تأثیر سطوح مختلف کلریدسدیم بر بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پسته در محیط آبکشت

امیر حسین محمدی و ضیاءالدین بنی‌هاشمی[1*]

(تاریخ دریافت: ۸۴/۴/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۲۶)

چکیده

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات اقتصادی ایران بوده که عمدتاً در مناطق شور کاشته می‌شود. یکی از مهم‌ترین بیماری‌های پسته پژمردگی ورتیسیلیومی با عامل *Verticillium dahliae* بوده که از خاک و درختان پسته در برخی از مناطق پسته کاری جدا شده است. به منظور مطالعه تأثیر کلریدسدیم بر بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی سه پایه متداول پسته (سرخس، بادامی زرند و قزوینی) در یک آزمایش گلخانه‌ای تأثیر چهار سطح کلریدسدیم (صفر، ۱۴۰۰، ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی‌گرم NaCl در کیلوگرم خاک) در محیط آبکشت مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ای کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. سطوح مختلف کلریدسدیم قبل از مایه‌زنی با قارچ در محیط آبکشت روی ریشه نهال‌های ده هفته‌ای پسته اعمال شد. دو هفته پس از اعمال تیمارهای کلریدسدیم، مایه زنی نهال‌ها با انتقال آنها به خاک بکر حاوی ۴۰ میکرواسکلروت *V. dahliae* در هر گرم خاک حاوی غلظت‌های مشابه کلریدسدیم انجام شد. در تیمارهای شوری پایه‌های سرخس و قزوینی به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش وزن خشک و هم‌چنین غلظت یون‌های Na، K و Cl را در اندام هوایی و ریشه نشان دادند که بر این اساس، پایه‌های سرخس و قزوینی به ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین پایه به شوری بودند. هم‌چنین نتایج نشان داد که افزایش غلظت کلریدسدیم می‌تواند درصد کلنیزاسیون *V. dahliae* در ساقه و ریشه نهال‌های پسته را افزایش دهد. بیشترین درصد کلنیزاسیون ساقه و ریشه در غلظت ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. در هر سه پایه، برهمکنش کلریدسدیم و *V. dahliae* در مقایسه با تیمار قارچ به تنهایی و تیمارهای کلریدسدیم باعث کاهش وزن خشک و افزایش غلظت یون‌های Na، K و Cl در اندام هوایی و ریشه شد. در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری قبل از مایه زنی با *V. dahliae* می‌تواند شدت پژمردگی ورتیسلیومی پسته را به خصوص در پایه‌های حساس به شوری افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی، پسته، *Verticillium dahliae*

مقدمه

پسته گیاهی از جنس *Pistacia* و از خانواده Anacardiaceae می‌باشد. این خانواده درختانی مانند پسته، انبه، سماق، بادام هندی و درخت پر را در برمی‌گیرد و در مجموع دارای ۷۵ جنس و ۶۰۰ گونه گیاهی می‌باشد (۲). پسته از جمله مهم‌ترین محصولات باغبانی در ایران بوده که به دلیل سازگاری این درخت با شرایط نامساعد محیطی مانند شوری، خشکی و کم آبی، می‌توان آن را به عنوان یکی از محصولات مناسب برای کاشت در بسیاری از مناطق کویری و خشک ایران توصیه نمود (۲ و ۳). عامل پژمردگی ورتیسیلیومی پسته قارچ *Verticillium dahliae* بوده که اولین بار در سال ۱۹۵۰ از درختان پسته امریکا و یونان جداسازی شد (۶ و ۲۰). عامل پژمردگی ورتیسیلیومی پسته در

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ziabani@shirazu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

ایران توسط امینایی و ارشاد (۵) از استان کرمان جدا شده است. محمدی (۴) *V. dahliae* را از برخی مناطق استان کرمان که EC خاک آنها بین ۳/۷ تا ۵/۶ دسی زیمنس بر متر بود جداسازی نمود.

شوری و سدیمی بودن خاک یکی از مهم‌ترین مسائل در نواحی خشک و نیمه خشک می‌باشد. یون‌هایی که نقش اصلی را در شوری خاک دارا هستند عبارت از Cl^-، SO_4^{2-}، HCO_3^-، Na^+، Ca^{2+}، Mg^{2+} و ندرتاً یون‌های NO_3^- و K^+ (۸) می‌باشند. مک دونالد (۱۷) نشان داد که رابطه مثبتی میان تنش شوری و شدت پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه گل داوودی در محیط آبکشت وجود دارد. یون سدیم موجب افزایش نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی شده و می‌تواند ساختار داخلی سلول‌ها را بهم بریزد. اثر مخرب شوری بر عملکرد و نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی موجب نشت بیشتر مواد غذایی به خارج از سلول شده که این به نوبه خود موجب جلب بیشتر بیمارگرها می‌شود (۱۷). در سلول ریشه‌های تحت تنش شوری، تولید واکئول‌های بزرگ، تجمع و به هم چسبیدن کروماتین‌ها و تغییرات ظاهری در میتوکندری‌ها گزارش شده است (۲۵).

