

تجزیه و تحلیل آنالیز آب و خاک به زبان ساده

ناصر صداقتی، عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات پسته کشور

مقدمه

استفاده علمی و اصولی از منابع آب و خاک، این دو گوهر گرانبها برای تحویل به نسل های آینده مستلزم افزایش شناخت و آگاهی نسبت به آنهاست. از طرفی با توجه به اینکه از مهم ترین اهداف فعالیت های کشاورزی دستیابی به حداکثر محصول در واحد سطح می باشد، استفاده صحیح و اصولی از کودهای شیمیایی در جهت نیل به این هدف امری ضروری به نظر می رسد. توصیه اصولی کودهای شیمیایی مورد نیاز میسر نیست مگر با شناخت وضعیت آب، خاک و برگ گیاه. بنابراین در اولین گام باید اطلاعات کاملی از کیفیت آب و خاک و نیز وضعیت برگ گیاه از نظر میزان عناصر غذایی موجود، داشته باشیم تا بتوانیم توصیه های مناسبی را جهت استفاده اصولی از این منابع ارائه دهیم. انجام نمونه برداری از آب، خاک و برگ و تجزیه آزمایشگاهی آن اطلاعات لازم را در اختیار ما قرار خواهد داد. اما چیزی که مهم است اینکه نحوه نمونه برداری در نتایج حاصله جهت ارائه توصیه های کارشناسی اثرگذار می باشد. در مورد نمونه برداری برگ و چگونگی تفسیر نتایج آن در قسمت تغذیه بحث می گردد. در این در این مبحث سعی شده است جهت استفاده باغداران عزیز، نحوه صحیح نمونه برداری از آب و خاک و و چگونگی تفسیر نتایج آن به طور مختصر ارائه گردد. از آنجائیکه آب و خاک کاملاً با یکدیگر در ارتباط بوده و در نهایت کیفیت خاک از کیفیت آب آبیاری و چگونگی مدیریت آن تاثیر می پذیرد، بنابراین تفسیر نتایج تجزیه آب و خاک با هم و بطور موازی مورد ارزیابی قرار گرفته و در جا که لازم باشد، موارد خاص مربوط به هر کدام بطور جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. البته در مورد خاک تفسیر نتایج تجزیه خاک از دو جنبه مورد ارزیابی قرار می گیرد:

۱- از دیدگاه تغذیه ای: در این حالت هدف بررسی خاک از نظر میزان عناصر غذایی موجود در آن و تشخیص کمبود و یا بیش بود آنها و در نهایت روش رفع کمبود عناصر غذایی با استفاده از کودهای حیوانی و شیمیایی می باشد. این مبحث در قسمت تغذیه به طور مفصل بحث خواهد شد.

۲- از دیدگاه آبیاری: در این حالت هدف بررسی خاک از جنبه هایی نظیر شوری، قلیائیت و مشکلاتی نظیر کاهش نفوذ پذیری خاک می باشد.

نمونه برداری از آب آبیاری

گیاهان آب مورد نیاز خود را از طریق ریشه ها از خاک جذب می کنند. بنابراین کمیت و کیفیت آب موجود در خاک از عوامل اصلی رشد گیاه محسوب می گردد. از طرفی مواد غذایی مورد نیاز نیز پس از حل شدن در آب قابل جذب توسط گیاه می باشد. در صورتی که آب آبیاری از نظر کیفیت وضعیت مناسبی نداشته باشد، نه تنها شرایط لازم جهت رفع احتیاجات گیاه فراهم نخواهد شد بلکه به مرور زمان باعث تخریب خاک باغ ها نیز می گردد. برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی کشاوران باید در ابتدا شناخت کافی از کیفیت آب آبیاری خود به دست آورده و سپس در مورد امکان یا عدم امکان استفاده از منبع آب مورد نظر و انجام مدیریت های لازم جهت مصرف آب مذکور تصمیم گیری نمایند. برای به دست آوردن چنین شناختی باید از آب مورد استفاده نمونه برداری شود.

