



اصلاح خاک‌های شور و سدیمی باغات پسته

حسین بیرامی - عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری

مراد مرتاض - کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی

حمید شبانی رشکوئیه - کارشناس ارشد باغبانی





درختان پسته در میان محصولات درختی به دلیل تحمل بالا و رشد در شرایط شور خاک و آب متمایز می‌باشند، اما در این زمینه محدودیت‌هایی وجود داشته و اگر اقداماتی برای کاهش تنش ناشی از تجمع نمک‌ها در خاک انجام نشود، ممکن است در نهایت تولید محصول تحت تأثیر شدید قرار گیرد.



بهسازی یا اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از دیدگاه حفاظت منابع آب‌وخاک، اهمیت فراوانی دارد. تجمع و فزونی نمک‌ها در خاک از رشد و نمو گیاه جلوگیری نموده و به‌طور مستقیم بر عملکرد گیاه تأثیر می‌نهد. مهم‌ترین گام جهت جلوگیری از اثرات سوء شوری خاک، کاهش نمک‌ها تا رسیدن به حد بهینه، از طریق آبیاری می‌باشد. بهسازی خاک‌های شور و سدیمی به کیفیت و مقدار آب کاربردی، نوع بهساز و وضعیت زهکشی خاک بستگی دارد.

شکل ۱- علائم ظاهری خاک‌های شور و سدیمی در باغات پسته



خاک‌های شور و سدیمی می‌توانند ارزش و باروری اراضی متأثر را به میزان قابل توجهی کاهش دهند. شوری خاک و مشکلات مربوط به آن عموماً در اقلیم‌های خشک یا نیمه‌خشک رخ می‌دهد که در آن بارندگی برای شستشوی نمک‌های محلول از خاک کافی نیست یا زه‌کشی سطحی یا داخلی خاک محدود است. همچنین شوری در نواحی کشاورزی فاریاب ناشی از استفاده از آب آبیاری باکیفیت نامناسب می‌تواند در خاک ایجاد گردد. انتقال نمک توسط باد از نقاط شور و خشک مجاور و یا ذرات ریز آب دریا به سایر نقاط و یا انتقال نمک‌ها از طریق آب زیرزمینی تحت تأثیر نیروی موینگی نیز در برخی مناطق اهمیت پیدا می‌کند. تنش شوری موجب کاهش رشد گیاهان و در نتیجه، کاهش عملکرد محصولات زراعی و باغی می‌شود. هر چه تنش شوری شدیدتر باشد، کاهش رشد و افت عملکرد محصول نیز بیشتر است. تنش شوری بر گیاه از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی است:

۱ القای تنش خشکی (اثر اسمزی): به عبارت دیگر در خاک‌های شور، گیاهان زودتر دچار پژمردگی می‌شوند که این پدیده را اصطلاحاً خشکی فیزیولوژیکی می‌گویند. به دلیل شور بودن خاک و افزایش غلظت یون‌های محلول، گیاهان نمی‌توانند آب خاک را جذب کنند و یا باید انرژی زیادی برای جذب آب صرف نمایند که باعث کاهش رشد می‌گردد.

۲ مسمومیت ویژه یونی: بعضی از یون‌ها به مقدار زیاد در خاک‌های شور وجود دارند و بر اثر مقدار جذب بالا توسط گیاه، ایجاد مسمومیت می‌کنند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان کلر، سدیم و بُر را نام برد.

۳ عدم تعادل تغذیه‌ای: در خاک‌های شور به دلیل غلظت زیاد بعضی از یون‌ها، تغذیه گیاه دچار مشکل می‌شود. به عنوان مثال در یک خاک شور، به دلیل غلظت زیاد کلر در محلول خاک و جذب آن به وسیله گیاه، جذب نیترات و سولفات توسط گیاه کم می‌شود. در صورتی که نیترات و سولفات از یون‌های بسیار ضروری در تغذیه گیاه هستند (شکل ۲) همه خاک‌ها عموماً حاوی مقداری نمک محلول در آب هستند، اما زمانی که مقدار این نمک‌ها به حدی که برای جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهان مضر باشد، به آن‌ها خاک شور می‌گویند. در صورت وجود آب باکیفیت خوب و زهکشی مناسب (نفوذپذیری مناسب خاک)، خاک‌های شور ساده‌ترین خاک‌های متأثر از املاح، برای اصلاح هستند. خاک‌های شور اغلب دارای ویژگی‌های فیزیکی مطلوب با ساختمان و نفوذپذیری خوب هستند.