در یک پژوهش، شدت پوسیدگی ریشه پایه‌های مختلف مرکبات به وسیله *Phytophthora parasitica* (*P. nicotianae*) در محیط آبکشت با شوری ۲۲ دسی زیمنس بر متر مورد مطالعه قرار گرفت. از میان پایه‌های مورد استفاده تأثیر شوری در افزایش شدت پوسیدگی ریشه پایه پرتقال بیشتر بود در حالی که در پایهTroyer citrange شوری تأثیری بر شدت پوسیدگی ریشه نداشت که احتمالاً این موضوع به دلیل تحمل بیشتر این پایه به شوری می‌باشد (۹ و۱۳).

نتایج تحقیق بوچیبی و همکاران (۱۰) نشان داد که شدت پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه گوجه فرنگی در غلظت‌های یونی ۲/۵ و ۲۵ میلی‌اکی والان بر لیتر با افزایش نسبت Na/Ca به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. هم‌چنین درصد زئوسپورهایی که به سیست تبدیل شده بودند نیز با افزایش غلظت نمک و نسبت Na/Ca زیاد شد.

بنی‌هاشمی و طباطبایی (۱) نشان دادند که تنها در سطوح بالای شوری افزایش درصد آلودگی ریشه پسته رقم فندقی (حساس به شوری) به *P. citrophthora* مشاهده می‌شود، در حالی که در رقم بادامی (متحمل به شوری) شوری تأثیری بر شدت آلودگی نداشت. اثر تیمارهای شوری قبل و پس از مایه‌زنی قارچ در هر دو رقم یکسان بود. در مجموع رقم بادامی کمتر تحت تأثیر شوری و قارچ قرار داشت و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف دیده نشد، اما در رقم فندقی طول و وزن خشک ریشه بین تیمارهای با و بدون مایه‌زنی قارچ تفاوت معنی‌دار داشت.

مطالعات انجام شده در شرایط مزرعه روی سه رقم سیب‌زمینی Cara و Desiree مقاوم و Nicola متحمل به *V. dahliae* نشان داد که شوری موجب افزایش شدت پژمردگی ورتیسیلیومی می‌شود. از میان ارقام مورد استفاده رقم Cara آلودگی کمتری را در اثر افزایش شوری نشان داد (۱۶و۱۹).

پژوهش حاضر به منظور مطالعه تأثیر سطوح مختلف کلریدسدیم بر شدت بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی، وزن خشک و غلظت یون‌های Na، K و Cl در اندام هوایی و ریشه سه پایه پسته در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از سه پایه پسته قزوینی، بادامی زرند و سرخس (پایه‌های متداول در پسته کاری‌های کشور) استفاده شد. پس از جدا کردن پوسته سخت (اندوکارپ)، بذرها به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی سطحی شده و سه بار و هر بار به مدت ۵ دقیقه با آب لوله شسته شدند. بذرها به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر سترون در دمای اتاق خیسانده شده و پس از ضدعفونی با قارچکش‌های پنتاکلرونیتروبنزن (پودر وتابل ۲۵ درصد) و بنومیل (پودر وتابل ۵۰ درصد) از هر یک به میزان ۴ در هزار، در میان پارچه ململ به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۵°C نگه‌داری شدند. بذرهای جوانه زده به مدت دو هفته در ماسه سترون کاشته شد. ماسه مورد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. ترکیبات، عناصر و میزان مصرف هر یک از آنها برای تهیه محلول هوگلند کامل

نام ترکیب	غلظت محلول استوک	حجم برداشت از استوک در ساخت هوگلند کامل (میلی لیتر)	غلظت عناصر در هوگلند کامل (ppm)	
			عنصر	غلظت
KNO_3	۱ مول	۶	N	۲۲۴
			K	۲۳۵
$Ca(NO_3)_2 , 4H_2O$	۱ مول	۴	Ca	۱۶۰
			P	۶۲
$NH_4H_2PO_4$	۱ مول	۲	S	۳۲
$MgSO_4 , 7H_2O$	۱ مول	۱	Mg	۲۴
KCl	۵۰میلی مولار	۱	Cl	۱/۷۷
H_3BO_3	۲۵میلی مولار		B	۰/۲۷
$MnSO_4, H_2O$	۲میلی مولار		Mn	۰/۱۱
$ZnSO_4,7H_2O$	۲میلی مولار		Zn	۰/۱۳۱
$CuSO_4,5H_2O$	۰/۵میلی مولار		Cu	۰/۰۳۲
H_2MO_4	۰/۵میلی مولار		Mo	۰/۰۵
EDTA – Fe	۲۰میلی مولار	۱	Fe	۱/۱۲

نیاز، پس از آبشویی روی الک، به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای $80\ ^{\circ}C$ سترون شده و استفاده شد. پس از آن ۴ گیاهچه به ظروف پلاستیکی یک لیتری سیاهرنگ حاوی محلول یک دوم هوگلند (۱۲) منتقل شدند. مقدار مصرف و نیز غلظت مواد مصرف شده برای تهیه محلول هوگلند کامل در جدول ۱ نشان داده شده است.

