مجتمع مس سرچشمه شرکت ملی مس ایران
PRC
پژوهشکده پسته

دستنامه فنی

کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری در فصل رشد باغ‌های پسته

نویسندگان:
سیدجواد حسینی‌فرد، ناصر صداقتی،
عصمت اسماعیل‌زاده، علی اسماعیل‌پور، ماریه نادی،
محمد عبدالهی عزت آبادی، محمدرضا نیکویی دستجردی

۱۴۰۱

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده پسته

با حمایت مالی و همکاری فنی
مجتمع مس سرچشمه رفسنجان
امور تحقیق و توسعه

دستنامه فنی

کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری در فصل رشد باغ‌های پسته

نویسندگان:
سیدجواد حسینی‌فرد، ناصر صداقتی،
عصمت اسماعیل‌زاده، علی اسماعیل‌پور، ماریه نادی،
محمد عبدالهی عزت‌آبادی، محمدرضا نیکوبی دستجردی

۱۴۰۱

مولفین: سیدجواد حسینی‌فرد، ناصر صداقتی، عصمت اسماعیل‌زاده، علی اسماعیل‌پور، ماریه نادی، محمد عبدالهی عزت‌آبادی، محمدرضا نیکویی دستجردی

ویراستاران علمی: اکبر محمدی محمدآبادی، هرمزد نقوی، مریم افروشه

پدیدآور: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته و مجتمع مس سرچشمه، امور تحقیق و توسعه

حاصل از: طرح تحقیقاتی با عنوان « بررسی اثرات کاربرد اسید سولفوریک تولیدی مجتمع مس سرچشمه در آب آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی خاک، رشد و عملکرد کمی و کیفی درختان پسته»، به شماره مصوب ۹۷۰۲۹ ۰۹۱ ۳۳ ۰۶ ۰۱۴ و قرارداد شماره ۲۰۹۷۵۶۸۳ پژوهشکده پسته با شرکت ملی صنایع مس ایران، مجتمع مس سرچشمه، امور تحقیق و توسعه

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱

مسئولیت درستی مطالب با نگارندگان است.

این اثر با شماره ۶۰۸۱۴ مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۰۴ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: رفسنجان- میدان شهیدان حسینی- پژوهشکده پسته

شماره تلفن: ۰۳۴۳۴۳۲۵۲۰۱ دورنگار: ۰۳۴۳۴۲۲۵۲۰۸

نشانی سایت: http://www.pri.ir

فهرست

۱- مقدمه ۱
۲- چرا در باغ‌های پسته از اسید سولفوریک استفاده می‌شود؟ ۴
۳- در چه خاک‌هایی کاربرد اسید سولفوریک می‌تواند مفید باشد؟ ۷
۳-۱- شور یا شور و سدیمی بودن خاک در ناحیه ریشه ۷
۳-۲- کافی بودن عناصر غذایی در خاک و پایین بودن غلظت آن‌ها در برگ ۸
۳-۳- تغوذپذیری پایین خاک نسبت به آب ۱۰
۴- در چه خاک‌هایی کاربرد اسید سولفوریک مفید نیست؟ ۱۰
۴-۱- خاک‌های با بافت شنی و سبک ۱۱
۴-۲- خاک‌های حاصلخیز و با درصد ماده آلی مناسب ۱۱
۴-۳- خاک‌های دارای لایه سخت و غیر قابل نفوذ ۱۱
۵- حجم اسید سولفوریک مصرفی و pH آب آبیاری چه مقدار باشد؟ ۱۲
۶- در طول فصل رشد چند نوبت از اسید سولفوریک می‌توان استفاده کرد؟ ۱۴
۷- روش اسیددهی در آبیاری غرقابی چگونه است؟ ۱۵
۸- آیا در تانکر اسیددهی نیاز به مخلوط کردن اسید سولفوریک با آب وجود دارد؟ ۱۷
۸-۱- اسید دهی در سطح زیاد (مثلاً یک هکتار) ۱۷
۸-۲- اسید دهی در یک یا تعداد معدودی ردیف ۱۷
۹- کنترل pH آب آبیاری ۱۸
۹-۱- استفاده از دستگاه pH متر قابل‌حمل ۱۸
۹-۲- استفاده از کاغذ pH سنج ۱۹
۱۰- چرا pH آب آبیاری در طول کرت باید کنترل شود؟ ۲۰
۱۱- آیا pH آب آبیاری در طول کرت یکسان و یکنواخت است؟ ۲۱
۱۲- استفاده از اسید سولفوریک در فصل رشد باغ‌های پسته چه اثرات مطلوبی دارد؟ ۲۲
۱۲-۱- افزایش عملکرد درختان پسته ۲۲
۱۲-۲- افزایش کیفیت میوه پسته ۲۲
۱۲-۳- بهبود صفات رویشی و زایشی درختان پسته ۲۳
۱۲-۴- کاهش pH خاک ۲۳
۱۲-۵- کاهش درصد آهک خاک ۲۴
۱۲-۶- کاهش شوری خاک ۲۴
۱۲-۷- کاهش نسبت جذب سدیم یا درصد سدیم تبادلی ۲۵
۱۲-۸- بهبود وضعیت برخی از عناصر غذایی خاک و برگ ۲۶
۱۳- استفاده از اسید سولفوریک در باغ‌های پسته چه اثرات نامطلوبی می‌تواند داشته باشد؟ ۲۹
۱۴- آیا کاربرد اسید سولفوریک در فصل رشد باغ‌های پسته اقتصادی است؟ ۳۱
۱۵- چه نکات ایمنی را حتماً باید رعایت کرد؟ ۳۳
۱۶- لیست خلاصه کارهایی که برای کاربرد اسید سولفوریک در باغ باید انجام داد ۳۵
منابع ۳۷

۱- مقدمه

خاک‌های مناطق پسته‌کاری کشور دارای درصد آهک بالا بوده و در محدوده pH قلیایی قرار می‌گیرند. این خاک‌ها همچنین محدودیت‌های مختلف شوری و سدیمی بودن دارند. در این شرایط جذب اغلب عناصر غذایی گیاه با مشکل روبرو بوده و رشد و عملکرد کمی و کیفی محصول تحت تأثیر قرار می‌گیرد. کاربرد مواد آلی، گوگرد، گچ و اسید سولفوریک ازجمله راه‌های تعدیل و اصلاح pH و همچنین سدیمی بودن خاک به شمار می‌آیند.

در اغلب تحقیقات نشان داده شده است که اسید سولفوریک اثرات اصلاحی خود را در خاک و به دنبال آن روی گیاه سریع‌تر ظاهر می‌سازد. اسید سولفوریک با کاهش pH خاک به‌صورت موضعی در محیط اطراف ریشه، می‌تواند باعث جذب بیش‌تر عناصر غذایی مهمی مانند فسفر، آهن، روی، منگنز و مس شود. همچنین با انحلال کربنات کلسیم موجود در خاک و آزاد سازی کلسیم باعث جایگزینی سدیم سطح ذرات خاک با کلسیم و اصلاح خاک‌های شور و سدیمی گردد. گرچه اصلاح خاک، عملیاتی معمول در فصل زمستان است اما نتایج کار تحقیقاتی انجام‌شده در طول فصل رشد درختان پسته، که این اثر به آن خواهد پرداخت، نشان داد که کاربرد اسید سولفوریک در فصل رشد درختان می‌تواند سبب کاهش شوری (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک[1]) و نسبت جذب سدیم[2] خاک شود، اما برای استفاده از اسید سولفوریک در فصل رشد باید تمهیداتی در نظر گرفته و رعایت شود که در این دستورالعمل به آن پرداخته خواهد شد.

آهکی بودن و شورِ سدیمی شدن خاک، بخش‌های وسیعی از مناطق خشک

1. Electrical conductivity of a saturated soil extract (ECe)
2. Sodium absorption ratio(SAR)

و نیمه خشک را تحت تأثیر قرار داده است. حدود نیمی از اراضی زیر کشت آبی دنیا مورد تهدید شوری و سدیم قرارگرفته‌اند (فلاژلا و همکاران، ۲۰۰۲). در ایران خاک‌های شور و سدیمی، وسعتی حدود ۱۵ تا ۲۶ میلیون هکتار (۱۰ تا ۱۵ درصد مساحت کشور) را به خود اختصاص داده‌اند (چرم و رنگزامی، ۱۹۹۷؛ مصطفی‌زاده فرد و همکاران، ۲۰۰۷). خاک‌های شور و سدیمی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نامطلوبی دارند که باعث کاهش عرضه عناصر غذایی و در نهایت افت رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (کویرک، ۲۰۰۱؛ قدیر و اوستر، ۲۰۰۴).

به‌دلیل محدودیت‌های خاک‌های شور و سدیمی، ضرورت اصلاح و احیا این اراضی که پتانسیل و قابلیت کشت و کار در آنها وجود دارد، امری اجتناب ناپذیر است. از این‌رو برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، روش‌های متفاوتی توسط محققان استفاده شده است (قدیر و همکاران، ۲۰۰۱؛ والزانو و همکاران، ۲۰۰۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). مبنای اصلاح خاک‌های سدیمی جایگزین نمودن سدیم تبادلی توسط کلسیم است. سدیم جایگزین شده با آبشویی از ناحیه ریشه و یا نیمرخ خاک خارج می‌شود. منبع رایج برای تأمین کلسیم ماده‌ای است که خود دارای کلسیم باشد و یا اینکه پس از مصرف باعث انحلال آن در خاک گردد. بنابراین، دو روش برای اصلاح چنین خاک‌هایی وجود دارد که شامل افزودن منبع حاوی کلسیم به خاک به‌ویژه خاک‌های غیرآهکی و افزایش حلالیت کلسیم موجود در خاک‌های آهکی است (کویرک،۲۰۰۱).