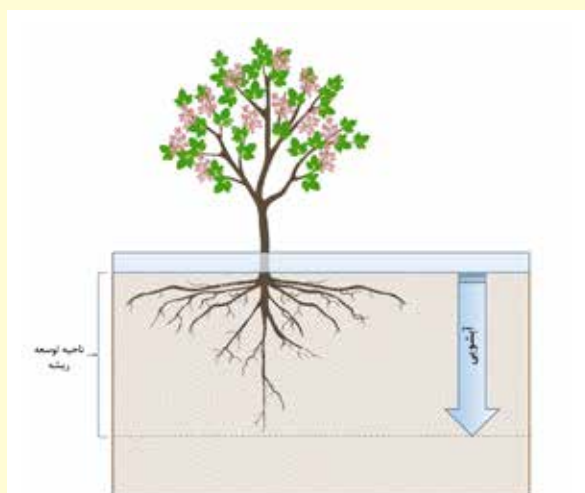
خاک‌های سدیمی دارای مقدار نمک کل کم، اما سدیم قابل



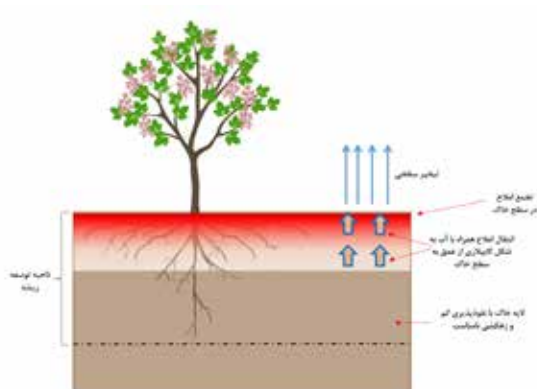


شکل ۲

علائم ظاهری اثر سمیت ویژه یون (سمت راست)
و اثر اسمزی (سمت چپ) در درختان پسته



شکل ۳- نمای شماتیک آبشویی
نمک‌ها به عمق زیر ناحیه توسعه ریشه



شکل ۴- نامناسب بودن نفوذپذیری خاک عمقی
و انتقال املاح به سطح خاک در اثر صعود موئینگی

تبادل بالایی هستند. ترکیب مقدار بالای سدیم و نمک‌های کل کم باعث پراکنش شدن ذرات خاک می‌شود و خاکی با ساختمان ضعیف ایجاد می‌کند. این خاک‌ها زمانی که مرطوب هستند، چسبندگی بالایی دارند و تقریباً در برابر آب نفوذناپذیرند، اما زمانی که خشک گردند، دارای ساختمان سخت بوده و تشکیل سله می‌نمایند. شوری خاک‌ها بر اساس هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) در عصاره اشباع (که با آب مقطر تهیه شده باشد) به چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱).

گروه خاک معیار	معمولی	شور	سدیمی	شور سدیمی
E _{ce}	< ۴	> ۴	< ۴	> ۴
SAR	< ۱۳	< ۱۳	> ۱۳	> ۱۳

جدول ۱- طبقه‌بندی خاک‌های شور و سدیمی

متداول‌ترین روش برای اصلاح خاک‌های شور آبشویی می‌باشد. برای این منظور، آب بیشتری از مقدار موردنیاز برای رشد محصول به مزرعه اعمال می‌شود. این آب اضافی به خاک نفوذ می‌کند و از ناحیه ریشه عبور می‌کند. در طی نفوذ، آب بخشی از نمک‌های موجود در خاک را می‌گیرد و آن‌ها را به لایه‌های عمیق‌تر خاک انتقال می‌دهد (شکل ۳). اثربخشی آبشویی مشروط به این است که محدودیت زهکشی (طبیعی یا مصنوعی) وجود نداشته باشد. به عبارتی خاک از نظر نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در دامنه مناسب باشد و لایه محدودکننده مانند سخت کفه و لایه تجمع رس و غیره وجود نداشته باشد. آب اضافی موردنیاز برای آبشویی باید از ناحیه توسعه ریشه خارج شود. در غیر این صورت، نمک‌ها با صعود موئینگی آب مجدداً به ناحیه توسعه ریشه باز می‌گردند (شکل ۴)؛ بنابراین، اصلاح خاک‌های شور اساساً شامل آبشویی و زهکشی زیرسطحی است.