نکات مهم در نمونه برداری از آب آبیاری

۱) ابتدا یک ظرف پلاستیکی به حجم تقریبی ۱ لیتر ابتدا با آب تمیز (مقطر) و سپس با آب چاه مورد نظر چند بار شستشو داده می شود؛

۲) قبل از برداشتن نمونه آب از چاه باید اجازه داده شود تا حداقل ۳۰ دقیقه پمپ کار کند. در صورتی که شوری آب آبیاری بیش از $1/5 \text{ ds/m}$ باشد، این زمان ۲ تا ۴ ساعت در نظر گرفته می شود. در صورتی که پمپ پس از چند ماه خاموشی شروع به کار کرده باشد، حداقل بعد از ۳۰ ساعت کارکرد، نمونه برداری انجام می گیرد. این مدت جهت شستشوی چاه از آبهای راکد، ثابت شدن شوری و ایجاد یک ارتفاع ثابت آب در چاه برای پمپاژ ضروری می باشد (صدافقی، ۱۳۸۴)؛

۳) اگر باغ در محلی قرار گرفته که اطراف آن چاه های پمپاژ دیگری وجود دارد، نمونه برداری بهتر است در ماه های تیر و مرداد و زمانی که حداکثر پمپاژ از سفره صورت می گیرد، انجام شود؛

۴) در صورت امکان باید با یک EC متر دستی، شوری آب را کنترل نمود. در صورتی که تغییرات مقادیر اندازه گیری شده بیش از ۲۰ درصد باشد، نشان دهنده این است که عمق سفره آب زیرزمینی در طول سال تغییرات قابل ملاحظه ای دارد و باید اندازه گیری EC را هر ۴ تا ۸ هفته کنترل نمود. در غیر این صورت نمونه برداری آب هر سه سال یک بار کفایت می کند (ساندن، فالتون و فرگوسن، ۲۰۰۵)؛

۵) ظرف آب را باید کاملاً از آب پر نمود، در این صورت هوایی در داخل آن باقی نمی ماند. این عمل احتمال رسوب کربنات کلسیم را کم می کند؛

- ۶) در مورد آب های سطحی، نمونه برداری باید از عمق متوسط کانال، در قسمت وسط مسیر آب و در طول ساعات مختلف روز صورت گیرد. نمونه های تهیه شده با هم مخلوط شده و مقداری در حدود یک لیتر از آن را در ظرف مخصوص نمونه برداری ریخته می شود؛
- ۷) آنالیز نمونه ها باید حداکثر ۳ ساعت پس از نمونه برداری انجام شود. اگر قرار است نمونه ها مدتی قبل از تجزیه نگهداری شوند، برای حداقل کردن تغییرات شوری بهتر است نمونه ها در یخچال و یا درجه حرارت کمتر از ۵C نگهداری شوند. خنک نگه داشتن آب به خاطر جلوگیری از رسوب کربنات ها و به طور کلی تغییرات مقدار کربنات ها می باشد. این مسأله در موقعی که هدف از تجزیه آب، انتخاب آب برای آبیاری تحت فشار باشد ضروری تر به نظر می رسد. از طرفی نگهداری آب در دمای معمولی محیط کار باعث رسوب کلسیم و بی کربنات شده و مقدار شوری آب را کمتر از مقدار واقعی آن نشان می دهد (صدافتی، ۱۳۸۴)؛
- ۸) در خیلی از باغات از ترکیب آب دو یا چند چاه و یا مخلوطی از آب چاه و قنات استفاده می شود. در چنین مواردی از آب مخلوط شده قبل از ورود به باغ نمونه برداری می شود.
- ۹) در خیلی از موارد باغداران برای تهیه نمونه آب از آب داخلی حوضچه و یا استخر استفاده می کنند. در چنین شرایطی ممکن است به علت عواملی چون تبخیر آب از سطح استخر، رسوب بی کربنات ها و بسیاری از عوامل آلوده کننده دیگر، شوری آب با مقدار واقعی آن متفاوت باشد؛
- پس از گرفتن نمونه های مورد نظر از منبع آب در ظرف نمونه برداری را محکم بسته و روی آن مشخصات مربوطه از قبیل نام باغدار، منطقه، شماره چاه یا مشخصات رودخانه و یا قنات، تاریخ نمونه برداری و نوع کشت نوشته شده و جهت تجزیه به آزمایشگاه ارسال می گردد.

