نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۴، آذر - دی ۱۳۹۹، ص. ۱۵۲۶-۱۵۱۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 14, Oct.-Nov. 2020, p. 1514-1526

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر آبیاری با آب‌شور در سامانه آبیاری قطره‌ای و استفاده از مواد اصلاح‌کننده در خاک‌های شور و سدیمی باغات پسته (مطالعه موردی: شهرستان کرمان)

مرتضی رجبی[۱]، نوید جلال کمالی[۲*]، مهدی نقی زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۳

چکیده

استان کرمان در شرایط کنونی دچار مشکل مدیریت منابع آب بوده و ذخایر آب شیرین در این استان در حال محدود شدن است. آب بسیاری از چاه‌های این استان شور و بی‌کیفیت شده‌اند. لذا بهره‌برداری از منابع آب‌شور مدیریت ویژه‌ای را می‌طلبد تا بتوان به تولید قابل‌قبول در محصولات کشاورزی دست‌یافت. در این تحقیق تأثیر آبیاری با آب‌شور و سدیمی بر خاک و درخت پسته، با استفاده از تیمارهای I_1 تا I_6 در شهرستان کرمان بررسی شد. شش تیمار آب‌شور در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. آب آبیاری برای همه تیمارها به‌طور یکسان توزیع گردید. نتایج نشان داد کاربرد گچ در تیمارهای I_3 و I_6 موجب خروج بیشتر یون مضر سدیم در مقایسه با تیمارهای I_1، I_2، I_4 و I_5 که در آن‌ها فقط آبشویی خاک با آب آبیاری صورت گرفت شده است. اثر گچ به‌طور میانگین سبب کاهش فاکتورهای هدایت الکتریکی، SAR و ESP خاک به ترتیب به مقدار ۳۹,۳۵، ۴۷,۴و ۴۱,۳ درصد نسبت به قبل از شروع آزمایش‌شده است. و به‌علاوه استفاده از گچ سبب افزایش عملکرد محصول تولیدی به ترتیب ۱۱,۹و ۱۵,۶ درصد برای تیمارهای I_3 و I_6 و بهبود صفات کیفی ازجمله، افزایش وزن هزار دانه، کاهش درصد پوکی و کاهش درصد پسته دهان بسته‌شده است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری با آب‌شور، آب شویی، پسته، کیفیت آب آبیاری، گچ

مقدمه

تولید محصولات زراعی و باغی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مانند منطقه خاورمیانه به‌خصوص کشور عزیز ما ایران به تأمین آب کافی و باکیفیت مناسب بستگی دارد. در کشاورزی تأمین آب رازمانی کافی می‌دانند که در طول فصل رشد و علی‌الخصوص در ماه‌های گرم سال مقادیر کافی آب برای آبیاری به‌منظور رفع نیازهای آبی گیاه به‌آسانی در دسترس گیاه قرار گیرد. این مسئله نه‌تنها به مقدار آب موجود بستگی دارد؛ بلکه به وسعت کشاورزی آبی اجراشده در منطقه نیز وابسته است (هاشمی نیا، ۱۳۸۵). در مناطقی مانند شهرستان کرمان کمبود آب آبیاری، کیفیت نامناسب آب زیرزمینی و مقادیر ناکافی بارندگی موجب مسمومیت و زوال اکثر خاک‌ها در مناطق پسته خیز این شهرستان شده است. . اگرچه درختان پسته نسبت به شوری مقاوم بوده و تحمل بالایی دارند ولی نمک دوست نمی‌باشند و هرچه کیفیت آب‌وخاک بهتر باشد در کیفیت و کمیت محصول تأثیر بسزایی دارد.طبق مطالعات انجام‌شده ازنظر شوری آب آبیاری، درختان پسته تا ۸ دسی زیمنس بر متر را تحمل کرده و در محصول تولیدی افت محصول دیده نمی‌شود. ولی بین ۸ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر افت محصول معنی‌دار می‌شود (صالحی، ۱۳۸۵). قبل از آبشویی بیشترین میزان سدیم در لایه‌های سطحی خاک تجمع یافته و با ریزش باران و برف و آبشویی املاح مضر سدیم و ورود به منطقه فعالیت ریشه، موجب خسارت به درختان می‌گردد (Hanson and Bendixen, 1995). تأثیر زیان‌بار یون سدیم بر تخریب ساختار خاک، رشد و کاهش عملکرد محصولات مختلف در تحقیقات قبلی گزارش‌شده است (Ahmad et al., 2013; Cucci et al., 2015). بنابراین برنامه‌ریزی برای استفاده این مناطق Rasouli et al., 2013 از آب باکیفیت پایین‌تر ضروری به نظر می‌رسد. کیفیت واقعی آبی که برای آبیاری مناسب باشد بستگی به‌مقاومت گیاه به شوری، شرایط مکانی و روش‌های مدیریتی دارد. مشکلات شوری و اثرات آن بر

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران، مهندسی و مدیریت منابع آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی،کرمان، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: njalalkamali@gmail.com)

کشاورزی در اراضی خشک‌سال‌ها است مورد شناسایی قرارگرفته است. اما تنها در ۵۰ سال اخیر کارشناسان و متخصصان مربوطه، وقت خود را صرف مطالعه شوری در رابطه با عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی و یا مدیریتی، که بر خاک‌ها، آب و گیاهان تأثیر می‌گذارد کرده‌اند (علیزاده، ۱۳۸۷). شوری آب‌وخاک واسیدیته آن‌ها جز عوامل ایجاد تنش در گیاه می‌باشند. اما بااین‌وجود پیش‌بینی عملکرد یک محصول با فرض داشتن اطلاعات درباره کیفیت آب، خاک، اقلیم همچنان دشوار است. زیرا عوامل گیاهی، خاکی و جوی درگذر زمان تغییر کرده و تحمل گیاه به شوری می‌تواند بسته به سن گیاه، نوع محصول، شرایط محیطی، دما و رطوبت متفاوت باشد. ازدیاد املاح در محیط توسعه ریشه بستگی به مقدار نمک آب آبیاری، تعداد دفعات آبیاری، صعود مویینه آب زیرزمینی و منشأ خاک دارد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقات بسیاری تأثیر استفاده از آب‌شور بر خصوصیات شیمیایی خاک، بررسی‌شده و نشان داده‌شده که آب‌شور به‌مرور باعث شوری بیشتر خاک شده است (Selim et al., 2013; Roberts et al., 2009). افزایش عملکرد محصول در خاک‌های شوربا کاربرد روش‌های مناسب آبشویی و اصلاح خاک امکان‌پذیر است (Prapagar et al., 2012). امروزه به دلیل کمبود منابع آبی در اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک و حجم بالای آب موردنیاز برای عملیات آبشویی، این عملیات با محدودیت‌هایی مواجه است (Wan et al., 2012). لذا در این شرایط استفاده از استراتژی‌های جدید آبشویی باهدف حفظ تولید محصولات کشاورزی برای هر منطقه ضروری است. آبشویی را می‌توان به‌صورت موضعی انجام داد که به‌جای آبشویی کل سطح مزرعه با روش‌های معمول، با آبشویی منطقه فعالیت ریشه‌ها می‌توان محیط نسبتاً" مناسبی برای رشد گیاه ایجاد کرد (Burt and Isbell, 2005). دراین ارتباط تحقیقات زیادی انجام‌شده که به‌صورت اختصار به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

