



کشاورزی در شرایط شور

راهنمای تصویری ویژه زارعین، باغداران و مروجان کشاورزی

راهنمای شماره ۱۲: اصلاح و مدیریت خاک‌های مبتلا به شوری: اصلاح‌کننده‌های سدیم خاک

- انواع اصلاح‌کننده‌ها
- محاسبه مقدار مورد نیاز اصلاح‌کننده‌ها
- نحوه مصرف و کاربرد اصلاح‌کننده‌ها
- اصلاح آب‌های مبتلا به سدیم و بی‌کربنات
- ملاحظات ایمنی در مصرف اصلاح‌کننده‌ها

تهیه‌کننده: دکتر فرهاد خورسندی و دکتر یوسف هاشمی‌نژاد

نشر، انتشار و استفاده از این مطالب برای بهره‌برداران کشاورزی آزاد و بلامانع است.

اصلاح‌کننده‌های سدیم خاک

خاک‌های مبتلا به شوری به سه دسته تقسیم شده‌اند: شور، شور-سدیمی و سدیمی (جدول ۱ و راهنمای شماره ۳). خاک‌های سدیمی و شور-سدیمی، هر دو دارای غلظت‌های بالای سدیم، و در نتیجه، ESP و SAR بالایی هستند. شوری (EC_e) خاک‌های سدیمی پایین است. ولیکن، به دلیل تخریب ساختمان خاک (پراکندگی و از هم جدا شدن ذرات خاک)، نفوذپذیری خاک به شدت کاهش می‌یابد، که این مشکل اصلاح خاک‌های سدیمی را بسیار دشوار و طولانی مدت می‌کند. مسئله بسیار مهم این است که برای اصلاح خاک‌های سدیمی و شور-سدیمی، ضروری و اجباری است که در ابتدا ESP خاک کاهش یابد. برای انجام این کار از انواع مختلف مواد شیمیایی به عنوان اصلاح‌کننده سدیم خاک استفاده می‌شود. هدف از استفاده از این اصلاح‌کننده‌ها، که به طور مستقیم یا غیرمستقیم کلسیم تبادلی خاک را افزایش می‌دهند، تبادل سدیم با کلسیم در خاک است تا ESP خاک کاهش یابد. فقط بعد از کاهش خاک و تبدیل شدن آن خاک‌ها به خاک شور است که می‌توان از طریق آبخوبی نمک‌ها با آب غیرشور، برای مرحله نهایی برنامه اصلاح خاک شور اقدام کرد. در غیر اینصورت، آبخوبی با آب‌های شیرین و غیرشور، موجب می‌شود تا وضعیت شیمیایی و فیزیکی خاک بهم خورده و شرایط بدتر و سخت‌تر گردد (شکل). مواد اصلاح‌کننده سدیم خاک (مانند گچ و اسید سولفوریک) دو نقش اساسی در اصلاح خاک‌های مبتلا به سدیم ایفا می‌نمایند: (۱) کاهش و جلوگیری از پراکندگی و تورم رس‌ها (به عبارت دیگر هم‌آوری ذرات رس و پیشگیری از تخریب ساختمان خاک) و (۲) حفظ نفوذپذیری مناسب خاک سطحی. البته، تخریب ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری در خاک‌های شنی رخ نداده و مشکل‌ساز نیست.

جدول ۱- راهنمای طبقه‌بندی خاک‌های شور.

معیار	خاک غیرشور	خاک شور	خاک شور-سدیمی	خاک سدیمی
EC	< ۴	> ۴	> ۴	< ۴
SAR	< ۱۳	< ۱۳	> ۱۳	> ۱۳
ESP	< ۱۵	< ۱۵	> ۱۵	> ۱۵
pH	< ۸/۵	≤ ۸/۵	≤ ۸/۵	> ۸/۵ (۹-۱۰)

* مقدار SAR = ۱۳ تقریباً مطابق با ESP = ۱۵ است.

میزان گچ
(گرم در لیتر)

زمان (ساعت)



۲

۱

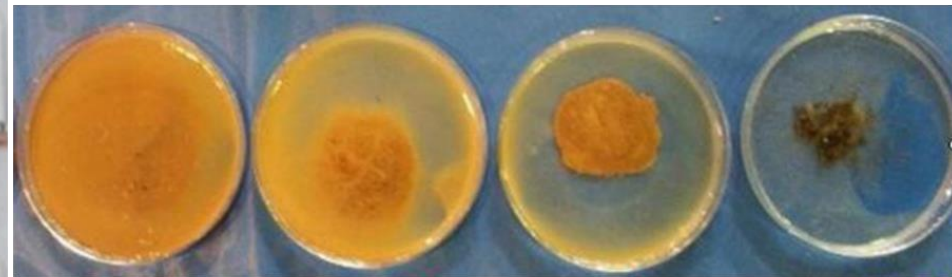
۰/۵

صفر

اثر مثبت گچ (به عنوان منبع کلسیم) بر افزایش و تسریع در هم‌آوری ذرات رس معلق در آب باران. هر چه کدورت کمتر (شفافیت بیشتر)، هم‌آوری ذرات رس بیشتر است.



پخشیدگی و تخریب خاک سدیمی در آب شیرین، و هم‌آوری ذرات خاک در حضور آهک به عنوان منبع کلسیم



زیاد	متوسط	کم	مناسب
> ۱۵	۱۰-۱۵	۶-۱۰	< ۶ = ESP

پراکندگی و تخریب خاک با افزایش سدیم خاک (افزایش ESP) در آب مقطر و یا آب باران



۱- انواع اصلاح کننده‌ها

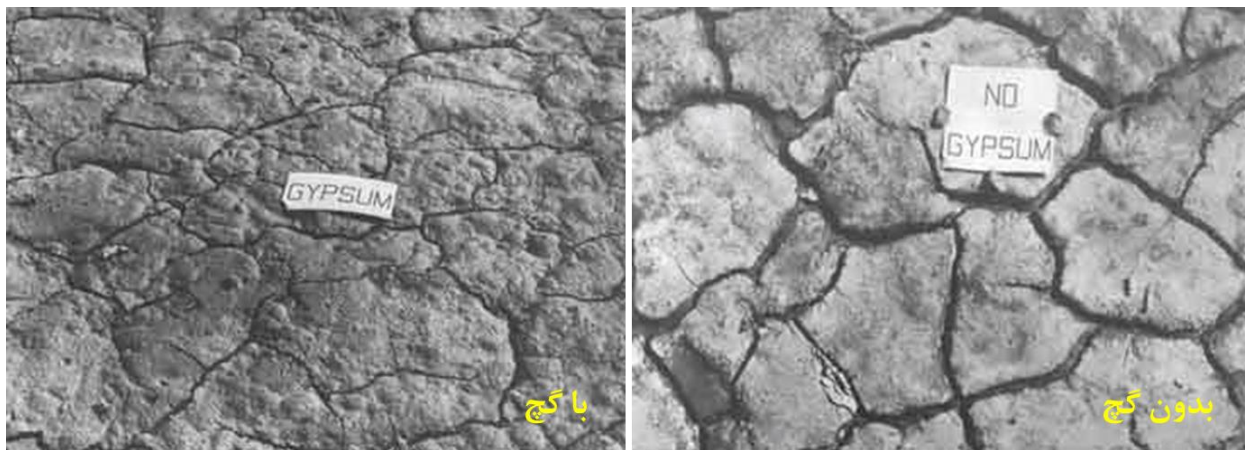
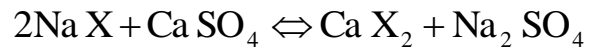
به طور کلی، اصلاح کننده‌های سدیم خاک به دو گروه تقسیم می‌شوند: (الف) تأمین کننده مستقیم کلسیم و (ب) تأمین کننده کلسیم به طور غیرمستقیم. نکته مهم این است که در خاک‌هایی که مشکل سدیم زیادی، تخریب ساختمان خاک و نفوذپذیری پایین ندارند، استفاده از اصلاح کننده‌ها (مانند گچ) تأثیری بر بهبود سرعت نفوذپذیری خاک ندارد.

❖ مواد تأمین کننده مستقیم کلسیم

۱- کلرید کلسیم و نیترات کلسیم: حلالیت این اصلاح کننده‌ها در آب بسیار بالا بوده و اثر اندکی بر پ هاش (pH) خاک دارند. ولیکن، این دو ماده به دو دلیل زیاد مورد استفاده قرار نگرفته و توصیه نمی‌شوند: گرانی و بالا بودن محتوای نمک آنها. استفاده از مقادیر کافی از این دو ماده معمولاً شوری خاک را به مقادیر غیرقابل قبولی افزایش خواهند داد.



۲- سنگ گچ: گچ به علت ارزان و غیرسمی بودن، رایج‌ترین ماده اصلاح‌کننده سدیم مورد استفاده است. طبق معادله زیر، گچ پس از واکنش با سدیم قابل تبادل خاک، سولفات سدیم تولید می‌کند که با آب شوری که SAR پایین دارد، آبشویی خواهد شد.



اثرات مثبت گچ بر هم‌آوری ذرات خاک و در نتیجه، بهبود ساختمان خاک مبتلا به سدیم



اثرات مثبت گچ بر بهبود عملکرد محصول و نفوذپذیری خاک پس از بارندگی در خاک مبتلا به سدیم

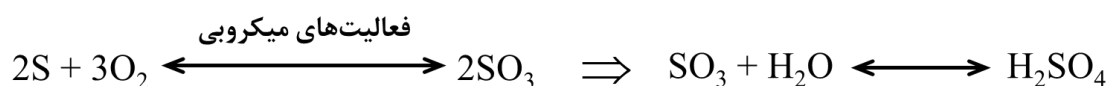
۳- سنگ آهک/دولومیت: سنگ آهک کربنات کلسیم بوده، و دولومیت مخلوطی از کربنات کلسیم و کربنات منیزیم است. در مواقعی که پ هاش (pH) خاک کمتر از ۷/۲ و آب آبیاری دارای بی کربنات کمی است، اصلاح کننده مناسبی خواهد بود، زیرا، در آب و خاک دارای پ هاش بیش از ۷/۲ بسیار کند حل می شود. یکی از خواص آهک این است که پ هاش خاک را افزایش می دهد. لذا، استفاده از آن در خاک هایی که دارای پ هاش بزرگتر از ۷/۲ هستند (مانند اکثر خاک های ایران)، توصیه نمی شود.



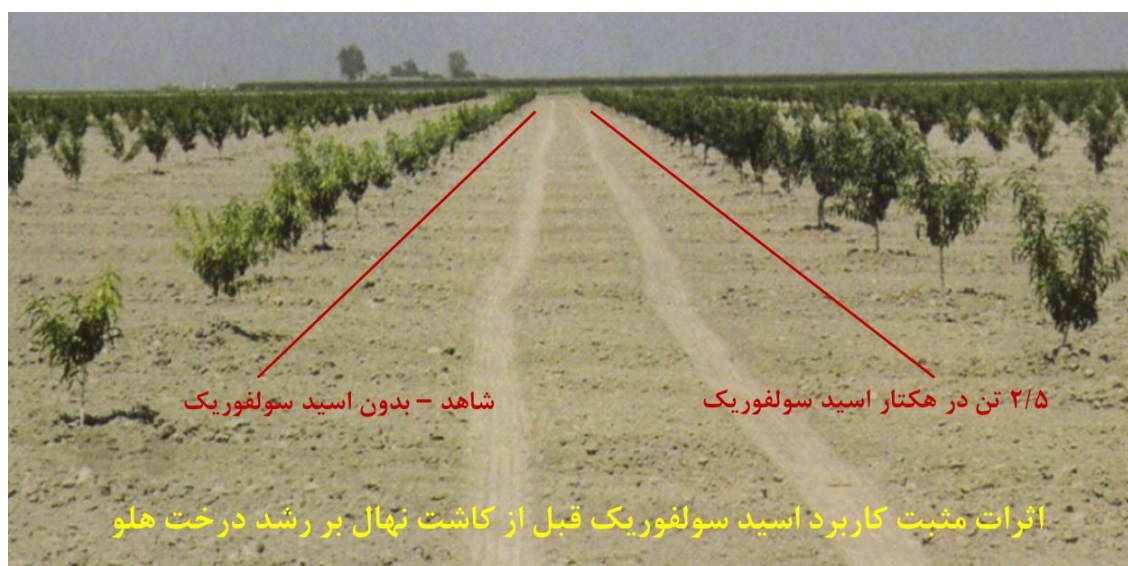
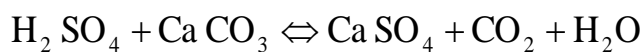
❖ مواد تأمین‌کننده کلسیم به طور غیرمستقیم

این مواد با آهک موجود در خاک واکنش داشته و سپس، کلسیم را تأمین می‌کنند. لذا، وجود آهک در خاک برای انجام این واکنش و کارایی این نوع از مواد اصلاح‌کننده، الزامی است. غالب خاک‌های ایران دارای مقادیر متغیری از آهک می‌باشند و از این بابت مشکلی ندارند. به این گروه از مواد اصلاح‌کننده سدیم خاک، مواد اصلاح‌کننده / اسیدزا نیز گفته می‌شود. به همین دلیل، از آنها برای کاهش پ هاش (pH) خاک‌هایی که قلیایی و دارای پ هاش بالا هستند نیز استفاده می‌گردد، هرچند که ممکن است خاک مشکل سدیم نیز نداشته باشد.

۱- گوگرد، آهک-گوگرد: انواع مختلف گوگرد در کشور تولید شده و در بازار فراهم است. درجه خلوص گوگردهای پالایشگاهی بین ۹۸-۹۹/۹۹ درصد و درجه خلوص گوگردهای معدنی که از کانسارها استخراج می‌شوند، بین ۴۰-۲۵ درصد متغیر هستند. برای آنکه گوگرد و مشتقات آن کارایی داشته باشند، ابتدا باید در معرض واکنش‌های میکروبی قرار گیرند، تا سرانجام در واکنش با آب، اسید سولفوریک تولید کند. لذا، سرعت عمل گوگرد در اصلاح خاک‌های مبتلا به سدیم، کندتر از اسید سولفوریک است.



۲- اسید سولفوریک: اسید سولفوریک و مشتقات آن سریع عمل می‌کنند، ولی احتیاط در جابجایی و کاربرد اسید بسیار ضروری است. درجه خلوص اسید سولفوریک در بازار معمولاً بین ۹۸-۳۸ درصد متغیر می‌باشد. اسید سولفوریک با آهک خاک (CaCO₃) واکنش داشته و گاز کربنیک (CO₂) و کربنات سدیم (CaSO₄) که همان گچ است را تولید می‌نماید. گچ حاصله نیز به عنوان منبع کلسیم برای تبادل سدیم خاک عمل خواهد کرد.



۳- اوره-اسید سولفوریک: آن دسته از مواد اصلاح کننده سدیم که حاوی نیتروژن هستند، به عنوان کود نیتروژنه نیز کاربرد دارند. به طور کلی پایه این مواد، ترکیب اوره با ترکیبات گوگردی و یا اسید سولفوریک است که کارخانه‌های مختلف با درصدهای مختلف نیتروژن تحت برندها و مارک‌های مختلف تولید می‌نمایند. برای مثال می‌توان به نیتروسول (Nitro-sul®) که حاوی ۲۰ درصد نیتروژن و ۴۰ درصد گوگرد است (20-0-0-40S) است، و ان-فوریک (N-Phuric®) که ترکیبی از اوره و اسید سولفوریک بوده و حاوی ۱۰-۲۸ درصد نیتروژن و ۹-۱۸ درصد گوگرد است، اشاره کرد. اوره-اسید سولفوریک کود مایعی اسیدی است که از ترکیب اوره و اسید سولفوریک به دست آمده است. نام عمومی آن سولفات مونوکاربامید دی‌هیدروژن و فرمول شیمیایی آن $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ است. استفاده از اوره-اسید سولفوریک تا حدی از مصرف اسید سولفوریک ایمنی بیشتری دارد و در سیستم‌های قطره‌ای، همزمان به عنوان کود و هم منبع اسید برای کاهش پ هاش و رفع گرفتگی سوراخ‌های قطره‌چکان‌ها قابل استفاده است.