ماده آلی (والزلنو و همکاران، ۲۰۰۱؛ لی و کرن، ۲۰۰۹؛ وانگ و همکاران ۲۰۰۹) گچ (میشل و همکاران، ۲۰۰۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹) و اسید سولفوریک) آمزکتا و همکاران، ۲۰۰۵؛ صدیق و همکاران، ۲۰۰۷) برخی از این اصلاح کننده‌ها هستند که مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یکی از فاکتورهای اساسی در جذب مواد غذایی توسط درختان از خاک، pH خاک است. pH خاک به‌صورت مستقیم روی خصوصیات شیمیایی، میکروارگانیسم‌های موجود در خاک و در نهایت جذب عناصر و مواد غذایی مختلف تأثیر می‌گذارد. pH خاک مشخص می‌کند کدام عناصر توسط ریشه‌ها جذب شوند. عناصری مانند آهن، روی، منگنز و مس از مهم‌ترین عناصری هستند که در شرایط pH کم‌تر خاک، توانایی جذب بیش‌تر توسط گیاهان دارند.

در باغ‌های پسته استان کرمان نیز به‌دلیل pH بالای خاک، کمبود عناصر کم مصرف تقریباً در تمامی باغ‌های پسته مشاهده می‌شود. استفاده از اسید سولفوریک در آب آبیاری می‌تواند دسترسی گیاه به مواد مغذی را افزایش دهد. به‌علاوه، در خاک‌های آهکی که دارای pH بالا هستند، استفاده از اسید در آب آبیاری به‌دلیل افزایش در دسترس بودن مواد مغذی مورد استفاده برای گیاه، سبب کاهش مصرف کود می‌شود (مالتاس و کاپلند، ۲۰۱۸). اسیدی شدن آب باعث افزایش نفوذ آب در خاک می‌شود (میاماتو و استرولین، ۱۹۸۶).

اصلاح خاک در باغ‌های پسته از اولویت‌های مدیریت جذب عناصر غذایی به‌شمار می‌آید. بنابراین کاربرد اسید سولفوریک در خاک از دو جنبه قابل بررسی است:

الف- اثر بر pH محیط اطراف ریشه و بهبود جذب عناصر غذایی

ب- کمک به اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از طریق جایگزینی سدیم روی سطح ذرات خاک با کلسیم آزاد شده از اثر اسید سولفوریک بر آهک موجود در خاک.

البته این دو اثر در ارتباط باهم هستند. در این دستنامه به شرایط و چگونگی کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری باغ‌های پسته در فصل رشد پرداخته شده است. هدف این است که باغداران بتوانند با اطلاع از اثرات اسید سولفوریک در خاک و رعایت شرایط از کاربرد این ماده بهره کافی برده و در مواردی که لازم

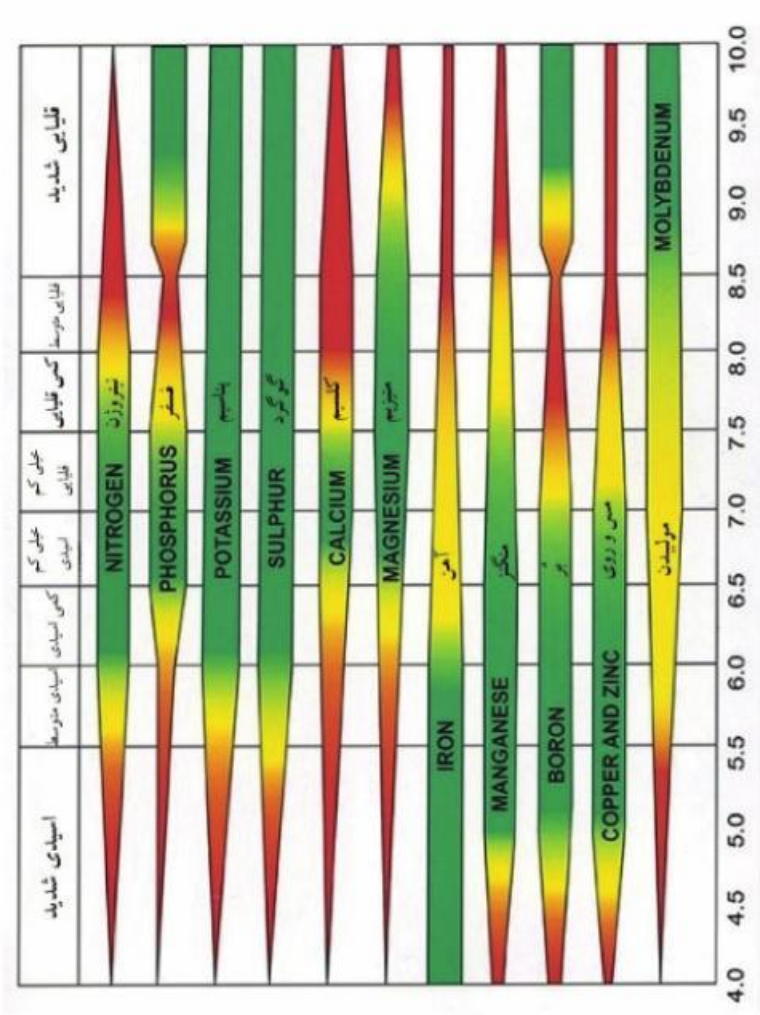
نیست از آن استفاده ننمایند. با توجه به اینکه در استفاده از اسید سولفوریک در باغ‌های پسته در ابتدای راه هستیم و باغداران تجربه لازم در این مورد را ندارند باید توجه نمود این ماده در برخی خاک‌ها و با رعایت شرایط خاص اثرات مثبت خواهد داشت و نباید آن را در همه شرایط و بدون رعایت مسائل فنی به کار برد و یا انتظار معجزه از آن داشت.

۲- چرا در باغ‌های پسته از اسید سولفوریک استفاده می‌شود؟

باغ‌های پسته در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند و این باعث می‌شود که این خاک‌ها دو ویژگی اصلی و مهم داشته باشند:

الف- خاک‌های مناطق پسته‌کاری آهکی و دارای pH بالا بوده و قلیایی هستند. pH بالا جذب اکثر عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان را با مشکل روبرو می‌نماید (شکل ۱). بهترین pH برای جذب اکثر عناصر غذایی ۶/۵ تا ۷ است.

جذب عناصر مهمی مانند فسفر (P)، آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز(Mn) و مس (Cu) در خاک‌های مناطق پسته‌کاری و با افزایش pH کاهش می‌یابد. همه خاک‌های این مناطق pH بالاتر از ۷ دارند و گاهی به حدود ۸/۵ هم می‌رسد. گرچه pH خاک به‌سختی تغییر می‌کند اما کاربرد مواد اصلاح کننده مانند مواد آلی و اسیدها می‌تواند سبب کاهش موضعی pH محیط اطراف ریشه و در نتیجه جذب بیش‌تر عناصر غذایی شود.

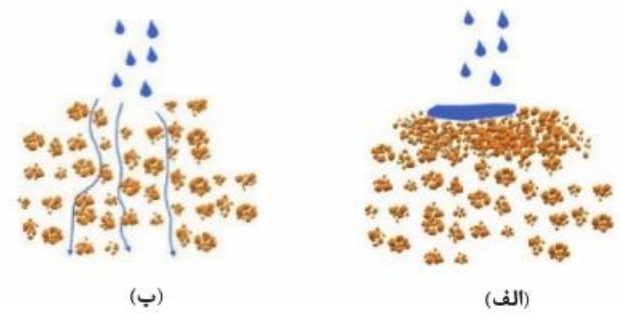


شکل ۱ تأثیر pH بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی خاک برای گیاه
(عرض هر گراف نشان دهنده میزان دسترسی آن عنصر است).

ب- بسیاری از خاک‌های مناطق پسته کاری درجات مختلفی از شوری و سدیم تبادلی دارند. برای کاهش شوری خاک نیاز به آبیاری مناسب و نفوذ خوب آب در خاک و برای کاهش درصد سدیم تبادلی علاوه بر آبیاری و نفوذ پذیری مناسب، به منبعی از کلسیم نیاز است. مبنای اصلاح خاک‌های سدیمی جایگزین نمودن سدیم تبادلی توسط کلسیم است. سدیم جایگزین شده باید با آبشویی از ناحیه ریشه و یا نیمرخ خاک خارج شود. منبع رایج برای تأمین کلسیم ماده‌ای است که خود دارای کلسیم باشد و یا اینکه پس از مصرف باعث انحلال آن در خاک گردد. بنابراین، دو روش برای اصلاح چنین خاک‌هایی وجود دارد که شامل:

* افزودن منبع حاوی کلسیم مانند گچ به خاک به‌ویژه خاک‌های غیرآهکی.
* افزایش حلالیت کلسیم موجود در خاک‌های آهکی (کویرک،۲۰۰۱).