چراغی و همکاران (۱۳۹۹) به تأثیر استفاده درازمدت از آب‌شور بر شوری خاک در سامانه آبیاری قطره‌ای در باغات پسته شهرستان سروستان در استان فارس پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که آبیاری با جزء آب شویی بالا، شوری عصاره اشباع خاک را به حدی کاهش می‌دهد و اجرای تقویم مناسب آبیاری در شرایط شور است که اثرات سوء شوری بر رشد و عملکرد گیاه را می‌کاهد. در تحقیقی دیگر عطایی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی پاسخ گیاه پسته به توزیع رطوبت و شوری در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی پرداختند. آن‌ها نشان دادند که کاهش تبخیر سطحی و توزیع مناسب رطوبت و شوری، باعث کاهش تنش رطوبتی درخت پسته می‌گردد و هم‌چنین کوتاه کردن دور آبیاری برای جلوگیری از تنش رطوبتی ضروری است. سیفی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر دور آبیاری بر توزیع رطوبت، شوری و عملکرد در باغ‌های پسته تحت شرایط آبیاری زیرسطحی در شهرستان سیرجان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد بیشتر آب مصرفی باعث تجمع کمتر نمک در منطقه توسعه ریشه می‌گردد و موجب بهبود صفات کیفی محصول ازجمله کاهش درصد پوکی و افزایش درصد خندانی می‌شود. باستانی و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل کارایی روش آب شویی موضعی در خروج املاح از خاک در باغات پسته منطقه فتح‌آباد کرمان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌متر ارتفاع آب، منجر به آب شویی مؤثر املاح از منطقه اصلی فعالیت ریشه درخت پسته شده و استفاده از گچ در مقایسه با تیمارهای آب آبیاری و اسیدسولفوریک، منجر به خروج بیشتر سدیم و املاح از خاک شده است. صداقتی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات رطوبت و شوری خاک در زیر مالچ پلاستیکی در سامانه آبیاری قطره‌ای در باغات پسته پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از مالچ پلاستیکی شوری سطح خاک را نسبت به تیمار شاهد از ۳۰٫۸ به ۵۱٫۸ درصد کاهش داده است (SedaghaIi et al., 2016). حسینی نیا و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی مقایسه اثر مواد اصلاح‌کننده مختلف بر آب شویی املاح از یک خاک شور و قلیا در کرمان به روش آزمایشگاهی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تنها از طریق آب شویی می‌توان به هر دو هدف کاهش شوری و تخلیه سدیم دست‌یافت.

مطالعاتی که در بسیاری از مناطق خشک جهان انجام‌شده بیانگر آن است، عموماً آبی که برای استفاده در کشاورزی بسیار شور طبقه‌بندی می‌شود با موفقیت برای آبیاری بسیاری از محصولات کشاورزی مورداستفاده قرارگرفته است. گرچه ممکن است عملکرد محصولات در حالات بهینه قرار نگرفته باشد ولی برای کشاورز سود اقتصادی مناسبی را داشته است.

پسته به‌عنوان یکی از محصولات استراتژیک استان کرمان و همچنین محصولی که دارای ارزآوری مناسب برای کشور است شناخته‌شده است. این درخت باارزش در مناطقی که منابع آب آن‌ها ازنظر کمی و کیفی با محدودیت مواجه است کشت می‌شود. کمبود آب و شوری خاک دو عامل کلیدی هستند که پایداری تولید محصولات کشاورزی ازجمله پسته را تهدید می‌کنند (Mahmoodabadi et al., 2013). از طرفی شور و بی‌کیفیت شدن منابع آب کشاورزی موجب انباشت املاح در محدوده ریشه درختان شده است. تجمع بیش‌ازحد املاح و سدیم در خاک موجب ایجاد پدیده‌های زیان‌بار متعددی همچون افزایش پتانسیل اسمزی، تغییر pH خاک، تخریب ساختار و خواص هیدرولیکی خاک، عدم جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد (Chaganti et al., 2015; Li et al., 2015). اصلاح خاک‌های شور و سدیمی شامل دو مرحله است. ابتدا با کاربرد یک منبع کلسیمی، کلسیم در سطح مکان‌های تبادلی جایگزین سدیم شده و سبب بهبود ساختار خاک می‌گردد و در مرحله بعد به‌منظور تخلیه نمک‌ها از خاک، آبشویی انجام می‌شود (Chaganti et al., 2015).

استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغات پسته به دلیل تبخیر-تعرق بالا در دشت کرمان و تجمع نمک و سایر املاح مضر در منطقه توسعه ریشه سالانه موجب شور و سدیمی شدن خاک بسیاری از باغات پسته و کاهش محصول تولیدی شده است. این موضوع یکی از مشکلات اساسی اکثر پسته کاران شهرستان کرمان است. لذا ارائه راه‌حل برای اینکه شوری در منطقه توسعه ریشه در محدوده قابل قبولی نگه‌داشته شده و خاک‌ها از زهکشی مناسب و کافی برخوردار شوند برای کشاورزان این منطقه ضروری است. به همین منظور در این مقاله به تأثیر آبیاری با آب‌شور با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای و استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک در باغات پسته بخش مرکزی شهرستان کرمان (مناطق زنگی‌آباد و کاظم‌آباد) و ارائه راهکارهای مدیریتی برای حل این مشکل پرداخته‌شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

این پژوهش در دو باغ پسته واقع در منطقه زنگی‌آباد و کاظم‌آباد دشت کرمان، (شکل ۱) واقع در جنوب شرقی ایران، در محدوده‌ی جغرافیایی بین ۵۶ تا° ۵۷ طول شرقی و ۲۹ تا° ۳۰ عرض شمالی انجام شد. این منطقه زیر حوضه‌ای از حوضه‌ی کویر درانجیر است. میانگین بارش سالیانه‌ی دشت کرمان حدود ۱۲۳ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه‌ی ۲۰,۴ درجه سلسیوس و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۲۵ متر است. رطوبت نسبی ماهانه بین ۳۰ تا ۴۵ درصد متغیر بوده و تبخیر سالانه حدود دو متر و بر اساس معیار اقلیمی دومارتن دارای اقلیم خشک است.