سدیم جایگزین شده توسط آب آبخویی از ناحیه ریشه خارج می‌شود. به‌طور کلی، اصلاح‌کننده‌های سدیم خاک به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف) تأمین‌کننده مستقیم کلسیم: این مواد حاوی مقادیر متفاوتی کلسیم بوده و کلسیم آزاد شده از این مواد جایگزین سدیم خاک می‌گردد. از منابع تأمین‌کننده مستقیم کلسیم می‌توان گچ، نیترات کلسیم، تیوسولفات کلسیم و غیره را نام برد. گچ ارزان‌ترین منبع کلسیم محلول برای اصلاح خاک‌های سدیمی می‌باشد.

ب) تأمین‌کننده کلسیم به‌طور غیرمستقیم: این مواد با آهک موجود در خاک واکنش داشته و سپس، کلسیم را آزاد می‌کنند؛ لذا، وجود آهک در خاک برای انجام این واکنش و کارایی این نوع از مواد اصلاح‌کننده، الزامی است. در خاک‌های آهکی (خاک‌هایی که بیش از ۱۵ درصد وزنی کربنات کلسیم دارند)، ممکن است به‌طور غیرمستقیم برای تأمین کلسیم، اسیدسولفوریک و گوگرد و غیره اضافه شود.



زمان و نحوه اعمال مواد اصلاح‌کننده در باغات پسته

مصرف گچ و سایر مواد اصلاح‌کننده نیز همانند دیگر عملیات اصلاحی بهتر است در دوره خواب گیاه و در طول دو فصل پاییز و زمستان انجام شود. البته در صورت فراهم بودن شرایط و وجود آب به مقدار کافی، می‌توان در هر فصلی از سال، گچ را به خاک اضافه کرد. در ارتباط با زمان استفاده از سایر مواد اصلاح‌کننده بایستی شرایط موجود، اثرات آن ماده بر رشد گیاه و همچنین اثر بر تعادل تغذیه‌ای را مدنظر قرار داد.

برای اعمال مواد اصلاح‌کننده بر اساس شیوه آبخویی و نوع ماده اصلاح‌کننده، روش‌های متفاوتی وجود دارد. برای موادی مانند گچ پودری پخش آن در سطح خاک ردیف درختان و یا اختلاط با لایه بالایی سطح خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در صورت استفاده از گچ میکرونیزه شده که به‌صورت سوپانسیون یا تعلیق می‌باشد، می‌توان آن را با استفاده از بشکه شیردار یا با سیستم تزریق کود در باغ اعمال نمود. گچ میکرونیزه به علت اندازه ذرات کوچک‌تر (در حدود ۵ میکرون) اثربخشی بیشتری به علت واکنش شیمیایی سریع‌تر خواهند داشت. در شیوه آبخویی غرقاب، سایر مواد مانند اسیدسولفوریک، نیترات کلسیم و غیره نیز می‌توان با استفاده از بشکه شیردار در ابتدای ورودی آب به‌ردیف کشت درختان اعمال نمود (شکل ۷). در صورت استفاده از شیوه آبخشان (آپاش) می‌توان موادی مانند اسیدسولفوریک و سایر اصلاح‌گرها را در سیستم آبیاری تزریق نمود (شکل ۷).



برای آبخویی خاک می‌توان از شیوه‌های غرقابی و سیستم آبخشان (آپاش) استفاده کرد (شکل ۵ و ۶). از مزایای سیستم آبخشان، یکنواختی در آبخویی خاک اطراف درختان و افزایش کارایی آبخویی (زیرا آبخویی در حالت غیراشباع روی می‌دهد)، مدیریت آسان آبخویی و همچنین کاهش مقدار آب مورد استفاده را می‌توان نام برد.



