

بررسی چند عامل سرخشکیدگی پسته و کنترل آن با تغذیه بهینه

وحید مظفری، محمد جعفر ملکوتی، بهمن خلد برین و محمد بای بوردی^{*۱}

چکیده

به منظور تعیین پراکنش، درصد وقوع و همچنین شناسایی عامل و یا عوامل بوجود آورنده عارضه سرخشکیدگی درختان پسته، در سال ۱۳۸۱ از ۲۰۳ باغ مناطق رفسنجان، کرمان، یزد و خراسان بازدید بعمل آمد. میزان وقوع عارضه سرخشکیدگی از ۴ تا ۹۰ درصد با متوسط ۱۵ درصد و در رفسنجان ۲۸ درصد تخمین زده شد. از باغ‌های مورد مطالعه بطور تصادفی ۳۱ باغ مشخص و با حفر پروفیل نمونه برداری خاک از عمق‌های ۰-۴۰، ۴۱-۸۰ و ۱۲۰-۸۱ سانتی‌متر انجام و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی انجام گرفت. از آب و همچنین برگ درختان پسته انتخابی نمونه برداری بعمل آمد و تجزیه‌های شیمیایی انجام پذیرفت. روابط همبستگی بین میزان سرخشکیدگی و فاکتورهای اندازه‌گیری شده بدست آمد. نتایج نشان داد که سرخشکیدگی با خصوصیات شیمیایی خاک (SAR, K, Na, EC), (Na/K) و (Na/Ca) همبستگی مثبت داشت. با استفاده از رگرسیون گام به گام معادله $R^2 = 0.737 \cdot Y - 51.799 - 0.194(K)soil + 0.946(SAR)soil$ بین سرخشکیدگی با K و SAR خاک حاصل و در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به اینکه تعدادی از محققین قارچ *Paecilomyces variotii* را به عنوان یکی از عوامل بوجود آورنده عارضه سرخشکیدگی پسته معرفی نموده‌اند، سپس آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار بر روی ۲۴ درخت ۲۵ ساله رقم فندق در باغی که حدود ۳۰ درصد سرخشکیدگی داشت، طی سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ انجام گرفت. تیمارها عبارت بودند از تیمار اول = شرایط باغدار (سولفات آمونیوم + سوپر فسفات تربیل هر کدام به میزان یک کیلوگرم برای هر درخت)؛ تیمار دوم = تیمار اول + پتاسیم بصورت سولفات پتاسیم به میزان ۳ کیلوگرم برای هر درخت؛ تیمار سوم = تیمار دوم + کلسیم به صورت گچ به میزان ۴۰ کیلوگرم برای هر درخت و تیمار چهارم = تیمار سوم + روی به صورت سولفات روی به میزان ۱۵۰۰ گرم برای هر درخت. در شهریور ماه ۱۳۸۳ مایه‌زنی قارچ موردنظر به صورت مستقیم روی شاخه‌های درختان تحت تیمار انجام شد. نتایج نشان داد در تمام شاخه‌هایی که مایه‌زنی قارچ *P. variotii* انجام گرفته بود در مقایسه با شاخه‌های شاهد (تلقیح شده با محیط کشت بدون قارچ) شانکر دیده شد که نشان می‌دهد این قارچ یکی از عوامل زنده ایجادکننده این عارضه است. لیکن رعایت اصول تغذیه بهینه بویژه مصرف کودهای حاوی پتاسیم، کلسیم و روی تأثیر معنی‌داری در کاهش عارضه داشت و این عناصر توانستند طول سرخشکیدگی ایجاد شده را به میزان ۶۳ درصد کاهش دهند.

واژه‌های کلیدی: پسته (*Pistacia vera* L.)؛ سرخشکیدگی، پتاسیم، کلسیم، روی و سدیم.

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و بعضاً اقلیم نامناسب از عواملی هستند که در بسیاری از مناطق کشور، افزایش سطح زیر کشت این گیاه را با مشکل مواجه کرده است. در خاک‌های شور، پتاسیل کم آب خاک همراه با تأثیر سوء بعضی یونها نظیر کلر، بی‌کربنات، بور، سدیم و همچنین عدم تعادل صحیح میان غلظت عناصر غذایی، عامل اصلی کاهش رشد گیاه به حساب می‌آید (Sepaskhah و Maftoun, ۱۹۸۸; aftoun و Sepaskhah, ۱۹۸۹) که اینها خود می‌توانند باعث بروز مشکلاتی از

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور و از عمده‌ترین محصولات صادراتی غیرنفتی می‌باشد. در حال حاضر بیش از ۳۸۰ هزار هکتار باغ پسته بارور و غیربارور در ایران وجود دارد که در حدود ۷۳ درصد از این باغ‌ها در استان کرمان قرار دارد. تولید محصول سالانه کشور بالغ بر ۲۰۰ هزار تن پسته خشک بوده که بیش از ۵۰ درصد آن صادر می‌شود (دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات، ۱۳۸۱). کمبود نسبی آب

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس، عضو هیأت علمی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، استاد دانشگاه تربیت مدرس و استاد دانشگاه شیراز و استاد دانشگاه.

عارضه سرخشکیدگی را از صفر تا ۸۵ درصد متغیر دیدند. این محققین پس از آزمایش‌های مربوطه، به این نتیجه رسیدند که ۳ گونه قارچ از گونه قارچ‌های ناقص، قادر به ایجاد عارضه سرخشکیدگی روی درختان پسته می‌شوند که گونه قارچ *Paecilomyces variotii* فراوان‌تر از دو گونه دیگر بود. آنها توصیه نمودند تقویت درختان با روش‌های به‌زرایی، از جمله کوددهی مناسب و آبیاری منظم در کنترل این عارضه می‌تواند مؤثر واقع شود. این نظر مورد تأکید ملکوتی (۱۳۷۵)؛ ملکوتی (۱۳۷۹)؛ ملکوتی و رضایی (۱۳۸۰)؛ داودی و همکاران (۱۳۸۱)؛ مظفری و ملکوتی (۱۳۸۲) نیز می‌باشد. به عقیده این محققین در اثر استمرار در مصرف نامتعادل کودها و نیز غیرعلمی بودن جایگذاری کود (پابیل)، درختان پسته ضعیف شده و پس از ضعف عمومی درختان، این قارچ (عارضه ثانویه) و یا هر عامل بیماری دیگر ظاهر می‌گردد (بلندنظر و ملکوتی، ۱۳۷۹؛ ملکوتی، ۱۳۸۱). با توجه به گسترش سریع این عارضه در منطقه، این تحقیق به منظور بررسی برخی عوامل ایجادکننده (غیرزنده) سرخشکیدگی و تأثیر نقش مصرف بهینه کود با جایگذاری عمقی در جهت کاهش یا به حداقل رساندن آن و در نتیجه افزایش عملکرد با کمیت و کیفیت مطلوب، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

بررسی پراکنش عارضه

به منظور تعیین پراکنش و درصد وقوع عارضه سرخشکیدگی در سال ۱۳۸۱، ۲۰۳ باغ در استانهای کرمان، یزد، خراسان، سمنان و منطقه رفسنجان بطور تصادفی انتخاب و تعداد درختان سالم و آلوده به سرخشکیدگی (حداقل ۱۰۰ درخت) شمارش و یادداشت‌برداری شد. با توجه به تنوع گسترش سرخشکیدگی، از میان ۲۰۳ باغ مورد مطالعه ۳۱ باغ جهت تحقیق بیشتر به گونه‌ای انتخاب شدند که اولاً از نظر درصد سرخشکیدگی متفاوت بوده و ثانیاً منطقه وسیعی را از نظر جغرافیایی در بر گیرند.