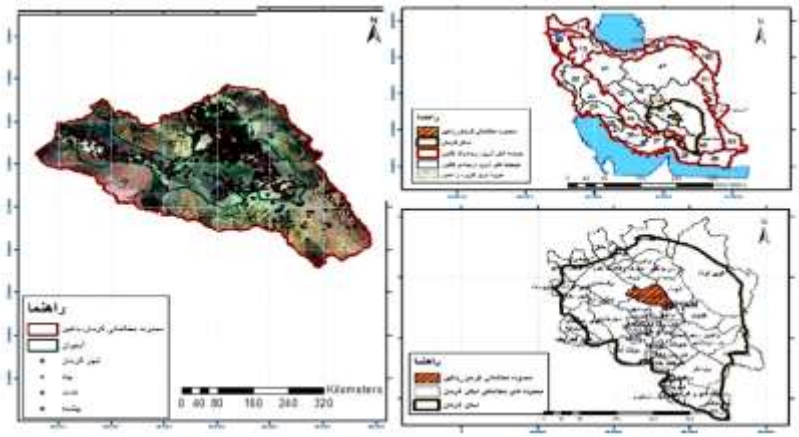
روش آبیاری و بافت خاک

باغات پسته هریک به مساحت ۱۰۰ هکتار و تحت مالکیت یک شرکت کشت و صنعت موجود در منطقه بود. ازآنجاکه روش آبیاری قطره‌ای برای مدت‌زمان طولانی در آن‌ها اجراشده بود و فرصت کافی برای تجمع شوری در خاک ناشی از عوامل مؤثری مانند کیفیت آب آبیاری، روش آبیاری، عمق و دور آبیاری وجود داشت. دلیل انتخاب این باغات بود. هر دو باغ از سال ۱۳۸۲ با استفاده از سامانه آبیاری تحت‌فشار قطره‌ای و از نوع آبیاری بابلر با خروجی ۲۷۵ لیتر در ساعت برای هر بابلر و دور آبیاری ۲۵ روز یک‌بار بر طبق محاسبات نیاز آبی شرکت مشاور و طراح سامانه آبیاری تحت‌فشار، آبیاری می‌گردید. آب چاه‌های موجود و همچنین خاک مزارع در اعماق مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. بافت خاک در دو باغ تقریباً" یکسان و از نوع بافت شنی لومی، ازنظر کیفیت شور و سدیمی بود. و از یک کنتور قبل از هر شیفت مورد آزمایش، برای تنظیم مقدار آب آبیاری استفاده شد. رقم پسته باغات فندقی با سن ۳۰ سال و تعداد ۷۰۰ اصله درخت در هر هکتار وجود داشت.

کیفیت آب چاه‌ها

آب استفاده‌شده در باغات تحقیقاتی از ۴ حلقه چاه عمیق استحصال‌شده که دو حلقه چاه در منطقه زنگی‌آباد کرمان و ۲ حلقه چاه در منطقه کاظم‌آباد کرمان قرار داشت. این چاه‌ها به ترتیب از شماره ۱ تا ۴ نام‌گذاری شدند. در هر یک از باغات استخر ذخیره آب با حجم ۲۵۰۰ متر مکعب موجود بود و امکان ذخیره‌سازی و اختلاط آب وجود داشت. کیفیت آب‌های مورداستفاده و طبقه‌بندی آب آبیاری به شرح جدول ۱ است.

در ارتباط با بررسی کیفیت آب آبیاری، ویل کو کس محقق آمریکایی ازلحاظ شوری آب را به چهار کلاس (C1,…C4) و ازلحاظ قلیایت نیز به چهار کلاس (S1,….S4) طبقه‌بندی کرده است. بدین ترتیب ۱۶ کلاس آب آبیاری به وجود می‌آید و همچنین علاوه بر کیفیت آب آبیاری، کیفیت خاک نیز بر عملکرد گیاه بسیار مؤثر است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت کرمان

جدول ۱- برخی از خصوصیات شیمیایی آب‌های مورداستفاده در آزمایش و طبقه‌بندی آب آبیاری

ردیف	فاکتور اندازه‌گیری شده	چاه شماره۱	چاه شماره ۲	چاه شماره ۳	چاه شماره ٤	گستره متداول آبیاری(استاندارد فائو)
۱	pH یا اسیدیته	۶/۴	۶/۶	۶/۷	۶/۹	۶ -۸/۵
۲	هدایت الکتریکی یا Ec(ds/m)	۱۱/۷	۸/۱	۷/۵	۵/۱	۰/۱-۳
۳	نسبت جذب سدیم یا SAR	۱۵/۲	۱۰/۳	۱۲/۲	۱۲/۶	۱-۲۷
۴	کل مواد محلول یا TDS (PPM)	۷۲۸۹	۵۳۲۱	۴۸۰۵	۳۹۸۱	۰-۲۰۰۰
۵	بیکربنات یا HCO3 (PPM)	۶۸۶	۴۵۱	۶۱۶	۷۰۷	۰-۶۱۰
۶	CL (PPM)	۳۰۳۷	۲۰۵۴	۱۶۱۱	۱۰۳۷	۰-۱۰۰۰
۷	Na+ (PPM)	۱۶۹۴	۱۰۷۹	۱۰۸۸	۹۲۲	۰-۹۲۰
۸	Ca+ (PPM)	۴۵۲	۳۵۳	۲۲۱	۱۶۰	۰-۴۰۰
۹	Mg^{+} (PPM)	۲۸۷	۲۸۱	۲۲۲	۱۴۶	۰-۶۰
۱۰	طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری	C_4S_2	C_4S_2	C_4S_2	C_4S_2	

دراین‌ارتباط نیز خاک‌ها به چهار دسته نرمال، شور، شور قلیا و قلیا طبقه‌بندی می‌شوند. شاخص‌های مورداستفاده در این طبقه‌بندی عبارت‌اند از EC (هدایت الکتریکی) و نسبت جذب سدیم (SAR) (شکوهی و همکاران، ۱۳۸۲). کیفیت آب چاه‌های موردمطالعه برای دو منطقه طبق جدول ۱ در زمره آب‌های شور و مشکل‌ساز قرار دارد. این بدان معنی است که آبیاری با آب‌شور باعث می‌گردد غلظت نمک در محلول خاک اطراف ریشه بالا رفته و لذا اختلاف فشار اسمزی بین شیره گیاه و محلول خاک کاهش یابد (علیزاده، ۱۳۸۰). این امر باعث می‌شود نیرویی برای جذب بیشتر آب به داخل گیاه وجود نداشته باشد در چنین شرایطی ریشه‌های گیاه به‌سختی قادر خواهند بود آب موردنیاز خود را از محلول خاک جذب نمایند. لذا نیاز آبی گیاه تأمین نخواهد شد و درنتیجه گیاه در اثر کم‌آبی، هرچند که خاک به‌اندازه کافی مرطوب باشد، صدمه‌دیده و رشد آن متوقف می‌گردد (علیزاده، ۱۳۷۴).

برآورد مقدار گچ برای اصلاح خاک

با انجام فعالیت‌های کشاورزی به‌مرورزمان خاک نیاز به اصلاحاتی دارد تا سبب بهبود کیفیت آن و محصولات تولیدشده در آن خاک شود. یکی از مشکلات عمده خاک‌های کشاورزی شهرستان کرمان کم‌آبی، شور و سدیمی بودن خاک است. معمول‌ترین ماده اصلاح‌کننده خاک، گچ ($CaSO_4,2H_2O$) است. گچ کشاورزی در معادن اطراف شهرستان کرمان به‌وفور یافت می‌شود. این ماده دارای دو عنصر غذایی کلسیم و گوگرد است و به سهولت می‌توان آن را به خاک یا آب آبیاری اضافه کرد. گچ کشاورزی را می‌توان برای اصلاح ساختمان خاک، کاهش اثر کم‌آبی و شوری خاک بکار برد، همچنین گچ می‌تواند در رفع کمبود کلسیم نیز مفید و تأثیرگذار باشد. میزان گچ موردنیاز را می‌توان بر اساس معادله (۱) محاسبه کرد (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۷)

$$GR = \frac{\rho_b * a * d * (ESP_i - ESP_f) * CEC * 8.61}{b} \quad (۱)$$

در این معادله:

GR: نیاز گچی (کیلوگرم در هکتار)

ESP_i: درصد سدیم تبادلی اولیه خاک

ESP_f: درصد سدیم تبادلی مورد انتظار بعد از اصلاح

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (میلی‌اکی والان درصد گرم خاک)

(meq/100gr soil)

a : سطح (هکتار)

d: عمق خاک موردنظر برای اصلاح (متر)

ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتیمتر مکعب)

b: درصد خلوص گچ مورداستفاده

محاسبه درصد سدیم تبادلی (ESP)

درصد سدیم تبادلی با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی شامل مجموع کاتیون‌های تبادلی (CEC) و سدیم تبادلی (Na) به دست می‌آید. مقادیر SAR و ESP با استفاده از معادله‌های (۲) و (۳) به دست می‌آیند (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۷).