قابل ذکر است که از مواد اسیدی مایع (مانند انواع اسیدها، اسید سولفوریک، اوره-اسید سولفوریک)، علاوه بر اصلاح خاک های مبتلا به سدیم، برای اصلاح آب‌های متبلا به بی‌کربنات زیادی و کاهش پ هاش (pH) آب‌های آبیاری نیز، به خصوص در گلخانه‌ها، استفاده می‌شود. در بخش‌های بعدی این نشریه، کاربرد اسید سولفوریک برای اصلاح بی‌کربنات زیادی و کاهش پ هاش بالای آب آبیاری، مورد بحث قرار گرفته و به طور مبسوط تشریح شده است.



کود مایع و اسیدی اوره-اسید سولفوریک که تحت برندها و بسته‌بندی‌های مختلف تولید می‌گردد، به عنوان اصلاح کننده سدیم نیز در خاک و یا آب آبیاری کاربرد دارد.

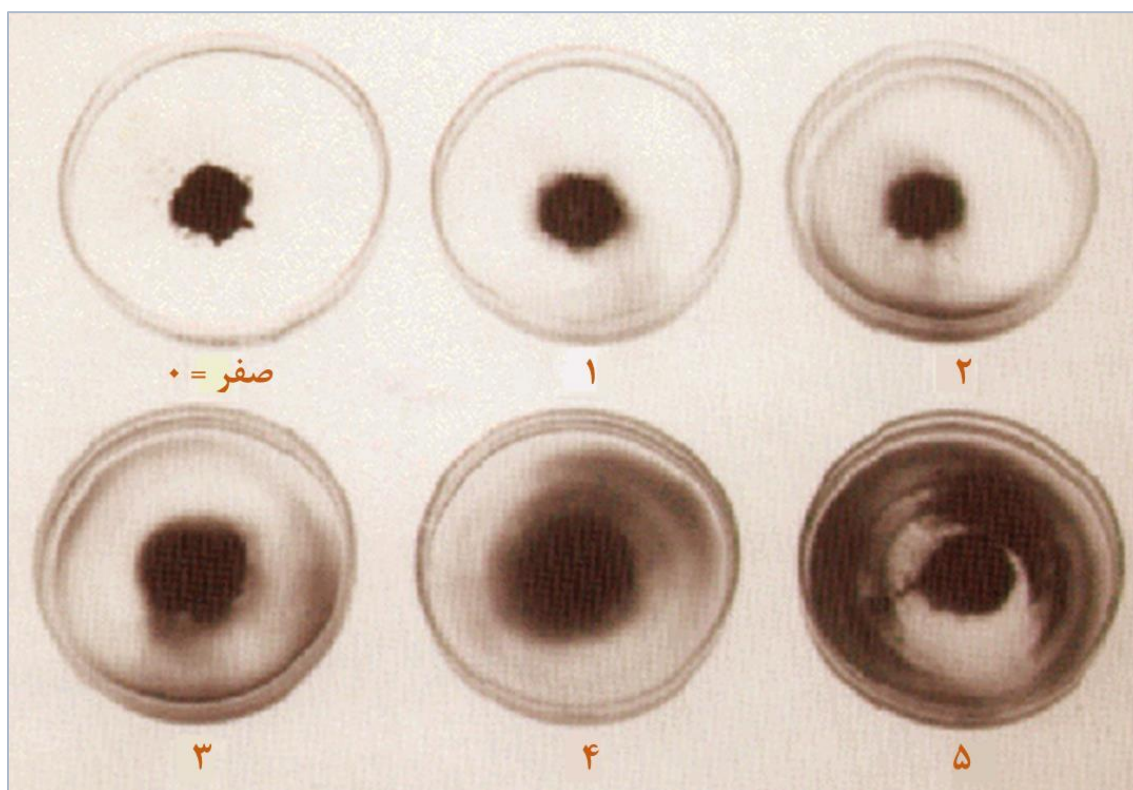
۲- محاسبه مقدار مورد نیاز اصلاح‌کننده‌ها

اولین قدم برای تعیین و محاسبه مقدار مورد نیاز اصلاح‌کننده‌های سدیم، آزمایش خاک برای تعیین وضعیت سدیم خاک مزرعه یا باغ (ESP یا SAR) توسط آزمایشگاه است، تا مشخص شود که آیا خاک مبتلا به سدیم است یا خیر؟ با اندازه‌گیری دقیق یکی از این دو فاکتور (ESP یا SAR) و استفاده از جدول ۱ وضعیت کلاس شوری خاک، و در نتیجه، نیاز به استفاده از اصلاح‌کننده سدیم خاک، مشخص خواهد شد. سپس با استفاده از راهنمایی‌های این نشریه، می‌توان نسبت به محاسبه مقادیر مورد نیاز اصلاح‌کننده‌های سدیم (مانند گچ، گوگرد و اسید سولفوریک) اقدام کرد.

در صورتی که دسترسی به آزمایشگاه برای کشاورز مقدور نباشد، کشاورز می‌تواند از روش کیفی موسوم به *آزمایش پراکندگی و تخریب خاکدانه‌های خاک* استفاده نماید. از مزایای این روش سرعت عمل، هزینه کمتر و امکان انجام آن در مزرعه است. ولیکن، مهمترین عیب این آزمایش، کیفی بودن آن است، بدین ترتیب که این روش، مقدار دقیق ESP خاک را مشخص نمی‌نماید. با انجام این آزمایش، کشاورز متوجه خواهد شد که آیا نیاز به گچ دارد یا خیر؟ ولیکن، نمی‌تواند از نتایج آن مقادیر مورد نیاز گچ را محاسبه نماید. لذا، اگر نتایج این آزمایش نشان داد که کشاورز به گچ نیاز دارد، آنگاه وی می‌تواند نمونه خاک مزرعه یا باغ را برای اندازه‌گیری دقیق ESP یا SAR به آزمایشگاه ببرد. با استفاده از نتایج آزمایشگاه و به کار بردن توصیه‌های این راهنما، کشاورزان مقادیر مورد نیاز اصلاح‌کننده‌های سدیم را می‌توانند محاسبه نمایند.

مراحل انجام *آزمایش پراکندگی و تخریب خاکدانه‌های خاک* به شرح زیر است.

- ۱- تهیه نمونه‌های خاک از عمق سطحی (۱۵-۰ سانتی‌متر) و عمق زیرسطحی (۲۰-۱۵ سانتی‌متر) مزرعه یا باغ: حتی الامکان نمونه خاک خشک باشد، در غیر اینصورت، نمونه‌ها در سایه خشک شوند. در صورت نیاز، از جاهای دیگر مزرعه یا باغ در عمق‌های فوق‌الذکر نیز نمونه‌برداری نمایید. در ضمن، حتماً برای هر نمونه، جهت دقت و اطمینان خاطر، ۲ تکرار در نظر بگیرید. نمونه‌ها را برچسب بزنید تا مکان، عمق و شماره تکرار آنها فراموش نشوند.
- ۲- نمونه‌های خاک خشک را با دست خرد و به قطعات (خاکدانه‌های) با قطر حدوداً ۵ میلی‌متر (۰/۵ سانتی‌متر) درآورید.
- ۳- به تعداد نمونه‌های خاک، ظروف یک اندازه و کوچک (مانند نعلبکی گود) تهیه کرده، و مقدار ۵۰ میلی‌لیتر (در حدود نصف استکان چایخوری) آب مقطر یا آب باران بریزید. از آب شهری یا چاه استفاده نکنید.
- ۴- در وسط هر ظرف، به آرامی یک عدد خاکدانه قرار دهید، و بدون تکان دادن آنها، ظروف را به مدت ۲۴ ساعت در جای مسطحی نگهداری کنید.
- ۵- پس از ۲۴ ساعت، وضعیت خاکدانه‌ها را مشاهده کرده و با استفاده از شکل ۱ و جدول ۲، وضعیت نیاز به گچ خاک مزرعه یا باغ را بررسی و تفسیر نمایید.



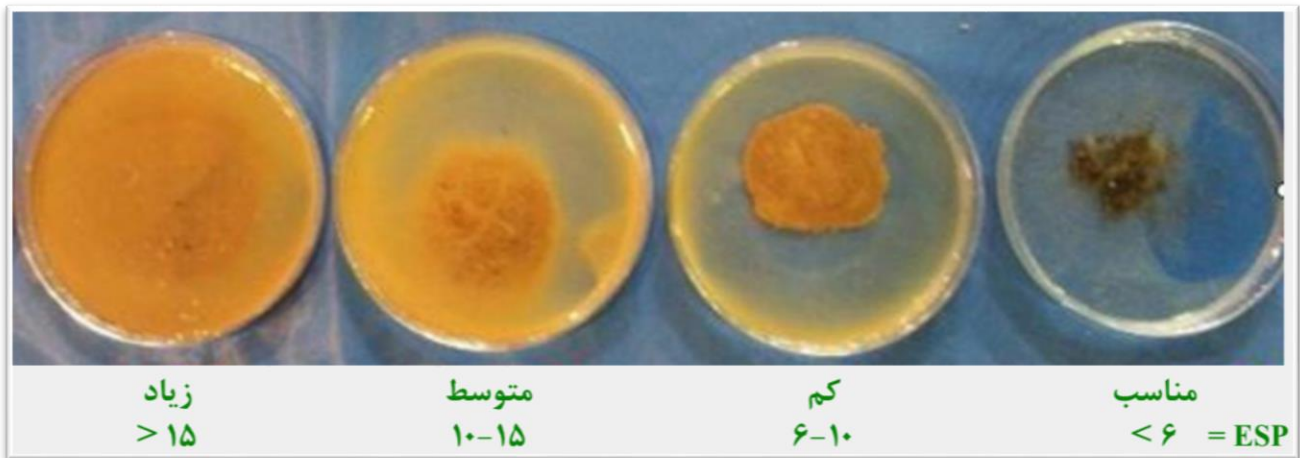
شکل ۱- راهنمای تصویری پراکندگی و تخریب خاکدانه خاک پس از ۲۴ ساعت.

جدول ۲- راهنمای تفسیر نتایج آزمایش پراکندگی و تخریب خاکدانه‌های خاک.

رتبه بندی	درصد پراکندگی	ثبات خاکدانه	واکنش خاک به مصرف گچ
۰	۰	بسیار خوب	بدون واکنش (نیاز ندارد)
۱	۲۰	خوب	خیلی کم
۲	۴۰	متوسط	کم
۳	۶۰	ضعیف	متوسط
۴	۸۰	بسیار ضعیف	زیاد
۵	۱۰۰	بی ثبات	بسیار زیاد

با استفاده از راهنمای تصویری زیر نیز، می‌توان تا حدودی وضعیت ESP خاک مورد آزمایش را تخمین زد. ولیکن، توصیه اکید و ضروری این است که اگر نتایج آزمایش فوق نشان داد که خاک مزرعه یا باغ نیاز به مواد اصلاح‌کننده دارد،

کشاورزان باید حتماً نمونه خاک را برای اندازه‌گیری دقیق ESP و در نتیجه، محاسبه مقادیر مورد نیاز گچ (یا دیگر اصلاح کننده‌ها) به آزمایشگاه معتبر ببرند.



راهنمای تصویری انجام آزمایش پراکندگی و تخریب خاکدانه‌های خاک (۱) تهیه نمونه خاک خشک، ظروف و برجسب‌گذاری، (۲) ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در هر ظرف، (۳) خرد کردن خاک به خاکدانه‌های ۵ میلی‌متری (۵/۰ سانتی‌متر) و (۴) قرار دادن یک خاکدانه در وسط ظرف به مدت ۲۴ ساعت.

رایج‌ترین و در دسترس‌ترین ماده اصلاح‌کننده سدیم در ایران و جهان، گچ است. مواد دیگر اصلاح‌کننده سدیم بر اساس معادل و هم‌ارز آن با گچ تعیین و محاسبه می‌شوند. بدین ترتیب که ابتدا مقدار گچ خالص مورد نیاز برای پایین آوردن سدیم بالای خاک (کاهش ESP خاک) محاسبه شده، و سپس با استفاده از جدول ۳ تناژ معادل ماده اصلاح‌کننده مورد نظر، تعیین می‌گردد.

جدول ۳- مقادیر اصلاح‌کننده‌های رایج برای تأمین کلسیم معادل با گچ (۱۰۰٪ خالص).

ماده اصلاح‌کننده	تناژ هم‌ارز اصلاح‌کننده‌ها با ۱ تن گچ ۱۰۰٪ خالص
گچ	۱
اسید سولفوریک	۰/۵۷
گوگرد	۰/۱۹
آهک-گوگرد (۲۳/۳٪ سولفور)	۰/۸۲
سولفات آهن	۱/۶۲
نیتروسول (۲۰٪ نیتروژن، ۴۰٪ سولفور)	۰/۲۲
ان-فوریک (۱۰٪ نیتروژن، ۱۸٪ سولفور)	۰/۶۳
کلرید کلسیم: $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۰/۸۶
نترات کلسیم: $(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۱/۰۶