نمونه‌برداری از برگ، خاک و آب آبیاری

به منظور شناسایی عامل و یا عوامل بوجود آورنده این عارضه، پس از شناسایی ۳۱ باغ موردنظر در اوایل مرداد ماه ۱۳۸۱ از برگ‌های سوم و چهارم شاخه‌های غیربارده، نمونه‌گیری بعمل آمده و پس از شستشو و خشک شدن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، روی، مس و منگنز اندازه‌گیری شدند (امامی، ۱۳۷۵). همچنین به منظور نمونه‌برداری از خاک پروفیلی به عمق ۱۵۰ سانتی‌متر در هر باغ حفر و ضمن تشریح از ۳ عمق ۴۰-۰، ۸۰-۴۱ و ۱۲۰-۸۱ سانتی‌متر، نمونه خاک تهیه و پس

جمله بوجود آمدن عارضه سرخشکیدگی درختان پسته گردند. این عارضه در باغ‌های رفسنجان به صورت گسترده شیوع دارد و در سال‌های اخیر باعث کاهش بیشتر محصول شده است (اشکان و ابوسعیدی، ۱۳۷۳؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۷۸). پژمردگی و مرگ خوشه‌ها، برگ‌ها و جوانه‌ها که با سیاه شدن رنگ پوست شاخه‌های آلوده به سهولت قابل تشخیص می‌باشد از علایم شاخص این عارضه است. شروع آلودگی روی شاخه‌های پسته معمولاً با ایجاد شانکر و ترشح صمغ همراه است. علایم این عارضه در آغاز به صورت لکه‌های کوچک سیاه‌رنگ در سطح پوست شاخه‌های آلوده ظاهر می‌شود که با پیشرفت آن، قسمت‌های آلوده سیاه‌رنگ و به علت اختلاف آنها با قسمت‌های سالم شاخه، به راحتی قابل تشخیص می‌شوند. وقتی آلودگی دور تا دور شاخه را فراگرفت، قسمت‌های انتهایی شاخه، برگ‌ها، جوانه‌ها و خوشه‌ها کاملاً پژمرده و چروکیده و سرانجام می‌میرند. این حالت با گرم‌تر شدن هوا شدت پیدا می‌کند. برگ‌ها ابتدا به حالت سرخشک و سپس به رنگ قهوه‌ای در می‌آیند و غالباً از شاخه‌ها جدا نمی‌شوند. با پیشرفت این عارضه، شانکرها به سمت پایین شاخه، تنه اصلی و به ندرت به طوقه درخت می‌رسد (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۸). Ashworth و همکاران (۱۹۸۵) بیماری‌های فیزیولوژیک ناشی از کمبود عناصر غذایی از جمله پتاسیم (K) را روی درختان پسته مورد بررسی قرار دادند. آنها با توجه به اینکه خاک مورد مطالعه ۲۸۶ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل تبادل در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری داشت، اما عارضه سرخشکیدگی را به کمبود پتاسیم در پسته نسبت دادند. Chitzanidis و همکاران (۱۹۹۵) ضمن بررسی مشکلات مناطق پسته‌کاری یونان، عارضه سرخشکیدگی درختان پسته را به کمبود پتاسیم و سمیت سدیم و کلرید در خاک‌های آن منطقه گزارش نمودند. Rumbos (۱۹۸۶) از سرشاخه‌های خشکیده درختان پسته در یونان، قارچ *Eutypa lata* را جداسازی کرد و برای اولین بار پسته را به عنوان میزبان جدید این قارچ معرفی نمود. در ایران، امینایی (۱۳۶۴) اولین کسی است که این عارضه را روی درختان پسته در استان کرمان مشاهده نمود. سپس Aminae و Ershad (۱۹۸۷) عامل این عارضه را قارچی به نام *Paecilomyces variotii* گزارش کردند. اشکان و ابوسعیدی (۱۳۷۳) با مطالعه روی این عارضه، پنج جنس از جمله جنس‌های *Paecilomyces* و *Cytospora* را گزارش نمودند ولی هیچ کدام از قارچ‌های جدا شده را به عنوان عامل این عارضه ندانستند. علیزاده و همکاران (۱۳۷۸) باغ‌های متعددی را در منطقه رفسنجان مورد مطالعه قرار داده و آلودگی باغ‌های پسته به

(Peryca و Kammereck, ۱۹۹۷). در تاریخ ۸۳/۶/۱۵ مایه‌زنی درختان تحت تیمار به روش Afek و همکاران (۱۹۹۰) با سه تکرار روی هر درخت بدین ترتیب عمل شد. پس از انتخاب شاخه‌ای سالم و هم‌سن، محل مایه‌زنی با الکل ۹۰ درصد ضدعفونی سطحی شد، سپس با برداشتن قرصی از پوست به قطر ۶ میلی‌متر تا سطح کامبیوم، محل زخم با دیسکی از آگار حاوی میسلیم قارچ *Paecilomyces variotii* جایگزین گردید. برای جلوگیری از جابجایی و خشک شدن قرص‌ها، محل مایه‌زنی با یک لایه پارافیلیم و دو لایه چسب کاغذی پوشانده و تیمار شاهد فقط با محیط کشت (PDA) استریل بدون قارچ به همان روش مایه‌زنی گردید و پس از ۸ هفته از نمونه‌ها بازدید بعمل آمد و نتایج یادداشت‌برداری گردید.

نتایج و بحث

پراکنش عارضه: عارضه سرخشکیدگی درختان پسته در بیشتر مناطق مورد مطالعه مشاهده شد. میزان وقوع آلودگی در باغ‌های بازدید شده از ۴ تا ۹۰ درصد متغیر و بطور متوسط ۱۵ درصد تخمین زده شد. به دلیل وجود آلودگی بیشتر در منطقه رفسنجان، پراکنش این عارضه در این منطقه به تنهایی بررسی و بطور متوسط ۲۸ درصد برآورده شد. علیرزاده و همکاران (۱۳۷۸) متوسط وقوع این عارضه در منطقه رفسنجان را ۱۷ درصد گزارش کردند. این در حالی است که به دلیل افت شدید کیفیت آب آبیاری، تشدید تنش خشکسالی، کاهش مقدار آب لازم جهت آبشویی و عدم تعادل عناصر غذایی در خاک، درختان را در مقابل حمله قارچ *P. variotii* ضعیف نموده و در کمتر از ده سال شدت این عارضه، ۶۰ درصد افزایش یافته است.