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (۲)$$

واحدهای مورداستفاده در معادله‌ی (۲) میلی‌اکی والان در لیتر (meq/1) است.

$$ESP = \frac{N_a}{CEC} = \frac{100 * (-0.0126 + 0.01475 * SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 * SAR)} \quad (۳)$$

Na در این معادله میزان سدیم در فاز تبادلی است.

در این تحقیق ۶ تیمار مصرف آب‌شور با استفاده از شش کیفیت

مختلف آب آبیاری در سال زراعی ۹۸-۹۷ به‌منظور تعیین اثرات فعالیت‌های اجرایی انجام‌شده بر روی هر یک از تیمارهای موردنظر، هرکدام در سطح یک هکتار انجام گرفت. برای تشخیص برخی از خصوصیات شیمیایی خاک محل موردمطالعه، با حفر پروفیل‌هایی به عمق‌های ۸۰-۰ سانتی‌متر (نمونه‌های خاک در عمق، از عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی‌متری تهیه گردید) عمود بر ردیف درخت و به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر تا ۱۲۰ سانتی‌متر از درخت در منطقه فعالیت ریشه‌ها نمونه‌های خاک تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج برخی از فاکتورهای اندازه‌گیری شده در خاک در جدول‌های ۲ و ۳ آمده است. نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده مقادیر بسیار بالای ECe، SARو ESP قبل از انجام آزمایش بود. با توجه به پروفیل‌های حفرشده در باغ و همچنین نوع خاک و روش آبیاری، محدوده اصلی فعالیت ریشه‌های درختان در عمق ۸۰-۴۰ سانتی‌متری خاک قرار داشت. لذا عملیات اصلاح خاک تا عمق ۸۰ سانتی‌متر در دستور کار قرار گرفت. برای این منظور مقرر شد تا مقدار ESP به کمتر از حد بحرانی کاهش یابد و درنتیجه از معادله (۱) مقدار گچ محاسبه گردید. مقدار گچ برای باغ زنگی‌آباد ۴۰ تن در هکتار و برای باغ کاظم‌آباد ۱۵ تن در هکتار به دست آمد. تیمارهای اجرا شده در تحقیق به شرح زیر است.

الف- منطقه زنگی‌آباد

I_1 = آبیاری قطعه شماره A توسط چاه شماره ۱ با هدایت الکتریکی ۱۱/۷ ds/m

I_2 = آبیاری قطعه شماره B توسط چاه شماره ۲ با هدایت الکتریکی ۸/۱ ds/m

I_3 =آبیاری قطعه شماره C از اختلاط آب چاه‌های شماره ۱ و ۲ با هدایت الکتریکی حدود ۹/۹ ds/m و با استفاده از ۴۰تن گچ شیرین کشاورزی برای هر هکتار که محیط فعالیت ریشه درختان پخش شد و با کمک گرفتن از دستگاه روتیواتور با خاک سطحی زیر درختان مخلوط گردید

ب: منطقه کاظم‌آباد

I_4 = آبیاری قطعه شماره D توسط چاه شماره ۳ با هدایت الکتریکی EC= ۷/۵ ds/m

I_5 = آبیاری قطعه شماره E توسط چاه شماره ۴ با هدایت الکتریکی EC=۵,۱ ds/m

I_6=آبیاری قطعه شماره F از اختلاط آب چاه‌های شماره ۳ و ۴ با هدایت الکتریکی EC=6/3 ds/m و با استفاده از ۱۵تن گچ شیرین کشاورزی برای هر هکتار که در محیط فعالیت ریشه درختان پخش شد و با کمک گرفتن از دستگاه روتیواتور با خاک سطحی زیر درختان مخلوط گردید.

آب آبیاری برای تمام تیمارهای آزمایشی به‌صورت یکسان بر اساس مطالعات نیاز آبی شرکت مشاور و طراح سامانه آبیاری، تقریباً ۶۷۵۸ متر مکعب برای هر هکتار در سال، با استفاده از کنتور هوشمند تنظیم گردید. این کنتور (کنتور در سایزهای مختلف موجود و قابلیت تنظیم دارد) قبل از شیفت موردنظر نصب شد و حجم آب وارد شده به شیفت آبیاری را محاسبه و ثبت می‌نمود. مساحت سطوح مورد آزمایش هر تیمار ۱ هکتار در نظر گرفته شد. از خاک تیمارهای مورد آزمایش از عمق ۸۰-۰ نمونه تهیه و فاکتورهای EC، pH، Ece (هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک) و کاتیون‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین بر روی تیمارهای I_1 و I_2 و I_4 و I_5 یک نوبت آبیاری سنگین در زمستان (دی‌ماه) انجام شد. بر اساس تحقیقات قبلی انجام‌شده (حسینی نیا و همکاران (۱۳۹۵) حدود ۸۴۴ میلی‌متر آب به‌طور خالص به‌منظور آب شویی استفاده شد. در زمان برداشت محصول به‌منظور تشخیص اثربخشی فعالیت‌های انجام‌شده و تأثیر بهره‌وری آب، برخی از صفات کمی و کیفی مانند راندمان محصول تولیدی، طول شاخه‌های تولیدشده سال جاری، تعداد جوانه گل تولیدشده، وزن هزار دانه محصول تولیدشده، درصد پوکی، انس پسته تولیدی و درصد پسته دهان بسته مورد اندازه‌گیری و یا محاسبه قرار گرفت و سپس با یکدیگر مقایسه شدند. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹,۴ انجام شد.

بحث و نتایج

روش عملی برای تشخیص و ارزیابی شوری در خاک، پایش شوری است. این روش به بررسی چگونگی آبشویی املاح و شیوه‌های مدیریت صحیح استفاده از منابع آب‌وخاک می‌پردازد. با اندازه‌گیری میزان توزیع و شوری در منطقه فعالیت ریشه گیاه می‌توان به این نتیجه رسید که آیا شوری در حد قابل‌قبول برای تولید محصول است یا خیر.و یا آبشویی و زهکشی در نقاط مختلف باغ مناسب است یا خیر. لذا پایش وضعیت شوری در خاک با جمع‌آوری اطلاعات دقیق دوره‌ای از میزان شوری خاک و توزیع آن در منطقه فعالیت ریشه، روشی مناسب برای ارزیابی کنترل شوری نسبت به روش‌های بیلان نمک و نیاز آبشویی است (Rhoades et al., 1999a). با توجه به موارد ذکر شده و بررسی نتایج آزمون خاک که در جدول ۲ آمده، در دو باغ ملاحظه گردید که شوری خاک در منطقه توسعه ریشه درختان و بیشتر در نزدیکی تنه درختان پسته قرار دارد. در تیمار I_6 شوری خاک در محل تجمع شوری تا حدود ۳۶,۶ds/m مشاهده شد. که با