شکل ۵- آبخویی ردیف درختان با استفاده از سیستم غرقاب



شکل ۶- آبخویی ردیف درختان با استفاده از سیستم آبخشان (آپاش)



اصلاح خاک‌های شور و سدیمی

اصلاح خاک‌های سدیمی به معنی کاهش میزان سدیم موجود در خاک است. این کار در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله نخست، مواد شیمیایی (مانند گچ) که سرشار از کلسیم هستند، وارد خاک می‌گردند و کلسیم جایگزین سدیم موجود در خاک می‌شود. سپس



شکل ۷- اعمال مواد اصلاح کننده با استفاده از ظرف شیردار (سمت راست) و تزریق در سیستم آبیاری (سمت چپ)



اصلاح خاک‌های شور و سدیمی در باغات پسته شقایق دشت- مرتاضیه

پژوهش حاضر در باغات شقایق دشت منطقه مرتاضیه استان یزد انجام گرفت. هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری در این باغ حدود ۱۶ دسی زیمنس بر متر (۱۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر) بود. در اولین گام در جهت اصلاح خاک، ارزیابی ویژگی‌های خاک از جمله میزان هدایت الکتریکی (EC) و میزان سدیم (SAR) و سایر املاح با نمونه‌برداری و احداث پروفیل خاک (خاک‌رخ) انجام گرفت (شکل ۸). همچنین شرایط نفوذپذیری خاک نیز مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۹). از نظر کلاس بندی شور و سدیمی بودن، خاک این باغ در لایه اول (صفر تا ۳۰ سانتی متری) شوری بسیار زیاد و سدیمی شدید بود و در لایه‌های دوم تا چهارم (۳۰ تا ۱۲۰ سانتی متری) دارای کلاس شوری متوسط و سدیمی بود. برای توزیع یکنواخت آب در سطح موردنظر، پیش از اصلاح اقدام

شکل ۸- نمونه برداری از اعماق مختلف همراه با ثبت موقعیت جغرافیایی هر نقطه



شکل ۹- اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک به روش حلقه‌های مضاعف (Double ring infiltrometer)





به تسطیح اراضی ردیف درختان در مکان‌های موردنیاز، گردید. با استفاده از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نیاز گچی با استفاده از معادله زیر تعیین و مقدار مواد اصلاحگر موردنیاز جهت اصلاح خاک مشخص گردید.

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

در این رابطه، GR: نیاز گچی (کیلوگرم در هکتار)، ESP_i : درصد سدیم تبادلی اولیه خاک، ESP_f : درصد سدیم تبادلی مورد نظر بعد از اصلاح، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (میلی‌اکی‌والان در صد گرم خاک) a : سطح (هکتار)، d : عمق خاک مورد نظر برای اصلاح (متر)، ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، b : درصد خلوص گچ مورد استفاده می‌باشند. مقدار سایر مواد اصلاحی بر اساس مقدار معادل با گچ که در جدول ۲ آورده شده است، استفاده گردید. در این پژوهش بر اساس محاسبات، مقدار نیاز گچی ۲۲/۵ تن در هکتار گچ خالص محاسبه گردید که با توجه به خلوص گچ پودری (۹۰ درصد) در دسترس، مقدار گچ اعمال شده برابر ۲۵ تن در هکتار بود. همچنین با توجه آزمایشات پیشین، مقدار گچ مایع به نسبت ۱ به ۲۵ از گچ پودری استفاده گردید.

جدول ۲- مقدار معادل اصلاح‌کننده‌ها نسبت به گچ خالص

ماده اصلاح‌کننده	مقدار معادل اصلاح‌کننده بایک تن گچ خالص
گچ	۱
اسیدسولفوریک	۰/۵۷
گوگرد	۰/۱۹
آهک+گوگرد (۲۳/۳ درصد سولفور)	۰/۸۲
نیتروسول (۲۰ درصد نیتروژن، ۴۰ درصد سولفور)	۰/۲۲
ان-فوریک (۱۰ درصد نیتروژن، ۱۸ درصد سولفور)	۰/۶۳
کلرید کلسیم	۰/۸۶
نیترات کلسیم	۱/۰۶
سولفات آهن	۱/۶۲

نکته: استفاده از موادی مانند کلرید کلسیم در شرایطی که آبروخاک منطقه مورد اصلاح دارای یون کلرور بالا باشد توصیه نمی‌گردد. برای استفاده از سایر مواد نیز بایستی به شرایط خاک و آب و سایر پارامترهای محیطی و مدیریتی توجه نمود.