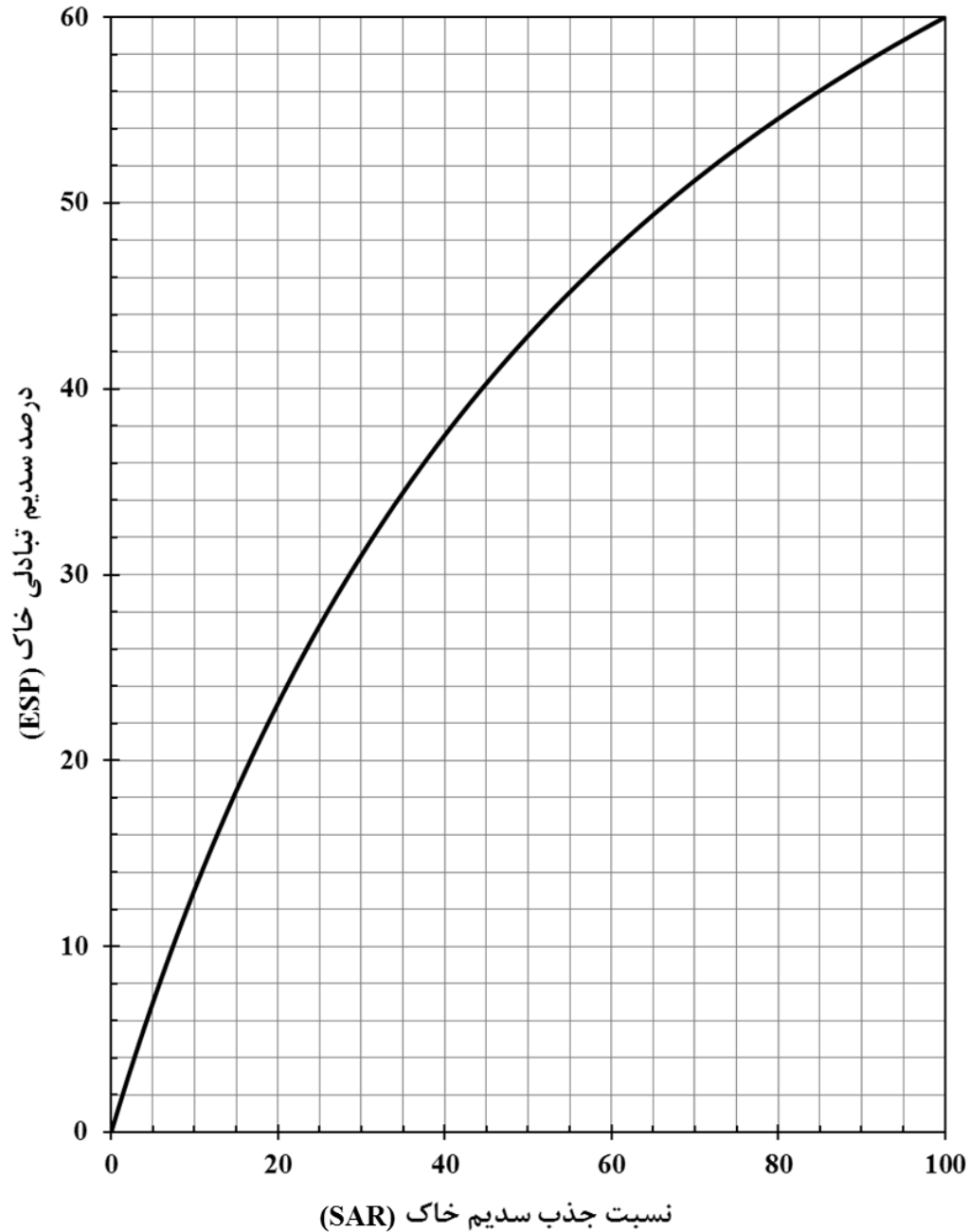
گچ مورد نیاز برای اصلاح خاک‌های سدیمی و شور-سدیمی را نیاز گچی (GR) می‌گویند. معمولاً نیاز گچی یا GR را برای عمق ۱۵-۲۰ یا ۲۰-۳۰ سانتی‌متر محاسبه می‌کنند، زیرا حلالیت آن نسبتاً کم است و در اوایل دوره رشد، ریشه گیاه در خاک سطحی متمرکز است، و در نتیجه، اصلاح اعماق زیرین خاک مقرون به صرفه نیست. همچنین، مخلوط کردن گچ یا هر ماده اصلاح‌کننده دیگر با اعماق زیرین بسیار دشوار و هزینه‌بر است. نتایج تحقیقات نشان داده است که اثرات مثبت گچ در اصلاح خاک‌های مبتلا به سدیم، و در نتیجه رشد و عملکرد گیاه، تا عمق ۲۰ سانتی‌متری بسیار مؤثر بوده و مخلوط کردن آن تا عمق ۳۰ سانتی‌متری اثرات مثبت چشمگیری، حتی نسبت به شاهد (بدون گچ)، نداشته است. معمولاً نیاز گچی (GR) با استفاده از معادله زیر برآورد می‌شود (بر حسب کیلوگرم گچ خالص در هکتار).

$$GR = (ESP_i - ESP_f) \times CEC \times D_s \times BD \times 0.186$$

$ESP = ESP_i$ اولیه خاک (%) $ESP = ESP_f$ نهایی خاک (%) $D_s =$ عمق خاک (cm)

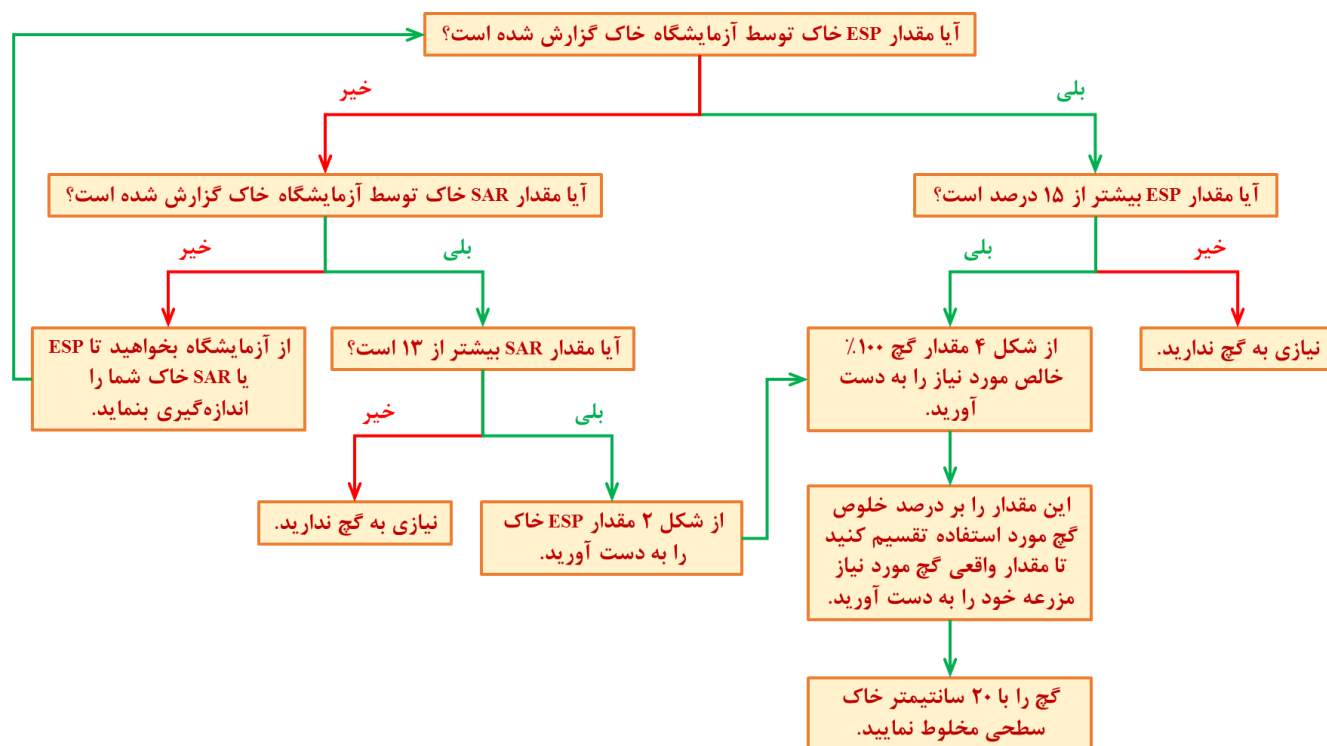
$CEC =$ ظرفیت تبادل کاتیونی (خاک 100 g / meq) $BD =$ وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)

در صورتیکه آزمایشگاه ESP خاک را اندازه‌گیری نکرده باشد، مقدار آن را از روی SAR خاک و با استفاده از شکل ۲ می‌توان برآورد نمود.



شکل ۲- برآورد ESP خاک با استفاده از مقدار SAR خاک.

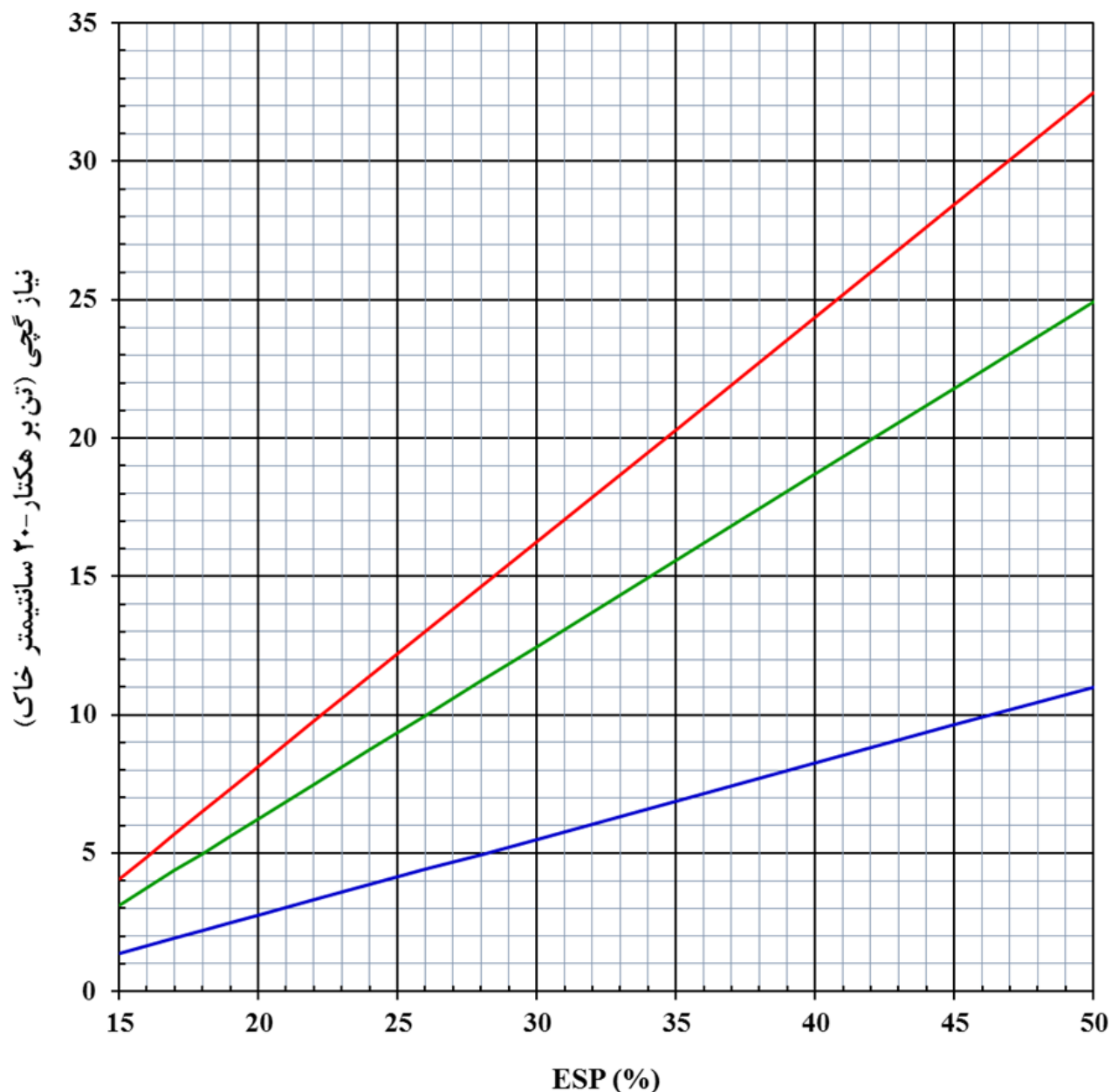
گچ کشاورزی ۱۰۰٪ خالص به ندرت در بازار وجود دارد. لذا، پس از برآورد نیاز گچی که بر اساس گچ ۱۰۰٪ خالص است، با تقسیم آن بر درجه خلوص گچ خریداری شده، مقدار واقعی گچ مورد نیاز برای مزرعه یا باغ به دست می‌آید. با استفاده از شکل‌های ۳ و ۴ به راحتی می‌توان مراحل محاسبه نیاز گچی را دنبال نموده و انجام داد (همچنین، مثال ۱).



شکل ۳- راهنمای محاسبه نیاز گچی (GR) برای خاک مزرعه و باغ.

قابل ذکر است که تمامی گچ اضافه شده به خاک، به خاطر دلایلی که در زیر آمده است، عمل نخواهد کرد، که به آن بازده کاربرد گچ (F) می‌گویند. بازده کاربرد گچ معمولاً بین ۴۰ تا ۷۰٪ (۰/۷ - ۰/۴) و به طور میانگین در حدود ۵۵٪ یا ۵۵٪ می‌باشد. کشاورزان برای حصول اطمینان از عملکرد گچ مصرفی در مزارع و باغات خود، می‌توانند مقدار واقعی نیاز گچی را که محاسبه کرده‌اند، بر میانگین بازده کاربرد گچ (۵۵٪) تقسیم کرده، تا مقدار کل مورد نیاز گچی (نیاز گچی نهایی) را به دست آورده و به خاک مزرعه اضافه نمایند. عوامل زیر بر بازده کاربرد گچ اثرگذار هستند.

- کلسیم موجود در گچ، علاوه بر سدیم، ممکن است منیزیم و پتاسیم را نیز جابجا کند. در نتیجه F کاهش می‌یابد.
- میزان یکنواختی توزیع در سطح مزرعه: هر چه میزان یکنواختی پخش گچ در مزرعه بیشتر، بازده کاربرد نیز بیشتر خواهد بود.
- اندازه ذرات گچ: اندازه درشت ذرات گچ، بازده کاربرد را کاهش خواهد داد.
- نوع نمک‌های محلول خاک: برای مثال، حلالیت گچ در جوار کلرید سدیم (NaCl) افزایش می‌یابد.



— خاک‌های سبک: شنی (Sandy)، شن لومی (Loamy sand) و لوم شنی (Sandy loam)
 — خاک‌های متوسط: لوم (Silt)، سیلت (Silt)، سیلت لوم (Silt loam)، لوم رسی سیلتی
 — لوم رسی (Clay loam) و لوم رسی شنی (Sandy clay loam)
 — خاک‌های سنگین: رس (Clay)، رس شنی (Sandy clay) و رس سیلتی (Silty clay)

شکل ۴- نیاز گچی (GR)، بر حسب تن در هکتار-۲۰ سانتی‌متر خاک سطحی گچ ۱۰۰٪ خالص) برای کاهش ESP خاک به ۱۰٪ برای بافت‌های مختلف خاک. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بافت‌های سبک، متوسط و سنگین، به ترتیب، ۱۰، ۲۵ و ۳۵ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم خاک (یا cmol/kg)، و وزن مخصوص ظاهری (BD) بافت‌های سبک، متوسط و سنگین، به ترتیب، ۱/۶، ۱/۴۵ و ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm³) و بازده کاربرد گچ ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است.