نور مورد نیاز به وسیله ۸ عدد لامپ مهتابی فلورسنت به مدت ۱۶ ساعت در روز ساعت تأمین شد. محلول غذایی موجود در ظروف پلاستیکی هر ۱۵ روز یک بار تعویض شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. هشت هفته پس از انتقال دانهال‌ها به محلول غذایی، چهار سطح کلریدسدیم صفر، ۱۴۰۰، ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، در مدت ۱۴ روز و قبل از مایه زنی با قارچ اعمال شدند. به منظور سازش گیاهان، دو هفته پس از اعمال تیمارهای کلریدسدیم، چهار گیاه از هر ظرف پلاستیکی به گلدان‌های ۵ کیلوگرمی حاوی خاک بکر، خاکی که تاکنون محصولی در آن کشت نشده بود، (بافت شنی- رسی، ۲/۲ درصد ماده آلی، pH برابر با ۷/۹ و ECe برابر با ۰/۸۳ دسی زیمنس بر متر) دارای غلظت‌های کلریدسدیم مشابه محیط آبکشت و آلوده به ۴۰ میکرواسکلروت *V. dahliae* در هر گرم خاک منتقل شدند. برای تهیه خاک با غلظت‌های کلریدسدیم مشابه محیط آبکشت، با توجه به این‌که گنجایش زراعی خاک بکر مورد استفاده ۲۴ درصد تعیین گردید ۲۴۰ میلی لیتر آب نیاز بود تا رطوبت یک کیلوگرم خاک مذکور در حد گنجایش زراعی نگه‌داری شود. برای تیمار ۱۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک مقدار ۳۳۵/۷۳ میلی‌گرم کلریدسدیم در ۲۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده و به یک کیلوگرم خاک افزوده شد. برای پنج کیلوگرم خاک موجود در گلدان‌ها مقدار ۱۶۷۸/۶۵میلی‌گرم کلریدسدیم در ۱۲۰۰ میلی‌لیتر آب حل شده و به تدریج به گلدان‌های حاوی خاک بکر که فاقد نهال بودند اضافه شد. برای تیمارهای ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک به ترتیب ۳۳۵۷/۳ و ۶۷۱۴/۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. ترکیبات و میزان مصرف هر یک از آنها برای تهیه محیط هال و لی (۱۴)

نام ترکیب	میزان مصرف (میلی‌گرم در لیتر)
$MgSO_4, 7H_2O$	۵۰۰
$ZnSO_4, 7H_2O$	۰/۵
$MnSO_4, H_2O$	۰/۵
$CuSO_4, 5H_2O$	۰/۱۶
$Na_2MoO_4, 2H_2O$	۰/۰۱
KH_2PO_4	۱۰۰۰
K_2HPO_4	۹۰۰
KNO_3	۲
Glucose	۳۰

میلی‌گرم کلریدسدیم با استفاده از ۱۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ۵ کیلوگرم خاک موجود در گلدان‌ها افزوده شد. میکرواسکلروت مورد نیاز هم به روش‌هال و لی (۱۴) تهیه شد. در این روش یک لیتر از محیط مایع حاوی نمک‌های موجود در جدول ۲ در ظروف استیل (با ابعاد ۵ × ۲۷× ۵۰ سانتی‌متر) ریخته شده و پس از کشیدن فویل آلومینیوم روی ظروف در دمای $^{\circ}C$ ۱۲۱ به مدت ۲۰ دقیقه سترون شدند.

بیست بلوک یک سانتی‌متری از پرگنه‌های ۱۰ روزه قارچ *V. dahliae* داخل هر ظرف انداخته شده و ظروف به مدت ۵ تا ۶ هفته در دمای $^{\circ}C$ ۲۵ نگه‌داری شدند. میکرواسکلروت‌های تهیه شده به صورت یک لایه سیاهرنگ در ظروف تشکیل شد که با استفاده از پارچه ململ سترون از محلول جدا شده و پس از خشک کردن در دمای اتاق به مدت دو هفته، با استفاده از الک ۳۲۵ مش تا حد امکان به صورت پودر درآورده شدند. با محاسبه تعداد میکرواسکلروت‌ها در یک گرم پودر میکرواسکلروت، مقدار کافی از پودر تهیه شده با یک کیلوگرم از خاک گلدان‌های دارای تیمار قارچ مخلوط شد.

در هر گلدان تیمار قارچ، دو کیلوگرم خاک بدون قارچ در کف، یک کیلوگرم خاک آلوده به میکرواسکلروت قارچ در وسط و دو کیلوگرم خاک غیر آلوده نیز در ناحیه بالایی ریخته شد. در سایر گلدان‌ها خاک لایه میانی فاقد میکرواسکلروت بود. رطوبت گلدان‌ها با استفاده از آب مقطر و با روش وزن کردن در حد گنجایش زراعی نگه داشته شد. هشتاد روز پس از مایه‌زنی، گیاهان برداشت شدند. خاک اطراف ریشه‌ها به دقت شسته شده و اندام هوایی از ناحیه طوقه جدا شدند. در هر گلدان ۳۰ قطعه ۰/۵ سانتی‌متری از ساقه پس از ضدعفونی سطحی با الکل اتیلیک و گرفتن روی شعله در تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت سیب زمینی- دکستروز- آگار و ۱۰ قسمت در میلیون آنتی بیوتیک ریفامپین کشت داده شده و پس از ۱۰ روز نگه‌داری در دمای $^{\circ}C$ ۲۰ درصد آلودگی تعیین گردید. هم‌چنین ۳۰ قطعه ۰/۵ سانتی‌متری از ریشه گیاهان نیز پس از دو دقیقه ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم ۰/۵درصد مانند ساقه کشت داده شدند. ریشه و اندام هوایی نیز به مدت ۴۸ ساعت در دمای $^{\circ}C$ ۷۰ قرار داده شده و وزن خشک آنها تعیین شد. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم ۱ و ۰/۵ گرم از اندام هوایی و ریشه‌های خشک شده در دمای $^{\circ}C$ ۷۰، آسیاب شده و به روش خاکستر خشک و حل در اسید کلریدریک عصاره‌گیری شدند. در عصاره حاصل غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم به وسیله دستگاه شعله سنجی (Flame photometer) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلر نیز یک گرم از بافت‌های خشک شده با ۰/۲۵ گرم CaO و آب مقطر به صورت خمیر سفت درآورده شده و در کوره خاکستر گردید. به هر