خاک‌های مناطق پسته‌کاری کشور به‌طور متوسط حاوی (۳۰ - ۱۵) درصد آهک هستند. استفاده از اسید سولفوریک در آب آبیاری می‌تواند مقداری از آهک موجود در خاک را حل نموده و کلسیم را در محلول خاک آزاد کند. کلسیم آزاد شده جایگزین سدیم روی سطح ذرات خاک شده و با خروج سدیم از ناحیه ریشه هم اثرات سمیت آن کاهش یافته (کاهش درصد سدیم تبادلی یا نسبت جذب سدیم خاک) و هم نفوذ پذیری خاک بهبود می‌یابد. استفاده از اسید همچنین سبب کاهش مقاومت خاک و افزایش هدایت هیدرولیکی و در نتیجه افزایش نفوذ پذیری خاک می‌شود. دلایل این امر بهبود ساختمان خاک و توزیع اندازه خلل و فرج موجود در خاک می‌تواند باشد. بهبود نفوذ پذیری باعث عبور بهتر آب و نمک از خاک و کاهش شوری آن می‌شود.



شکل ۲ اثر سدیم (الف) و کلسیم (ب) تبادلی بر نفوذپذیری خاک

(در خاک‌های دارای درصد سدیم تبادلی بیش‌تر ذرات خاک پراکنده و نفوذپذیری آب کم است درحالی‌که در خاک کلسیمی خاکدانه‌ها بهتر تشکیل‌شده و نفوذپذیری آن‌ها نسبت به آب بیش‌تر است).

۳- در چه خاک‌هایی کاربرد اسید سولفوریک می‌تواند مفید باشد؟

صرف نظر از چگونگی و روش استفاده از اسید، کاربرد اسید سولفوریک در همه خاک‌های مناطق پسته کاری لازم نیست و خاک باید شرایط ویژه‌ای داشته باشد تا استفاده از اسید سولفوریک مفید واقع شود. برخی از این شرایط عبارتند از:

۳-۱- شور یا شور و سدیمی بودن خاک در ناحیه ریشه

همان‌گونه که توضیح داده شد اسید سولفوریک با حل کردن مقداری آهک و آزاد نمودن کلسیم باعث بهبود نفوذ پذیری خاک شده و حرکت نمک‌ها و آب به لایه‌های زیرین خاک را بهبود می‌بخشد. بنابراین کاربرد آن در خاک‌های شور و شور سدیمی می‌تواند مفید بوده و باعث کاهش شوری و سدیم تبادلی خاک گردد اما باید دقت نمود کاربرد اسید سولفوریک در فصل رشد در خاک‌هایی صورت گیرد که شوری و سدیم تبادلی بالا، در ناحیه تراکم ریشه‌ها باشد تا با آبیاری با آب اسیدی شده، نمک‌ها به لایه‌های پایین‌تر از ناحیه ریشه هدایت شده و تأثیر

منفی نمک بر ریشه را کاهش دهد.

اگر تجمع شوری در سطح خاک یا لایه‌های بالاتر از ناحیه ریشه باشد، آبیاری با آب همراه اسید سولفوریک، به احتمال زیاد (با توجه به حجم آب در آبیاری‌های مرسوم باغ‌های پسته) نمک‌ها را به ناحیه ریشه رسانده و باعث تشدید تأثیر منفی نمک‌ها بر ریشه‌ها می‌شود. بدیهی است شناسایی خاک و لایه‌های مختلف آن ازجمله لایه تراکم ریشه‌های ریز و انجام آزمایش خاک و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن ازجمله درصد رس و شن، شوری، نسبت جذب سدیم (SAR) و یا درصد سدیم تبادلی[1] در هر لایه برای استفاده صحیح و اصولی از اسید سولفوریک در باغ لازم و ضروری است.

۲-۳- کافی بودن عناصر غذایی در خاک و پایین بودن غلظت آن‌ها در برگ

اگر در آزمایش‌های خاک و برگ انجام شده مربوط به یک باغ، غلظت عناصر غذایی در خاک در حد استاندارد و کافی باشد بیش‌تر از مقادیر ارائه شده در جدول(۱) ولی غلظت آن‌ها در برگ کم‌تر از استاندارد بوده و کمبود نشان دهد کم‌تر از مقادیر ارائه شده در جدول (۲)، احتمالاً شرایط خاک سبب کاهش جذب عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان شده است. از مهم‌ترین این شرایط نیز pH بالا (بیش‌تر از۷) در خاک است. در این شرایط کاربرد اسید سولفوریک می‌تواند به جذب بیش‌تر عناصر کمک نماید.

یکی از اثرات کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری، کاهش موضعی pH محیط اطراف ریشه و جذب بیش‌تر عناصر غذایی است. بنابراین اگر در خاک مقدار عناصر غذایی موجود به اندازه کافی نباشد استفاده از اسید سولفوریک نمی‌تواند

1. Exchangeable sodium percentage (ESP)

باعث جذب بهتر و بیش‌تر آن‌ها شود. برای تشخیص این مورد هم آزمایش خاک به‌ویژه اندازه‌گیری عناصر غذایی در ناحیه تراکم ریشه‌های ریز درختان پسته لازم و ضروری است. بهتر است عناصر مهمی مانند فسفر، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شود.

براساس تجارب به‌دست آمده، در جدول(۱) حداقل غلظت عناصر غذایی خاک برای اینکه کاربرد اسید سولفوریک بتواند سبب افزایش جذب آن‌ها شود، پیشنهاد شده است. در جدول(۲) نیز حداقل غلظت عناصر غذایی در برگ برای تشخیص کمبود عناصر غذایی ارائه شده است. مقادیر کم‌تر از غلظت عناصر غذایی این جدول نشان‌دهنده کمبود عناصر در برگ است و در این شرایط اگر در خاک غلظت عناصر غذایی به حد کفایت باشد بیش‌تر از مقادیر جدول(۱) استفاده از اسید سولفوریک برای افزایش جذب آن‌ها می‌تواند مفید باشد.

جدول ۱- حداقل غلظت پیشنهادی کفایت عناصر غذایی در خاک برای بهره‌وری بیش‌تر کاربرد اسید سولفوریک

عنصر غذایی	دامنه کفایت در خاک میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک؛(ppm)
فسفر (P)	۱۰ ۱۵
آهن (Fe)	۳ ۷
روی (Zn)	۱ ۲
منگنز (Mn)	۵ ۱۰
مس (Cu)	۰٫۵ ۱

* مقادیر کم‌تر از غلظت عناصر غذایی این جدول نشان‌دهنده کمبود عناصر در خاک و مفید نبودن اسید سولفوریک برای افزایش جذب آنهاست.

جدول ۲- حداقل غلظت پیشنهادی عناصر غذایی در برگ

عنصر غذایی	حداقل غلظت لازم در برگ پسته
فسفر (P)	۰٫۱ (گرم بر صد گرم؛ درصد)
آهن (Fe)	۱۰۰ (میکروگرم بر گرم؛ ppm)
روی (Zn)	۱۰ (میکروگرم بر گرم؛ ppm)
منگنز (Mn)	۳۰ (میکروگرم بر گرم؛ ppm)
مس (Cu)	۵ (میکروگرم بر گرم؛ ppm)

* مقادیر کم تر از غلظت عناصر غذایی این جدول نشان دهنده کمبود عناصر در برگ است و در این شرایط اگر در خاک غلظت عناصر غذایی به حد کفایت باشد بیش‌تر از مقادیر جدول(۱) استفاده از اسید سولفوریک برای افزایش جذب آن‌ها می‌تواند مفید باشد.

۳-۳- نفوذ پذیری پایین خاک نسبت به آب

در صورتی‌که ساختمان و نفوذ پذیری خاک مناسب نباشد کاربرد اسید سولفوریک با آزاد کردن کلسیم می‌تواند به خاکدانه سازی و بهبود ساختمان و نفوذ پذیری کمک نماید. باید دقت نمود که عدم نفوذ پذیری به‌دلیل لایه سخت غیر قابل نفوذ نباشد.

۴- در چه خاک‌هایی کاربرد اسید سولفوریک مفید نیست؟

با توجه به موارد گفته شده، کاربرد اسید سولفوریک در شرایط خاصی از نظر خصوصیات خاک می‌تواند مفید باشد اما برای تأکید بیش‌تر به‌دلیل اهمیت زیاد این موضوع بد نیست برخی از شرایطی را که کاربرد اسید مفید نیست را هم یادآور شد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۴-۱- خاک‌های با بافت شنی و سبک

در این نوع خاک‌ها معمولاً تجمع نمک و شوری وجود ندارد و همچنین از ذخیره کافی عناصر غذایی برخوردار نیستند. بنابراین کاربرد اسید سولفوریک در این شرایط نه‌تنها کمکی نخواهد کرد بلکه می‌تواند مضر هم باشد. چرا که امکان دارد مقداری از عناصر غذایی مفید را از دسترس ریشه خارج نماید یا باعث کاهش ماده آلی موجود در خاک شود.

۴-۲- خاک‌های حاصلخیز و با درصد ماده آلی مناسب

برخی از خاک‌ها در مناطق پسته کاری وجود دارد که به‌طور طبیعی یا به‌دلیل مدیریت مطلوبی که طی سالیان داشته‌اند وضعیت مناسبی داشته و ذخیره خوبی از نظر مواد آلی (به‌دلیل استفاده از کودهای حیوانی) دارند.