تیمارهای آزمایش شامل آب آبیاری فاقد مواد اصلاح‌گر، گچ پودری، اسیدسولفوریک، گچ مایع در هر دو شیوه غرقاب و آبفشان (آپپاش) بود. پس از تعیین مقدار موردنیاز از مواد اصلاح‌کننده، آبشویی با استفاده از آب آبیاری بدون مواد اصلاح‌کننده (تیمار شاهد) و آب آبیاری حاوی مواد اصلاح‌کننده با شیوه غرقاب و آبپاش انجام گردید. گچ پودری در هر دو شیوه غرقاب و آبپاش به مقدار معین (۲۵ تن در هکتار گچ خالص) به صورت یکنواخت در سطح مزرعه پخش شده (شکل ۱۰) و برای تیمارهای دیگر (اسیدسولفوریک، گچ مایع)، انحلال مواد اصلاحی با آب آبیاری در شیوه غرقاب با استفاده از بشکه دارای شیر در جوی آب حدود ۵ متر مانده به ورودی ردیف انجام گردید (شکل ۷). در شیوه آبپاش اسید با استفاده از پمپ مخصوص بعد از سیستم اختلاط کود باغ در لوله اصلی انتقالی تزریق گردید (شکل ۷). گچ مایع در روش آبپاش با استفاده از سیستم مشابه کودآبیاری به آبپاش‌ها انتقال یافتند.



شکل ۱۰- پخش گچ پودری در سطح خاک در ردیف درختان

عملیات آبشویی و اصلاح در فصول پاییز و زمستان انجام یافت، زیرا بهترین زمان برای آبشویی درختان پسته در فصل پاییز و زمستان می‌باشد که درختان در حالت خواب هستند و همچنین به علت عدم نیاز درختان به آبیاری، حجم آب مناسب جهت آبشویی در اختیار است. برای تعیین مقدار عمق آب موردنیاز جهت آبشویی نیز گنجایش رطوبتی خاک تا عمق موردنظر مورد محاسبه قرار گرفت تجربیات نشان داده که در صورت فراهم بودن حجم آب کافی،





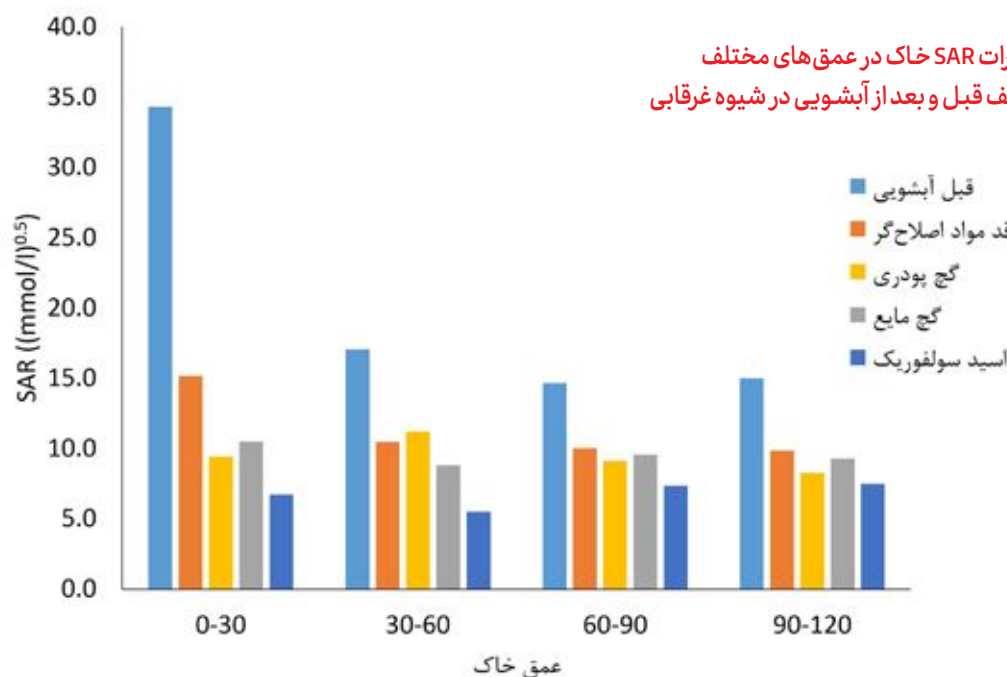
موجب سدیمی شدن خاک و اثرات نامطلوب‌تر خواهد شد. شایان ذکر است در صورتی که نیاز به استفاده از مواد اصلاح‌گر نباشد، افزودن این مواد نیز می‌تواند موجب افزایش شوری خاک گردد. نتایج استفاده از مواد اصلاح‌گر نشان داد که این مواد نسبت به تیمار شاهد (فاقد مواد اصلاح‌گر)، موجب کاهش مقدار قابل توجه نسبت جذب سدیم خاک گردید. به طوری که در آزمایش صورت گرفته مقدار نسبت جذب سدیم از مقادیر میانگین $35 (mmol/l)^{0.5}$ در عمق صفر تا 30 سانتی متری به مقدار $10, 10, 15$ و $7 (mmol/l)^{0.5}$ به ترتیب در تیمارهای شاهد، گچ پودری، گچ مایع و اسید سولفوریک در شیوه غرقاب و به نسبت جذب سدیم برابر $16/5, 13, 11/5$ و $12/5 (mmol/l)^{0.5}$ به ترتیب در تیمارهای شاهد، گچ پودری، گچ مایع و اسید سولفوریک در شیوه آبفشان (آبپاش) رسید. همچنین با توجه به اینکه مقدار آب آبخویی همراه با اصلاح خاک نیز به درستی از طریق گنجایش رطوبتی خاک بعلاوه مقدار مورد نیاز برای آبخویی تعیین شده بود، تجمع این املاح در لایه‌های بعدی (30 تا 60 ، 60 تا 90 و 90 تا 120 سانتی متری) نیز مشاهده نشد، به عبارتی املاح انتقال یافته از پروفیل خاک خارج شده بودند. به عنوان نمونه منحنی مربوط به تیمارهای مختلف قبل و پس از اصلاح در دو شیوه آبخویی غرقابی و آبفشان در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ آورده شده است.