توجه به ویژگی‌های روش آبیاری قطره‌ای که تجمع شوری در محل برخورد محیط خیس شده و نزدیک تنه درختان رخ می‌دهد قابل‌انتظار است. علاوه بر موارد فوق که تجمع شوری به‌صورت موضعی در منطقه توسعه ریشه قرارگرفته است. که می‌تواند به دلایل مختلف ازجمله زهکشی ضعیف ناشی از بافت خاک باشد. در تحقیقی برت و همکاران (۲۰۰۳) مطالعات دقیقی در خصوص پایش شوری خاک در اطراف درختان پسته انجام دادند. آن‌ها نتایج مشابهی را بابت تجمع موضعی شوری در برخی از مناطق توسعه ریشه گیاه‌نشان دادند (Burt et al., 2003). لذا در این تحقیق برای اصلاح خاک از گچ برای تیمارهای I_3 و I_6 استفاده شد و در تیمارهای I_1 و I_2 و I_4 و I_5 در فصل زمستان نیز به‌منظور آبشویی خاک و کاهش شوری خاک یک نوبت آبیاری سنگین صورت گرفت. مطالعات انجام‌شده به مدت یک سال به‌منظور تعیین اثرات فعالیت‌های اجرایی انجام‌شده بر روی هر یک از تیمارهای موردنظر انجام شد. در شکل (۲) تعدادی از فعالیت‌ها نشان داده‌شده است.

جداول ۲ و ۳ برخی فاکتورهای اندازه‌گیری شده قبل و بعد از تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهند.

شکل ۲- عملیات اصلاح خاک با استفاده از گچ شیرین کشاورزی

جدول ۲- میانگین برخی از فاکتورهای اندازه‌گیری شده خاک قبل از تیمارهای آزمایشی عمق ۸۰-۰سانتی‌متر

تیمار	*Ece* (dS/m)	SAR(me/l)^1/2	ESP(%)
I_1	۱۴,۱۲^{c}	۱۱^{f}	۱۳,۰۱^{f}
I_2	۱۲,۶۱^{d}	۱۲,۹۵^{e}	۱۵,۱۴^{e}
I_3	۲۹,۵^{b}	۳۵,۶۵^{a}	۳۳,۹^{a}
I_4	۱۰,۰۵^{e}	۱۵,۱۵^{c}	۱۸,۴۱^{c}
I_5	۹,۷۲^{e}	۱۳,۵۲^{d}	۱۵,۷۴^{d}
I_6	۳۶,۶^{a}	۱۸,۲۱^{b}	۲۰,۳۸^{b}

میانگین ستون‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنادار با یکدیگر ندارند.

بر طبق جدول ۲ با توجه به اینکه اکثر اعداد ESP>15 و ECe>4 می‌باشد خاک دو باغ تحقیقاتی در گروه خاک‌های شور و سدیمی قرارگرفته است. تجربه نشان داده است اگر ESP خاک کمتر ۱۵ درصد باشد مشکلات زیادی ازنظر کشاورزی ایجاد نمی‌کند ولیکن هر چه ESP در خاک افزایش یابد خطر پراکندگی ذرات خاک نیز افزایش‌یافته و این امر باعث پایین آوردن ضریب هدایت هیدرولیکی خاک، به هم خوردن پایداری ذرات خاک و ایجاد ماند آبی در هنگام آبیاری می‌شود. به دلیل ارتباط تنگاتنگ ESP و SAR غالباً" SAR، جایگزینی برای ESP به‌عنوان شاخص خطر سدیم در خاک و آب بکار می‌رود. حد بحرانی درصد سدیم تبادلی (ESP) و نسبت جذب سدیم (SAR) در عصاره اشباع خاک به ترتیب برابر ۱۵ و ۱۳ است (صالحی، ۱۳۸۵). در جدول ۳ روند تغییرات ECe، SAR و ESP در

تیمارهای I_1 تا I_6 نشان داده‌شده است. در تمام تیمارها کاهش شوری خاک، نسبت جذبی سدیم و درصد سدیم تبادلی از سطح خاک تا عمق ۸۰ سانتی‌متری مشاهده شد.

جدول ۳- میانگین برخی از فاکتورهای اندازه‌گیری شده خاک بعد از تیمارهای آزمایشی عمق ۸۰-۰سانتی‌متر

تیمار	*Ece* (dS/m)	SAR(me/l)^1/2	ESP(%)
I_1	۱۰,۰۲^{c}	۸,۸۲^{e}	۱۰,۵۱^{e}
I_2	۹,۱۶^{d}	۸,۸۵^{e}	۱۰,۵۴^{de}
I_3	۱۷,۳۸^{b}	۱۴,۷۵^{a}	۱۷^{a}
I_4	۶,۷۵^{e}	۱۳,۰۴^{b}	۱۵,۲۳^{b}
I_5	۶,۹۷^{e}	۹,۱۴^{d}	۱۰,۸۹^{d}
I_6	۲۲,۸^{a}	۱۱,۶^{c}	۱۳,۶۸^{e}

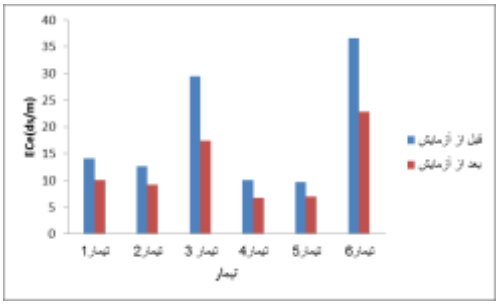
میانگین ستون‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنادار با یکدیگر ندارند.

استفاده از گچ و مخلوط نمودن آن با سطح خاک و انجام عملیات آبشویی در زمستان، حاکی از تأثیر مثبت این عملیات در پایین آوردن هدایت الکتریکی (EC) یا شوری و میزان SAR و ESP بوده است. ازآنجاکه هدف از آبشویی خاک خارج نمودن املاح مضر از عمق ۸۰ سانتی‌متری خاک بود. بر طبق شکل (۳) میزان املاح موجود در خاک قبل از آبشویی در لایه ۸۰-۰ سانتی‌متری خاک بیشتر بوده و بعد از عملیات آبشویی با حرکت املاح به سمت عمق‌های پایین‌تر از میزان آن‌ها کاسته شده است. همچنان‌که در شکل (۳) نشان داده‌شده، درصد کاهش فاکتورهای هدایت الکتریکی، SAR و ESP خاک برای تیمار I_1 به ترتیب ۲۹، ۱۹,۸، ۱۹,۲ درصد، برای تیمار I_2 به ترتیب ۲۷,۳، ۳۱,۶، ۳۰,۳ درصد، برای تیمار I_3 به ترتیب ۰,۴۱، ۵۸,۶، ۴۹,۸ درصد، برای تیمار I_4 به ترتیب ۳۲,۸، ۱۹,۲، ۱۷,۲ درصد، برای تیمار I_5 به ترتیب ۲۸,۲، ۳۲,۳، ۳۰,۸ درصد و برای تیمار I_6 به ترتیب ۳۷,۷، ۳۶,۲، ۳۲,۸ درصد بود. نتایج نشان‌دهنده‌ی افزایش اثربخشی بهتر تأثیر استفاده از گچ در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمارهایی که فقط آبشویی انجام گرفت بود. در تحقیقی مشابه که توسط بهسی سی در دشت اریگلی ترکیه انجام شد.استفاده از گچ به میزان ۴۰ تن در هکتار و عمق آبی معادل ۲,۵ برابر عمق خاک تنها ۲۰ درصد سدیم تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری از خاک آبشویی شد (Bahceci, 2009). روند تغییرات هدایت الکتریکی و SAR و ESP قبل و بعد از آزمایش در تیمارهای I_1 و I_2 و I_3 و I_4 و I_5 و I_6 در شکل (۳) نشان داده‌شده است.