مواد دیگر اصلاح کننده سدیم بر اساس معادل و هم‌ارز آن با گچ تعیین و محاسبه می‌شوند. بدین ترتیب که ابتدا نیاز گچی بر اساس گچ ۱۰۰٪ خالص محاسبه شده، و سپس با استفاده از جدول ۳، تناژ معادل ماده اصلاح کننده مورد نظر تعیین می‌گردد. مقدار مورد نیاز سایر اصلاح کننده‌ها از معادله زیر به دست می‌آید:

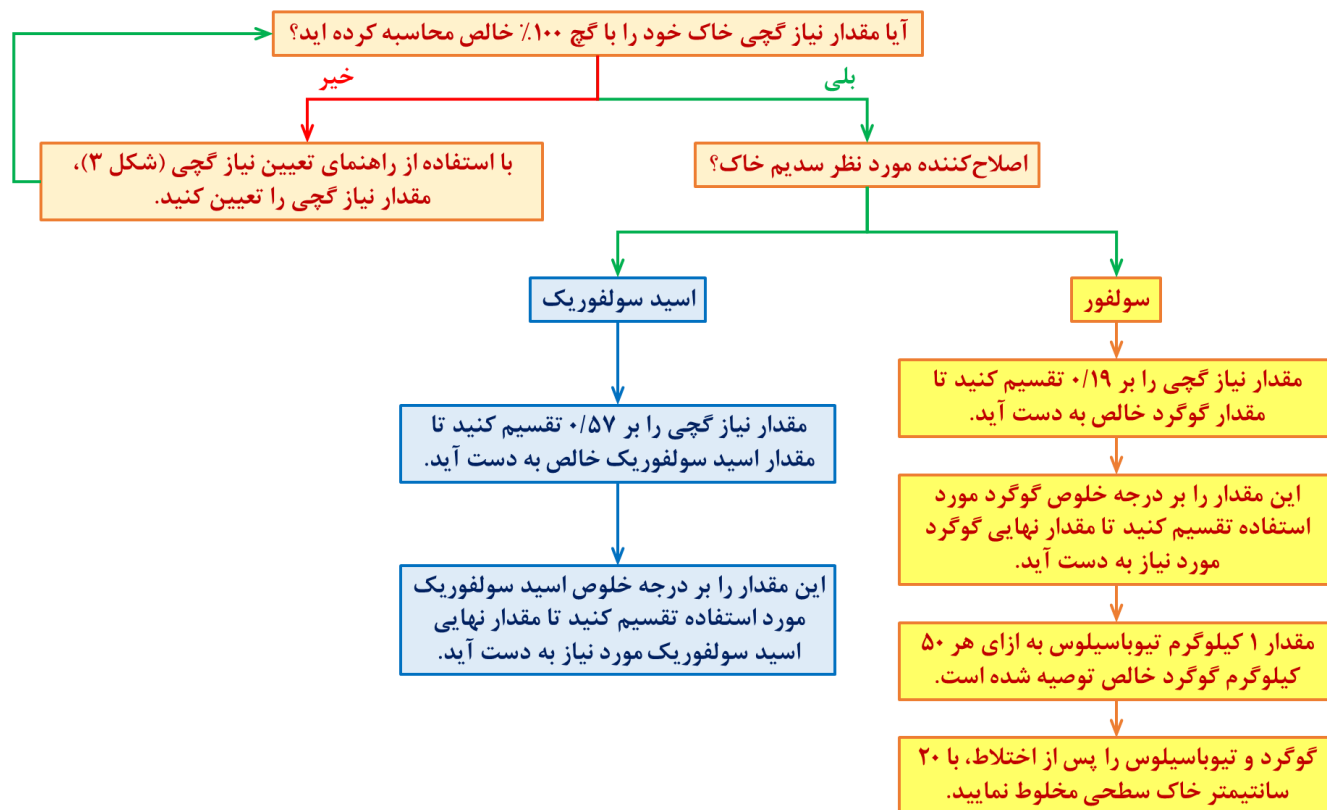
$$\text{مقدار ماده اصلاح کننده مورد نظر} = \frac{\text{درصد خلوص ماده اصلاح کننده} \times \text{ماده اصلاح کننده هم‌ارز}}{۱۰۰} \times \text{GR}$$

قابل ذکر است که مقدار مواد اصلاح کننده مایع، مانند اسید سولفوریک و اوره-اسید سولفوریک، را می‌توان هم بر حسب وزنی و هم بر حسب حجمی محاسبه کرد. برای تبدیل این مقادیر به یکدیگر، از وزن مخصوص (یا چگالی و دانسیته) آنها استفاده می‌شود. وزن مخصوص اوره-اسید سولفوریک معمولاً ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب (معادل ۱۵۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب) است. وزن مخصوص اسید سولفوریک بسته به درجه خلوص آن، در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- وزن مخصوص (چگالی) اسید سولفوریک با درجه خلوص مختلف.

چگالی یا وزن مخصوص اسید سولفوریک		غلظت اسید سولفوریک (%)
کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m ³)	گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm ³) یا کیلوگرم بر لیتر (kg/liter)	
۱۲۸۶	۱/۲۹	۳۸
۱۳۹۵	۱/۴۰	۵۰
۱۶۱۱	۱/۶۱	۷۰
۱۷۲۷	۱/۷۳	۸۰
۱۸۱۴	۱/۸۱	۹۰
۱۸۲۴	۱/۸۲	۹۲
۱۸۳۱	۱/۸۳	۹۴
۱۸۳۶	۱/۸۴	۹۶
۱۸۳۶	۱/۸۴	۹۸
۱۸۴۰	۱/۸۴	۱۰۰

با استفاده از شکل ۵ به راحتی می‌توان مراحل محاسبه مقادیر مورد نیاز گوگرد و اسید سولفوریک را دنبال نموده و انجام داد (همچنین، رجوع شود به مثال ۲).



شکل ۵- راهنمای محاسبه مقادیر مورد نیاز گوگرد و اسید سولفوریک برای خاک مزرعه و باغ

(برای مقدار تیوباسیلوس مورد نیاز به بروشور فروش شرکت فروشنده و برچسب آن توجه شود).

توصیه کاربردی و مهم: وقتی که کشاورزی برای اولین بار می‌خواهد از زمین شور بهره‌برداری نماید، به هیچ عنوان نباید صرفاً به این اکتفا نماید که زمین شور و آب شیرین است و لذا، مشابه مزارع و باغات همجوار، با آب شیرین می‌توانم زمین شور خود را احیا و زیر کشت ببرم. این کار یک ریسک بزرگ است. برای کشاورز در این شرایط واجب و ضروری است که اول نمونه‌های مناسب از خاک و آب زمین خود تهیه و آزمایشات کامل و لازم را انجام بدهد تا دقیقاً مشکلات زمین خود (خاک و آب آبیاری) را شناسایی کرده و پس از رفع آنها، اقدام به کشت و کار در زمین شور بنماید. با انجام این آزمایشات، کشاورز اول مشخص می‌نماید که خاک مزرعه شور، شور-سدیمی یا سدیمی است. پس از آن، با به کار بردن توصیه‌هایی که در این راهنما ارائه شده است، اقدامات لازم را بر اساس نوع مشکل شوری زمین انجام بدهد. در غیر اینصورت، ممکن است پس از صرف هزینه زیاد، متوجه شود که خاک مزرعه از قبل خراب‌تر و مشکل‌دارتر شده است. برای مثال، اگر خاک مزرعه شور-سدیمی باشد و با آب شیرین (بدون مواد اصلاح‌کننده سدیم) آبیاری شود، خاک نه تنها اصلاح نمی‌شود، بلکه تبدیل به خاک سدیمی خواهد شد و در نتیجه، وضعیت مزرعه از قبل بدتر می‌گردد.

❖ مثال ۱: محاسبه نیاز گچی

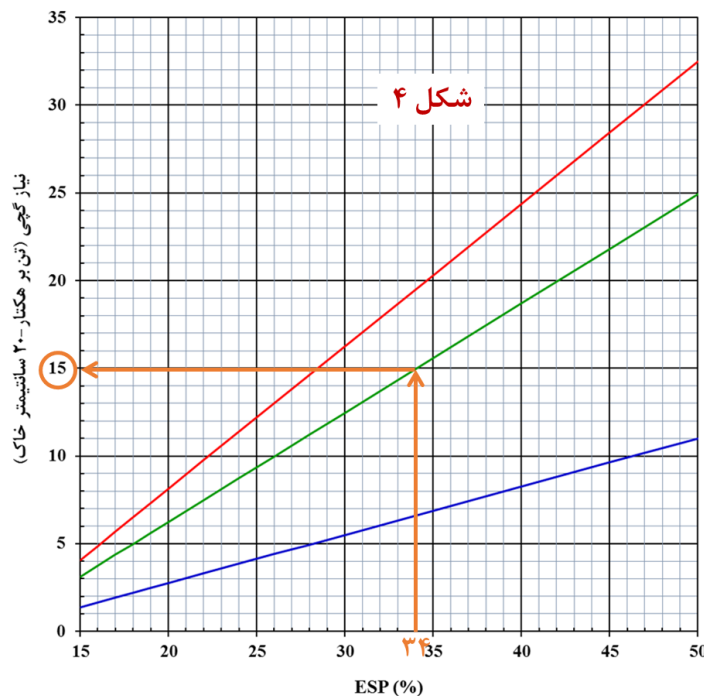
نسبت جذب سدیم (SAR) خاک یک مزرعه ۳۵ و بافت خاک آن لوم رسی (Clay loam) است. خلوص گچ خریداری شده ۸۵ درصد می‌باشد. چه مقدار گچ مورد نیاز است؟

- ۱- با دنبال نمودن مراحل شکل ۳ (راهنمای محاسبه نیاز گچی)، متوجه می‌شویم که ESP خاک اندازه‌گیری نشده است، ولیکن، مقدار SAR خاک اندازه‌گیری شده است.
- ۲- با استفاده از شکل ۲ و مقدار SAR که برابر ۳۵ است، مقدار ESP برابر ۳۴ درصد به دست می‌آید.
- ۳- مقدار ESP بزرگتر از ۱۵ درصد است. بنابراین، این خاک نیاز به گچ برای اصلاح سدیم و کاهش مقدار ESP دارد.
- ۴- با استفاده از شکل ۴، مقدار ESP که برابر ۳۴ درصد بوده و بافت خاک لوم رسی که بافت متوسط است، نیاز گچی (گچ ۱۰۰٪ خالص) برابر ۱۵ تن در هکتار-۲۰ سانتی‌متر خاک به دست می‌آید (شکل).
- ۵- درصد خلوص گچ خریداری شده ۰/۸۵ (برابر ۸۵ درصد) است. بنابراین:

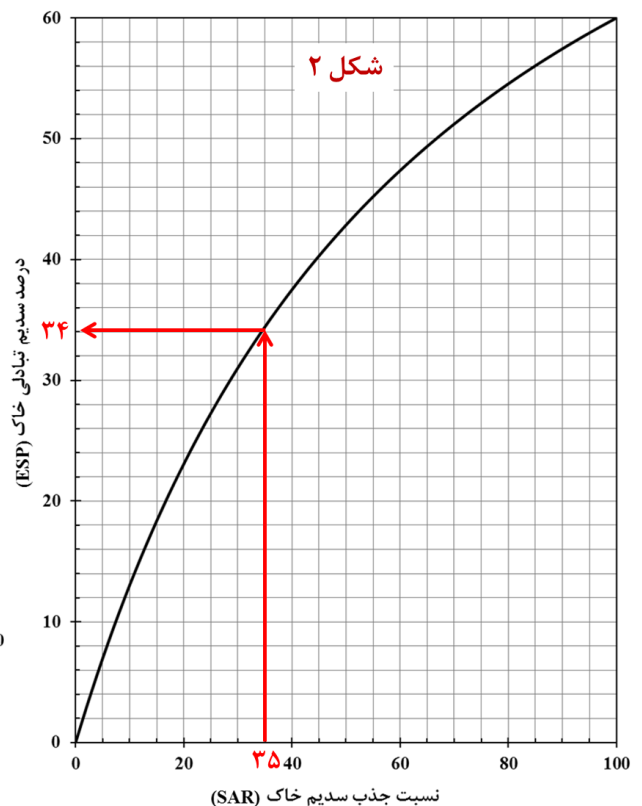
$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی‌متر خاک سطحی} = ۱۵ \div ۰/۸۵ = ۱۷/۶$$

- ۶- اگر میانگین بازده کاربرد گچ ۰/۵۵ (۵۵ درصد) در نظر گرفته شود، نیاز گچی نهایی برابر ۳۲ تن در هکتار-۲۰ سانتی‌متر خاک به دست می‌آید.

$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی‌متر خاک سطحی} = ۱۷/۶ \div ۰/۵۵ = ۳۲$$



— خاک‌های سبک: شنی (Sandy)، شن لومی (Loamy sand) و لوم شنی (Sandy loam)
 — خاک‌های متوسط: لوم (Silt)، سیلت (Silt)، سیلت لوم (Silt loam)، لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)، لوم رسی (Clay loam) و لوم رسی شنی (Sandy clay loam)
 — خاک‌های سنگین: رس (Clay)، رس شنی (Sandy clay) و رس سیلتی (Silty clay)



❖ مثال ۲: محاسبه مقادیر مورد نیاز گوگرد و اسید سولفوریک

در مثال قبلی، اگر به جای گچ از گوگرد گرانوله ۹۸ درصد، گوگرد معدنی ۷۳ درصد و اسید سولفوریک ۹۰ درصد استفاده شود، چه مقدار از این مواد اصلاح کننده مورد نیاز است؟

- ۱- با دنبال نمودن مراحل شکل ۵ (راهنمای محاسبه مقادیر مورد نیاز گوگرد و اسید سولفوریک)، متوجه می شویم که نیاز گچی (گچ ۱۰۰٪ خالص) محاسبه شده است (مثال ۱) و برابر ۱۵ تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک است.
- ۲- مقدار گوگرد خالص مورد نیاز:

$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی} = ۷۸/۹ = ۰/۱۹ \div ۱۵ = \text{مقدار گوگرد خالص مورد نیاز}$$

- ۳- خلوص گوگرد گرانوله ۰/۹۸ (۹۸ درصد) است. بنابراین، مقدار کل گوگرد گرانوله مورد نیاز در حدود ۸۰ تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک به دست می آید.

$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی} = ۸۰/۵ = ۰/۹۸ \div ۷۸/۹ = \text{مقدار کل گوگرد گرانوله مورد نیاز}$$

- ۴- خلوص گوگرد معدنی ۰/۷۳ (۷۳ درصد) است. بنابراین، مقدار کل گوگرد معدنی مورد نیاز در حدود ۱۰۸ تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک به دست می آید.

$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی} = ۱۰۸/۱ = ۰/۷۳ \div ۷۸/۹ = \text{مقدار کل گوگرد معدنی مورد نیاز}$$

- ۵- مقدار اسید سولفوریک خالص مورد نیاز:

$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی} = ۲۶/۳ = ۰/۵۷ \div ۱۵ = \text{مقدار اسید سولفوریک خالص مورد نیاز}$$

- ۶- خلوص اسید سولفوریک ۰/۹ (۹۰ درصد) است. بنابراین، مقدار کل اسید سولفوریک مورد نیاز در حدود ۲۹ تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک به دست می آید.

$$\text{تن در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی} = ۲۹/۲ = ۰/۹ \div ۲۶/۳ = \text{مقدار وزنی کل اسید سولفوریک مورد نیاز}$$

- ۷- مقدار حجمی اسید سولفوریک ۹۰ درصد چقدر است؟ با استفاده از جدول ۴ مشخص می شود که وزن مخصوص اسید سولفوریک ۹۰ درصد برابر ۱۸۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب است. از محاسبات شماره ۶ مشخص شده است که میزان وزنی اسید سولفوریک مورد نیاز برابر ۲۹/۲ تن که معادل ۲۹۲۰۰ کیلوگرم است، می باشد.

$$\text{مترمکعب در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی} = ۱۶/۱ = ۱۸۱۴ \div ۲۹۲۰۰ = \text{مقدار حجمی کل اسید سولفوریک}$$

- قابل ذکر است که هر متر مکعب برابر ۱۰۰۰ لیتر است. لذا، مقدار حجمی اسید سولفوریک مورد نیاز بر حسب لیتر، برابر ۱۶۱۰۰ لیتر در هکتار-۲۰ سانتی متر خاک سطحی است.

۳- نحوه مصرف و کاربرد اصلاح کننده‌ها

به طور کلی، می‌توان اصلاح کننده‌ها را هم در آب آبیاری و هم به صورت افزودن به خاک، مورد استفاده قرار داد.

گچ: به دلیل ارزانی، رایج‌ترین ماده اصلاح کننده است. مخلوط کردن گچ (از الک ۲ mm رد شده) با لایه ۱۵ سانتی متری سطح خاک، بسیار مؤثرتر از پخش سطحی است. برای مصرف مستقیم گچ، ضروری است که در وهله اول گچ به طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش، و سپس با یک شخم، با خاک مخلوط شود. با آبیاری مکرر و حل شدن گچ در آب، خاک به تدریج اصلاح می‌شود. در این مورد، گچ نباید خیلی ریز باشد، زیرا مانند ذرات رس عمل کرده، و باعث مسدود شدن منافذ خاک، و در نتیجه کاهش نفوذپذیری می‌گردد.