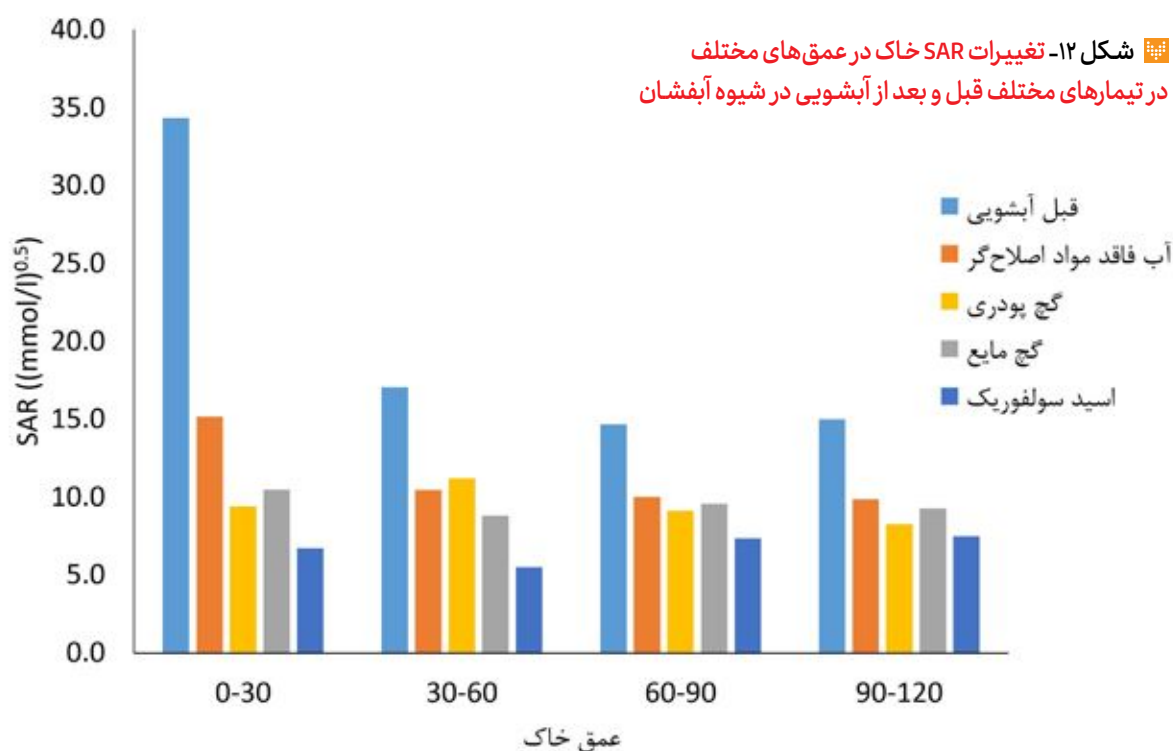
آبخویی در چند مرحله مؤثرتر از یک مرحله خواهد بود، بنابراین در این پژوهش عملیات آبخویی و اصلاح خاک در دو مرحله صورت گرفت. بدین صورت که آبخویی اول همراه با مواد اصلاح‌گر و آبخویی دوم تنها با اعمال آب آبخویی بدون استفاده از مواد اصلاح‌گر صورت گرفت. باتوجه به آزمایش‌های اولیه صورت گرفته در این پژوهش و باتوجه به بافت و نفوذپذیری خاک، بهترین فاصله زمانی بین دو مرحله آبخویی در شیوه غرقابی ۶ ساعت بود، یعنی آبخویی دوم پس از ۶ ساعت از آبخویی اول انجام شد. آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش و کاهش این فاصله زمانی کارایی و اثربخشی آبخویی کاهش یافت. حجم آب استفاده شده برای آبخویی در تیمارها حدود 2600 مترمکعب در هکتار بود.