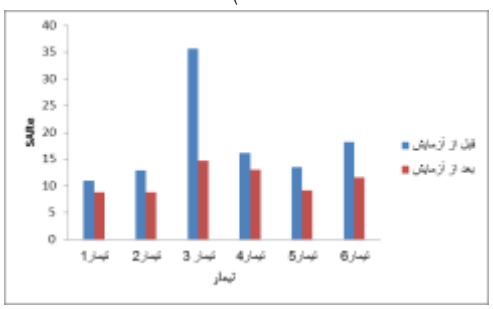
جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس برخی فاکتورهای موردبررسی قبل از اجرای آزمایش

منابع تغییر S.O.V	ECe	SAR	ESP
تکرار Block	۱,۱۸ ns	۱,۸۶ ns	۱,۰۴ ns
تیمار Treatment	۳۹۱ **	۲۴۴,۵ **	۱۶۷,۸ **
اشتباه آزمایشی Error	۰,۱۸۸	۰,۵۳۵	۰,۵۰۳

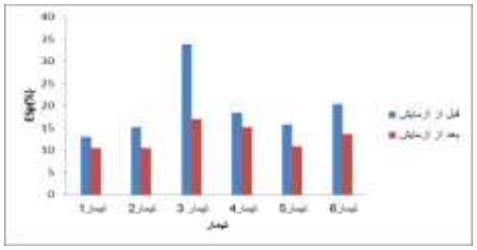
ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



الف)



ب)



ج)

شکل ۳- الف) مقایسه هدایت الکتریکی قبل و بعد از تیمارهای مدیریتی ب) مقایسه نسبت جذبی سدیم قبل و بعد از تیمارهای مدیریتی ج) مقایسه درصد سدیم تبادلی قبل و بعد از تیمارهای مدیریتی

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس برخی فاکتورهای موردبررسی بعد از اجرای آزمایش

منابع تغییر S.O.V	ECe	SAR	ESP
تکرار Block	۰,۳۵۱ ns	۰,۹۵۷ **	۱,۰۳ ns
تیمار Treatment	۱۲۴,۲**	۲۰,۶۷ **	۲۳,۸۰ **
اشتباه آزمایشی Error	۰,۱۷۸	۰,۰۳۵	۰,۵۰۳

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

.

در جداول ۴ و ۵ نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای شوری خاک، نسبت جذبی سدیم و درصد سدیم تبادلی قبل و بعد از آزمایش نشان داده‌شده است. ملاحظه می‌شود که مقادیر ECe، SAR و ESP کاهش‌یافته است و اختلاف آن‌ها برای ECe و ESP در سطح ۹۵٪ و برای SAR در سطح ۹۹٪ معنادار می‌باشد. به‌منظور تشخیص بهتر اثربخشی استفاده از ماده اصلاح‌کننده، مقایسه صفات کیفی و عملکرد محصول تولیدی قبل و بعد از تیمارها صورت گرفت. نتایج آن در جداول ۶ و ۷ ارائه‌شده است.

جدول ٦- میانگین تولید محصول قبل از اجرای تیمارهای مدیریتی

تیمار آزمایش	عملکرد (kg/ha)	درصد پسته دهان بسته ٪	انس پسته تولیدشده	میانگین تعداد جوانه روی شاخه سال جاری	بهره‌وری مصرف آب (WUE) (kg/ha/mm)
I_1	۴۱۲^{d}	۴۱^{a}	۳۴-۳۶^{a}	۳^{c}	۶,۰۹^{d}
I_2	۵۳۱^{c}	۳۶^{b}	۳۲-۳۴^{b}	۵^{b}	۷,۸۵^{b}
I_3	۵۶۰^{b}	۲۵^{d}	۳۰-۳۲^{c}	۱۱^{a}	۸,۲۸^{a}
I_4	۵۰۵^{c}	۳۴^{b}	۳۲-۳۴^{b}	۸^{b}	۷,۴۷^{c}
I_5	۵۲۳^{c}	۲۵^{c}	۳۰-۳۲^{c}	۱۰^{c}	۷,۷۳^{b}
I_6	۵۷۴^{a}	۲۲ ^{e}	۳۰-۳۲^{c}	۱۲^{a}	۸,۴۹^{a}

میانگین ستون‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنادار با یکدیگر ندارند.

جدول ۷- میانگین تولید محصول بعد از اجرای تیمارهای مدیریتی

تیمار آزمایش	عملکرد (kg/ha)	درصد پسته دهان بسته ٪	انس پسته تولیدشده	میانگین تعداد جوانه روی شاخه سال جاری	بهره‌وری مصرف آب (WUE) (kg/ha/mm)
I_1	۴۳۸^{d}	۳۹^{a}	۳۴-۳۶^{a}	۷^{c}	۶,۴۸^{d}
I_2	۵۸۹^{c}	۳۴^{b}	۳۲-۳۴^{b}	۹^{b}	۸,۷۱^{c}
I_3	۶۲۷^{b}	۲۲^{d}	۳۰-۳۲^{c}	۱۳^{a}	۹,۲۷^{b}
I_4	۵۶۵^{c}	۳۴^{b}	۳۲-۳۴^{b}	۱۰^{b}	۸,۳۶^{c}
I_5	۵۸۱^{c}	۲۴^{c}	۳۰-۳۲^{c}	۹^{c}	۸,۵۹^{c}
I_6	۶۶۴^{a}	۱۹ ^{e}	۳۰-۳۲^{c}	۱۴^{a}	۹,۸۲^{a}

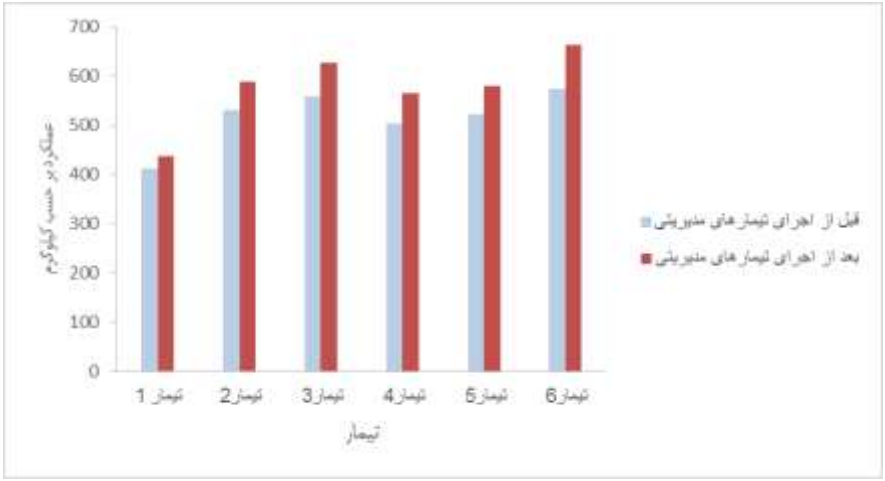
میانگین ستون‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنادار با یکدیگر ندارند.