نتایج تجزیه خاک: از آنجا که نمونه‌برداری از سه عمق خاک (۳۱ باغ) انجام گرفت، حدود تغییرات و میانگین خصوصیات خاک در هر عمق در جدول ۳ آمده است. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود حدود شاخص‌های اندازه‌گیری شده بسیار وسیع می‌باشد، بطوریکه هدایت الکتریکی عصاره اشباع از ۲/۳ تا ۵۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و میزان پتاسیم قابل دسترس گیاه از ۶۱ تا ۶۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود که این تفاوت فاحش ناشی از عوامل متعددی از جمله خصوصیات خاک و آب و نحوه مدیریت باغی می‌باشد (مظفری و تاج‌آبادی‌پور، ۱۳۸۳). جهت بررسی روابط بین سرخشکیدگی و شاخص‌های اندازه‌گیری شده در هر عمق خاک، همبستگی بین آنها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS تعیین گردید (جدول ۴).

از آماده کردن، پ‌هاش، هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، کاتیون‌های محلول شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و همچنین درصد مواد خنثی‌شونده و بافت خاک اندازه‌گیری گردید (علی‌احیایی، ۱۳۷۳). با توجه به اینکه تقریباً تمام باغ‌های پسته توسط چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق به روش غرقابی آبیاری می‌شوند، از آب آبیاری نیز نمونه‌گیری بعمل آمد و هدایت الکتریکی، پ‌هاش، میزان کربنات، بی‌کربنات، کلسیم، منیزیم، سدیم و بور اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵).

تیمارهای کودی و مایه‌زنی درختان پسته با قارچ *Paecilomyces variotii* بر اساس نتایج تحقیقات علیرزاده و همکاران (۱۳۷۸) که نشان دادند چندین عامل زنده و احتمالاً در مواردی خاص عامل و یا عوامل غیرزنده موجب سرخشکیدگی درختان پسته در منطقه رفسنجان می‌گردد. آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار و در مجموع ۲۴ واحد آزمایشی در دو سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ (سال on) و ۸۳-۱۳۸۲ (سال off) در یکی از باغ‌های مورد آزمایش واقع در کوثرریز از توابع شهرستان رفسنجان به اجرا درآمد. خصوصیات خاک در جدول ۱ آمده است.

هر واحد آزمایشی شامل یک درخت پسته از رقم فندقی بود. بطوری که تمامی واحدهای آزمایشی از اندازه و سن تقریباً یکسانی برخوردار بودند. از آنجا که در باغ مورد آزمایش آبیاری به روش غرقابی بود، در اسفند ماه سال ۱۳۸۱ و بهمن ماه سال ۱۳۸۲ قبل از شروع رشد فعال در سایه‌انداز درخت به ترتیب طرف راست و چپ درخت کانالی به ابعاد ۴۰×۱۵۰ سانتی‌متر و به عمق ۴۵ سانتی‌متر حفر گردید. سپس کودها بر اساس تیمارها در درون کانال ریخته شد. تیمارهای مورد استفاده عبارت بودند از تیمار اول (T₁)= شرایط باغدار (سولفات آمونیوم + سوپرفسفات تریپل هر کدام به میزان یک کیلوگرم برای هر درخت)، تیمار دوم (T₂)= تیمار اول + پتاسیم بصورت سولفات پتاسیم به میزان ۳ کیلوگرم برای هر درخت، تیمار سوم (T₃)= تیمار دوم + کلسیم بصورت گچ به میزان ۴۰ کیلوگرم برای هر درخت و تیمار چهارم (T₄)= تیمار سوم + روی بصورت سولفات روی به میزان ۱۵۰۰ گرم برای هر درخت. دور آبیاری در باغ هر ۴۵ روز یکبار و میزان آب آبیاری در طول فصل رشد حدود ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار بود. کیفیت آب آبیاری در جدول ۲ گنجانده شده است. پس از اجرا، مراقبت‌های لازم شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات انجام شد. شدت سبزیگی برگ‌ها در تیمارهای مختلف توسط کلروفیل‌متر در تاریخ‌های ۸۳/۵/۳ و ۸۲/۴/۳۱ مورد ارزیابی قرار گرفت

خاک (۱۲۰-۰ سانتی متر) در اختیار باشد می توان با احتمال ۷۳ درصد، درصد میزان سرخشکیدگی را پیش بینی نمود.

- نتایج تجزیه برگ و آب: جداول ۶ و ۷ حدود تغییرات و میانگین خصوصیات شیمیایی برگ و آب را نشان می دهند. همانگونه که مشاهده می شود میزان پتاسیم برگ از ۱/۰ تا ۲/۴ درصد و تغییرات هدایت الکتریکی آب از ۳/۲ تا ۱۹/۵ دسی زیمنس بر متر متغیر بود ولی پس از همبسته شدن با درصد سرخشکیدگی از نظر آماری معنی دار نشده و وارد مدل نگردیدند.

- آزمایش باغی: نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر درصد سرخشکیدگی در جدول ۸ آورده شده است. توجه به جدول تجزیه واریانس اختلاف تیمارها برای صفت طول شانکر در سطح ۱ درصد معنی دار شد. بر این اساس آزمون مقایسه میانگین ها به روش دانکن انجام گردید. با توجه به نمودار ۳ طول شانکر ایجاد شده توسط قارچ در تیمار اول بیشترین و در تیمارهای ۳ و ۴ از بقیه کمتر بود. در مقابل، تیمارها بر روی سبزیگی برگ از نظر آماری تأثیر نداشته اند.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد به مرور زمان عوامل غیرزنده زیادی موجب ضعیف شدن درختان پسته می شوند که در این صورت اینگونه درختان قادر به مقاومت در برابر عوامل زنده قارچی نیستند و عارضه سرخشکیدگی را بوجود می آورند. تا کنون از قارچ هایی چون *Nattrassia*, *Eutypa lata*, *Botryosphaeria ribis* و *Paecilomyces variotii* و *mangiferae*، کمبود پتاسیم و سمیت نمک های شورکننده به عنوان عامل این عارضه نام برده شده است (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۸؛ Ashworth و همکاران، ۱۹۸۵؛ Michailides و Ogawa، ۱۹۸۶؛ Rumbos، ۱۹۸۶؛ Corraza و همکاران، ۱۹۹۰؛ Swart و Botes، ۱۹۹۵؛ Chitzandis و همکاران، ۱۹۹۵). بر اساس بررسی های انجام شده همانگونه که در نمودار ۱ مشاهده می گردد با افزایش میزان سدیم خاک (الف) و در نتیجه SAR (ب)، میزان سرخشکیدگی افزایش می یابد.