اثر مواد اصلاح‌کننده بر میزان شوری (هدایت الکتریکی، EC) و نسبت جذب سدیم خاک (SAR)

نتایج نشان‌دهنده این بود که برای اصلاح خاک تنها از جنبه شوری خاک آبخویی به تنهایی کافی خواهد بود، ولی باتوجه به اینکه خاک‌های منطقه مورد مطالعه علاوه بر شوری مشکل سدیم یا نسبت جذب سدیم (SAR) و یا نسبت سدیم تبادلی (ESP) بالا نیز دارند، بنابراین اصلاح شوری خاک به تنهایی،

شکل ۱۱- تغییرات SAR خاک در عمق‌های مختلف در تیمارهای مختلف قبل و بعد از آبخویی در شیوه غرقابی





اثر مواد اصلاح‌کننده بر نفوذپذیری خاک

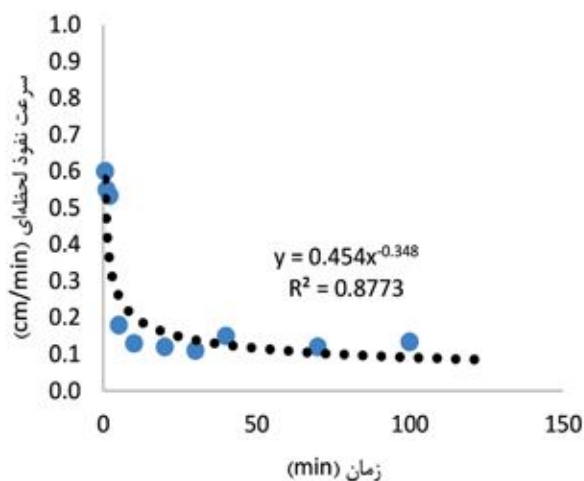
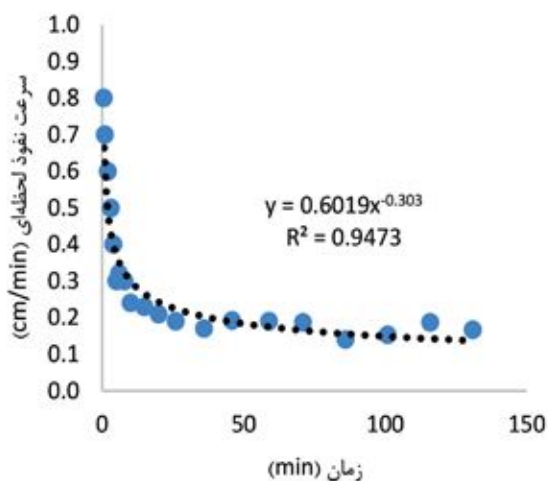
نتایج اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف بر سرعت نفوذ آب در خاک، هشت ماه بعد از اعمال تیمارها نشان داد که طبق کلاس‌بندی نفوذ آب در خاک، قابلیت نفوذ خاک غالباً در دامنه متوسط سریع است. کمترین مقدار سرعت نفوذ پایه مربوط به تیمار آیشویی با آب آبیاری بدون مواد اصلاح‌گر بود. در سایر تیمارها با توجه به اثر اصلاح‌گری آن‌ها میزان سرعت نفوذ نهایی یا پایه بیشتر از تیمار فاقد مواد اصلاح‌گر بود. به عنوان نمونه منحنی سرعت نفوذ در تیمار فاقد مواد اصلاح‌کننده (شاهد) و تیمار گچ مایع در شکل ۱۳ آورده شده است. هرچه سرعت نفوذ نهایی یا پایه بیشتر باشد نشان‌دهنده هدایت هیدرولیکی بالاتر لایه خاک یا به عبارتی افزایش قابلیت انتقال آب و در نتیجه زهکشی مناسب خاک خواهد بود. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود سرعت نفوذ نهایی در خاک تیمار شده با اصلاح‌گر گچ مایع حدود ۲ برابر بیشتر از تیمار شاهد فاقد مواد اصلاح‌گر بود.