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. اثر سطوح مختلف کلریدسدیم و برهم‌کنش آن با *Verticillium dahliae* بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه ($g\ pot^{-1}$) سه پایه پسته سرخس، بادامی زرند و قزوینی

تیمار	سطوح NaCl ($mg\ L^{-1}$)	اندام هوایی			ریشه		
		سرخس	بادامی زرند	قزوینی	سرخس	بادامی زرند	قزوینی
کلریدسدیم (بدون قارچ)	صفر	۳/۰۸^{gh}	۴/۷۱^{cd}	۵/۴۲^{a}	۱/۱۱ ^{fg}	۲/۲۹ ^{b}	۲/۷۷^{a}
	۱۴۰۰	۲/۱۷^{i}	۳/۸۲^{F}	۴/۸۳^{bc}	۰/۶۳ ^{h}	۱/۴۷ ^{def}	۱/۸۴ ^{cd}
	۲۸۰۰	۱/۶^{j}	۳/۲۸^{g}	۴/۵۵^{cd}	۰/۶۲ ^{h}	۱/۳۵ ^{ef}	۱/۷۹ ^{cde}
	۴۲۰۰	۱/۰۳^{k}	۲/۸۸^{g}	۴/۱۹^{e}	۰/۵۲ ^{h}	۱/۲۳ ^{fg}	۱/۷ ^{cde}
برهم‌کنش کلریدسدیم- قارچ	صفر	۲/۳^{i}	۴/۴۲^{de}	۵/۰۶^{b}	۰/۸۷^{gh}	۱/۷۴^{Cde}	۲^{bc}
	۱۴۰۰	۱/۵۲^{j}	۴/۱۳^{e}	۴/۷۵^{c}	۰/۵۳^{h}	۱/۲^{fg}	۱/۴۶^{def}
	۲۸۰۰	۱/۱۷^{k}	۲/۹۴^{h}	۴/۵۹^{cd}	۰/۴۹^{h}	۱/۱۸^{fg}	۱/۳۶^{ef}
	۴۲۰۰	۰/۷۳^{l}	۲/۳^{i}	۳/۳۷^{g}	۰/۴۱^{h}	۰/۸^{gh}	۱/۰۹^{fg}

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

نمونه ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش اضافه شده و پس از ۳ بار صاف کردن، pH آن حدود ۶/۷ تنظیم شد. با افزودن ۵ قطره کرومات پتاسیم و سپس تیتراسیون با نیترات نقره غلظت کلر به روش چاپمن و پرات (۱۱) اندازه‌گیری شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار MSTAT C استفاده گردید.

نتایج و بحث

در غیاب *V. dahliae*، با افزایش غلظت کلریدسدیم وزن خشک اندام هوایی و ریشه هر سه پایه پسته به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) در مقایسه با شاهد کاهش یافت (جدول ۳). در هر سه پایه کمترین مقدار وزن خشک اندام هوایی و ریشه در تیمار ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک دیده شد. کاهش وزن خشک در تیمار ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک و در اندام هوایی ارقام سرخس، بادامی زرند و قزوینی به ترتیب ۶۷، ۳۹ و ۲۳ و در ریشه ۵۴، ۴۷ و ۳۹ درصد بود که پایه سرخس بیشترین و پایه قزوینی کمترین کاهش وزن خشک را نشان دادند (جدول ۳). مطالعات سپاسخواه و مفتون (۲۲،۲۱ و ۲۳) و سپاسخواه و همکاران (۲۴) نیز نشان داد که شوری دارای اثر کاهشی بر وزن خشک اندام هوایی ارقام مختلف پسته می‌باشد. متناسب با افزایش غلظت کلریدسدیم درخاک غلظت یون‌های Na، K و Cl در اندام هوایی و ریشه هر سه پایه افزایش یافت به طوری که بیشترین غلظت این یون‌ها در تیمار ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). در تیمار ۴۲۰۰ کلریدسدیم و در پایه سرخس افزایش یون Na در اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۱۱۰۲ و ۱۳۲۱ درصد (جدول ۴)، یون پتاسیم ۱۴۳ و ۱۸۳ درصد (جدول ۵) و یون کلر ۱۸۱ و ۱۸۶ درصد (جدول ۶) بود که افزایش غلظت این یون‌ها با شوری در مقایسه با پایه‌های بادامی زرند و قزوینی بیشتر بود. در هر سه پایه یون Na در ریشه و یون‌های K و Cl در اندام هوایی غلظت بیشتری را نشان دادند (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). سپاسخواه و مفتون (۲۲ و ۲۳) نشان دادند که با افزایش غلظت کلریدسدیم غلظت یون‌های Na، K و Cl در اندام هوایی و ریشه ارقام پسته افزایش می‌یابد. سپاسخواه و مفتون (۲۳) هم‌چنین گزارش کردند که تمایل بیشتر ارقام پسته برای جذب و انتقال یون‌های Cl و Na دلیلی بر حساسیت بیشتر آنها به شوری می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده از وزن خشک اندام