نتایج جداول ۶ و ۷ نشان می‌دهند که کارایی مصرف آب در تیمارهای I_3 و I_6 که در آن‌ها از گچ به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک استفاده شد بیشتر بوده است و موجب افزایش عملکرد نسبت به سایر تیمارها شده است. درواقع آب کمتری برای تولید هر کیلوگرم محصول استفاده‌شده است. در باغات پسته آمریکا نیز با مصرف آب بیشتر به ازای هر هکتار و تعداد درخت کمتر از ایران مقدار محصول بیشتری تولید کرده‌اند و کارایی آب مصرفی آن‌ها برای تولید یک کیلو محصول خشک بسیار بیشتر از ایران است و درواقع میزان آب کمتری برای تولید هر کیلو محصول خشک مصرف کرده‌اند (یعقوبی، ۱۳۹۲).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر S.O.V	عملکرد	درصد پسته دهان بسته	انس پسته تولیدشده	میانگین تعداد جوانه روی شاخه	کارایی مصرف آب قبل	کارایی مصرف آب بعد
تکرار Block	۴۵۹۵,۷**	۳,۳۸ *	۰,۷۲۲ ns	۲۰,۲۲ **	۱,۷۱ **	۱,۰۰ **
تیمار Treatment	۲۲۷۲۳,۶**	۱۶۷,۱۲ **	۸,۴۹ **	۱۶,۷۵ **	۲,۶۲ **	۴,۹۷ **
اشتباه آزمایشی Error	۱۵۶,۴۵	۰,۸۵۵	۰,۵۲۲	۰,۵۲۲	۰,۰۱۶	۰,۰۳۴

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ٤- مقایسه عملکرد تولید در تیمارهای مدیریتی

از ارزیابی موارد ذکرشده می‌توان به نتایج ذیل رسید همچنان که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، بیشترین عملکرد تولید در بین تیمارها مربوط به تیمار I_6 از مصرف مخلوط آب چاه‌های ۳ و ۴ با شوری ds/m ۶/۳ حاصل‌شده است. کمترین عملکرد تولید متعلق به تیمار I_1 با مصرف آب چاه شماره ۱ با شوری ds/m ۱۱/۷ به‌دست‌آمده است. به‌طور کلی تیمارهای I_3 و I_6 بیشترین افزایش عملکرد تولید به ترتیب با ۱۱,۹٪ و۱۵,۶ ٪ درصد و تیمار I_1 کمترین افزایش عملکرد تولید با ۶,۳٪ درصد را داشته است. بر روی تیمارهای I_1 و I_2 و I_4 و I_5 که در زمستان یک مرحله عملیات آبشویی انجام گرفت عملکرد تولید در این تیمارها را به ترتیب ۶,۳٪ ، ۱۰,۹ ٪، ۱۱,۸ ٪ ، ۱۱٪ افزایش داده است.

درصد پسته دهان بسته تولیدشده در تیمارهای I_3, I_6 که در آن‌ها از گچ به‌عنوان اصلاح‌کننده استفاده شد نسبت به سایر تیمارها کمتر شد. همچنین میانگین تعداد جوانه‌ی گل تولیدشده بر روی شاخه‌های تولیدشده در هرسال در تیمارهای I_3, I_6 نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بوده است.

افزایش تولید،کارایی بهتر مصرف آب، کاهش درصد پسته دهان بسته و بهتر شدن کیفیت پسته ازنظر انس(درشت‌تر شدن میوه) در تیمارهای I_3 و I_6 که در آن تیمارها از گچ شیرین کشاورزی استفاده شد نسبت سایر تیمارها به‌طور محسوسی افزایش داشته است و نشان‌دهنده‌ی عملکرد مطلوب این عملیات بوده است.

نتیجه‌گیری

۱- نتایج عملکرد تولید نشان می‌دهد که به‌ترتیب تیمارهای I_6 و I_3 که در آن‌ها از اصلاح‌کننده گچ استفاده شد بیشترین افزایش عملکرد، و کمترین افزایش عملکرد مربوط به تیمار I_1 که فقط آبشویی صورت گرفت بوده است.

۲- استفاده از آبیاری سنگین زمستانه و آبشویی خاک برای تیمارهای I_1 و I_2 و I_4 و I_5 در یک نوبت در فصل زمستان به‌طور میانگین سبب کاهش فاکتورهای هدایت الکتریکی، SAR و ESP خاک به ترتیب به مقدار ۳۰,۱، ۲۵,۷۲و ۲۴,۳۷ درصد شده است. این نتایج نشان می‌دهند که با انجام آبشویی خاک در فصل زمستان می‌توان مقدار زیادی از فاکتورهای مضر مانند یون سدیم را از محیط فعالیت ریشه درختان خارج نمود.

۳- نتایج آزمایش‌ها نشان داد با اعمال مدیریت صحیح و استفاده از گچ می‌توان علاوه بر دستیابی به عملکرد مطلوب تعادل املاح را نیز در پروفیل خاک حفظ کرد. این نتایج حاکی از آن بود که کاربرد گچ در تیمارهای I_3 و I_6 موجب خروج بیشتر یون مضر سدیم در مقایسه با تیمارهای I_1 و I_2 و I_4 و I_5 که در آن‌ها فقط آبشویی خاک با آب آبیاری صورت گرفت شده است. اثر گچ به‌طور میانگین سبب کاهش فاکتورهای هدایت الکتریکی، SAR و ESP خاک به‌ترتیب به مقدار ۳۹,۳۵، ۴۷,۴ و ۴۱,۳ درصد شده و همچنین موجب بهبود صفات کیفی محصول تولیدی و افزایش کارایی مصرف آب نیز شده است. از طرف دیگر با توجه به در نظر گرفتن مسائل اقتصادی بابت خرید گچ و بکار گیری ماشین‌آلات و ادوات برای مصرف آن در باغ در مقایسه با بکار بردن آب آبیاری، می‌توان به این نتیجه رسید که آبشویی خاک توانایی قابل‌ملاحظه‌ای در خروج املاح از خاک داشته و می‌تواند به‌عنوان یک روش عملی و کم‌هزینه در مناطق دیگر که مشکلات مشابه دارند استفاده شود.

منابع

باستانی، ش.، و حسینی نیا، م. ۱۳۹۷. تحلیل کارایی روش آب شویی موضعی در خروج املاح از خاک (مطالعه موردی: باغ پسته در منطقه فتح‌آباد کرمان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۳،جلد ۱۲، ص ۷۰۸-۶۹۶.

چراغی، س.م.، دهقانی سانیج، ح.، عنایتی، ک.، و شجری، ش. ۱۳۹۹. تأثیر استفاده درازمدت از آب‌شور بر شوری خاک در سامانه آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی باغ‌های پسته دشت سروستان-استان فارس) نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱، جلد ۱۴، ص ۳۸-۲۴.

حسینی، م.، حسن‌پور، ف.، نقوی، ه.، و عباسی، ف. ۱۳۹۶. مقایسه اثر مواد اصلاح‌کننده مختلف بر آب شویی املاح از یک خاک شور و قلیا در کرمان به روش آزمایشگاهی. نشریه علمی مدیریت خاک و تولید پایدار. شماره ۲، جلد ۷، ص ۱۳۴-۱۱۹.

حسینی، م.، حسن‌پور، ف.، نقوی، ه.، عباسی، ف.، و باستانی، ش. ۱۳۹۵. تأثیر آب شویی با شرایط مختلف بر کیفیت زه آب خروجی از ستون خاک شور و آهکی. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. شماره ۲۴، سال ششم، ص ۸۹-۷۸.

دهقانی، ف.، و سعادت، س. ۱۳۹۷. دستورالعمل استفاده از گچ برای خاک‌های سدیمی، موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی، نشریه فنی ۵۵۶.