شوری پایین‌تر از ۸ دسی زیمنس بر متر در لایه‌های مختلف خاک به‌ویژه در ناحیه ریشه، نسبت جذب سدیم (SAR) کم‌تر از ۱۳ یا درصد سدیم تبادلی (ESP) کم‌تر از ۱۵، درصد مواد آلی در ناحیه ریشه بیش‌تر از یک، ساختمان و نفوذ پذیری خوب، وجود مقادیر مناسب و متعادلی از عناصر غذایی قابل جذب در ناحیه ریشه ازجمله خصوصیات این خاک‌ها به‌شمار می‌روند. چنین خاک‌هایی نیاز به استفاده از اسید سولفوریک ندارند و کاربرد خودسرانه آن می‌تواند مضر بوده و از حاصلخیزی مناسب خاک بکاهد. **در باغ‌هایی که از کود حیوانی استفاده شده است بهتر است حتی‌المقدور یک تا دو سال از اسید سولفوریک استفاده نشود.**

۴-۳- خاک‌های دارای لایه سخت و غیرقابل نفوذ

در خاک‌هایی که لایه‌ای سخت و غیر قابل نفوذ تا عمق (۱٫۵ - ۱) متر دارند چون نفوذ آب و نمک‌ها در آنها با مشکل روبروست کاربرد اسید سولفوریک در آب

آبیـاری کمکی بـه بهبود وضعیـت نخواهد کرد.

۵- حجم اسید سولفوریک مصرفی و pH آب آبیاری چه مقدار باشد؟

مقـدار اسـتفاده از اسـید سـولفوریک در آب آبیـاری باغ‌های پسـته به میـزان کاهش مورد انتظار pH آب بسـتگی دارد. بنابراین در کنار مقدار اسـید، شـدت ورود آن به آب آبیـاری در بـاغ کـه بـا pH آب تعیین می‌شـود، مهم و دارای اهمیت اسـت. شـدت ورود اسـید بـه معنـی مقـدار اسـید ورودی بـه آب در واحـد زمان اسـت مثلاً لیتر بـر دقیقه. پـس در گام اول بایـد مشـخص شـود کـه هدف از کاربرد اسـید سـولفوریک چـه مقدار کاهـش در pH آب می‌باشـد.

نتایـج تحقیقـات انجـام شـده در باغ‌هـای پسـته گوناگـون نشـان داد کـه یکـی از مهم‌تریـن عوامـل تعییـن میـزان کاهـش pH، بافـت خـاک اسـت. بسـته به نـوع بافت خـاک مشـخص می‌شـود کـه pH آب آبیـاری چـه مقـدار می‌توانـد کاهـش یابـد. در جـدول(۳) مقـدار کاهـش pH آب آبیـاری بـر اسـاس بافـت خـاک آمـده اسـت. بعد از مشـخص شـدن نـوع خـاک و pH آب آبیـاری بایـد تعییـن شـود کـه چه حجم اسـید سـولفوریک بـرای رسـاندن آب بـه pH مـورد نظـر لازم اسـت.

بـرای ایـن کار باید در آزمایشـگاه بـا آب آبیاری مورد نظر هر باغـدار، اندازه‌گیری‌هایی انجـام شـود تـا مقدار اسـید سـولفوریک لازم برای رسـیدن بـه pH های مشخص‌شـده در جـدول(۳) تعییـن گـردد. این بدان مفهوم اسـت که عـلاوه بر pH آب آبیاری، سـایر خصوصیـات آب ماننـد شـوری، نـوع کاتیون‌هـا و آنیون‌هـای موجـود در آن نیـز روی مقـدار اسـید سـولفوریک لازم مـورد اسـتفاده برای هر آب آبیـاری مؤثر اسـت و باید در نظر گرفته شـود.

جدول ۳- مقدار مجاز کاهش pH آب آبیاری برای کاربرد اسید سولفوریک در باغ‌های پسته (حسینی فرد و همکاران، ۱۴۰۰)

گروه بافت خاک	انواع بافت خاک در گروه مربوطه	pHمجاز آب آبیاری برای کاربرد اسید سولفوریک
سبک (درشت بافت)	شن[۱]، شن لومی[۲]	۵
متوسط	لوم[۳]، لوم شنی[۴]، لوم رسی[۵]، سیلت لومی[۶]، سیلت[۷]، لوم رسی شنی[۸]	۴
سنگین (ریز بافت)	رس[۹]، رس شنی[۱۰]، لوم رسی- سیلتی[۱۱]، رس سیلتی[۱۲]	۳

* این pH باید در وسط طول هر ردیف درختان توسط دستگاه pH متر یا کاغذ pH سنج تعیین شود.

1. Sand
2. Loamy sand
3. Loam
4. Sandy loam
5. Clay Loam
6. Silt loam
7. Silt
8. Sandy clay loam
9. Clay
10. Sandy clay
11. Silty clay loam
12. Silty clay

بنابراین بهترین راه این است که برای هر موتور پمپ با تجزیه آب آبیاری و انجام آزمایش‌های لازم توسط متخصصین، مقدار اسید سولفوریک برای استفاده در آب آبیاری جهت رسیدن به هر یک از pHهای پیشنهاد شده برای خاک‌های مختلف جدول(۳) تعیین شود. به‌طورکلی و بر اساس آزمایش‌های انجام شده توسط پژوهشکده پسته تاکنون و با اطلاعات موجود، **در هر نوبت حدود ۲۰۰ لیتر اسید سولفوریک غلیظ ۹۸ درصد در هر هکتار باغ** قابل استفاده است. باغداران باید حجم اسید سولفوریک ورودی به آب آبیاری باغ خود را طوری تنظیم نمایند تا pH آب آبیاری در وسط طول هر ردیف درختان برحسب نوع خاک جدول (۳) به عدد مورد نظر برسد. مسلماً مقدار دبی آب (حجم آب در واحد زمان؛ لیتر بر ثانیه) و زمان آبیاری در هر ردیف بر حجم ورودی اسید تأثیرگذار است. باغداران برحسب شرایط خود باید شیر تانکر اسید را طوری تنظیم نمایند تا pH آب در وسط ردیف به مقدار مشخص‌شده در جدول(۳) برای هر بافت خاک برسد.

۶–در طول فصل رشد چند نوبت از اسید سولفوریک می‌توان استفاده کرد؟

استفاده از اسید سولفوریک در طول فصل رشد (شروع سبز شدن درختان تا برداشت پسته) می‌تواند در دو نوبت از سه نوبت آبیاری‌های زیر در نظر گرفته شود.

الف– نوبت آبیاری قبل از شروع سبز شدن درختان

ب– نوبت آبیاری بعد از تشکیل و رشد اولیه میوه (ارزنی شدن میوه)

ج– نوبت آبیاری قبل از شروع پُرشدن دانه (پُر شدن مغز)

بنابراین در مجموع حدود ۴۰۰ لیتر اسید سولفوریک در هر هکتار در دو نوبت استفاده در طول فصل رشد قابل توصیه است. زمان‌های مورد نظر از مهم‌ترین زمان‌های رشد درختان و جذب عناصر غذایی توسط درختان به‌شمار می‌آید. با اطلاعات موجود به‌دلیل برخی اثرات نامطلوب کاربرد اسید سولفوریک (کاهش ماده آلی و تنفس میکروبی خاک) که در ادامه در

مورد آن‌ها صحبت خواهد شد، بهتر است به دو نوبت کاربرد اسید سولفوریک در طول فصل رشد اکتفا شود.

لازم به توضیح است که اواخر پاییز و فصل زمستان نیز جزء زمان‌های کاربرد اسید سولفوریک برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی به شمار می‌رود. در این خصوص یک طرح تحقیقاتی در دست اجرا است که در آن کاربرد اسید سولفوریک با گچ مقایسه شده است. شرایط و چگونگی آن بعد از اتمام کار منتشر خواهد شد.

۷- روش اسید دهی در آبیاری غرقابی چگونه است؟

با توجه به نوع آبیاری باغ، روش اسیددهی متفاوت است. در سیستم‌های آبیاری تحت فشار (قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و ...) به‌شرط آنکه تمهیدات لازم برای جلوگیری از خوردگی لوله‌ها و اتصالات توسط اسید در نظر گرفته شود، می‌توان تانکری ویژه تزریق اسید در سیستم آبیاری در نظر گرفت و از مزایای آن برای شستشوی سیستم آبیاری و قطره چکان‌ها، اصلاح pH آب و خاک در طول فصل و اصلاح خاک در زمستان بهره برد (شکل ۳).

شکل ۳ تانکر ویژه تزریق اسید سولفوریک در سیستم‌های آبیاری تحت فشار به همراه پمپ تزریق مخصوص اسید

در آبیاری غرقابی هنگام آبیاری با استفاده از تانکرهای پلی اتیلنی مخصوص اسید، اسید به مقدار مشخص و مناسب به آب آبیاری اضافه شده و ضمن اصلاح pH آب می‌تواند باعث اصلاح موضعی pH خاک اطراف ریشه‌های ریز گیاه شده و جذب عناصر غذایی را افزایش دهد (شکل۴).