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. اثر سطوح مختلف کلریدسدیم و برهم‌کنش آن با *Verticillium dahliae* بر غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه ($mg\ g^{-1}$) سه پایه پسته سرخس، بادامی زرند و قزوینی

تیمار	سطوح NaCl ($mg\ L^{-1}$)	اندام هوایی			ریشه		
		سرخس	بادامی زرند	قزوینی	سرخس	بادامی زرند	قزوینی
کلریدسدیم (بدون قارچ)	صفر	۰/۸۳^{jk}	۰/۷^{k}	۰/۶۹^{k}	۰/۹۸n	۰/۸۷n	۰/۹۶n
	۱۴۰۰	۱/۶۸^{i}	۱/۴۹^{ij}	۱/۱۲^{ijk}	۲/۵۱^{k}	۱/۶۵Lmn	۱/۸۵^{k}lm
	۲۸۰۰	۶/۶۲^{de}	۴/۵۹^{g}	۴/۰۴^{g}	۷/۸۲^{g}	۶/۸۶^{h}	۵/۸۱^{i}
	۴۲۰۰	۹/۹۸^{b}	۶/۹^{d}	۷/۰۱^{d}	۱۳/۹۳^{a}	۱۰/۳۵^{de}	۹/۴۶^{ef}
برهم‌کنش کلریدسدیم- قارچ	صفر	۰/۹۸^{jk}	^{jk}۰/۹۳	^{jk}۰/۹۲	mn۱/۴۴	lmn۱/۵۵	lmn۱/۶۸
	۱۴۰۰	۲/۶۲^{h}	۲/۵۵^{h}	۱/۴۲^{ij}	۳/۳۷^{j}	۲/۶^{k}	۲/۳۲^{k}l
	۲۸۰۰	۸/۲۳^{c}	۶/۲۸^{ef}	۵/۹^{f}	۱۰/۹۴^{cd}	۹/۲۷^{f}	۸/۰۳^{g}
	۴۲۰۰	۱۲/۴^{a}	۱۰/۲۶^{b}	۸/۶۷^{c}	۱۳/۴۲^{ab}	۱۲/۹۳^{b}	۱۱/۲۲^{c}

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند، طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. اثر سطوح مختلف کلریدسدیم و برهم‌کنش آن با *Verticillium dahliae* بر غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه ($mg\ g^{-1}$) سه پایه پسته سرخس، بادامی زرند و قزوینی

تیمار	سطوح NaCl ($mg\ L^{-1}$)	اندام هوایی			ریشه		
		سرخس	بادامی زرند	قزوینی	سرخس	بادامی زرند	قزوینی
کلریدسدیم (بدون قارچ)	صفر	۷/۳۵lm	۸/۲۶^{k}lm	۷/۳۳lm	۴/۳۱^{k}	۴/۴۲^{k}	۳/۸۹^{k}
	۱۴۰۰	۱۲/۵۸^{cd}	۱۰/۷۷^{hij}	۹/۶^{jk}	۹/۵۹^{g}	۷/۸۶^{h}	۶/۹۵^{i}
	۲۸۰۰	۱۳/۷^{fgh}	۱۱/۹۶^{fghi}	۱۰/۳^{ij}	۱۰/۵۶^{def}	۱۰/۵^{efg}	۸/۳۱^{h}
	۴۲۰۰	۱۷/۸۴^{b}	۱۳/۴۲^{defg}	۱۲/۱۷^{fghi}	۱۲/۱۹^{bc}	۱۳/۱^{b}	۱۱/۴۵^{cde}
برهم‌کنش کلریدسدیم- قارچ	صفر	lm۸/۴۴	lm۶/۵۸	m۶/۳۷	^{j}۵/۵۶	^{i}۶/۸۱	^{i}۶/۴۵
	۱۴۰۰	۱۳/۷۵^{defg}	۱۳/۹۹^{def}	۱۳/۰۱^{efg}	۱۰/۹۸^{cde}	۱۰/۴^{fg}	۱۱/۲۱^{cdef}
	۲۸۰۰	۱۳/۶۵^{defg}	۱۲/۳۸^{fgh}	۱۱/۹^{fgh}	۱۱/۸۱^{cd}	۱۱/۵۷^{cd}	۱۰/۲۶^{cde}
	۴۲۰۰	۲۰/۸۹^{a}	۱۶/۰۷^{c}	۱۴/۹۵^{cde}	۱۴/۶۳^{a}	۱۳/۱۱^{b}	۱۳/۰۳^{b}

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند، طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. اثر سطوح مختلف کلریدسدیم و برهم‌کنش آن با *Verticillium dahliae* بر غلظت کلر اندام هوایی و ریشه ($mg\ g^{-1}$) سه پایه پسته سرخس، بادامی ریز زرند و قزوینی