سیفی، ا.، میر لطیفی، س.م.، دهقانی سانیج، ح.، و ترابی، م.۱۳۹۳. تأثیر دور آبیاری بر توزیع رطوبت و شوری در باغ‌های پسته تحت شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (مطالعه موردی: شهرستان سیرجان استان کرمان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۸ جلد ۴ ص ۷۹۹-۷۸۶.

شکوهی، ع.، و دانش کار آراسته، پ. ۱۳۸۲. اصول روش‌ها و طراحی سیستم‌های آبیاری، موسسه فرهنگی دیباگران تهران.

صالحی، ف. ۱۳۸۵. شناخت خاک و تغذیه درختان پسته. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات پسته کشور.

طباطبایی، س.ح.، مستشفی حبیب‌آبادی، ف.، شایان نژاد، م.، و دهقانی، م. ۱۳۹۵. اثر چهار رژیم تلفیقی آبیاری با آب‌شور بر الگوی توزیع شوری خاک در شرایط کشت گیاه. مجله علوم آب‌وخاک. شماره ۷۵. جلد ۲۰، ص: ۱۸۵-۱۷۱.

عطایی، ع.، اکبری، م.، نیشابوری، م.، زارع حقی، د.، و عنابی میلانی، ا. ۱۳۹۸. پاسخ گیاه پسته به توزیع رطوبت و شوری در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱، جلد ۱۳، ص ۱۲۸-۱۱۵.

علیزاده، امین. ۱۳۸۷. رابطه آب‌وخاک و گیاه ، دانشگاه امام رضا.

علیزاده، امین. ۱۳۸۰. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای ، دانشگاه امام رضا.

علیزاده، امین. ۱۳۷۴. زهکشی اراضی، دانشگاه فردوسی مشهد.

علیزاده، امین. ۱۳۸۳. کیفیت آب در آبیاری، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.

یعقوبی، ا. ۱۳۹۲. مقایسه نیاز آبی پسته در ایران و امریکا. ماهنامه انجمن پسته ایران، ۴۴-۴۲: (۵) ۸۹.

هاشمی نیا، س.م. ۱۳۸۵. مدیریت آب در کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Ahmad, S., Ghafoor, A., Akhtar, M.E. and Khan, M.Z. 2013. Ionic displacement and reclamation of saline-sodic soils using chemical amendments and crop rotation. Land Degradation and Development. 24.2: 170-178.

Bahceci, I. 2009. Determination of salt leaching and gypsum requirements with field tests of saline–sodic soils in central turkey. Irrigation and Drainage. 58: 332–345.

Burt, C.M. and Isbell, B. 2005. Leaching of accumulated soil salinity under drip irrigation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 48.6: 2115-2121.

Burt, C.M., Isbell, B. and Burt, L. 2003. Long-term salinity buildup on drip micro irrigated trees in California. In: The Irrigation Association Technical Conference, San Diego, CA. Nov. 18, 2003.

Chaganti, V.N., Crohn, D.M. and Šimůnek, J. 2015. Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. Agricultural Water Management. 158: 255-265.

Cucci, G., Lacolla, G., Pagliai, M. and Vignozzi, N. 2015. Effect of reclamation on the structure of silty-clay soils irrigated with saline-sodic waters. International Agrophysics. 29.1: 23-30

Mahmoodabadi, M., Yazdanpanah, N., Sinobas, L.R., Pazira, E. and Neshat, A. 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): Redistribution of soluble cations within the soil profile. Agricultural Water Management. 120: 30-38.

OsIer, J.D. 1994. IrrigaIion wiIh poor qualiIy waIer. AgriculIural WaIer ManagemenI. 25: 271-295.

Li, X.B., Kang, Y.H., Wan, S.Q., Chen, X.L., Chu, L.L. and Xu, J.C. 2015. First and second-year

with subsurface drip irrigation using HYDRUS-2D. Soil Science Society of America Journal. 73: 233-240.

Selim, T., Berndtsson, R. and Persson, M. 2013. Simulation of soil water and salinity distribution under surface drip irrigation. Irrigation and Drainage. 62: 352-362.

SedaghaIi N., Alizadeh A., Ansari H. and Hosseinifard S.J. 2016. SIudy of Changes in Soil MoisIure and SaliniIy under PlasIic Mulch and Drip IrrigaIion in PisIachio Irees. Journal of NuIs. 7(1): 21-33.

Hanson, B.R., and Bendixen, W.E. 1995. Drip irrigation salinity under controls soil row crops. California Agriculure. 49: 19-23.

Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J. and Liu, W. 2012. Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. ceratina Kulesh) for production in highly saline conditions. Agricultural Water Management. 104: 210-220.

assessments of the rapid reconstruction and re-vegetation method for reclaiming two saline–sodic, coastal soils with drip-irrigation. Ecological Engineering. 84: 496-505.

Prapagar, K., Indraratne S.P. and Premanandharajah P. 2012. Effect of soil amendments on reclamation of saline-sodic soil. Tropical Agricultural Research 23(2): 168-176.

Rasouli, F., Pouya, A.K. and Karimian, N. 2013. Wheat yield and physico-chemical properties of a sodic soil from semi-arid area of Iran as affected by applied gypsum. Geoderma. 193: 246-255.

Rhoades, J.D., Chanduvi, F., and Lesch, S.M. 1999a. Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements, FAO Irrigation and Drainage Paper #57, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 150 pp.

Roberts, T., Lazarovitch, N., Warrick, A. and Thompson, T. 2009. Modeling salt accumulation

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 14, Oct.-Nov. 2020, p. 1514-1526

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۴، آذر - دی ۱۳۹۹، ص. ۱۵۲۶-۱۵۱۴

Effect of Drip Irrigation Using Brackish Water and Soil Remediation Materials in Salted and Sodium Soil of Pistachio Orchards (Case Study: Kerman County)

M. Rajabi[1], N. Jalalkamali[2*], M. Naghizadeh[3]
Recived: Aug.13, 2020 Accepted: Sep.13, 2020

Abstract

Kerman province is currently suffering problems in water resources management and its freshwater storages are restricting continuously. A large number of wells are now salinized and lost their suitable quality in this province. Thus, a particular management is needed to use brackish water resources so as to achieve an acceptable level of agricultural production. In this study, the effect of irrigation by sodium and brackish water on soil and pistachio trees in Kerman Province was investigated using I1 to I6 treatments. Six brackish water treatments in complete randomized blocks in three repetition were studied. Irrigated water was distributed uniformly in all treatments. The results showed that the use of gypsum in the treatments I3 and I6 leaded on better removal of harmful sodium ions than in the treatments I1, I2, I4 and I5 where soil was solely leached by irrigation water. Adding gypsum reduced the average of electrical conductivity, SAR and ESP of the soil by 39.35%, 47.4% and 41.3% respectively in comparison to before test conditions. Besides, using gypsum was resulted in improvement of yield performance by 11.9% and 15.6% for treatments I3 and I6 respectively and improvement of quality indicators such as increment of 1000 kernel weight, reduction in both blank pistachios percentage and non-split shells.

Keywords: Gypsum, Iirrigation water quality, Irrigation with brackish water, Leaching, Pistachio

1- Ph.D. Candidate of Water Resources Engineering and Management, Civil Engineering Department, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
2- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Plant Production Department, Agricultural Faculty of Bardsir, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: njalalkamali@gmail.com)