نمونه برداری از خاک

از مهمترین اهداف در بحث توسعه کشاورزی، افزایش عملکرد در واحد سطح می باشد. شناخت همه جانبه خاک از مهمترین عواملی است که در رسیدن به این هدف ما را یاری می کند. جهت آگاهی از وضعیت خاک از نظر بافت، حاصلخیزی، میزان عناصر غذایی مورد نیاز (نیاز کودی)، انتخاب گیاه مناسب جهت کاشت، روش مناسب آبیاری و غیره، باید با انجام نمونه برداری، خاک را در آزمایشگاه تجزیه نموده و با استفاده از نتایج آن برنامه مدیریتی مناسبی را برای آن در نظر گرفت. نتایج تجزیه خاک می تواند در زمینه شرایط خاک از نظر pH، ظرفیت تبادل کاتیونی (توانایی خاک در حفظ و آزادسازی مجدد کاتیون ها در محلول خاک) و شوری که ممکن است جهت تعیین علت کمبود عناصر غذایی مفید باشد، اطلاعاتی در اختیار ما قرار دهد. تجزیه خاک قبل از احداث باغ علاوه بر

مشخص کردن وضعیت محل، نیازهای اصلاحی مورد نیاز خاک را نیز مشخص می سازد. در مورد نمونه برداری خاک جهت شناخت و مدیریت مناسب آن دو نظریه وجود دارد (ساندن، فالتون و فرگوسن، ۲۰۰۵).

۱) در حالتی که کیفیت آب و خاک در حد بحرانی است و باغدار قصد توسعه سطح زیر کشت را دارد، در این نواحی نمونه برداری قبل از ایجاد باغ امری ضروری است و هر ساله یا حداقل یک سال در میان برای بررسی تغییرات وضعیت شوری باید نمونه برداری انجام شود.

۲) در حالتی که آب و خاک از کیفیت خوبی برخوردار بوده و هیچگونه علائم مسمومیت بر روی گیاه در حال حاضر دیده نمی شود. در این حالت نمونه برداری فقط جهت پیش بینی مسائل و مشکلاتی که ممکن است در آینده بوجود آید و نیز تعیین نیاز کودی ضروری می باشد.

درختان پسته نسبت به شوری و قلیائیت خاک از سایر درختان مقاوم تر بوده ولی ارزیابی دقیق و مناسب مسائل و مشکلاتی که شوری ایجاد می کند تنها با مشاهده رسوب نمک در سطح خاک و یا اطراف قطره چکان ها، امکان پذیر نمی باشد. بنابراین، باید با انجام نمونه برداری شناخت کاملی از وضعیت موجود بدست آورد. صرف نظر از وضعیت و شرایطی که داریم، نمونه گیری خاک باید معرف میانگین شرایط ناحیه مورد بررسی بوده تا نتایج تجزیه های آزمایشگاهی آن از اعتبار لازم برخوردار باشد. نتایج بدست آمده از یک یا دو گودال نمونه برداری معرف کل ناحیه نمونه برداری نمی باشد و علاوه بر گمراه کردن ما، باعث صرفه هزینه نیز می شود. بنابراین باید نمونه برداری به صورت مرکب انجام شود. **نمونه مرکب** یعنی اینکه بر حسب مساحت باغ، از چندین نقطه نمونه برداری شده و نمونه های مربوط به هر عمق را در نقاط مختلف با هم مخلوط می کنیم و در پایان یک نمونه که ترکیبی از خاک نقاط مختلف در عمق مشخص می باشد، برای هر عمق بدست می آید.

نکات مهم در نمونه برداری از خاک

۱) نمونه ای که به آزمایشگاه ارسال می گردد باید معرف واقعی قطعه ای که از آن نمونه برداری می شود، باشد. باید از هر قسمت باغ که شرایط خاکی یکسانی دارد، حداقل یک نمونه مرکب از اعماق مختلف بردارید. حتی برای باغ هایی با شرایط خاکی بسیار یکنواخت نیز حداقل یک نمونه مرکب برای هر ۱۰ هکتار باید گرفته شود. بنابراین ابتدا باید با توجه به عواملی نظیر نوع کشت، شیب، پستی و بلندی، روش آبیاری و وضعیت ظاهری گیاه کشت شده، زمین مورد نظر را به قطعات یکنواخت تقسیم بندی نمود.

(۲) حفر یک پروفیل به عمق تقریبی ۲ متر و طول ۱/۵ متر و عرض ۰/۸ متر (شکل ۱) در هر ناحیه مورد مطالعه به ما این امکان را می دهد تا وضعیت لایه های خاک را از نظر مسائل مربوط به زهکشی شناخته و در صورت لزوم عمق لازم جهت شکستن لایه های سخت احتمالی مشخص گردد. پروفیل باید عمود بر ردیف درختان حفر گردد. در غیر این صورت ممکن است پروفیل بر روی چالکود سال های قبل حفر شده و به خوبی وضعیت ساختمان و بسیاری از فاکتورهای مورد نظر خاک در تشریح پروفیل را برای ما روشن نکند. پروفیل وضعیت خاک را از نظر فیزیکی (ساختمان، استحکام، تخلخل، نفوذپذیری، زهکشی و...) و مورفولوژیکی (لایه های مختلف، عمق و ضخامت هر یک، میزان گچ و آهک، وجود لایه غیرقابل نفوذ و...) برای ما مشخص می کند.