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می شود، سدیم در عمق ۸۰-۴۱ سانتی متری، پتاسیم در عمق های ۴۰-۰ و ۸۰-۴۱ سانتی متری، CCE در عمق ۴۰-۰ سانتی متری و SAR، Na/K و Na/Ca در هر سه عمق، همبستگی معنی داری را نشان دادند که در مورد پتاسیم این همبستگی منفی و در بقیه موارد مثبت بود. با انجام رگرسیون گام به گام روابط معنی داری به شرح زیر بدست آمد:

$$Y_1 = 37347 + 17602 (SAR)_2 \rightarrow R^2 = 0.483^{**}$$

$$Y_2 = 94237 + 2194 (SAR)_2 + 0.728 (Ca)_1 \rightarrow R^2 = 0.593^{**}$$

$$Y_3 = 77856 + 37072$$

$$(SAR)_2 + 0.700 (Ca)_1 + 0.708 (SAR)_3 \rightarrow R^2 = 0.772^{**}$$

$$Y_4 = 1231 + 3228 (SAR)_2 + 0.815 (Ca)_1$$

$$- 1761 (SAR)_3 + 2229 (Na/K)_3 \rightarrow R^2 = 0.750^{**}$$

در این روابط $(SAR)_2$ و $(SAR)_3$ به ترتیب نسبت جذب سدیم در عمق ۸۰-۴۱ و ۴۱-۰ سانتی متری، $(Ca)_1$ غلظت کلسیم خاک در عمق ۴۰-۰، $(Na/K)_3$ نسبت غلظت سدیم به پتاسیم خاک در عمق ۱۲۰-۸۱ سانتی متری و Y معادل درصد سرخشکیدگی است. همانگونه که مشاهده می شود با اندازه گیری نسبت جذب سدیم عمق دوم $(SAR)_2$ می توان با احتمال ۴۸ درصد، درصد وقوع سرخشکیدگی را پیش بینی نمود. جدول ۵ همبستگی بین سرخشکیدگی و میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی عمق ۱۲۰-۰ سانتی متری را نشان می دهد. با مقایسه جداول ۴ و ۵ مشخص می شود هنگامی که میانگین سه عمق را با درصد سرخشکیدگی همبسته نمودیم، کربنات کلسیم معادل (CCE) از معنی دار شدن خارج و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) معنی دار گردید و بقیه پارامترها از نظر معنی دار بودن یا نبودن مشابه جدول ۴ است.

با انجام رگرسیون گام به گام بین سرخشکیدگی و میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک های مورد مطالعه (۱۲۰-۰ سانتی متر) رابطه زیر حاصل گردید.

$$Y = 51799 - 0.194 (K)_{soil} + 0.946 (SAR)_{soil} \rightarrow R^2 = 0.737^{**}$$

با توجه به اینکه Y درصد سرخشکیدگی را نشان می دهد مشخص است در این رابطه ابتدا پتاسیم و بعد نسبت جذب سدیم خاک وارد گردیده است و نشان می دهد چنانچه پتاسیم قابل دسترس و نسبت جذب سدیم

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت بررسی

عمق	ECe	pH	CCE	P	K	Zn	Cl	Ca	Mg	Na	رس	سیلت	شن
	dS m ⁻¹		%	mgkg ⁻¹		meq L ⁻¹					%	%	%
۰-۱۲۰	۱۳/۴	۷/۹	۱۴	۱۷	۱۷۰	۰/۷۰	۲۶	۴۲	۱۸	۸۹	۴	۸	۸۸

جدول ۲- کیفیت آب آبیاری باغ مورد آزمایش

pH	EC dS/m	SAR	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	B
۷/۹	۵/۹	۱۴/۱	۱۷/۲	۴/۷	۲/۲	۲۶/۲	۰/۰	۲/۰	۲/۳

جدول ۳- حدود تغییرات و میانگین فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Na/K	Na/ Ca	SAR	شن	سیلت	رس	CCE	K mgkg ⁻¹	Na	Mg	Ca	pH	ECe (dSm ⁻¹)	عمق
													meq L ⁻¹
۰/۸۳	۰/۸۶	۳/۵	۳۱/۶	۳/۴	۲/۴	۹/۰	۶۱/۰	۱۱/۰	۳/۰	۶/۰	۷/۷	۲/۵	کمترین
۵۶/۱۸	۶/۱۳	۳۴/۹	۹۴/۲	۵۱/۴	۴۸/۴	۳۴/۰	۶۷۸/۰	۲۱۷/۰	۳۸/۰	۴۶/۰	۸/۲	۱۹/۶	۰-۴۰
۷/۱۳	۲/۶۴	۱۲/۲	۶۳/۷	۱۸/۹	۱۶/۱	۱۶/۵	۲۱۷/۰	۵۴/۴	۱۶/۴	۲۰/۵	۷/۹	۸/۱	میانگین
۱/۲۱	۱/۱۷	۴/۰	۱۳/۶	۳/۴	۲/۰	۱۰/۰	۸۷/۰	۱۴/۰	۶/۰	۷/۰	۷/۷	۲/۳	کمترین
۴۰/۷۱	۸/۴۳	۳۳/۴	۹۴/۲	۴۹/۴	۵۱/۰	۳۸/۰	۱۴۹/۰	۲۱۷/۰	۸۳/۰	۸۰/۰	۸/۱	۵۱/۷	۴۱-۸۰
۹/۳۸	۲/۹۳	۱۴/۹	۶۲/۹	۱۹/۲	۱۸/۴	۱۷/۲	۱۹۷/۰	۷۶/۳	۲۰/۷	۲۷/۰	۷/۹	۱۱/۹	میانگین
۰/۹۲	۰/۷۶	۳/۵	۱۶/۲	۷/۴	۲/۴	۸/۰	۱۲۸/۰	۱۳/۰	۷/۰	۲/۰	۷/۶	۲/۳	کمترین
۵۲/۴۳	۹/۸۲	۶۸/۰	۹۰/۲	۴۷/۴	۴۶/۴	۳۰/۰	۴۱۶/۰	۴۸۱/۰	۵۱/۰	۴۹/۰	۸/۲	۳۷/۰	۸۱-۱۲۰
۱۰/۳۷	۳/۰۳	۱۵/۵	۶۶/۹	۱۵/۵	۱۶/۳	۱۰/۵	۲۱۶/۰	۸۱/۷	۲۱/۱	۲۵/۰	۷/۹	۱۰/۳	میانگین

جدول ۴- ضریب همبستگی بین عارضه سرخشیدگی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

Na/K	Na/C a	SAR	شن	سیلت	رس	CCE	K mgkg	Na	Mg	Ca	pH	ECe (dS m ⁻¹)	عمق
													meq L ⁻¹
۰/۱۳۶**	۰/۴۵۵**	۰/۴۶۶**	-۰/۰۹۱ns	۰/۳۳۲ns	-۰/۱۲۰ns	۰/۲۶۴*	-۰/۵۱۳**	۰/۳۴۵ns	-۰/۳۲ns	۱/۱۶۶ns	۰/۵۲ns	۰/۳۴۷ns	-۰/۴۰(۱)
۰/۱۵۴۱**	۰/۱۶۶۱**	۰/۱۶۹۵**	-۰/۰۲۴۶ns	۰/۲۰۰ns	-۰/۲۱۲ns	-۰/۲۳۷ns	۰/۳۲۷ns	۰/۶۰۷**	-۰/۱۳۹ns	۱/۲۳۲ns	-۰/۰۲۳ns	۰/۲۴۹ns	۴۱-۸۰(۲)
۰/۴۳۰*	۰/۳۷۲**	۰/۳۹۱*	-۰/۰۲۷ns	۰/۰۸۱ns	-۰/۱۷۱ns	۰/۱۰۱ns	-۰/۱۵۴**	۰/۳۲۵ns	-۰/۱۶۸ns	۱/۲۰۱ns	-۰/۱۵۲ns	۰/۲۴۵ns	۸۱-۱۲۰(۳)

ns معنی دار نیست.