شکل ۴ نمونه‌ای از تانکر پلی اتیلنی ویژه کاربرد اسید سولفوریک در آبیاری غرقابی سنتی در باغ‌های پسته

۸- آیا در تانکر اسید دهی نیاز به مخلوط کردن اسید سولفوریک با آب وجود دارد؟

برای پاسخ به این سؤال با توجه به سطح اسید دهی، دو حالت وجود دارد:

۸-۱- اسید دهی در سطح زیاد (مثلاً یک هکتار)

در این حالت وضعیت جوی‌های آبیاری یا لوله‌های اصلی باغ به‌گونه‌ای است که می‌توان کل اسید غلیظ مورد نیاز برای سطح یک هکتار را در یک تانکر با حجم مناسب (مثلاً ۲۰۰ لیتری) ریخت و با تنظیم شیر تانکر، خروجی اسید را به نحو مناسب برای رسیدن به pH مورد نظر در کل زمان آبیاری برای آن سطح تنظیم نمود. در این حالت نیازی به اختلاط اسید با آب نیست.

۸-۲- اسید دهی در یک یا تعداد معدودی ردیف

در این حالت تانکر در ابتدای ورودی آب به یک یا چند ردیف درخت قرار گرفته و اسید دهی انجام می‌شود. در این شیوه حجم اسید غلیظ مورد استفاده نسبتاً کم است (مثلاً حدود ۱۰- ۵ لیتر) و امکان تنظیم ورودی اسید به آب آبیاری به‌طوری‌که کل زمان آبیاری (مثلاً حدود ۰/۵ تا یک ساعت) را پوشش دهد، وجود نداشته یا سخت است. همچنین در این زمان کم و حجم کم اسید، امکان دستیابی به pH موردنظر دشوار می‌شود، بنابراین بهتر است با ریختن اسید سولفوریک روی مقداری آب (به‌عنوان مثال ریختن ۵ لیتر اسید روی حدود ۹۰ لیتر آب در یک تانکر ۱۰۰ لیتری)، زمان و حجم کافی برای رسیدن به pH مورد نیاز در طول مدت زمان انجام آبیاری فراهم شود. **نکته ایمنی بسیار مهم: حتماً باید اسید به آب اضافه شود. اضافه کردن آب به اسید بسیار خطرناک بوده و حتی می‌تواند منجر به انفجار و آسیب جدی شود.** برای ریختن اسید سولفوریک

در تانکر آب باید از لباس مخصوص ضد اسید، ماسک مخصوص ضد اسید (ماسک 3M) و محافظ صورت استفاده شود (شکل۵).

در صورت عدم دسترسی به ماسک 3M، حداقل از ماسک معمولی استفاده شود. استفاده از ماسک به این دلیل است که ریختن اسید روی آب باعث متصاعد شدن گازهای سمی خطرناک شده و این گازها به ریه آسیب می‌رساند.

شکل ۵ اضافه کردن اسید سولفوریک به تانکر آب با رعایت نکات ایمنی

۹- کنترل pH آب آبیاری

برای اندازه‌گیری و کنترل pH آب آبیاری در طول ردیف درختان، به‌ویژه در وسط کرت که معیار مناسبی از رسیدن pH به مقدار مورد نظر برحسب نوع خاک جدول(۳) می‌باشد از دو روش می‌توان استفاده نمود:

۹-۱- استفاده از دستگاه pH متر قابل حمل

pH متر دستی یا قابل حمل دستگاهی است که به‌وسیله آن می‌توان pH آب آبیاری را اندازه‌گیری نمود. نمونه‌ای از آن در شکل(۶) نشان داده شده است. این

دستگاه قبل از استفاده باید به‌وسیله محلول‌هایی که همراه آن هست کالیبره شود. در شکل(۷) چگونگی اندازه‌گیری pH آب آبیاری باغ پسته نشان داده شده است.

شکل ۶ نمونه‌ای از دستگاه قابل حمل اندازه‌گیری pH

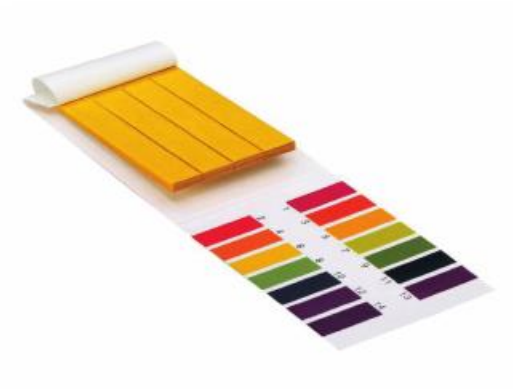
شکل ۷ اندازه‌گیری pHدر آب آبیاری باغ‌های پسته

۲-۹- استفاده از کاغذ pH سنج

کاغذ مخصوص سنجش pH، کاغذی است که وقتی در تماس با آب یا هر محلول دیگری قرار گیرد رنگ آن تغییر می‌کند. یک راهنما همراه کاغذ pH سنج وجود

دارد کـه نشـان می‌دهد هـر رنگ مربوط بـه چه pH می‌باشد(شـکل۸).

اسـتفاده از کاغـذ در مقایسـه با دسـتگاه اندازه‌گیری pH از دقت پایین‌تـری برخوردار بـوده اما مقـرون به‌صرفه‌تر اسـت.



شکل ۸ کاغذ pH سنج

۱۰- چرا pH آب آبیاری در طول کرت باید کنترل شود؟

به چند دلیل pH آب آبیاری در داخل کرت باید کنترل شود.

الـف- طبـق جـدول(۳) بـا توجـه به نـوع خـاک (بافـت خـاک)، pH خاصی مناسـب اسـت کـه در آن pH کاربـرد اسـید سـولفوریک بیش‌ترین اثـرات مثبت خود را نشـان خواهد داد.

ب- کاهـش pH آب آبیـاری از اسـتاندارد تعییـن شـده در جـدول(۳) می‌تواند به خاک و درختان آسـیب وارد نماید.

ج- افزایش pH آب آبیاری تأثیر اسید را کم می‌کند.

۱۱- آیا pH آب آبیاری در طول کرت یکسان و یکنواخت است؟

معمولاً pH آب آبیاری در طول کرت یکنواخت نیست. فاصله از منبع اسید، دبی (لیتر بر ثانیه) آب آبیاری ورودی به کرت، تلاطم، چرخش و جهت حرکت آب از عواملی هستند که باعث تغییر و عدم یکنواختی pH در طول کرت خواهد شد. pH آب معمولاً در ابتدای کرت پایین‌تر و در انتهای کرت بالاتر از حد انتظار است و در اواسط کرت به مقدار مورد نظر نزدیک می‌شود.

بنابراین برای کنترل pH باید آن را در وسط طول کرت اندازه‌گیری کرد(شکل۹). البته باید دقت نمود که pH آب آبیاری در ابتدای کرت به کم‌تر از ۳ نرسد و در انتهای کرت نیز خیلی بالا نرود (بالاتر از ۶ نباشد) تا از یک طرف اسید دهی اثر مثبت داشته باشد و از طرف دیگر اثر نامناسب بر خاک و درختان نگذارد.

شکل ۹ اندازه‌گیری pH آب آبیاری در وسط کرت هنگام اسید دهی

۱۲- استفاده از اسید سولفوریک در فصل رشد باغ‌های پسته چه اثرات مطلوبی دارد؟

تحقیقات انجام شده در مورد کاربرد اسید سولفوریک در فصل رشد باغ‌های پسته در سه نوع بافت خاک اثرات مثبتی بر عملکرد، کیفیت میوه، برخی خصوصیات شیمیایی خاک، غلظت قابل جذب عناصر غذایی خاک و غلظت عناصر غذایی برگ داشت که به‌طور خلاصه به آن‌ها اشاره می‌شود.

۱-۱۲- افزایش عملکرد درختان پسته

عملکرد درختان پسته در هر سه نوع خاک با اسیدی شدن pH آب آبیاری افزایش یافت.

در خاک سبک (درشت بافت) میانگین عملکرد (وزن خشک محصول پسته) دوساله درختان آبیاری شده با pH=۵ (طبق جدول۳) نسبت به درختان آبیاری شده با آب آبیاری باغ (pH=۷٫۷؛ شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد) ۷۲٫۵ کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا کرد.

در خاک متوسط میانگین افزایش عملکرد دو ساله درختان آبیاری شده با pH=۴ (طبق جدول۳) نسبت به درختان آبیاری شده با آب آبیاری باغ (pH=۷٫۶؛ شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد) ۲۶۹٫۲ کیلوگرم در هکتار بود.

در خاک سنگین (ریز بافت) میانگین افزایش عملکرد دو ساله درختان آبیاری شده با pH=۳ (طبق جدول۳) نسبت به درختان آبیاری شده با آب آبیاری باغ (pH=۷٫۶؛ شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد) ۱۱۸٫۲ کیلوگرم در هکتار بود.

۲-۱۲- افزایش کیفیت میوه پسته

بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام‌شده در خاک سبک خصوصیات کیفی میوه

تحت تأثیر قرار نگرفتند. اما در خاک متوسط درصد خندانی و انس میوه و در خاک سنگین انس پسته بهبود یافتند.

در خاک متوسط، میوه درختان آبیاری شده با pH=۴ (طبق جدول۳) نسبت به درختان آبیاری شده با آب آبیاری باغ (pH=۷/۶؛ شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد) افزایش خندانی حدود ۸ درصد و کاهش انس حدود ۲ واحد را نشان دادند.