برای مصرف گچ از طریق آب آبیاری، آن را در کانال‌های آبرسانی ریخته، تا هنگامی که آب از کانال عبور می‌کند، گچ را در خود حل و به داخل خاک ببرد. به طور کلی، حلالیت گچ در آب پایین است. لذا، اگر مقدار گچ مورد نیاز برای اصلاح خاک زیاد باشد، این روش توصیه نمی‌شود. در این صورت، بهتر است که حوضچه‌ای در کنار مزرعه ساخته شود و در آن آب و گچ مخلوط و حل شود، و بعد وارد مزرعه گردد. در این مورد، هر چه اندازه ذرات گچ ریزتر باشد، سطح تماس با آب بیشتر شده، و زودتر در آب حل خواهد شد.





گوگرد: گوگرد به صورت پودر شده و گرانوله مورد استفاده قرار می‌گیرد، و لذا، نحوه مصرف آن مشابه گچ است. از آنجا که باکتری‌های خاک، به ویژه باکتری تیوباسیلوس، در تجزیه گوگرد نقش بسیار مهمی داشته و سرعت عمل آن را تسریع می‌بخشند، بهتر است که گوگرد با خاک مخلوط شود. اگر به هنگام مصرف گوگرد، باکتری تیوباسیلوس نیز با آن به خاک اضافه شود، تجزیه گوگرد به وضوح تسریع شده و اثرات اصلاح‌کنندگی آن زودتر مشاهده خواهد شد. نتایج مطالعات نشان داده است که مخلوط نکردن گوگرد گرانوله با خاک سطحی در مناطق خشک و بیابانی، تجزیه آن را به شدت کند می‌کند، به طوری که بعد از ۳ سال، هنوز در سطح خاک باقی می‌ماند (شکل). البته با توجه به اینکه منطقه فوق خشک و بیابانی است، علاوه بر مخلوط نکردن گوگرد گرانوله با خاک سطحی، احتمالاً کمبود باران و آب، و همچنین، احتمالاً کمبود باکتری تیوباسیلوس، در عدم تجزیه گوگرد گرانوله نیز اثرگذار بوده‌اند. نکته‌ای که کمتر به آن توجه شده، روش گرانوله کردن گوگرد است که در سرعت تجزیه آن مؤثر است. در ادامه، در مورد این موضوع توصیه‌های کاربردی برای کشاورزان ارائه شده است.



توصیه کاربردی: توصیه اکید می‌شود که کشاورزان از مصرف گوگردهایی که از طریق ذوب شدن به شکل گرانوله در آمده باشند، باید خودداری نمایند. این مسئله به راحتی قابل آزمایش است. بدین ترتیب که مقداری از آن را در یک ظرف آب بریزید، و در صورتی که گرانول‌های گوگرد در آب متلاشی نگردد، از طریق ذوب شدن به شکل گرانوله در آمده‌اند و از مصرف آن بهتر است خودداری شود.

اسید سولفوریک / اوره-اسید سولفوریک: اسید سولفوریک به صورت مایع در بازار ایران به وفور موجود می‌باشد. نحوه مصرف اسید سولفوریک و اوره-اسید سولفوریک مشابه بوده، و آنها را می‌توان مستقیماً به خاک اضافه کرد، یا به طور غیرمستقیم از طریق آب آبیاری به خاک وارد نمود. هر دو روش معایب و محاسن خود را داشته و کارآیی مناسب را دارند. در صورت تمایل به مصرف اسید سولفوریک به صورت مستقیم به خاک، بسته به نیاز کشاورز و نوع ادوات و ابزار موجود، اسید را می‌توان به صورت پخش سطحی و یا به صورت نواری به خاک اضافه کرد. در مزارع اسیدپاشی با ادوات و تجهیزات مناسب در سطح مزرعه اعمال شده و سپس با عمق مورد نظر خاک، دیسک یا شخم زده می‌شود.

در پخش نواری اسید سولفوریک که بیشتر برای احداث باغات و باغات احداث شده کاربرد دارد، ابتدا مقدار اسید سولفوریک مورد نیاز را برای ۱ هکتار محاسبه می‌کنند. سپس، مقدار محاسبه شده را به مساحت مورد نظر در باغ اضافه می‌کنند. برای مثال، اگر ۱/۵ تن بر هکتار اسید سولفوریک مورد نیاز باشد، و مساحتی که اسید سولفوریک را به صورت نواری دریافت می‌نماید برابر ۴۰۰۰ متر مربع باشد، آنگاه ۱/۵ تن اسید سولفوریک، در همان ۴۰۰۰ متر مربع مصرف خواهد شد.



مصرف اسید سولفوریک در مزارع به صورت پخش سطحی



مصرف اسید سولفوریک در باغات به صورت پخش سطحی مناسب برای باغاتی که بصورت غرقابی آبیاری می‌شوند.

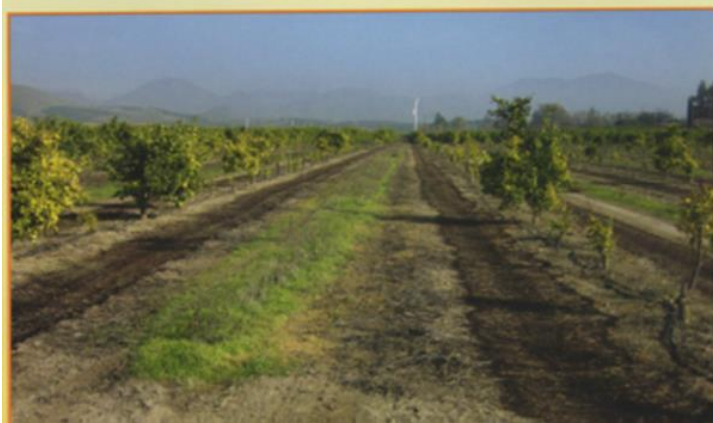
نحوه مصرف اسید سولفوریک و اوره-اسید سولفوریک به صورت نواری در باغات دایر



- مصرف اسید سولفوریک در باغ به صورت نواری در نزدیکی مسیر خطوط لوله آبیاری قطره‌ای، تا نیاز آبی قطره‌چکان به اسید برسد.

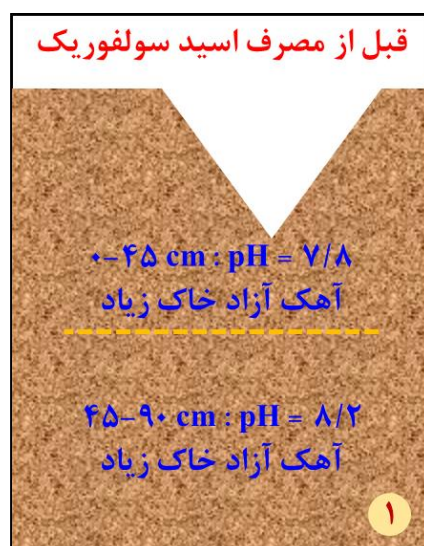
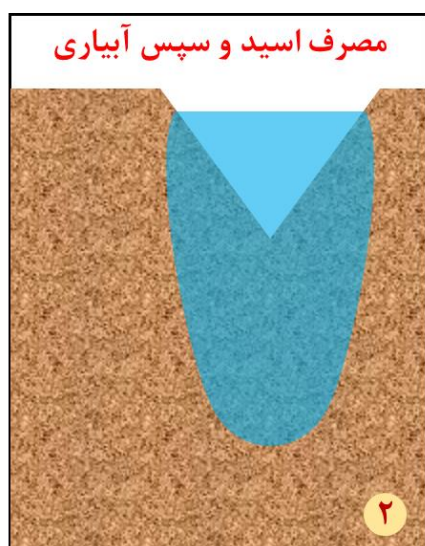
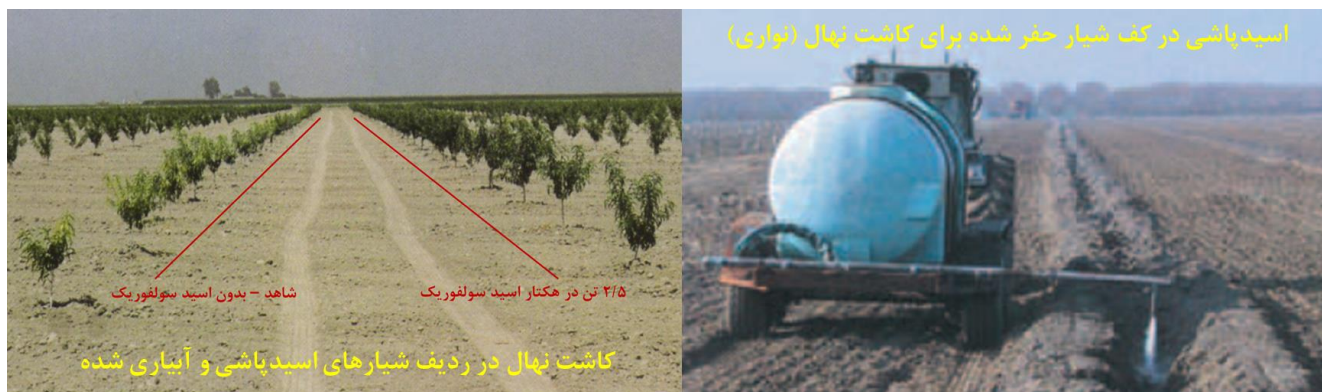


- عدم آسیب به گیاه پوششی بین ردیف درختان
- مقدار مورد نیاز برای ۱ هکتار محاسبه شده، و تماماً در مساحت مورد نظر پاشیده می‌شود.



- عدم آسیب به گیاه پوششی بین ردیف درختان
- منطقه کاربرد اسید به صورت نوار سیاه رنگ در نزدیکی مسیر خطوط لوله آبیاری قطره‌ای قابل مشاهده است.

مصرف اسید سولفوریک و اوره-اسید سولفوریک به صورت نواری و کانال کود برای احداث باغات جدید



اسید سولفوریک و اوره-اسید سولفوریک را می‌توان به طور غیرمستقیم از طریق آب آبیاری نیز به خاک وارد کرد. با بکارگیری ادوات و ابزار مناسب، این مواد قابل تزریق شدن به استخر ذخیره آب و یا سیستم آبیاری قطره‌ای می‌باشد. این روش برای پایین آوردن پ هاش (pH) آب آبیاری (در صورت نیاز) و شستشوی لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها نیز کاربرد دارد.



استفاده از اصلاح‌کننده‌های سدیم، به ویژه اسید سولفوریک، در مساحت‌های کوچک (مانند باغچه‌ها و باغ‌های کوچک) که در آن تعداد درختان کمتر از باغ‌های تجاری و بزرگ است، نیز ممکن است به دلایل مختلف مورد نیاز باشد. علاوه بر اصلاح سدیم خاک و آبشویی نمک‌ها، ممکن است نیاز به کاهش پ هاش (pH) خاک برای رفع کمبود و افزایش فراهمی و حلالیت عناصر کم‌مصرف (مانند آهن) باشد. در این مواقع نیز اندازه‌گیری خصوصیات خاک و آب و تعیین مقادیر مورد نیاز اصلاح‌کننده‌ها بر اساس روش‌هایی که در این راهنما ذکر شده است، توصیه می‌شود. ولیکن، در صورتی که تعداد درختان اندک باشند، کارشناسان توصیه کرده‌اند که کشاورزان می‌توانند مقدار ۳۰-۵۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (مثلاً ۹۸٪) را با رعایت احتیاط و نکات ایمنی (به ویژه عینک و دستکش)، به ۲۰ لیتر آب در یک ظرف پلاستیکی مناسب (مانند سطل، گالن، بشکه) اضافه و در آن حل نمایند، و به کف هر گودال حفر شده برای چالکود اضافه نمایند (شکل). بعد از این کار، می‌توانند بقیه توصیه‌های مربوط به عملیات چالکود را ادامه دهند (مانند افزودن کود حیوانی و گیاهی و سپس چاله را پر کرده و اولین آبیاری را انجام دهند. معمولاً برای کاشت نهال که هنوز کوچک است، یک عدد چاله برای چالکود کفایت می‌کند، ولی برای درختان بارور و مسن‌تر، بین ۲-۴ چاله توصیه می‌شود. بهتر است عملیاتی که در بالا تشریح شد را برای هر چاله انجام داد. برای مثال، اگر ۲ چاله به عنوان چالکود برای هر درخت کنده شد، در هر چاله محلول ۲۰ لیتری اضافه شود. از آنجا که این روش بدون انجام آزمایش خاک و آب توصیه شده و کلی می‌باشد، ممکن است در برخی از خاک‌ها این مقادیر کم یا زیاد باشد. در ضمن، برای تهیه محلول بهتر است از آب باکیفیت و شیرین استفاده شود.

نحوه مصرف اسید سولفوریک به صورت چالکود در باغچه‌ها و باغ‌های کوچک



۴- اصلاح آب‌های مبتلا به سدیم و بی‌کربنات

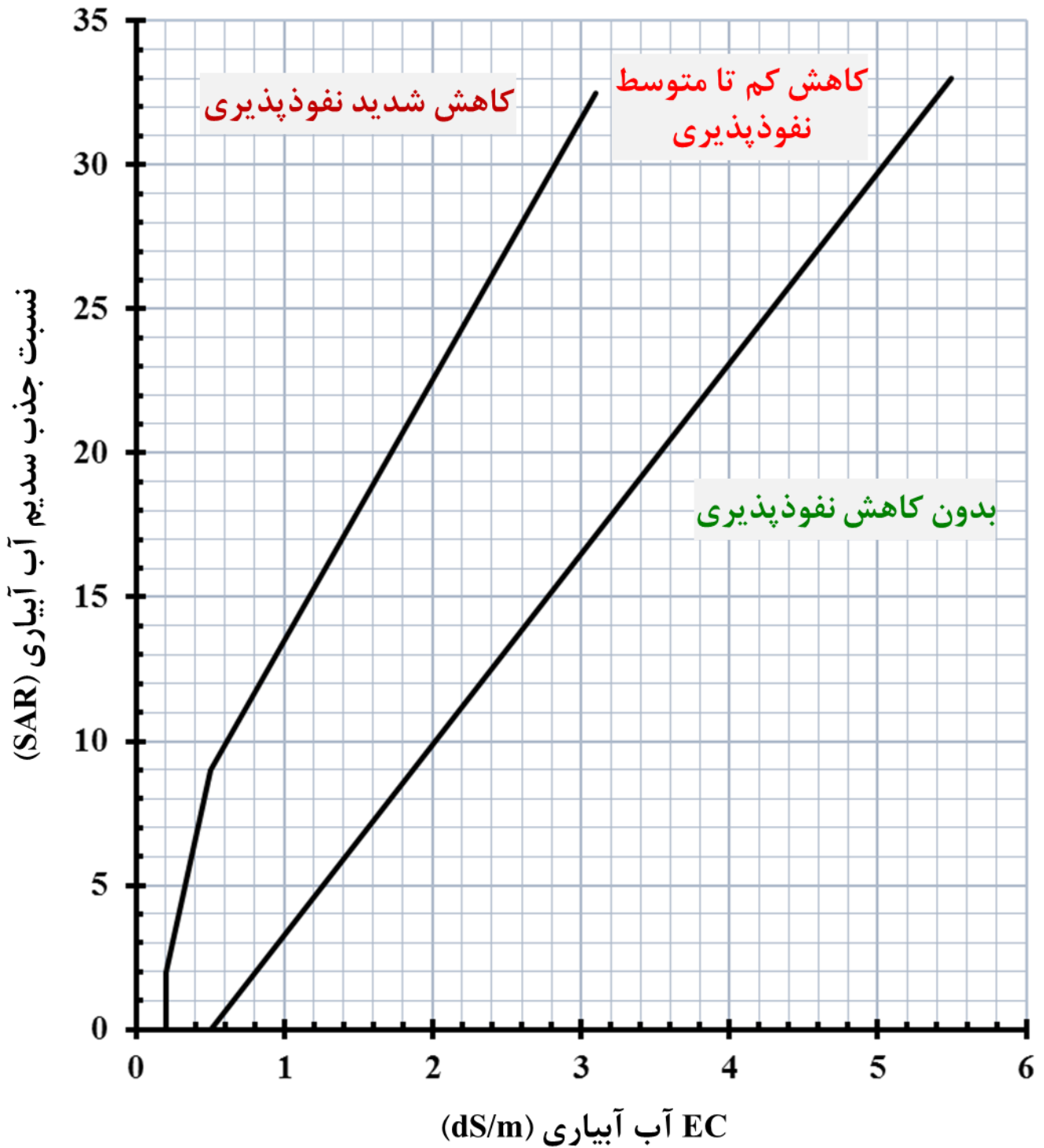
کیفیت آب برای اصلاح خاک‌های مبتلا به شوری از طریق آبشویی نمک‌ها، نقش بسیار اساسی ایفا می‌نماید (رجوع شود به راهنمای شماره ۱۰). در این میان، میزان مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) و غلظت بی‌کربنات در آب مورد استفاده برای آبشویی و آبیاری از اهمیتی ویژه در شرایط شوری برخوردار است. این دو عامل، ممکن است منجر به تخریب ساختمان خاک، و نتیجه، مختل شدن نفوذپذیری آب در خاک شده، و به همین دلیل، کارآیی عملیات آبشویی به شدت کاهش می‌یابد و یا حتی ممکن است خاک شور تبدیل به خاک سدیمی شده و وضعیت شوری خاک از قبل بدتر گردد. در راهنمای شماره ۱۰ در مورد بررسی مقادیر خسارت‌زا و خطرناک این دو عامل به طور مبسوط بحث و راهنمایی شد. لذا، در این بخش سعی می‌شود تا توصیه‌هایی در مورد اصلاح آب‌هایی که SAR و یا بی‌کربنات بالایی دارند، ارائه شود. به طور کلی، انواع مواد اصلاح‌کننده سدیم خاک که در این نشریه به آنها اشاره شد (به ویژه گچ و پس از آن مواد اسیدی)، در اصلاح مقادیر بالای سدیم (SAR) و بی‌کربنات در آب آبیاری نیز کاربرد دارند.