تیمار	سطوح NaCl ($mg\ L^{-1}$)	اندام هوایی			ریشه		
		سرخس	بادامی زرند	قزوینی	سرخس	بادامی زرند	قزوینی
کلریدسدیم (بدون قارچ)	صفر	۱/۲۲۱^{m}	۱/۱۶^{m}	۱/۱۲^{m}	۰/۹۷^{g}	۰/۹۳^{g}	۰/۹۵^{g}
	۱۴۰۰	۱/۸۷^{hi}	۱/۵^{k}	۱/۳۴^{l}	۱/۳۶^{fg}	۱/۱۶^{fg}	۱/۱۹^{fg}
	۲۸۰۰	۲/۵۴^{d}	۲/۲۲^{ef}	۱/۹۵^{h}	۱/۸۸^{cde}	۱/۳۵^{fg}	۱/۲۵^{fg}
	۴۲۰۰	۳/۴۳ ^{b}	^{c}۳/۰۷	۲/۶^{d}	۲/۷۸^{a}	۲/۲۸^{Bc}	۱/۷۹^{de}
برهم‌کنش کلریدسدیم–قارچ	صفر	۱/۲۴ ^{lm}	۱/۵ ^{k}	۱/۷۱^{j}	۱/۳ ^{fg}	۱/۳ ^{fg}	۱/۲۵ ^{fg}
	۱۴۰۰	۲/۱۷^{f}	۲/۱۴^{fg}	۱/۷۵ ^{ij}	۱/۵۹^{ef}	۱/۳۳^{fg}	۱/۲۴ ^{fg}
	۲۸۰۰	۲/۷^{d}	۲/۳۶^{e}	۲^{gh}	۲/۱۷^{cd}	۱/۷۹^{de}	۱/۵۳ ^{ef}
	۴۲۰۰	۳/۷^{a}	۳/۳۵^{b}	۳/۱۴^{c}	۲/۸۱^{a}	۲/۵۸^{ab}	۱/۹۲ ^{cde}

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۷. اثر برهم‌کنش کلریدسدیم و *Verticillium dahliae* بر درصد کلنیزاسیون ساقه و ریشه سه پایه پسته سرخس، بادامی زرند و قزوینی

تیمار	سطوح NaCl ($mg\ L^{-1}$)	اندام هوایی			ریشه		
		سرخس	بادامی زرند	قزوینی	سرخس	بادامی زرند	قزوینی
برهم‌کنش کلریدسدیم– قارچ	صفر	۶۳/۳۳ ^{de}	۶۴/۱۷ ^{de}	۶۳/۳۳ ^{de}	۳۳/۳۳ ^{f}	۳۲/۵ ^{f}	۳۳/۳۳ ^{f}
	۱۴۰۰	۷۲/۵ ^{bc}	۶۹/۱۷ ^{cd}	۶۸/۳۳ ^{cde}	۳۵/۸۳ ^{def}	۳۴/۱۷ ^{ef}	۳۵/۸۳ ^{def}
	۲۸۰۰	۷۷/۵ ^{ab}	۷۷/۵ ^{ab}	۷۶/۶۷ ^{ab}	۴۰ ^{bcd}	۳۸/۳۳ ^{Cde}	۴۰/۸۳ ^{bc}
	۴۲۰۰	۸۳/۳۳ ^{a}	۸۰/۸۳^{a}	۸۰ ^{a}	۴۷/۵ ^{a}	۴۵/۸۳ ^{a}	۴۳/۳۳ ^{ab}

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

هوایی و ریشه و نیز غلظت یون‌ها، پایه سرخس حساس‌ترین و پایه قزوینی متحمل‌ترین پایه به شوری تشخیص داده شد. بادامی زرند حد واسط دو پایه فوق قرار می‌گرفت.

در تیمار صفر کلریدسدیم، سه پایه پسته از لحاظ درصد کلنیزاسیون و آلودگی ساقه و ریشه به *V. dahliae* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان ندادند (جدول ۷). این موضوع بیانگر حساسیت به نسبت یکسان هر سه پایه در مقابل بیمارگر بوده هر چند که پایه بادامی زرند پس از مایه‌زنی در مقایسه با دو پایه دیگر علائم پژمردگی را دیرتر نشان داد (داده‌ها نشان داده نشده است). افزایش غلظت کلریدسدیم باعث افزایش درصد کلنیزاسیون و آلودگی ساقه و ریشه هر سه پایه پسته شد که به خصوص در تیمارهای ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک درصد کلنیزاسیون ساقه دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار صفر کلریدسدیم (قارچ به تنهایی) در سطح ۵ درصد بود. افزایش درصد کلنیزاسیون و آلودگی در تیمار ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک و در اندام هوایی ارقام سرخس، بادامی زرند و قزوینی به ترتیب ۳۲، ۲۶ و ۲۶ و در ریشه ۴۳، ۴۱ و ۳۰ درصد بود. افزایش آلودگی ساقه و ریشه

Archive of SID

www.SID.ir

با افزایش غلظت کلریدسدیم در پایه سرخس (حساس‌ترین پایه به شوری) بیش از پایه‌های قزوینی و بادامی زرند (پایه‌های متحمل به شوری) بود (جدول ۷).