در خاک سنگین، فقط انس میوه در درختان آبیاری شده با pH=۳ نسبت به درختان آبیاری شده با آب آبیاری باغ (pH=۷/۷؛ شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد)، ۱/۹ واحد کاهش نشان داده و بهبود یافت.

۳-۱۲- بهبود صفات رویشی و زایشی درختان پسته

در هر سه نوع خاک، صفات رویشی و زایشی شامل رشد شاخه سال جاری، قطر شاخه، تعداد جوانه زایشی و تعداد جوانه ریزش کرده تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری قرارگرفته و بهبود یافتند. این تأثیر در خاک‌های سبک و متوسط در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) و در خاک سنگین بیش‌تر در pH=۳ اتفاق افتاد.

۴-۱۲- کاهش pH خاک

طی آزمایش‌های دو ساله انجام شده، کاهش pH خاک در سال دوم اجرای آزمایش اتفاق افتاد و در مقادیر مختلف کاربرد اسید سولفوریک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسیدسولفوریک یا شاهد حداکثر ۰/۳ واحد بود.

در عمق (۴۰-۰) سانتی‌متری، در خاک سبک در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و ۵)، در خاک متوسط در۴ و۳=pH و در خاک سنگین در pH=۳ آب

آبیاری، pH خاک حدود ۰٫۲ واحد کاهش نشان داد.

در عمق (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری برای خاک سنگین تغییری در pH دیده نشد. اما خاک‌های سبک و متوسط تحت تأثیر هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری(۳، ۴و۵) قرار گرفتند. کاهش pH در این عمق خاک متوسط (۰٫۲ - ۰٫۱) واحد و در خاک سبک (۰٫۳ - ۰٫۲) واحد اتفاق افتاد.

۵-۱۲- کاهش درصد آهک خاک

در عمق (۴۰-۰) سانتی‌متری درصد آهک خاک سبک در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳،۴ و۵) حدود (۴-۲) درصد کاهش نشان داد. در خاک متوسط این کاهش حدود یک درصد بود. در خاک سنگین در اعمال pH=۳ آب آبیاری حدود۵ درصد آهک خاک کاهش نشان داد.

در عمق (۸۰-۴۰) سانتی‌متری، در خاک سنگین درصد آهک تغییری نداشت ولی در خاک سبک و متوسط کاهش درصد آهک در کاربرد آب آبیاری با ۴ و pH=۳ اتفاق افتاد. این کاهش در خاک سبک ۳٫۵ درصد و در خاک متوسط حدود یک درصد بود.

۶-۱۲- کاهش شوری خاک

از خصوصیات دیگر مهم خاک که تحت تأثیر آبیاری با pH پایین قرارگرفته است قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) یا شوری است. شوری خاک در هر دو عمق خاک بسته به نوع بافت خاک از کاربرد اسید سولفوریک متأثر شده است.

در عمق (۴۰-۰) سانتی‌متری خاک سبک در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) شوری خاک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا

شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۷) کاهش یافته است. به‌طوری‌که این کاهش حدود (۴-۳) دسی زیمنس بر متر بود. در خاک متوسط در سطح خاک و هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) شوری (۰٫۸ - ۰٫۵) واحد نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) کاهش نشان داد. در خاک سنگین نیز این کاهش‌ها (۱٫۵-۰٫۳) دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) بود.

در عمق (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری خاک سبک در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) شوری خاک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۷) کاهش یافته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش در pH=۳ و به مقدار ۲٫۷ دسی زیمنس بر متر بود. در خاک متوسط نیز در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) شوری خاک نسبت به شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) کاهش نشان داد که بیش‌ترین کاهش مربوط به pH=۳ و ۴٫۴ دسی زیمنس بر متر بوده است. کاهش شوری در این عمق خاک سنگین در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) و به مقدار حدود یک دسی زیمنس بر متر بود. با کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری، آهک خاک حل شده و غلظت کلسیم در محلول خاک افزایش می‌یابد که اضافه شدن کلسیم روی سطح ذرات خاک می‌تواند باعث بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذ پذیری آب و املاح محلول در خاک شده و شوری کاهش یابد.

۷-۱۲- کاهش نسبت جذب سدیم یا درصد سدیم تبادلی

نسبت جذب سدیم (SAR) در هر دو عمق هر سه نوع خاک در اثر کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری و کاهش pH، در مقایسه با شرایط بدون کاربرد اسید

سولفوریک یا شاهد کاهش یافت.

در عمق (۴۰-۰) سانتی‌متری خاک در هر سه نوع بافت خاک، نسبت جذب سدیم در حدود یک واحد کاهش نشان داد درحالی‌که **در عمق (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری** در خاک سبک، متوسط و سنگین به ترتیب ۲، ۳و۱ واحد کاهش اتفاق افتاد. بنابراین بیش‌ترین کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) در عمق (۸۰-۴۰) سانتی‌متری خاک متوسط و به میزان ۴۰ درصد رخ داده است که بیش‌ترین افزایش عملکرد را نیز داشته است. این عمق بیش‌ترین تراکم ریشه‌های ریز درختان پسته را داراست و بهبود خصوصیات خاک در این عمق از نظر جذب آب و عناصر غذایی حائز اهمیت زیادی است.

اسید سولفوریک با حل نمودن آهک خاک و فراهم نمودن کلسیم و جایگزینی آن به‌جای سدیم در مکان‌های تبادلی (روی سطح ذرات خاک)، می‌تواند باعث کاهش نسبت جذب سدیم و سدیم تبادلی و افزایش نفوذ پذیری خاک گردد (اوراستریت و همکاران، ۱۹۸۰، آمزکتا و همکاران، ۲۰۰۵؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). اسید حرکت سریع‌تر آب را نسبت به مقدار معادل گچ در خاک‌های آهکی- شور سدیمی فراهم می‌کند (میاموتو و استرولین، ۱۹۸۶). بنابراین در آزمایش‌های انجام شده در باغ‌های پسته با کاهش نسبت جذب سدیم در اثر کاربرد اسید سولفوریک، نفوذ پذیری خاک نسبت به آب و نمک‌ها افزایش یافته که باعث کاهش شوری خاک شده است و این عوامل می‌تواند بر رشد و عملکرد درختان تأثیر مثبت داشته باشد.

۸-۱۲- بهبود وضعیت برخی از عناصر غذایی خاک و برگ

غلظت عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم مصرف (میکرو) در خاک و برگ تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری قرار گرفتند.

در خاک سبک، عناصر آهن، روی، منگنز و مس در هر دو عمق بررسی شده

خاک تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک قرار گرفتند. غلظت قابل‌جذب آهن در هر دو عمق (۴۰-۰) و (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری خاک در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) در نتیجه کاربرد اسید سولفوریک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۷) افزایش نشان داد. اما برای عناصر روی، منگنز و مس نیز این افزایش برای عمق اول اتفاق افتاد. در عمق (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری فقط در سال دوم افزایش غلظت اندازه‌گیری شد که در مورد عنصر روی این افزایش در۴ و pH=۳ بیش‌تر از pH=۵ بود. نتایج تجزیه برگ باغ با خاک سبک نیز افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و مس را نشان داد.

در خاک متوسط، عناصر روی، مس و بُر در هر دو عمق بررسی شده خاک تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک قرار گرفتند. این تأثیر که برای عناصر روی و مس افزایشی و برای بُر کاهشی بود بیش‌تر در ۴ و pH=۳ اتفاق افتاد. اما غلظت بُر تحت تأثیر pH=۵ نیز کاهش یافت. در این خاک، از عناصر پُر مصرف نیز غلظت فسفر قابل جذب خاک در عمق (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری خاک در حدود ۱٫۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در ۴ و pH=۳ در نتیجه کاربرد اسید سولفوریک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) افزایش یافت.

نتایج تجزیه برگ باغ با خاک متوسط نیز افزایش غلظت عناصر کم مصرف روی و مس و کاهش غلظت بُر را نشان داد. این تغییرات در غلظت عناصر برگ بیش‌تر در ۴ و pH=۳ در نتیجه کاربرد اسید سولفوریک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) رخ داد.

در خاک سنگین، با افزودن اسید به آب آبیاری و کاهش pH از ۷٫۶ به ۳، مقدار غلظت قابل جذب فسفر در عمق‌های (۴۰-۰) و (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری خاک ترتیب به میزان۲ و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک افزایش نشان داد. در این خاک

در عمق (۴۰-۰) سانتی‌متری، غلظت قابل جذب عناصر کم مصرف روی و مس نیز در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) در نتیجه کاربرد اسید سولفوریک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) افزایش نشان داد. اما در عمق (۸۰ - ۴۰) سانتی‌متری، از بین عناصر کم مصرف فقط غلظت عنصر روی تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری و کاهش pH از ۷٫۶ در شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد به ۳، به مقدار ۰٫۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (۵۵ درصد نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد) افزایش یافت.

نتایج تجزیه برگ باغ با خاک سنگین نیز افزایش غلظت عناصر کم مصرف روی و مس را در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) در نتیجه کاربرد اسید سولفوریک نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۶) نشان داد. گرچه افزایش غلظت روی بیش‌تر تحت تأثیر pH=۳ بود. این افزایش غلظت به مقدار ۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (در حدود سه برابر نسبت به شرایط بدون کاربرد اسید سولفوریک یا شاهد) بود. علیرغم افزایش غلظت فسفر قابل‌جذب خاک در باغ دارای خاک سنگین، غلظت فسفر برگ تغییری را نشان نداد.