* معنی دار در سطح ۵ درصد

** معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول ۵- ضریب همبستگی بین عارضه سرخشیدگی و میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Na/K	Na/Ca	SAR	شن	سیلت	رس	CCE	K mgkg ⁻¹	Na	Mg	Ca	PH	ECe (dS m ⁻¹)	عمق
													meq L ⁻¹
۰/۱۵۵۸**	۰/۱۵۸۸**	۱/۶۹۳**	-۰/۱۵۱ns	۰/۲۷۴ns	-۰/۰۱۶ns	۰/۳۳۱ns	۰/۵۵۹**	۰/۴۷۹**	-۰/۱۰۱ns	۱/۳۱۳ns	۰/۰۷۹ns	۰/۴۲۸*	-۰-۱۲۰

ns معنی دار نیست.

* معنی دار در سطح ۵ درصد

** معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول ۶- حدود تغییرات و میانگین خصوصیات شیمیایی برگ و ضریب همبستگی بین آنها با عارضه سرخشیدگی

Mn	Cu	Zn	Fe	Na	Mg	Ca	K	P	N	برگ
										mgkg ⁻¹
										(%)
۹/۰	۱/۰	۴/۱	۳۹	۰/۰۶	۰/۱۲	۱/۵	۱/۰	۰/۰۴	۱/۵	کمترین
۲۸/۰	۷/۷	۱۶/۱	۴۶۰	۰/۴۹	۱/۴۰	۲/۹	۲/۴	۰/۲۰	۲/۸	بیشترین
۱۶/۸	۳/۶	۷/۳	۲۰۶	۰/۲۷	۰/۴۴	۲/۰	۱/۸	۰/۱۰	۲/۲	میانگین
۰/۱۶۰ ns	۰/۱۳۶ ns	-۰/۱۱۸ ns	-۰/۰۴۷ ns	-۰/۲۶۸ ns	-۰/۰۹۱ ns	۰/۰۳۱ ns	-۰/۱۵۲ ns	-۰/۱۹۶ ns	-۰/۰۲۵ ns	همبستگی

ns معنی دار نیست.

جدول ۷- حدود تغییرات و میانگین خصوصیات شیمیایی آب و ضریب همبستگی بین آنها با عارضه سرخشکیدگی

SAR	B	Na	Mg	Ca	HCO ₃ ⁻	pH	EC dS m ⁻¹	آب
meq L ⁻¹								
۱۰/۴	۱/۲	۲۲	۲/۲	۲/۰	۱/۲	۷/۳	۳/۲	کمترین
۳۵/۶	۸/۱	۱۵۶	۲۸/۲	۱۴/۰	۸/۴	۸/۱	۱۹/۵	بیشترین
۱۷/۴	۳/۸	۵۵	۱۱/۸	۶/۸	۴/۴	۷/۸	۷/۴	میانگین
۰/۰۲۱ ns	۰/۱۰۱ ns	۰/۰۰۸ ns	-۰/۲۲۸ ns	۰/۰۳۸ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۱۹۵ ns	۰/۰۲۳ ns	همبستگی

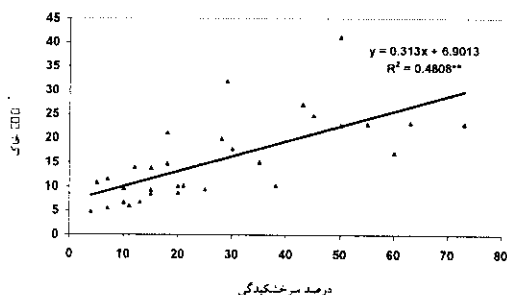
ns معنی دار نیست.

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت طول شانکر و شدت سبزی برگها سال ۸۲ و ۸۳

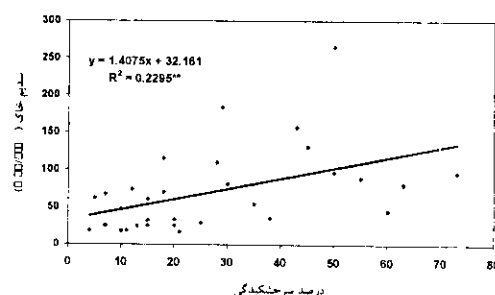
C.V	F	درجه آزادی تیمار	درجه آزادی خطا	میانگین مربعات خطا	میانگین مربعات تیمار	صفت
۱۴/۹۶	۳۷/۹۳۹	۳	۲۰	۰/۸۴۵	۳۲/۰۴۷**	طول شانکر
۶/۲۹	۰/۴۹	۳	۲۰	۱۲/۶۲۳	۶/۲۲۴ ns	شدت سبزی برگها سال ۸۲
۶/۱۰	۱/۸۱	۳	۲۰	۱۰/۳۸۵	۱۸/۷۵۶ ns	شدت سبزی برگها سال ۸۳

** معنی دار در سطح ۱ درصد

ns معنی دار نیست

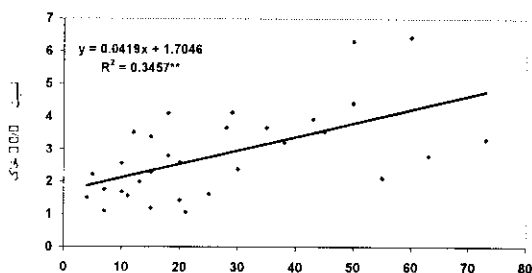


(ب)

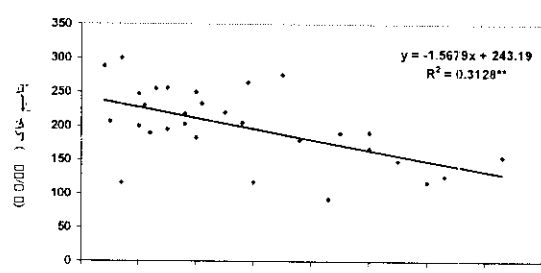


(الف)

نمودار ۱- تأثیر سدیم، SAR، Na/Ca و EC خاک بر درصد سرخشکیدگی پسته



(د)



(ج)