اثر اصلاح خاک بر رشد جوانه و عملکرد

نتایج این تحقیق نشان داد که با اصلاح خاک به شیوه مناسب (حجم آب کافی و مقدار مواد اصلاح‌گر متناسب با نیاز گچی)، طول و قطر جوانه‌های ایجاد شده و همچنین عملکرد خشک تولیدی افزایش قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد (آیشویی فاقد مواد اصلاح‌گر) داشت. بغض‌نوی که افزایش حدود ۷۵ درصدی در طول جوانه و افزایش ۱۷ درصدی در قطر جوانه ایجاد شده مشاهده شد. همچنین بر اساس نتایج، عملکرد خشک تولیدی در تیمارهای اصلاح‌گر به صورت میانگین افزایش ۴۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اقدامات پیش از اصلاح خاک از جمله نمونه‌برداری دقیق از خاک و آب، تعیین نیاز گچی و همچنین اقداماتی مانند تسطیح اراضی، اثر قابل توجهی در موفقیت اصلاح



شکل ۱۳- منحنی سرعت نفوذ خاک در تیمار فاقد مواد اصلاح‌گر (سمت راست) و تیمار گچ مایع (سمت چپ)

میانگین کاهش ۳۱ درصدی EC در آبخوبی غرقاب و ۳۳ درصدی EC در آبخوبی آبفشان) گردید. اعمال اصلاح‌کننده‌ها نیز موجب کاهش قابل توجه نسبت جذب سدیم خاک گردید، به‌طوری‌که تیمار گچ پودری، گچ مایع و اسیدسولفوریک به ترتیب موجب کاهش ۴۷، ۴۸ و ۶۲ درصدی SAR در شیوه آبخوبی غرقاب و کاهش ۴۶، ۴۶ و ۴۸ درصدی SAR در شیوه آبخوبی آبپاش (آبفشان) گردید. این نتایج بیانگر آن است که آبخوبی آبفشان نیز می‌تواند به‌اندازه آبخوبی غرقاب در انتقال املاح به خارج از پروفیل خاک اثربخش باشد. همچنین نتایج نشان داد که با آبخوبی و اصلاح صحیح می‌توان افزایش قابل توجهی در میزان عملکرد تولیدی سال بعد و خصوصیات مثل طول و قطر جوانه سال جاری داشت. باتوجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود که کشاورزان در تعیین مقدار ماده اصلاح‌کننده حتماً به اندازه‌گیری ویژگی‌های اولیه خاک توجه کافی داشته باشند. همچنین در تعیین نوع ماده اصلاح‌کننده نیز علاوه بر کارایی و اثربخشی آن، برخی مسائل از جمله در دسترس بودن، خطرات زیست‌محیطی و سلامتی، کاربرد و فراهمی تجهیزات و شیوه اعمال مواد اصلاح‌گر نیز بسیار اهمیت دارد.



و آبخوبی باغات پسته خواهد داشت. همچنین برای آبخوبی موفق تعیین میزان آب لازم جهت آبخوبی در عمق مشخص بر اساس گنجایش رطوبتی بعلاوه مقدار نیاز آبخوبی در اصلاح خاک بسیار مؤثر واقع خواهد شد. نتایج نشان داد که آبخوبی موجب کاهش میزان شوری (یا EC) خاک (به‌طور