به‌طورکلی pH خاک مشخص می‌کند کدام عناصر توسط ریشه‌ها جذب شوند. عناصری مانند آهن، روی، منگنز و مس از مهم‌ترین عناصری هستند که در شرایط pHهای کم‌تر خاک، توانایی جذب بیش‌تر توسط گیاهان دارند. در باغ‌های پسته ایران نیز به‌دلیل pH بالای خاک، کمبود عناصر کم مصرف تقریباً در تمامی باغ‌های پسته مشاهده می‌شود و نتایج آزمایش‌های ما نشان داد که استفاده از اسید سولفوریک در آب آبیاری برای کاهش pH آب باعث کاهش pH خاک و

افزایش فراهمی عناصر فسفر، آهن، روی منگنز و مس در خاک می‌شود. افزایش فراهمی در خاک برای عناصر کم مصرف آهن، روی، منگنز و مس باعث افزایش غلظت آن‌ها در برگ نیز می‌شود ولی برای عنصر پُرمصرف فسفر این‌گونه نبوده است.

۱۳- استفاده از اسید سولفوریک در باغ‌های پسته چه اثرات نامطلوبی می‌تواند داشته باشد؟

در آزمایش انجام شده کاربرد اسید سولفوریک در فصل رشد در باغ‌های پسته **دو شاخص درصد ماده آلی و تنفس میکروبی خاک** در مواردی کاهش نشان دادند. کاهش ماده آلی خاک به‌عنوان یک نکته منفی قلمداد می‌شود چون بالا بودن مقدار ماده آلی در یک خاک نشان‌دهنده حاصلخیزی و بهره‌وری بیش‌تر و مطلوب‌تر است.

بنابراین در کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری باغ‌های پسته باید به این مساله دقت نمود **و هرگونه توصیه کاربرد اسید سولفوریک باید با در نظر گرفتن همه جوانب و خصوصیات خاک و باغ و در صورت لزوم انجام شود. به همین دلیل توصیه می‌شود** در سالی که از کودهای حیوانی در باغ استفاده می‌شود از به کار بردن اسید سولفوریک خودداری شود.

تنفس میکروبی (تنفس خاک) ناشی از تجزیه مواد آلی و معدنی شدن توسط ریزجانداران خاک می‌باشد. کاهش تنفس میکروبی خاک نشان‌دهنده کاهش فعالیت ریزجانداران خاک است ولی چون در اندازه‌گیری تنفس میکروبی، نوع ریزجانداران و مفید یا مضر بودن آن‌ها مشخص نبوده و در نظر گرفته نمی‌شود، در مورد مفید یا مضر بودن کاهش آن نمی‌توان اظهار نظر کرد و در این مورد نیاز به

تحقیقات بیش‌تر وجود دارد.

اما از آنجایی‌که احتمال دارد کاهش تنفس میکروبی به‌دلیل اثر اسید سولفوریک بر ریزجانداران مفید نیز باشد، تا تکمیل تحقیقات لازم، ترجیح آن است که این کاهش به‌عنوان اثری نامطلوب در نظر گرفته شود. در آزمایش‌های انجام‌شده در باغ‌های پسته، ماده آلی در عمق (۴۰-۰) سانتی‌متری **خاک سبک** (درشت بافت)، تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک در آب آبیاری و کاهش pH قرار گرفت و به مقدار (۳٫۲-۰٫۰) درصد کاهش را نسبت به شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۷) نشان داد. در **خاک متوسط** کاهش ماده آلی خاک، فقط در آبیاری با آب با pH=۳ و به مقدار ۰٫۲ درصد بود. در این عمق خاک و در **خاک سنگین** (ریزبافت) کاهش pH آب به ۳و۴، ماده آلی خاک را به مقدار (۰٫۴-۰٫۳) درصد نسبت به شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۷) کاهش داد.

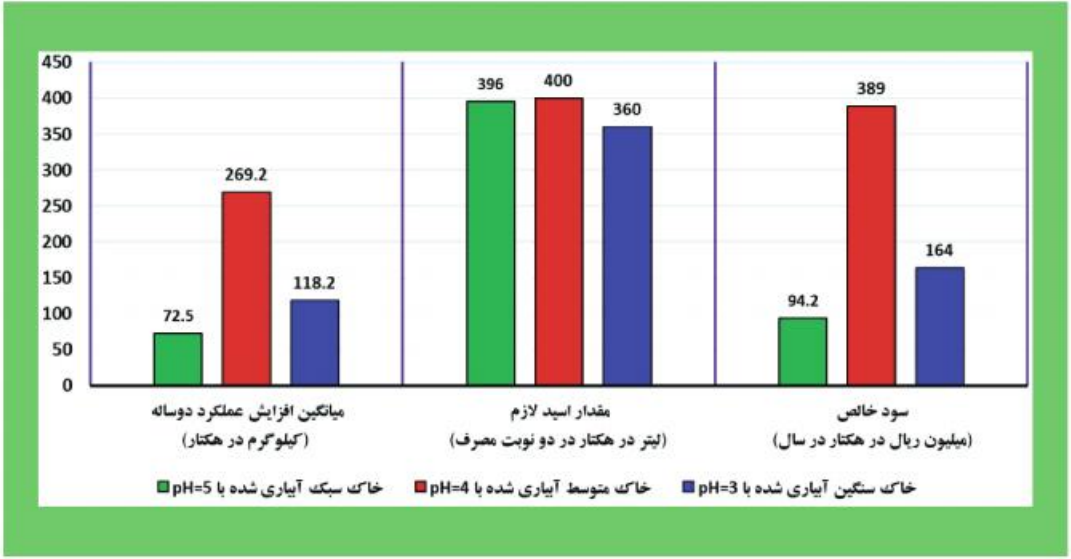
در عمق (۸۰ -۴۰) سانتی‌متری خاک که علاوه بر ماده آلی، تنفس میکروبی خاک اندازه‌گیری شد، در خاک سبک درصد ماده آلی و تنفس میکروبی خاک در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) در نتیجه کاربرد اسید سولفوریک نسبت به تیمار شاهد (آب آبیاری با pH=۷٫۷) کاهش نشان دادند. در خاک متوسط کاهش ماده آلی در هر سه pH کاهش یافته آب آبیاری (۳، ۴و۵) درنتیجه کاربرد اسید سولفوریک و به مقدار حدود ۰٫۳ واحد اتفاق افتاد. تنفس میکروبی در این خاک در ۴ و pH=۳ آب آبیاری کاهش نشان داد.

در **خاک سنگین** در این عمق، ماده آلی تحت تأثیر کاربرد اسید سولفوریک قرار نگرفت ولی تنفس میکروبی خاک تحت تأثیر آبیاری با آب با pH=۳ کاهش یافت. بنابراین در **خاک سبک** و در مرتبه بعدی **خاک متوسط** هرگونه کاهش pH آب آبیاری می‌تواند منجر به کاهش نسبی مواد آلی و تنفس میکروبی خاک گردد اما در خاک سنگین pHهای پایین (pH=۳) سبب چنین کاهشی شده است.

۱۴- آیا کاربرد اسید سولفوریک در فصل رشد باغ‌های پسته اقتصادی است؟

ارزیابی اقتصادی آزمایش‌های انجام شده در مورد استفاده از اسید سولفوریک در آب آبیاری باغ‌های پسته بر اساس مقادیر به‌کار رفته در هر نوع خاک و دو نوبت استفاده نشان داد که در شرایط انجام آزمایش‌ها کاربرد اسید سولفوریک در هر سه نوع خاک کاملاً اقتصادی بوده و در خاک متوسط، سنگین و سبک به‌ترتیب سود خالص ۳۹۰، ۱۶۵و ۹۵ میلیون ریال ایجاد نمود. در شکل(۱۰) میانگین دو ساله افزایش عملکرد در خاک‌های با بافت مختلف در بهترین کاهش pH آب آبیاری و مقدار اسید لازم در آن pH، برای دو نوبت مصرف در هکتار در سال و سود خالص مربوطه برای مقایسه آورده شده است.

این شکل نشان می‌دهد که در شرایط انجام این آزمایش‌ها، استفاده از اسید سولفوریک در خاک با بافت متوسط بیش‌ترین منافع و در خاک با بافت سبک، کم‌ترین منافع را ایجاد می‌کند. این در حالی است که استفاده از اسید سولفوریک در باغ‌های پسته با بافت سنگین، منافعی حد واسط بین منافع دو بافت خاک دیگر دارد.



شکل ۱۰ میانگین دو ساله افزایش عملکرد در خاک‌های با بافت مختلف در بهترین کاهش pH آب آبیاری و مقدار اسید لازم در آن pH، برای دو نوبت مصرف در هکتار در سال و سود خالص مربوطه

۱۵- چه نکات ایمنی را حتماً باید رعایت کرد؟

اسید سولفوریک اسید بسیار قوی است که خاصیت خورندگی شدید دارد و **در صورت ریختن روی لباس و بدن آسیب شدید و اغلب جبران ناپذیر وارد می‌نماید**. بنابراین در استفاده از آن باید بسیار دقت نموده و نکات ایمنی را به‌طور کامل و با جدیت رعایت نمود. مهم‌ترین این نکات عبارتند از:

الف- برای حمل، انتقال و استفاده از اسید سولفوریک از لباس مخصوص ضد اسید استفاده کرد. به این منظور استفاده از چکمه و لباس پلاستیکی ضد اسید پیشنهاد می‌شود (شکل ۱۱).