نمودار ۲- تأثیر پتاسیم و Na/K خاک بر درصد سرخشکیدگی پسته

پتاسیم اثر منفی داشته و با افزایش درصد سرخشکیدگی و سدیم خاک، میزان پتاسیم برگ کاهش یافت، اگرچه این

به نظر می‌رسد مقادیر بالای یون سدیم افزون بر مسمومیت مستقیم خود بر میزان جذب عناصر مهمی مانند

درصد سرخشکیدگی معمولاً به بیش از ۳۰ درصد افزایش یافت. نتایج تحقیقات محققین نیز نشان داد که عدم تعادل عناصر غذایی در شرایط شور باعث بالا رفتن غلظت Na^+ و رقابت آن با جذب K^+ و Ca^{++} می‌شود (Carvajal و همکاران، ۲۰۰۰). از طرف دیگر به دلیل وجود مکانیزم‌های مشابه برای جذب یون‌های Na^+ و K^+ شوری و بویژه سدیم، سبب تضعیف جذب کلسیم و پتاسیم توسط گیاه شد و در نتیجه مقدار سدیم در برگ افزایش یافت. علی‌رغم اینکه این افزایش سدیم برگ از نظر آماری معنی‌دار نبود، لیکن امکان دارد همین افزایش جزئی منجر به بالا رفتن نسبت سدیم به پتاسیم در غشاء گردد. نتایج مشابهی توسط Lauchi و همکاران (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است. تحقیقات گسترده‌ای در مورد اثرات روی در افزایش تحمل به شوری و کاهش اثرات سمیت سدیم انجام گرفته است (Alpaslan و همکاران، ۱۹۹۹؛ Khoshgofarmanesh و همکاران، ۲۰۰۲؛ خوشگفتارمنش و همکاران، ۱۳۸۰). کشاورز و ملکوتی (۱۳۸۳) نشان دادند روی با محدود کردن جذب سدیم نقش مهمی در افزایش تحمل گندم به شوری داشت. این محققین در تایید این نکته نشان دادند که علاوه بر وزن خشک، نسبت‌های Ca/Na و K/Na افزایش یافتند. در تحقیق حاضر نیز با افزایش روی موجود در خاک میزان سرخشکیدگی کاهش یافت (نمودار ۳ تیمار چهارم).

صرفنظر از عوامل غیرزنده فوق تعدادی از محققین، برخی عوامل زنده را نیز در ایجاد سرخشکیدگی معرفی نموده‌اند (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۸؛ Aminae و Ershad، ۱۹۸۷). بر همین اساس مایه‌زنی قارچ *Paecilomyces variotii* روی شاخه‌های درختان پسته تحت تیمار انجام شد. نتایج نشان داد در تمام شاخه‌های تلقیح شده با قارچ *P. variotii* شانکر دیده شد. لیکن در شاخه‌هایی که فقط محیط کشت PDA استریل بدون قارچ، دریافت کرده بودند، هیچگونه علائم شانکر نشان ندادند. اگرچه مایه‌زنی این قارچ در کوتاه مدت موجب سرخشکیدگی نشد، اما پیشرفت این عارضه مخصوصاً در تیمار شاهد (T₁) و ایجاد شانکرهای (نوارهای قهوه‌ای تا سیاه‌رنگ) شاخص نواری روی شاخه‌های مایه‌زنی شده، از توانایی نسبتاً بالای این قارچ در ایجاد خسارت حکایت داشت. گاهی طول این شانکرها به بیش از ۱۵ سانتی‌متر می‌رسید. با اعمال تیمارهای موردنظر طول شانکرها که به عنوان معیار یا درصد خسارت در نظر گرفته شده بود بطور چشمگیری کاهش یافت که از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۹ و نمودار ۳). با افزایش پتاسیم (تیمار دوم) نسبت به شاهد طول شانکر بیش از ۳۰

کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. همچنین با افزایش میزان سدیم که با کاهش جذب کلسیم همراه بود، میزان سرخشکیدگی افزایش یافت (نمودار ۱-ج). بالا بودن غلظت سدیم در محلول خاک ممکن است باعث کاهش فعالیت یون‌های عناصر غذایی شده و نسبت‌های Na/Ca و Na/K را در محلول خاک بسیار بالا ببرد. در این شرایط، فشار اسمزی بالا، سمیت یون‌های ویژه و نیز اختلالات تغذیه‌ای باعث صدمه دیدن گیاه می‌گردد. همچنین غلظت بالای شوری ممکن است باعث غیرفعال شدن فیزیولوژیکی یک عنصر غذایی ضروری شده و در نتیجه موجب افزایش میزان نیاز درونی گیاه به آن عنصر گردد (Munns و Greenway، ۱۹۸۰).

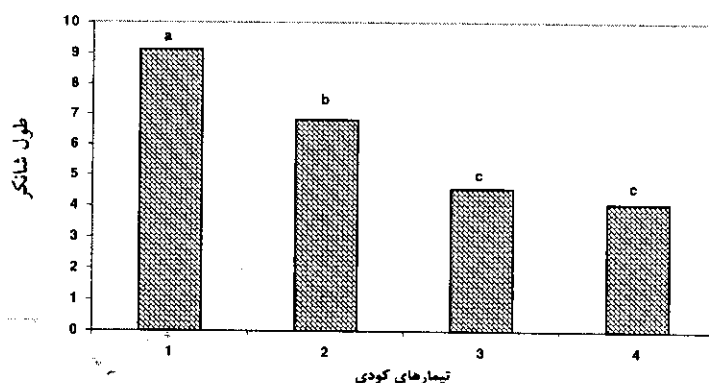
Sopandic و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند که در غیاب کلسیم و با افزایش سدیم از جذب و انتقال پتاسیم در ریشه‌های جو جلوگیری بعمل آمده و هنگامی که یون کلسیم به محیط کشت اضافه گردید، نسبت جذب پتاسیم به سدیم (K/Na) افزایش حاصل کرد. همچنین در شرایط شور، پدیده جانشینی Na^+ در غشاء تارهای کشته ریشه بجای Ca^{++} اتفاق می‌افتد که این جانشینی از انتقال یون‌ها به داخل سلول و نیز ساقه‌ها جلوگیری می‌کند (Cramer و همکاران، ۱۹۸۶).