هم‌چنین در تیمارهای برهمکنش کلریدسدیم و *V. dahliae* با افزایش غلظت کلریدسدیم، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در مقایسه با تیمار صفر کلریدسدیم (قارچ به تنهایی) و تیمارهای کلریدسدیم کاهش یافت که این کاهش به خصوص در تیمارهای ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار قارچ به تنهایی بود (جدول ۴). درصد کاهش وزن خشک در اندام هوایی سرخس، بادامی زرند و قزوینی و در تیمار برهم‌کنش ۴۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک و *V. dahliae* به ترتیب ۶۸، ۴۸ و ۳۵ و در ریشه ۵۲، ۵۴ و ۴۷ درصد تعیین گردید که کاهش وزن خشک در پایه سرخس در مقایسه با دو پایه دیگر نمایان تر بود. با افزایش غلظت کلریدسدیم، غلظت یون‌های Na، K و Cl در تیمارهای برهمکنش کلریدسدیم و *V. dahliae* و در هر سه پایه در مقایسه با تیمارهای قارچ به تنهایی و کلرید سدیم افزایش یافت که پایه سرخس در مقایسه با پایه‌های بادامی زرند و قزوینی غلظت بیشتر یون‌ها را نشان داد هرچند که در برخی موارد اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶).

افزایش غلظت یون‌ها در تیمارهای برهمکنش کلریدسدیم و *V. dahliae* در مقایسه با تیمارهای شوری بیانگر این موضوع است که قارچ می‌تواند با تخریب ساختار ریشه نهال‌های پسته و مختل کردن سیستم جذبی ریشه، باعث ورود بیشتر یون‌ها به نهال‌های پسته شود. این نتایج با نتایج ویچ و مک دونالد (۲۷) و بنی‌هاشمی و محمدی (۷) همخوانی دارد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری قبل از مایه زنی با *V. dahliae* می‌تواند شدت پژمردگی ورتیسیلیومی پسته را افزایش دهد (جدول ۷). بلاکر و مک دونالد (۹) نشان دادند که درصد آلودگی ریشه پرتقال رقم Pineapple (حساس به شوری) در مقایسه با رقم Troyer citrange (متحمل به شوری) به فیتوفتورا در اثر افزایش شوری بیشتر می‌شود. مطالعات بنی‌هاشمی و طباطبایی (۱) نیز نشان داد که در مجموع، با افزایش شوری درصد آلودگی ریشه‌های پسته رقم فندقی (حساس به شوری) به فیتوفتورا افزایش می‌یابد. بوچیبی و همکاران (۱۰) نیز مشاهده کردند که شوری قبل از مایه‌زنی با *P. parasitica* (*P. nicotianae*) شدت پوسیدگی گوجه فرنگی را افزایش می‌دهد. این نتایج با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. مک دونالد (۱۷) افزایش پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه گل داوودی، کافمن و همکاران (۱۶) و ناچمیاس و همکاران (۱۹) افزایش پژمردگی ورتیسیلیومی و لکه موجی سیب زمینی و هاول و همکاران (۱۵) افزایش پژمردگی ورتیسیلیومی یونجه را در شرایط تنش شوری گزارش کرده‌اند.

در مورد تأثیر کلریدسدیم بر بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پسته نیز به نظر می‌رسد که در درجه اول تأثیر کلریدسدیم بر گیاه میزبان اهمیت داشته باشد چراکه ارقام با تحمل بالاتر (قزوینی و بادامی زرند) نسبت به ارقام حساستر به کلریدسدیم (سرخس) کمتر تحت تأثیر قارچ و بیماری قرار گرفتند، هرچند که تحمل قارچ *V. dahliae* در مقابل کلریدسدیم نیز مهم است. مطالعات انجام گرفته در مورد اثر کلریدسدیم بر مراحل مختلف رشد رویشی جدایه‌های مختلف *V. dahliae* بیانگر این موضوع است که غلظت ۲۵ گرم در لیتر کلریدسدیم می‌تواند باعث افزایش درصد جوانه زنی میکرواسکلروت‌های *V. dahliae* گردد (۱۸). سازوکار تأثیر کلریدسدیم بر حساسیت گیاه به خوبی شناخته نشده است اما کاهش پتانسیل اسمزی و به هم خوردن تعادل یونی در گیاه، سمیت برخی از یون‌ها، اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی و دفاعی میزبان از جمله کاهش تولید فیتوالکسین‌ها و افزایش نشت مواد غذایی از ریشه‌ها در این زمینه تأثیرگذار می‌باشند (۱۰، ۲۵ و۲۶). در مرکبات نشان داده شده است که افزایش پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه با شوری در نتیجه افزایش حساسیت بافت‌ها به بیمارگر و جلوگیری از رشد ریشه‌ها و نیز ریشه‌زایی مجدد است (۹). شواهد نشان می‌دهد که سدیم موجب افزایش نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی

Archive of SID

www.SID.ir

سلول‌ها شده و می‌تواند سازمان داخلی سلول‌ها را به هم ریزد که پیامد آن نشت بیشتر مواد غذایی و فعالیت بهتر و بیشتر بیمارگر در محیط اطراف ریشه (ریزوسفر) می‌باشد (۱۷).

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که شوری با تأثیر نامطلوب بر عملکرد سلول‌های ریشه و مختل نمودن سیستم دفاعی ارقام پسته به خصوص ارقام حساس به شوری می‌تواند موجب افزایش آلودگی اندام هوایی و ریشه به *V. dahliae* شود که در این میان تحمل قارچ در مقابل شوری را نیز نباید نادیده گرفت. بنابراین در مطالعات مربوط به تهیه پایه‌های پسته مقاوم به بیمارگرها باید سایر تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی نیز مدنظر قرار گیرند به این دلیل که شوری موجب اختلال در سیستم مقاومتی گیاه شده و در نتیجه شدت آلودگی به بیمارگرها بیشتر خواهد شد.