شکل ۱۱ لباس و چکمه پلاستیکی ضد اسید

ب- استفاده از ماسک مخصوص 3M هنگام ریختن اسید روی آب که منجر به متصاعد شدن گازهای خطرناک (بخارات اسید سولفوریک، دی اکسید سولفور، دی اکسید کربن و منو اکسید کربن) می‌شود (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸). در صورت عدم دسترسی به ماسک مخصوص، حداقل از دو ماسک معمولی استفاده شود تا گاز متصاعد شده به ریه‌ها آسیبی نرساند (شکل۱۲).

ج- استفاده از محافظ صورت جهت جلوگیری از خطر پاشش احتمالی اسید به‌ویژه هنگام ریختن اسید از ظرفی به ظرف دیگر یا اضافه کردن آن به آب (شکل ۱۲).

شکل ۱۲ استفاده از ماسک 3M و محافظ صورت به همراه لباس ضد اسید

د- برای اضافه کردن اسید به آب همیشه باید اسید به‌آرامی روی آب ریخته شود. ریختن اسید روی آب گرمای زیاد تولید می‌کند و امکان فوران و حتی پاشیدن آن نیز وجود دارد (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸).

ه- وزن بیست لیتری اسید سولفوریک حدوداً (۳۸-۳۷) کیلوگرم است. بنابراین برای جابجایی اسید سولفوریک در حجم‌های کم باید از ظروف محکم و دارای استقامت کافی برای تحمل این وزن استفاده نمود. ضمن اینکه ظروف باید پلی اتیلنی و در برابر خورندگی اسید مقاوم باشد.

و- اسید سولفوریک باعث خورندگی فلزات می‌شود و در این مورد فقط استیل‌های ضد اسید مقاوم هستند. بنابراین در شبکه‌های آبیاری با اتصالات فلزی نباید از اسیدها استفاده نمود.

ز- در صورتی‌که پوست با مقدار کمی اسید تماس داشت، سریعاً با مقدار زیاد آب شسته شود (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸).

ح- در صورت پاشیدن اسید به چشم، بلافاصله به مدت ۱۵ دقیقه آب به درون چشم بدون پلک زدن پاشیده شود. پلک‌ها تا انجام کمک‌های فوری پزشکی باز باشد (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸).

ط- ظروف حاوی اسید باید دور از گرما، جرقه، آتش روباز، مواد ناسازگار (مانند فلزات، انواع کودهای شیمیایی، مواد غذایی و....) و به‌صورت در بسته و در جای خشک و خنک و دور از آفتاب نگهداری شود (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸).

ی- در محل انبار و استفاده اسید، تهویه مناسب باشد (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸).

ک- بعد از هر بار تماس با ظروف حاوی اسید، دست‌ها حتماً شسته شوند و از تماس با چشم شدیداً خودداری شود.

ل- محل نگهداری اسید، مجهز به تجهیزات ضد حریق باشد (اسپهبدی و سجادی، ۱۳۹۸).

۱۶- لیست خلاصه کارهایی که برای کاربرد اسید سولفوریک در باغ باید انجام داد

الف- آشنایی به خطرات کار با اسید و رعایت نکات ایمنی قبل از هر اقدامی لازم و ضروری است.

ب- هدف و دلیل استفاده از اسید سولفوریک در هر باغ مشخص شود.

ج- مشخص شود آیا خاک باغ جزء خاک‌هایی است که اسید دهی برای آن مفید است.

د- آب آبیاری و خاک باغ آزمایش شود تا بر اساس آن‌ها مقدار اسید و pH

کاربـرد آن مشـخص شـود.

ه- روش کاربـرد اسـید بـر اسـاس سیسـتم آبیـاری (تحت‌فشـار یـا غرقابـی) تعیین شود.

و- اسید سولفوریک با کیفیت و بدون آلودگی به فلزات سنگین تهیه شود.

ز- کاغـذ یـا دسـتگاه pH سـنج بـرای اندازه‌گیـری pH تهیـه شـود. در صـورت تهیه دسـتگاه، بـه کمـک راهنمـای همـراه یا یک فرد آشـنا بـه pH سـنج، کالیبره شـود.

ح- نیـاز بـه اختلاط یا عدم اختلاط آب و اسـید مشـخص شـود. یعنی باید مشـخص شـود کـه حجم اسـید بـه تنهایی کافی اسـت یا باید با اضافه کردن اسـید بـه آب حجم آن را اضافـه نمود.

ط- هنـگام اسـید دهی، ورود اسـید به آب طوری تنظیم شـود تـا اولاً pH آب آبیاری طبـق جـدول (۳) باشـد و ثانیاً کل مدت آبیاری اسـید دهی انجام شـود.

ی- pH آب آبیـاری در وسـط طـول ردیـف درختـان اندازه‌گیـری شـود تـا در حـد اسـیدیته انتخابـی بر اسـاس جـدول(۳) باشـد.

توضیحات کامل عملیات لیست شده، در متن کتاب آمده است.

منابع

۱- اسپهبدی، م. و س. ع. سجادی. ۱۳۹۸. اطلاعات فنی و حفاظت ایمنی اسید سولفوریک تولید شده در کارخانه اسید مجتمع مس سرچشمه. انتشارات روابط عمومی مجتمع مس سرچشمه.

۲- حسینی فرد، س. ج.، ن. صداقتی، م. نادی، ع. اسماعیل پور، م. نیکویی دستجردی. ۱۳۹۹. ارزیابی اثرات کاربرد اسید سولفوریک تولیدی مجتمع مس سرچشمه در آب آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی خاک، رشد و عملکرد کمی و کیفی درختان پسته. گزارش سالیانه موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته.

۳- حسینی فرد، س. ج.، ن. صداقتی، م. نادی، ع. اسماعیل پور، م. نیکویی دستجردی. ۱۴۰۰. ارزیابی اثرات کاربرد اسید سولفوریک تولیدی مجتمع مس سرچشمه در آب آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی خاک، رشد و عملکرد کمی و کیفی درختان پسته. گزارش سالیانه موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته.

4- Amezketa, E., Aragues, R., & Gazol, R. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agronomy Journal, 97, 983-989.

5-Chorom, M., & Rengasamy, P. 1997. Carbonate chemistry, pH and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. Australian Journal of Soil Research, 35, 149-161.

6- Flagella, Z., Cantore, V., Giuliani, M. M., Tarantino, E., & De Caro, A. 2002. Crop salt tolerance: Physiological, yield and quality aspects. Recent Research Development Plant Biology, 2, 155-186.

7- Li, F. H., & Keren, R. 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. Pedosphere, 19, 465- 475.

8- Maltas, A. S., Kaplan, M. 2018. Effect of different amounts of acid application in fertigation on calcareous soil Ph. Journal of Plant Nutrition. Vol. 41, No. 4. Pp.

520-525.

9- Mitchell, J. P., Shennan, C., Singer, M. J., Peters, D. W., Miller, R. O., Prichard, T., Grattan,S. R., Rhoades, J. D., May, D. M., & Munk, D. S. 2000. Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. Agricultural Water Management, 45, 55-71.

10- Miyamoto, S., Stroehlein, J. L. 1986. Sulfuric Acid effects on water irrigation and water Chemical properties of alkaline soils and water. 11- American Society of Agricultural Engineers, 29 (5): 1288-1296.

12- Mostafazadeh-Farad, B., Heidarpour, M. Aghakhani, A., & Feizi, M. 2007. Effects of irrigation water salinity and leaching on soil chemical properties in an arid region. International Journal of Agriculture and Biology, 9, 466-469.

13- Qadir, M., & Oster, J. D. 2004. Review, crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. Science of Total Environment, 323, 1-19.

14- Qadir, M., Ghafoor, A., & Murtaza, G. 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. Agricultural Water Management, 50, 197-210.

15- Quirk, J. P. 2001. The significance of the threshold and turbidity concentrations in relation to sodicity and microstructure. Australian Journal of Soil Research, 39, 1185-1217.

16- Sadiq, M., Hassan, G., Mehdi, S. M., Hussain, N., & Jamil, M. 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. Pedosphere, 17, 182-190.

17- Valzano, F. P., Greene, R. S. B., Murphy, B. W., Rengasamy, P., & Jarwal, S. D. 2001. Effects of gypsum and stubble retention on the chemical and physical properties of a sodic grey Vertosol in western Victoria. Australian Journal of Soil Research, 39, 1333-1347.

18- Wong, V. N. L., Dalal, R. C., & Greene, R. S. B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. Applied Soil Ecology, 41, 29-40.

Handbook
Application of sulfuric acid in irrigation water during the growing season of pistachio orchards

Authors:
Seyed Javad Hosseinifard, Nasser Sedaghati, Esmat Esmaeilzadeh, Ali Esmaeelpour, Marieh Nadi, Mohammad Abdolahi Ezatabadi, Mohammadreza Nikoukei Dastjerdi

2022