Miyamoto و Picchioni (۱۹۹۰) با آزمایشی بر روی ۶ گونه پسته دریافتند که غلظت سدیم موجود در برگ زمانی افزایش می‌یابد که غلظت سدیم در خاک به ۱۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر برسد. آنها همچنین گزارش دادند که میزان غلظت پتاسیم در برگ تحت تأثیر سطوح مختلف شوری در پایه‌های مختلف قرار نگرift ولی نسبت K/Na با افزایش Na خاک کاهش یافت و میزان کلسیم برگ نیز در این آزمایش با افزایش سدیم خاک کاهش یافت ولی بر روی میزان جذب منیزیم تأثیری نداشت. با توجه به نمودار ۱-د، سرخشکیدگی در تمام محدوده‌های شوری مورد مطالعه (از ۲/۳ تا ۵۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده گردید، لیکن شدت آن با بالا رفتن شوری (EC) افزایش یافت. این تحقیق نشان داد هنگامی که میزان SAR خاک کمتر از ۵ باشد، میزان عارضه سرخشکیدگی کمتر از ۵ درصد بوده ولی با افزایش SAR به عدد ۱۰، درصد سرخشکیدگی به حدود ۱۵ و وقتی SAR به بالاتر از ۲۰ می‌رسد، تقریباً بیشتر از یک سوم باغ موردنظر علائم سرخشکیدگی را نشان می‌دهد. همچنین با کاهش پتاسیم قابل دسترس خاک (نمودار ۲-الف) و با افزایش نسبت Na/K خاک (نمودار ۲-ب) میزان سرخشکیدگی افزایش یافت. نتایج نشان داد هنگامی که میزان پتاسیم قابل دسترس به کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک رسید،

کرده و از نشت پتاسیم به خارج جلوگیری می‌نماید (Cramer و همکاران، ۱۹۸۶). Lahaya و Epstein (۱۹۷۱) نشان دادند که با افزایش گچ، وزن خشک اندام هوایی لوبیا افزایش یافت که این خود با کاهش شدید جذب سدیم در گیاه همراه بود. در تیمار چهارم و با افزودن روی کاهش طول شانکر به ۶۰ درصد رسید. این کاهش به رغم اینکه با تیمار سوم معنی‌دار نبود ولی همچنان روند کاهشی خود را حفظ نمود. افزایش غلظت روی در محیط ریشه احتمالاً می‌تواند اثر سمی NaCl را با محدود نمودن جذب سدیم (Na^+) و کلر (Cl) و یا انتقال آن در گیاه را کاهش دهد (Alpaslan و همکاران، ۱۹۹۹) و در اثر جلوگیری از جذب سدیم، نسبت K/Na و Ca/Na را در داخل گیاه افزایش دهد. (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸۳؛ Gadalla و Ramadan, ۱۹۹۷). همچنین خوشگفتارمنش و همکاران (۱۳۸۰) گزارش دادند که در شرایط شور مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد کاه و دانه گندم در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف روی) گردید. آنها تأکید نمودند که در این شرایط مصرف مقادیر پایین روی تأثیری بر عملکرد نداشته و مصرف مقادیر بیشتر موجب افزایش قابل توجه عملکرد کاه و دانه گندم می‌شود.

درصد کاهش یافت. در نتیجه پتاسیم بایستی نقش مؤثری در کاهش طول شانکر داشته باشد. برخی مطالعات نشان دادند که پتاسیم می‌تواند در تنش شوری در رشد گیاه و متابولیسم آن مؤثر باشد.

مطالعات ملکوتی و همکاران (۱۳۸۱) نشان داد که به هنگام افزایش سدیم به صورت نمک در محیط ریشه، غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی کاهش می‌یابد. کاهش جذب پتاسیم در حضور سدیم، یک فرآیند رقابتی بوده و ربطی به نوع نمک محلول غالب خاک (SO_2-4 یا Cl^-) ندارد. حال با توجه به اینکه جذب و انتقال پتاسیم توسط گیاهان در محیط غنی از سدیم کاهش می‌یابد، اطلاعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد، افزودن پتاسیم به خاک‌های غنی از سدیم رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد. همانگونه که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود در تیمار سوم که علاوه بر پتاسیم، کلسیم نیز مصرف شده است، طول شانکر بیش از ۵۵ درصد کاهش یافت. تحقیقات نشان داد که اولین پاسخ ریشه‌های پنبه به تنش شوری (NaCl) جایگزینی کلسیم با سدیم در غشاء سلولی است که منجر به افزایش نفوذپذیری غشاء و کاهش انتخاب‌پذیری K/Na می‌گردد. از اینرو افزودن ۱۰ میلی‌مول کلسیم به محیط کشت شور، سلامت غشاء سلولی را حفظ



نمودار ۳- تأثیر تیمارهای کودی بر طول شانکر (نوارهای قهوه‌ای تا سیاه‌رنگ)

فهرست منابع:

- اشکان، م و د. ابوسعیدی (۱۳۷۳). بررسی بیماری خشکیدگی سرشاخه درختان پسته در استان کرمان. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات پسته، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- امامی، ع. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه برگ، ج. ۱. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران.

۳. امینایی، م. م. (۱۳۶۴). وجود بیماری خشکیدگی و مرگ سرشاخه‌های درختان پسته در اثر حمله قارچ *Paecilomyces variotii* در مناطق پسته‌کاری استان کرمان. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات پسته، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۴. بلند نظر، س. ا. و م. ج. ملکوتی. (۱۳۷۹). کانال کود روشی موثر در تغذیه بهینه باغهای میوه، نشریه فنی ۱۳۷. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
۵. خوش‌گفتارمنش، ا. م.، ز. خادمی و م. ر. بلالی (۱۳۸۰). تأثیر مصرف سولفات روی بر رشد و عملکرد گندم در اراضی شور بایر اصلاح شده. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. شهرکرد، ایران.
۶. داودی، م. ج. م. ج. ملکوتی، ز. خادمی و ع. عبدالهی. (۱۳۸۱). اثر مصرف بهینه کود در افزایش مقاومت گیاهان، بیماری‌ها و آفات. نشر آموزش کشاورزی. نشریه فنی. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۷. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات (۱۳۸۱). آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی. نشریه شماره ۸۱/۰۶، تهران، ایران.
۸. علی‌احیایی، م. (۱۳۷۳). شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، نشریه فنی شماره ۹۸۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۹. علیزاده، ع. ح. علایی و ج. ارشاد (۱۳۷۸). بررسی سبب‌شناسی خشکیدگی سر شاخه درختان پسته در رفسنجان. مجله علوم کشاورزی مدرس. دانشگاه تربیت مدرس. دوره اول، شماره دوم. تهران، ایران.
۱۰. کشاورز، پ. و م. ج. ملکوتی (۱۳۸۳). اثر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و ساختمان آناتومیکی گندم. مجله علوم خاک و آب (در دست چاپ).
۱۱. مظفری، و. و م. ج. ملکوتی (۱۳۸۲). بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه خشکیدگی پسته. نشریه فنی شماره ۳۰۶. نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
۱۲. مظفری، و. و ا. تاج‌آبادی‌پور (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح بررسی مسایل و مشکلات باغ‌های پسته. دانشگاه ولی‌عصر. رفسنجان، ایران.
۱۳. ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۵). کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۴. ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۹). بررسی علل خشکیدگی سرشاخه‌های گردو در مناطق گردوخیز کشور. خلاصه مقالات دومین کنگره علوم باغبانی ایران. انتشارات انجمن علوم باغبانی ایران. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی (نشر آموزش کشاورزی). تهران، ایران.
۱۵. ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۱). گزارش نهایی شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در درختان میوه و ارائه راه‌حل‌های اجرایی توصیه بهینه کودی برای افزایش تولید و ارتقای کیفی میوه تا حد استاندارد جهانی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۱۶. ملکوتی، م. ج. و ح. رضایی (۱۳۸۰). نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
۱۷. ملکوتی، م. ج. پ. کشاورز، س. سعادت و ب. خلدبرین (۱۳۸۱). تغذیه گیاهان در شرایط شور. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا، تهران، ایران.