۴-۱- اصلاح نسبت جذب سدیم (SAR) بالا در آب

نفوذ آب در خاک عامل کلیدی در تولید محصول و کنترل شوری است. نفوذ آب به خاک، با ثبات خاکدانه‌ها و نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد، که هر دوی این ویژگی‌ها بستگی به درصد سدیم قابل تبادل و غلظت نمک آب آبیاری دارد. SAR و EC آب سرعت نسبی نفوذ آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند (شکل ۶). اگر آب آبیاری حاوی مقادیر کافی از سدیم باشد (SAR بالا)، به احتمال زیاد خاک سدیمی می‌شود و ساختمان آن تخریب، و در نتیجه، نفوذپذیری کاهش می‌یابد. لذا، باید با افزودن کلسیم به آب از منابع مختلف مواد اصلاح‌کننده (جدول ۵)، کیفیت آن آب را از حیث ایجاد مشکل نفوذپذیری بهبود بخشید. با یک مثال روش کار نشان داده می‌شود (مثال ۳).

جدول ۵- مقادیر اصلاح‌کننده‌های مختلف برای تأمین کلسیم مورد نیاز در آب آبیاری و آبشویی.

کلسیم (میلی اکی‌والان در لیتر)						مواد اصلاح‌کننده
۶	۵	۴	۳	۲	۱	(کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب)
۵۱۷	۴۳۰	۳۴۴	۲۵۸	۱۷۲	۸۶	گچ (۱۰۰٪ خالص)
۲۹۴	۲۴۵	۱۹۶	۱۴۷	۹۸	۴۹	اسید سولفوریک (۱۰۰٪ خالص)
۴۲۳	۳۵۳	۲۸۳	۲۱۲	۱۴۱	۷۱	آهک-گوگرد (S ۲۳/۳)
۱۱۰	۹۲	۷۴	۵۵	۳۷	۱۸	نیتروسول (S ۴۰٪، N ۲۰٪)
۲۳۶	۱۹۷	۱۵۷	۱۱۸	۷۹	۳۹	اوره-اسید سولفوریک (۵۵٪ اسید، N ۱۰٪)



شکل ۶- اثرات شوری و نسبت جذب سدیم (SAR) آب آبیاری بر نفوذپذیری خاک.

❖ مثال ۳: محاسبه مقادیر مورد نیاز گچ و اسید سولفوریک برای آب‌های مبتلا به سدیم (SAR)

آبی با کیفیت زیر موجود است. در صورت استفاده از آن برای آبیاری و آبشویی، آیا مشکل نفوذپذیری ایجاد می‌شود؟ در صورت بروز مشکل نفوذپذیری، چه مقدار گچ (خلوص ۸۰ درصد) مورد نیاز است؟ چه مقدار اسید سولفوریک (خلوص ۹۰ درصد) مورد نیاز است؟

Mg	Ca	Na	EC _i (dS/m)
meq/l			
۰/۴	۰/۵	۶/۲	۱/۰۵

جواب:

۱- ابتدا مقدار SAR آب آبیاری با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه می‌شود.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{6/2}{\sqrt{\frac{0/5 + 0/4}{2}}} = \frac{6/2}{0/671} = 9/2$$

با استفاده از شوری آب آبیاری (۱/۰۵ dS/m)، مقدار SAR (۹/۲) و شکل ۶، مشخص می‌شود که این آب مشکل نفوذپذیری ایجاد می‌کند (شکل).

۲- برای رفع مشکل نفوذپذیری، باید کلسیم به آب آبیاری اضافه شود. با آزمون و خطا مقدار آن تعیین می‌گردد: اگر ۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم به آب اضافه شود، آیا مشکل برطرف می‌شود؟ محاسبات مرحله ۱ باید تکرار بشود. اگر ۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم به آب اضافه شود، آنگاه غلظت کلسیم آب می‌شود: $2/5 = 2 + 0/5$ میلی‌اکی‌والان بر لیتر

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{6/2}{\sqrt{\frac{2/5 + 0/4}{2}}} = \frac{6/2}{1/204} = 5/1$$

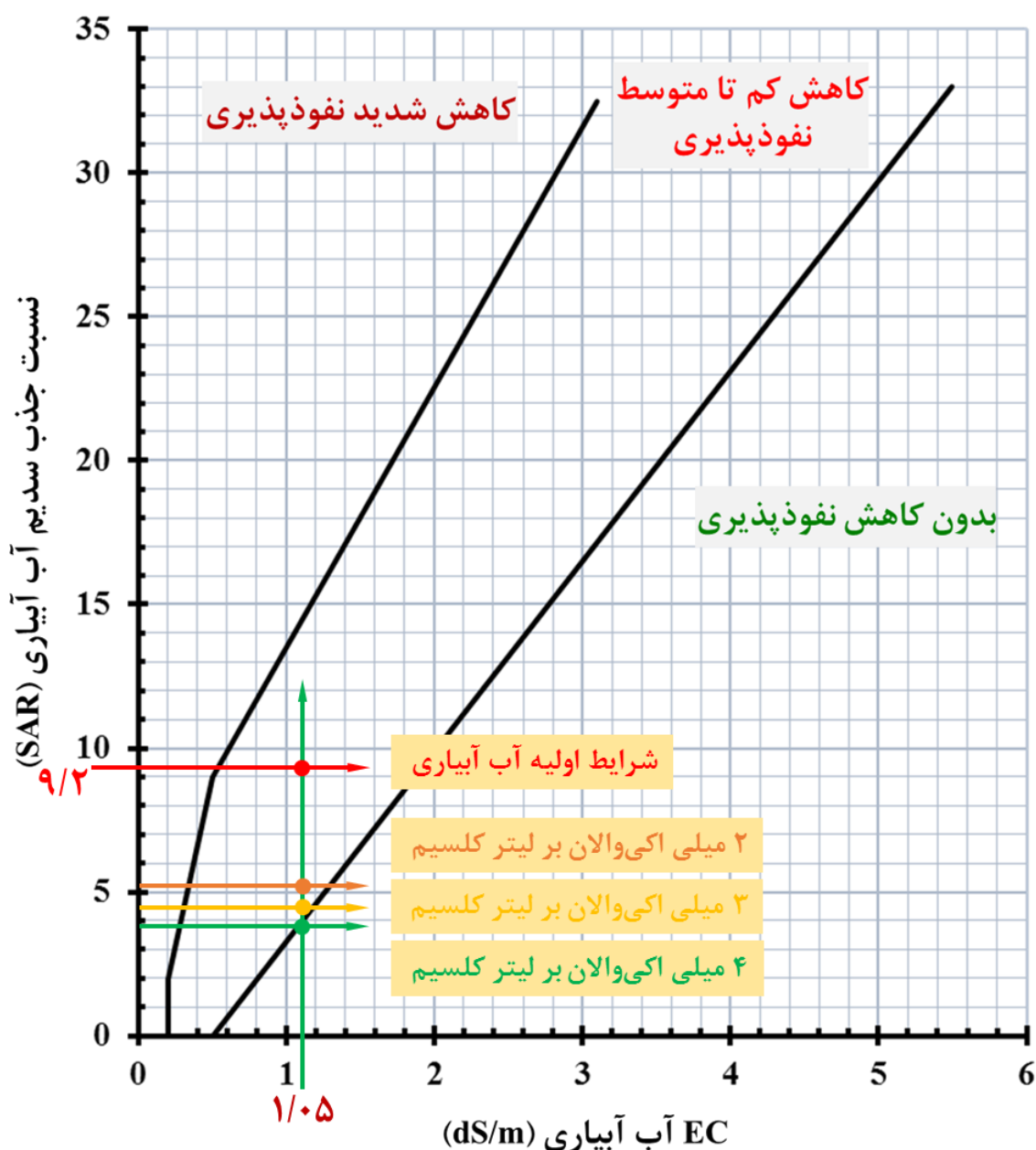
با استفاده از مقدار SAR جدید (۵/۱) و شکل ۶، مشخص می‌شود که مشکل نفوذپذیری کمتر شده، ولی هنوز مشکل دارد (شکل). بنابراین، اگر ۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم به آب اضافه شود، آنگاه غلظت کلسیم آب می‌شود: $3/5 = 3 + 0/5$ میلی‌اکی‌والان بر لیتر

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{6/2}{\sqrt{\frac{3/5 + 0/4}{2}}} = \frac{6/2}{1/396} = 4/4$$

با استفاده از مقدار SAR جدید (۴/۴) و شکل ۶، مشخص می‌شود که مشکل نفوذپذیری کمتر شده، ولی هنوز مشکل دارد (شکل). بنابراین، اگر ۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم به آب اضافه شود، آنگاه غلظت کلسیم آب می‌شود: $۴/۵ = ۴ + ۰/۵$ میلی‌اکی‌والان بر لیتر

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{۲}}} = \frac{۶/۲}{\sqrt{\frac{۴/۵ + ۰/۴}{۲}}} = \frac{۶/۲}{۱/۵۶۵} = ۳/۹$$

با استفاده از مقدار SAR جدید (۳/۹) و شکل ۶، مشخص می‌شود که با اضافه کردن ۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم به آب مشکل نفوذپذیری برطرف خواهد شد.



۳- با استفاده از جدول ۵ مشخص می‌شود که برای تأمین ۴ میلی اکی‌والان بر لیتر کلسیم در آب، به ۳۴۴ کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب گچ خالص و یا به ۱۹۶ کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب اسید سولفوریک خالص نیاز است (جدول زیر). با تقسیم کردن این مقادیر بر درصد خلوص آنها، مقدار نهایی هر یک از اصلاح‌کننده‌ها مشخص خواهد شد.

کلسیم (میلی اکی‌والان در لیتر)						مواد اصلاح‌کننده
۶	۵	۴	۳	۲	۱	(کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب)
۵۱۷	۴۳۰	۳۴۴	۲۵۸	۱۷۲	۸۶	گچ (۱۰۰٪ خالص)
۲۹۴	۲۴۵	۱۹۶	۱۴۷	۹۸	۴۹	اسید سولفوریک (۱۰۰٪ خالص)

$$\text{کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب} = \frac{۳۴۴}{۰/۸۰} = ۴۳۰ = \text{مقدار گچ با خلوص ۸۰ درصد}$$

$$\text{کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب} = \frac{۱۹۶}{۰/۹۰} = ۲۱۸ = \text{مقدار اسید سولفوریک با خلوص ۹۰ درصد}$$

مقدار حجمی اسید سولفوریک (۰/۹۰): طبق جدول ۴، وزن مخصوص یا چگالی اسید سولفوریک ۰/۹۰ برابر ۱۸۱۴ کیلوگرم اسید بر متر مکعب اسید است. همچنین، هر متر مکعب اسید برابر ۱۰۰۰ لیتر اسید است. بنابراین:

$$\text{لیتر در ۱۰۰۰ متر مکعب آب} = \frac{۲۱۸}{۱۸۱۴} \times ۱۰۰۰ = ۱۲۰ = \text{مقدار حجمی اسید سولفوریک با خلوص ۹۰ درصد}$$

نکته: اگر نیاز به تأمین کلسیم بیشتر از مقدار ذکر شده در جدول ۵ بود، از راه تناسب مقدار مورد نیاز را محاسبه نمایید. برای مثال اگر نیاز به ۱۴ میلی اکی‌والان بر لیتر کلسیم در آب آبیاری باشد، می‌توان تناسب بست. یعنی طبق جدول ۵ برای تأمین ۴ میلی اکی‌والان بر لیتر کلسیم ۵۱۷ کیلوگرم گچ خالص در ۱۰۰۰ متر مکعب آب مورد نیاز است، برای ۱۴ میلی اکی‌والان بر لیتر کلسیم چقدر گچ مورد نیاز است؟

$$\text{کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مکعب آب گچ خالص} = \frac{۱۴ \times ۵۱۷}{۴} = \frac{۷۲۳۸}{۴} = ۱۸۱۰$$

۴-۲- اصلاح بی‌کربنات زیاد در آب

خسارت‌زاترین آنیون برای گیاهان بی‌کربنات (HCO_3^-) است (حتی بیشتر از آنیون کلر). آب‌های آبیاری حاوی مقادیر زیاد بی‌کربنات باعث افزایش غلظت آنیون خطرناک بی‌کربنات در خاک خواهند شد. بی‌کربنات‌ها سبب رسوب کلسیم و منیزیم، و همچنین، افزایش زیاد پ هاش (pH) خاک می‌شوند. به همین دلیل، غلظت‌های بالای بیکربنات‌ها و کربنات‌ها در خاک، خطر سدیم را از مقادیر پیش‌بینی شده توسط SAR افزایش می‌دهند، به طوری‌که ممکن است SAR یک خاک در حد مطلوب اندازه‌گیری شده باشد، ولیکن، رسوب شدید کلسیم و منیزیم در حضور بی‌کربنات‌ها و باقی ماندن سدیم، سبب افزایش زیاد مقادیر SAR خاک خواهد شد. بنابراین، ممکن است خاکی مشکل سدیم و زیادی SAR نداشته باشد، ولی با مصرف آب‌های حاوی مقادیر زیاد بی‌کربنات، خاک تبدیل به شور-سدیمی یا سدیمی بشود. به همین دلیل، ساختمان خاک در معرض تخریب قرار گرفته و در نتیجه، این اراضی با مشکل نفوذپذیری و ماندابی مواجه می‌شوند.