منابع مورد استفاده

۱. بنی‌هاشمی، ض. و ع. ر. طباطبایی. ۱۳۸۳. برهم‌کنش شوری و *Phytophthora citrophthora* عامل بیماری انگومک پسته در سیستم آبکشت. بیماری‌های گیاهی ۴۰: ۱۵۹-۱۷۵.

۲. شیبانی، ا.، ح. فریور مهین و ع. وطن پور ازغندی. ۱۳۷۴. *پسته و تولید آن در ایران*. انتشارات وزارت کشاورزی.

۳. محمدخانی، ع. ۱۳۷۵. بررسی مقاومت به شوری در برخی از پایه‌های پسته. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴. محمدی، ا. م. ۱۳۷۹. برهم‌کنش شوری و بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

5. Aminaee, M. M. and D. Ershad. 1999. Occurrence of Verticillium wilt on pistachio trees in Kerman province (Iran). Iran. J. Plant Pathol. 35: 59.
6. Ashworth, L. J. Jr. and G. Zimmerman. 1976. Verticillium wilt of the pistachio nut tree: Occurrence in California and control by soil fumigation. Phytopathology 66: 1449-1451.
7. Banihashemi, Z. and A.H. Mohammadi. 2001. Interaction between salinity and Verticillium wilt of pistachio nut tree. Phytopathology 91: S5.
8. Bernstein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Annu. Rev. Plant Physiol. 13: 295-312.
9. Blaker, N. S. and J. D. MacDonald. 1986. The role of salinity in the development of Phytophthora root rot of citrus. Phytopathology 76: 970-975.
10. Bouchibi, N., A. H. C. van Bruggen and J. D. MacDonald. 1990. Effect of ion concentration and sodium:calcium ratio of a nutrient solution on Phytophthora root rot of tomato and zoospore motility and viability of *Phytophthora parasitica*. Phytopathology 80: 1323-1329.
11. Chapman, H. D. and D. F. Pratt. 1961. Method of Analysis for Soil, Plant and Water. Univ. Calif. Div. Agric. Sci. pp, 60-62.
12. Dhingra, O. D. and J. B. Sinclair. 1985. Basic Plant Pathology Methods. CRC Press Inc, USA.
13. Erwin, D.C. and O. K. Ribiero. 1996. Phytophthora: Diseases Worldwide. APS Press, USA.
14. Hall, R. and H. Ly. 1972. Development and quantitative measurement of microsclerotia of *Verticillium dahliae*. Can. J. Bot. 50: 2097-2112.
15. Howell, A. B., L. Francois and D. C. Erwin. 1994. Interactive effects of salinity and *Verticillium albo-atrum* on Verticillium wilt disease severity and yield of two alfalfa cultivars. Field Crop Res. 37: 247-251.
16. Kaufman, Z., A. Nachmias, L. Livescu, A. Meiri and M. Tibor. 1990. Verticillium wilt of potatoes under irrigation with saline water. Hassadeh 70: 898-901.
17. MacDonald, J. D. 1982. Effect of salinity stress on the development of Phytophthora root rot of chrysanthemum. Phytopathology 72: 241-219.
18. Mohammadi, A.H. and Z. Banihashemi. 2002. Effect of NaCl, Na_2SO_4 and their combination on different growth stages of *Verticillium dahliae*. Proc. 15th Plant Protec. Cong., Iran, Kermanshah.
19. Nachmias, A., Z. Kaufman, L. Livescu, L. Tsror, A. Meiri and P. D. S. Caligari. 1993. Effect of salinity and its interaction with disease incidence on potatoes grown in hot climates. Phytoparasitica 21: 245-255.

Archive of SID

www.SID.ir

20. Raabe, R. D. and S. Wilhelm. 1978. Susceptibility of several *Pistacia* spp. to *Verticillium albo-atrum*. Plant Dis. Reptr. 62: 672-673.
21. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1981. Growth and chemical composition of pistachio seedlings as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. I: Growth. J. Hort. Sci. 56: 277-284.
22. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1982. Growth and chemical composition of pistachio seedlings as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. II. Chemical composition. J. Hort. Sci. 57: 469-476.
23. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1988. Relative salt tolerance of pistachio cultivars. J. Hort. Sci. 63: 157-162.
24. Sepaskhah, A. R., M. Maftoun and N. Karimian. 1985. Growth and chemical composition of pistachio affected by salinity and applied iron. J. Hort. Sci. 60: 115-121.
25. Sulistyowati, L. and P. J. Keane. 1992. Effect of soil salinity and water content on stem rot caused by *Phytophthora citrophthora* and accumulation of phytoalexin in citrus rootstocks. Phytopathology 82: 771-777.
26. Swiecki, T. J. and J. D. MacDonald. 1986. Histology of chrysanthemum roots exposed to salinity stress and *Phytophthora cryptogea*. Can. J. Bot. 66: 280-288.
27. Weitch, T. R. and J. D. MacDonald. 1992. Effect of Phytophthora root rot on Na^+ uptake and accumulation by safflower. Phytopathology 82: 520-526.

Archive of SID

www.SID.ir