. And the highest percentage of open shell pistachio (42.16 %) was observed in treatment 2 compared to the control treatment. Regarding the effect of these fertilizers on the pistachio yield in saline soils, increasing use of fertilizers containing organic acids is suggested in areas with saline soil and water.

Keywords: Citric acid, Dry weight, Fresh weight, Fulvic acid, *Pistacia vera* L.