18. Afek, H., Szejnberg, A., and Solet, Z. (1990). A rapid method for evaluating citrus seedling resistance to foot rot caused by *phytophthora citrophthora*. Plant Dis. 74: 66-68.
19. Alpaslan, M., Inal, A., Gunes, A., Cikilli, Y. and Ozcan, H. (1999). Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*lycopersicum esulentum* L. Mill. C. V. lala) grown under salinity Tr. J. Botany. 23: 1-6.
20. Aminae, M. M., and Ershad, D. (1987). Dieback of young shoots of pistachio trees in Kerman province. Proceeding of the plant protection congress of Iran. 9-14 Sept. Mashhad, Iran. pp 79.
21. Ashworth, L. J., Gaona, J. R., and Surber, S. A. (1985). Nutritional disease of pistachio trees, potassium and phosphorus deficiencies and chloride and boron toxicities. Phytopathology, 75: 1084-1091.
22. Carvajal, M., Cerda, A., and Martinez, V. (2000). Modification of the response of saline stressed tomato plants by the correction of calcium disorders. Plant Growth Regulation. 30: 37-47.
23. Chitzanidis, A., Kask, N., Kuden, A. B. Ferguson, L. and Michailides, T. (1995). Pistachio disease in Greece. Acta Horticulture. 419: 345-348.
24. Corazza, L., Chilosi, G. and Avazato, D. (1990). Die-back of pistachio branches caused by *Botryosphaeria ribis*. Plant Path, 05253 (Abst).
25. Cramer, G. R., Lauchli, A. and Epstein, E. (1986). Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solution and root growth of cotton. Plant Physiology. 81: 792-797.
26. Gadallah, M. A. and Ramadan, T. (1997). Effects of zinc and salinity on growth and anatomical structure of *carthamus tinctorum* L. Biologia Plantarum, 39: 411-418.
27. Greenway, H., Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31, 149-190.
28. Khoshgoftarmanesh, A. H., Jaaferi, B. and Shariatmadari, H. (2002). Effect of salinity on Cd and zinc availability 17th World Congress of Soil Science. Thailand.
29. Lahaya, P. A., and E. Epstein. (1971). Calcium and salt toleration by bean plants. Physiol. Plant., 25: 213-218.
30. Lauchli, A., Clomer, T. D., Fan, T. W., and Higashi, M. (1994). Solute regulation by calcium in salt, stressed plant. Page 443-461. In J. H. Cherry, ed. Berlin, Germany.
31. Maftoun, M., and Sepaskhah, A. R. (1989). Relative salt tolerance of eight wheat cultivars. Agrochimica. 33: 1-14.
32. Michailides, T. J. and Ogawa, J. M. (1986). Sources of inoculum, epidemiology and control of *Botryosphaeria* shoot and panicle blight of pistachio. Calif. Pistachio Industry. Annu. Rep. Crop year, 1985. pp. 87-91.
33. Peryea, F. J. and Kammerekh, R. (1997). Use of Minolta SPAD-502. Chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic trees. J. Plant nutr. 20 (11). 1457-1463.
34. Picchioni, G. A. and Miyamota, S. (1990). Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedling. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 645-653.
35. Rumbos, I. C. (1986). Isolation and identification of *Eutype late* from *Pistacia Vera* in Greece. J. Phyto path. 116: 352-357.
36. Sepaskhah, A. R., and Maftoun, M. (1988). Relative salt tolerance of pistachio cultivars. Journal Horticulture Science. 63: 157-162.
37. Sopandie, D., Moritsugu, M. and Kawasaki, T. (1995). Interaction between Ca, Na and K in salicornia Virginia and barley roots under saline conditions: Multi-compartment transport box experiment. Soil Science Plant Nutrition. 36: 65-71.
38. Swart, W. J., and Botes, W. M. (1995). First report of stem canker caused by *Botryosphaeria obtuse* on pistachio. Plant Dis. 79: 1036-1038.

Investigation of some Causes of Die-back Disorder of Pistachio Trees and its Control through Balanced Fertilization in Southern Iran

V. Mozaffari, M. J. Malakouti, B. Kholdebarin, and M. Bybordi¹

Abstract

The incidence of die-back in pistachios (*Pistacia vera* L.) is common in many pistachio producing countries including U.S., Greece, Italy, and South Africa. This problem also occurs extensively in pistachio orchards of Iran where it has caused yields to be low. In order to evaluate the spread, percent occurrences as well as to determine the causative factor(s) of this incidence, some 203 pistachio orchards located in Rafsanjan, Kerman, Yazd and Khorasan regions were visited during the period from 2002 to 2004. It was noted that from 4 to 90 percent, or on the average 28 percent of the trees, had been affected and that the rate of this incidence had increased by 60% during the ten year period from 1994 to 2004. Soil samples from profile depths of 0-40, 41-80 and 81-120 cm were collected in 31 randomly selected orchards for physicochemical analysis. Likewise, leaf samples as well as samples of irrigation water were collected in those orchards for chemical analysis. Then, correlations between the incidence of die-back and the examined factors were calculated. It was noted that the incidence of die-back in pistachios was positively correlated with soil EC, Na, K, SAR, Na/Ca and Na/K values. A stepwise regression analysis yielded the following equation: $Y = 51.799 - 0.194 (K)_{\text{soil}} + 0.946 (SAR)_{\text{soil}} \rightarrow R^2 = 0.737$ On the basis of our findings and the reports by others that the fungus *Paecilomyces variotti* was the causative agent for die-back in pistachios, a randomized complete block experiment was conducted with 4 treatments and 6 replications on a total of twenty four 25-year old trees of Fandoghi pistachio variety which were 30% affected by die-back problem to investigate the effect of balanced fertilizer application on preventing this incidence. The treatments included T₁= the growers conventional method (ammonium sulfate+triple superphosphate at the rate of 3 kg each per tree); T₂=T₁+ potassium at the rate of 3kg potassium sulfate per tree; T₃= T₂+calcium applied as gypsum at the rate of 40 kg/tree; and T₄=T₃+zinc applied as zinc sulfate at the rate of 1500 g/tree. The direct fungal inoculation of the trees followed two years of the fertilizer treatments. The results showed a significant decrease (at 1% level) in the incidence of die-backs with treatments T₂, T₃ and T₄ as compared with the farmers conventional methods. In other words, the application of potassium, calcium and zinc sulfate reduced this problem by 63 percent.

Keywords: Pistachio (*Pistacia vera* L.), Die-back, Potassium, Calcium, Zinc, Sodium.

¹-PhD Candidate at Tarbiat Modarres University; Professor, Tarbiat Modarres University; Professor, Shiraz University and University Professor, respectively.