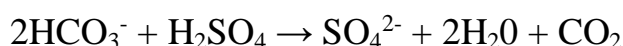
رسوب بیکربنات در خروجی قطره‌چکان، و تخریب ساختمان خاک در اثر غلظت بالای بی‌کربنات آب آبیاری و در نتیجه، کاهش نفوذپذیری خاک باغ و ایجاد شرایط ماندابی و آب‌گرفتگی در یک باغ انگور

غلظت بالای بی‌کربنات در آب‌های مورد استفاده برای آبیاری نمک‌های خاک در اصلاح خاک‌های شور، با ایجاد مشکلات تخریب ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری خاک، موجب خواهد شد که آبیاری نمک‌ها به خوبی انجام نشود، و در نتیجه، عملیات آبیاری موفقیت‌آمیز نخواهد بود. در جدول ۶ حدود بهینه بی‌کربنات در آب آبیاری ارائه شده است. برای کاهش مشکلات بی‌کربنات در آب آبیاری، از مواد حاوی کلسیم (مانند گچ) و مواد اسیدزا مانند اسید سولفوریک می‌توان استفاده کرد. همچنین، در این شرایط می‌توان به خاک نیز مواد حاوی کلسیم (مانند گچ) و مواد اسیدزا (مانند گوگرد و اسید سولفوریک) اضافه نمود.

جدول ۶- طبقه‌بندی خطر غلظت آنیون بی‌کربنات (HCO₃⁻) در آب آبیاری.

واحد غلظت بی‌کربنات	بی‌خطر تا کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
میلی‌گرم در لیتر (پی پی ام، mg/L)	۰-۱۲۰	۱۲۱-۱۸۰	۱۸۱-۶۰۰	> ۶۰۰
میلی‌اکی‌والان در لیتر (meq/L)	۰-۲	۲-۳	۳-۱۰	> ۱۰

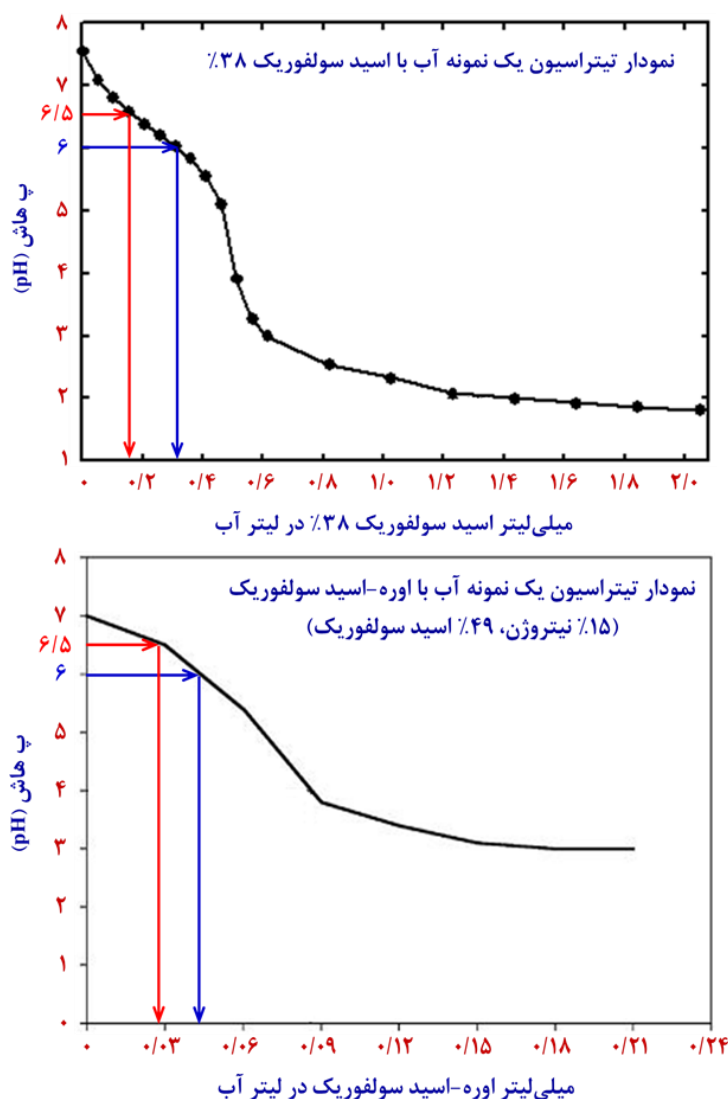
کاهش پ هاش (pH) آب برای خنثی‌سازی بی‌کربنات اضافی، راهکار اصلاح آب‌های مبتلا به بی‌کربنات بالا می‌باشد. استفاده از مواد اسیدی، مانند اسید سولفوریک و اوره-اسید سولفوریک، از جمله راهکارهای کارآمد و سریع برای اصلاح آب‌های مبتلا به بی‌کربنات و کاهش پ هاش آب است. اسیدها بر بی‌کربنات‌ها و کربنات‌ها عمل کرده، و طی واکنش زیر دی‌اکسید کربن یا گاز کربنیک (CO₂) و آب تشکیل می‌شود. بدین ترتیب، غلظت بی‌کربنات‌ها در آب کاهش یافته و لذا، پ هاش آب نیز کاهش می‌یابد.



مقدار بی‌کربنات تا سطحی که برای سلامتی گیاه ضرر نداشته باشد، و موجب مسدود شدن سیستم‌های آبیاری و تخریب ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری خاک نگردد، باید پایین آورده شود. این حد مناسب، معمولاً در سطح پ هاش بین ۶-۶/۵ قرار دارد. به طور معمول، با تنظیم پ هاش آب آبیاری به ۶/۵، در حدود ۵۰ درصد بی‌کربنات‌ها خنثی خواهند شد. در پ هاش ۴/۵ تمامی بی‌کربنات‌ها خنثی می‌گردند، ولیکن، کارشناسان کاهش پ هاش به این سطح را توصیه نمی‌کنند و آن را معمولاً لازم و مفید نمی‌دانند. علاوه بر هزینه‌های مالی و زحمات زیادتر، کاهش پ هاش خاک به سطح ۴/۵، ممکن است موجب بروز سمیت آلومینیوم در خاک بشود که اثرات منفی و زیانباری بر روی رشد محصولات زراعی و باغی دارد. با این حال، در صورت ضرورت، می‌توان پ هاش آب را به سطوح کمتر از ۶/۵ نیز تنظیم کرد.

از آنجا که کیفیت آب‌های آبیاری از نظر شوری، پ هاش (pH) و مقادیر سدیم و ترکیبات کربناتی متفاوت می‌باشند، لذا، برای تعیین مقدار اسید مورد نیاز برای تنظیم پ هاش منابع مختلف آب آبیاری (مثلاً بر حسب لیتر اسید در هر متر مکعب آب)، ابتدا لازم است که منحنی تیتراسیون پ هاش آب آبیاری تعیین شود. با به دست آوردن این منحنی آنگاه می‌توان مقدار اسید مورد نیاز، اندازه بشکه مخزن نگهداری اسید و پمپ مورد نیاز، و همچنین، میزان سرعت تزریق اسید (مثلاً لیتر اسید در ساعت) برای دستیابی به پ هاش مورد نظر را محاسبه و تعیین کرد. در شکل ۷ نمونه‌ای از این نوع نمودارها ارائه شده است. برای به دست آوردن منحنی تیتراسیون، لازم است که کشاورزان نمونه‌ای از آب آبیاری را به

همراه نمونه‌ای از ماده اصلاح‌کننده‌ای که می‌خواهند مصرف کنند (مثلاً اسید سولفوریک ۹۳ درصد و غیره) را به آزمایشگاه ارسال نمایند. البته، اگر کارشناس یا کشاورز دستگاه پ هاش سنج (pH meter) داشته باشد، می‌تواند با آزمون و خطا مقادیر مختلف و مشخصی از ماده اسیدی را به نمونه آب که حجم آن مشخص باشد، اضافه نموده و پ هاش مورد نظر را اندازه‌گیری نمایند. معمولاً رساندن پ هاش آب به ۶/۵ توصیه شده و کافی و مناسب است. با دانستن مقدار ماده اسیدی برای رساندن حجم مشخصی از آب آبیاری به پ هاش ۶/۵ (یا هر پ هاش دیگری که مدنظر باشد، مثلاً به پ هاش ۶)، می‌توان محاسبات مورد نیاز برای مقدار کل اسید مورد نیاز و موارد دیگر را انجام داد. با این حال، توصیه می‌شود که برای به دست آوردن منحنی تیتراسیون پ هاش آب آبیاری، کشاورزان از طریق آزمایشگاه‌های مجاز اقدام نمایند. قابل ذکر است که نمودارهایی که در شکل ۶ ارائه شده است، برای مثال بوده و استاندارد نیستند. بنابراین، کشاورزان باید این نمودارها را برای هر نمونه آب و ماده اسیدی مورد استفاده، جداگانه تهیه نمایند.



شکل ۷- منحنی تیتراسیون پ هاش دو نوع آب آبیاری با دو نوع ماده اسیدی. این نمودارها برای هر نمونه آب و ماده اسیدی مورد استفاده باید جداگانه تهیه شوند.

❖ مثال ۴: محاسبه مقادیر مورد نیاز اسید برای کاهش پ هاش آب‌های مبتلا به بی‌کربنات

کشاورزی قصد دارد که پ هاش آب آبیاری خود را از ۷/۶ به ۶ کاهش دهد. ماده اصلاح‌کننده مورد نظر وی اسید سولفوریک ۳۸ درصد است. منحنی تیتراسیون پ هاش آب آبیاری مزرعه وی در شکل ۷ نشان داده شده است. اگر حجم استخر ذخیره آب مزرعه، ۸۰۰ متر مکعب (۸۰۰ هزار لیتر) باشد، چه مقدار از این اسید باید خریداری و مصرف نماید؟

۱- با استفاده از نمودار تیتراسیون پ هاش آب با اسید سولفوریک ۳۸٪ در شکل ۷، مشخص می‌شود که برای کاهش پ هاش آب آبیاری از ۷/۶ به ۶، مقدار ۰/۳۱ میلی‌لیتر اسید در هر لیتر آب مورد نیاز است.

۲- با توجه به حجم آب در استخر ذخیره آب، مقدار حجمی اسید سولفوریک مورد نیاز برابر است با ۲۴۸ لیتر:

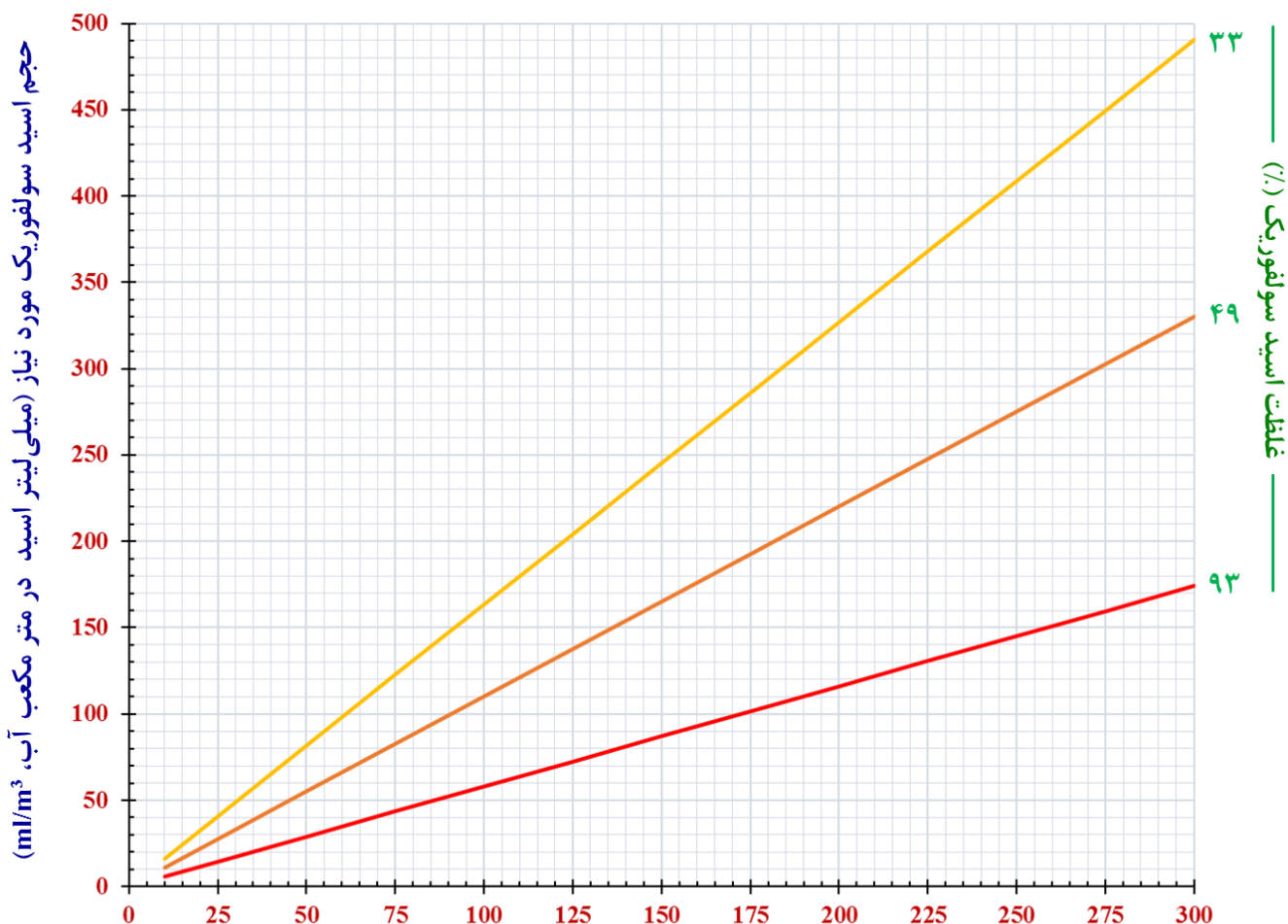
$$۸۰۰۰۰۰ \text{ liter} \times ۰/۳۱ \text{ ml/liter} = \frac{۲۴۸۰۰۰ \text{ ml}}{۱۰۰۰ \text{ ml/liter}} = ۲۴۸ \text{ liter}$$

۳- وزن مخصوص یا چگالی اسید سولفوریک ۳۸٪ برابر ۱۲۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب است (جدول ۴). این مقدار برابر است با ۱/۲۸۶ کیلوگرم بر لیتر. بنابراین، مقدار وزنی اسید سولفوریک مورد نیاز برابر است با ۳۱۹ کیلوگرم:

$$۲۴۸ \text{ liter} \times ۱/۲۸۶ \text{ kg/liter} \approx ۳۱۹ \text{ kg}$$

نکته: به طور کلی، با داشتن وزن مخصوص هر نوع از مواد اصلاح‌کننده اسیدزای مایع (مانند اوره-اسید سولفوریک، اسید نیتریک و اسید سولفوریک)، می‌توان مقدار وزنی مورد نیاز را با روش فوق از روی مقدار حجمی محاسبه کرد.

دقیق‌ترین راه برای اصلاح آب‌های مبتلا به بی‌کربنات استفاده از روش منحنی تیتراسیون پ هاش آب آبیاری است. در صورتی که کشاورزان به آزمایشگاه دسترسی نداشته باشند، می‌توانند با استفاده از روش خنثی‌سازی بی‌کربنات با اسید نیز اقدام بنمایند. در این روش ابتدا، میزان غلظت بی‌کربنات در آب آبیاری باید اندازه‌گیری شود. به طور کلی، مقدار بهینه توصیه شده برای غلظت بی‌کربنات در آب آبیاری ۵۰ پی پی ام (در حدود ۱-۰/۸ میلی‌اکی‌والان در لیتر) است. ولیکن، کشاورز می‌تواند مقادیر دیگری را نیز بر اساس جدول ۶ در نظر بگیرد که بی‌خطر باشد (برای مثال ۶۰-۷۰ پی پی ام). در صورتی که مقدار بی‌کربنات آب زیاد باشد (جدول ۶)، می‌توان از انواع مواد اسیدی برای خنثی‌سازی مقادیر بیشتر از حد بهینه، استفاده کرد. شکل ۸ مقادیر مورد نیاز برای خنثی‌سازی بی‌کربنات اضافی در آب آبیاری را برای سه غلظت اسید سولفوریک نشان داده است. نحوه کار و محاسبه در مثال ۵ تشریح شده است. توصیه اکید می‌شود که در صورت استفاده از این روش برای اولین بار، نمونه آب اصلاح شده، مجدداً به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری پ هاش (pH) و غلظت بی‌کربنات ارسال شود تا از نتایج اقدامات اصلاح بی‌کربنات آب اطمینان حاصل شود.



شکل ۸- تخمین مقدار حجمی اسید سولفوریک مورد نیاز برای خنثی‌سازی غلظت مشخصی از بی‌کربنات در آب آبیاری. ۱ میلی‌لیتر اسید در متر مکعب آب (ml/m³) = ۱ میلی‌لیتر اسید در ۱۰۰۰ لیتر آب = ۱ لیتر اسید در ۱۰۰۰ متر مکعب آب.

❖ مثال ۵: محاسبه مقادیر مورد نیاز اسید برای کاهش بی کربنات آب‌های آبیاری

غلظت بی کربنات آب آبیاری یک کشاورز $3/6$ میلی‌اکی‌والان در لیتر (meq/liter) است. آیا این آب مشکل بی کربنات دارد؟ اگر مشکل بی کربنات داشته باشد و حجم استخر ذخیره آب مزرعه، 800 متر مکعب (800 هزار لیتر) باشد، چه مقدار اسید سولفوریک 93% برای اصلاح مشکل بی کربنات مورد نیاز است؟ اگر بخواهد از اوره-اسید سولفوریک (15% نیتروژن و 49% اسید سولفوریک) استفاده نماید، چه مقدار از آن مورد نیاز است؟

۱- با استفاده از جدول ۶، مشخص می‌شود که غلظت $3/6$ میلی‌اکی‌والان در لیتر بی کربنات در آب آبیاری زیاد و پرخطر است. بنابراین، این آب نیاز اساسی به اصلاح بی کربنات دارد. کشاورز تصمیم می‌گیرد که غلظت بی کربنات آب آبیاری را به 50 پی پی ام (حد بهینه توصیه شده برای غلظت بی کربنات در آب آبیاری) برساند.

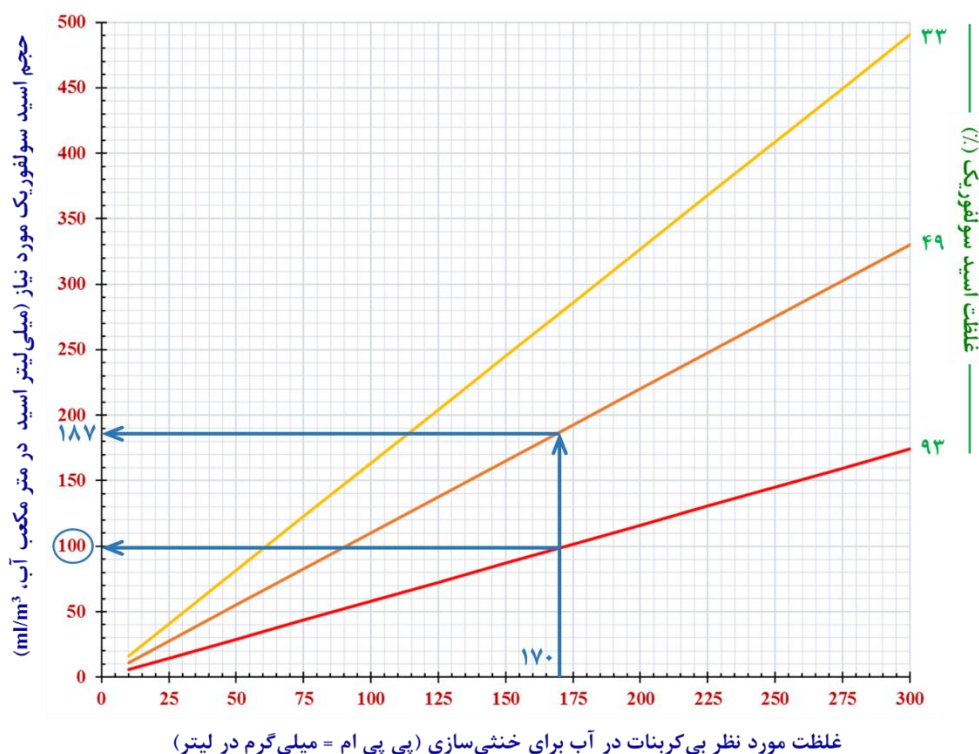
۲- تبدیل واحد غلظت بی کربنات در آب آبیاری: برای تبدیل واحد میلی‌اکی‌والان در لیتر بی کربنات به پی پی ام بی کربنات، باید آن را در عدد 61 (وزن اتمی بی کربنات) ضرب کرد.

$$\text{پی پی ام (میلی گرم در لیتر) بی کربنات } 220 \approx 219/6 = 3/6 \times 61$$

۳- تعیین غلظت مورد نیاز از بی کربنات در آب آبیاری که باید خنثی شود: برای این کار باید غلظت بی کربنات در آب آبیاری (220 پی پی ام) را منهای غلظت بی کربنات مورد نظر کشاورز (50 پی پی ام) کرد.

$$\text{پی پی ام (میلی گرم در لیتر) بی کربنات که باید خنثی سازی شود } 170 = 220 - 50$$

۴- با استفاده از نمودار شکل ۸ مشخص می‌شود که برای خنثی سازی 170 پی پی ام بی کربنات در آب آبیاری، به 100 میلی لیتر اسید سولفوریک 93% در متر مکعب آب، و یا به 187 میلی لیتر اوره-اسید سولفوریک در متر مکعب آب، نیاز است (شکل زیر).



۵- با توجه به حجم استخر (۸۰۰ متر مکعب)، مقادیر نهایی اسیدهای مورد نیاز محاسبه می‌شود.

$$\text{حجم مورد نیاز اسید سولفوریک } ۹۳\% = \frac{۸۰۰ \cdot \text{m}^3 \times ۱۰۰ \text{ ml} / \text{m}^3}{۱۰۰۰ \text{ ml} / \text{liter}} = ۸۰ \text{ liter}$$

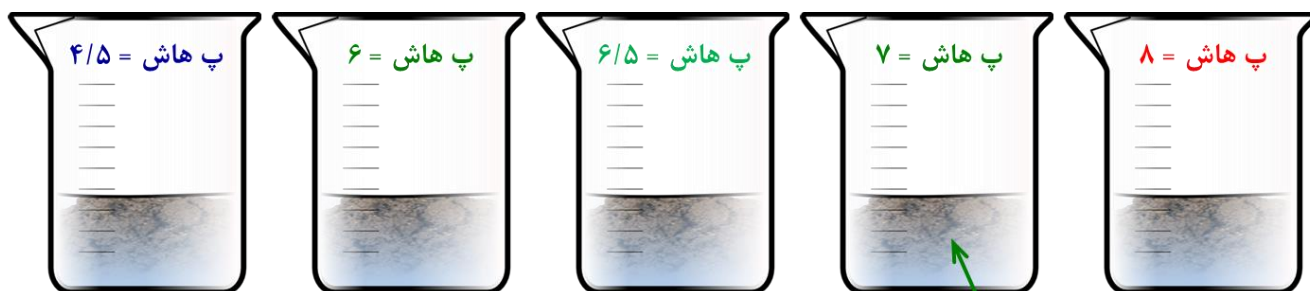
$$\text{حجم مورد نیاز اوره-اسید سولفوریک } ۹۳\% = \frac{۸۰۰ \cdot \text{m}^3 \times ۱۸۷ \text{ ml} / \text{m}^3}{۱۰۰۰ \text{ ml} / \text{liter}} = ۱۴۹/۶ \approx ۱۵۰ \text{ liter}$$

نکته: اوره-اسید سولفوریک به کار برده شده در این مثال، حاوی ۱۵٪ نیتروژن (یا ۰/۱۵ نیتروژن) است. لذا، این ماده ارزش کودی نیز دارد. طبق مشخصات ارائه شده توسط کارخانه تولیدکننده، وزن مخصوص یا چگالی آن برابر ۱/۵۳ کیلوگرم در لیتر است (۱ کیلوگرم در لیتر = ۱ گرم در سانتی متر مکعب). با این اطلاعات می‌توان مقدار نیتروژن اضافه شده به آب استخر را نیز محاسبه کرده و در برنامه کودی محصول مزرعه یا باغ، در نظر گرفت. طبق محاسبات فوق، مقدار ۱۵۰ لیتر اوره-اسید سولفوریک باید به ۸۰۰ متر مکعب آب آبیاری (حجم استخر ذخیره آب) اضافه شود. بنابراین:

$$\text{وزن مورد نیاز اوره-اسید سولفوریک} = ۱۵۰ \text{ liter} \times ۱/۵۳ \text{ kg} / \text{liter} = ۲۲۹/۵ \text{ kg}$$

$$\text{وزن نیتروژن اضافه شده به آب آبیاری} = ۲۲۹/۵ \text{ kg} \times ۰/۱۵ \text{ kg N} / \text{kg} = ۳۴/۴ \text{ kg N}$$

توصیه کاربردی: در برخی مواقع ممکن است که کشاورزان مشکلی از نظر سدیم خاک مزرعه یا باغ، و همچنین، مشکلی از نظر سدیم و بی کربنات زیادی در آب آبیاری نداشته باشند. ولیکن، به دلیل پ هاش (pH) بالای خاک، ممکن است با مشکل فراهمی عناصر غذایی، به ویژه فسفر و عناصر کم مصرف، مواجه باشند. لذا، برای رفع کمبود و افزایش فراهمی و حلالیت عناصر فوق، تصمیم به کاهش پ هاش خاک مزرعه یا باغ خود با استفاده از مواد اسیدی مانند اسید سولفوریک با درصدهای مختلف خلوص و اوره-اسید سولفوریک، بگیرند. با توجه به متفاوت بودن خصوصیات شیمیایی خاکها (مانند پ هاش و درصد آهک)، نمی توان مقدار یکسانی از اسید را برای همه خاکها توصیه کرد. در این شرایط کشاورز می تواند از روش تعیین منحنی تغییرات پ هاش خاک بهره برداری کند (شکل). این روش در آزمایشگاهها رایج نیست، ولیکن، کشاورز می تواند دستورالعمل ارائه شده در این راهنما را به مسئول آزمایشگاه توضیح داده و درخواست آزمایش را بکند. برای انجام این کار، کشاورز باید مقدار کافی از خاک مزرعه در عمق مورد نظری که می خواهد اسید را مصرف نماید (برای مثال ۲-۳ کیلوگرم)، تهیه کرده و به همراه نوع ماده اسیدی که قصد دارد به خاک اضافه نماید را به آزمایشگاه تحویل دهد. اصول صحیح نمونه برداری خاک باید به درستی رعایت شود تا نمونه خاک معرف واقعی از مزرعه یا باغ باشد. در این روش، همان روش رایج برای اندازه گیری پ هاش خاک دنبال شده، ولیکن، نمونه های خاک که مختص مزرعه کشاورز است، با مقادیر مختلف اسید مخلوط و پ هاش آن اندازه گیری می گردد. ایده آل آن است که پ هاش خاک بین ۶-۷ یا ۶/۵ قرار بگیرد (شکل). با این روش، مقدار اسید توصیه شده برای مزرعه یا باغ کشاورز، بیشتر قابل اعتماد خواهد بود.



پ هاش مناسب برای بیشترین فراهمی
اکثر عناصر غذایی برای گیاهان



خاک مزرعه + محلول غلظت های مختلف اسید مورد نظر کشاورز:

- ✓ وزن خاک و حجم محلول به طور مساوی در هر ظرف
- ✓ اندازه گیری پ هاش خاک ترجیحاً به روش گل اشباع یا نسبت ۱:۱
- ✓ قرائت پ هاش خاک، ۱-۲ ساعت پس از مخلوط کردن محلول اسید و خاک

تعیین مقدار اسید مورد نیاز برای کاهش پ هاش خاک یک مزرعه با روش تعیین منحنی تغییرات پ هاش خاک

۵- ملاحظات ایمنی در مصرف اصلاح کننده‌ها

پرمصرف‌ترین ماده اصلاح‌کننده سدیم در خاک و آب، گچ است. علاوه بر وفور و ارزانی آن نسبت به دیگر مواد اصلاح‌کننده سدیم در بازار، عدم سمیت و ایمن بودن استفاده از آن نیز دلیلی بر پرتعداد بودن استفاده از گچ می‌باشد. با این حال، توصیه می‌شود که در هنگام مصرف انواع گچ‌ها، به ویژه گچ‌های پودری، بهتر است که حداقل از ماسک معمولی و دستکش استفاده گردد، تا از مشکلات مرتبط با استنشاق پودرها پیشگیری بشود.

در هنگام استفاده از اسید سولفوریک، کاربر باید احتیاط زیادی در هنگام مصرف، حمل و نقل، و اضافه کردن به آب یا خاک، به عمل آورد. در صورت تمایل به مصرف اسید سولفوریک، بعد از تعیین مقدار مورد نیاز، رعایت نکات ایمنی الزامی است. برای درک بیشتر از خطرات احتمالی اسید سولفوریک، قابل ذکر است که اسید باطری ماشین، همان اسید سولفوریک با غلظت ۳۵-۳۳٪ است. رعایت نکات ایمنی، مصرف اسید سولفوریک را به عنوان اصلاح‌کننده خاک‌های مبتلا به سدیم، روشی کارآمد و سریع می‌نماید. برای اینکار حتماً از دستکش لاستیکی، عینک، و پیشبند لاستیکی استفاده کرده، و حتماً حداقل یک بشکه متوسط از محلول نسبتاً غلیظ جوش شیرین نیز درست کرده و در محل کار داشته باشید (شکل). هر گونه اسیدپاشی به بدن و ابزارها را به راحتی و فوراً می‌توانید با این محلول جوش شیرین خنثی کنید تا آسیب نبینید. ادوات و دستگاه‌های مورد استفاده برای اسید زدن را نیز با همین محلول می‌توان خنثی و شستشو کرد.

توصیه اکید می‌شود که هرگز آب را به اسید سولفوریک اضافه ننمایید، بلکه بر عکس، اسید را با احتیاط و آرام به وسط (مرکز) سطح آب اضافه کنید. همچنین، به هنگام اضافه نمودن اسید به آب، باید با بهم زدن، آب و اسید را با یکدیگر مخلوط نمایید. اسید از آب سنگین‌تر بوده و تمایل دارد که به سمت ته ظرف یا بشکه ته‌نشین شود، و به همین دلیل، لازم است تا محلول با احتیاط و بدون ایجاد پاشش و ترشحات به اطراف، بهم زده شود. هر چند کودهای اسیدی مایع (مانند اوره-اسید سولفوریک) نسبت به اسید سولفوریک خالص، خطرات کمتری دارند، ولیکن با این حال، اسیدیته آنها هنوز قوی بوده و پ هاش پایین و اسیدی دارند. لذا، در مورد استفاده از آنها نیز توصیه می‌شود که کشاورزان همان نکات ایمنی مرتبط با اسید سولفوریک را رعایت نمایند (به ویژه استفاده از عینک، دستکش و ظرف محلول جوش شیرین).