(۳) در موقع نمونه برداری باید دقت شود که رطوبت خاک در حد مناسب باشد. نمونه برداری در خاکهای مرطوب و خشک ما را با مشکل مواجه خواهد کرد. بهترین زمان برای نمونه برداری زمانی است که زمین از نظر رطوبتی به حد پایین پلاستیک (حالت گاورو) رسیده باشد. بسته به نوع خاک معمولاً در خاکهای معمول زراعی بین ۲ تا ۴ روز پس از آبیاری این حالت اتفاق می افتد. در صورتی که رطوبت خاک زیاد باشد به پا می چسبد و مشکلاتی را جهت نمونه برداری ایجاد می کند. در خاک های خیلی خشک نیز کار نمونه برداری سخت بوده به طوری که مته به دشواری در زمین فرو می رود و از طرفی خاک داخل مته قبل از بالا آمدن از درون چاله به بیرون می ریزد.

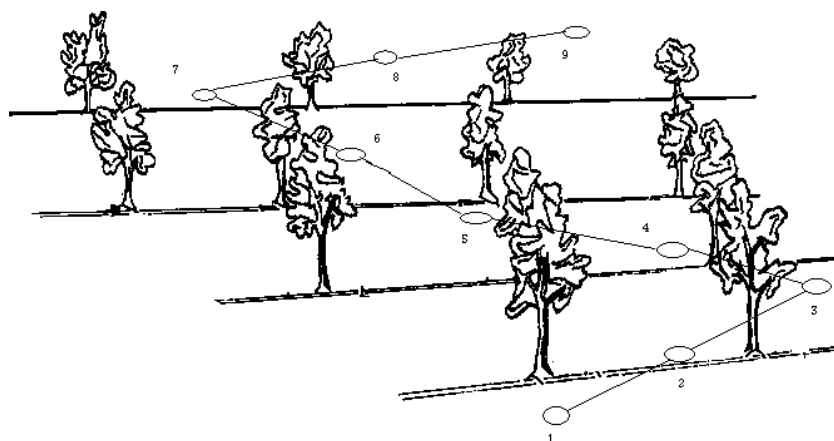


شکل ۱- نمونه یک پروفیل حفر شده در باغ پسته

(۴) باید دقت شود محلی که برای نمونه برداری انتخاب می گردد قبلاً محل انباشتن کودهای حیوانی و شیمیایی و یا مصالح ساختمانی نبوده باشد. بنابراین قبل از برداشت نمونه ها از هر نقطه باید سطح خاک را از خرده های سنگ، آشغال، تکه های چوب و علفهای هرز پاک نمود. و پس از اطمینان از اینکه سطح خاک به کودهای حیوانی و شیمیایی آغشته نیست اقدام به نمونه برداری نمود.

(۵) نمونه برداری خاک معمولاً به صورت لایه هایی به ضخامت ۳۰ یا ۴۰ سانتی متر انجام می گیرد و در مجموع باید نمونه ای مرکب از زیر نمونه ها در هر قطعه تهیه گردد. یعنی اگر از چند نقطه نمونه برداری می شود باید نمونه های مربوط به هر عمق را در نقاط مختلف با هم مخلوط کرده و در نهایت نمونه ای مرکب از ناحیه مورد نظر برای هر عمق بدست آورد. نمونه برداری خاک معمولاً در باغات پسته تا عمق ۱۲۰ سانتی متری انجام می گیرد.

(۶) در هر قطعه تقریباً یکنواخت به طور زیگززاگ (شکل ۲) حرکت کرده و از فواصل نسبتاً مساوی تعداد ده نمونه و هر کدام به وزن تقریبی یک کیلوگرم را در یک کیسه پلاستیکی تمیز ریخته و مشخصات قطعه نمونه برداری شده روی آن نوشته می شود. برای هر نقطه نمونه برداری معمولاً ۴ نمونه مربوط به ۴ عمق برداشته می شود و پس از مخلوط کردن نمونه های هر عمق با نمونه های همان عمق در نقاط دیگر، یک نمونه مرکب بدست می آید.



شکل ۲- چگونگی برداشت زیگززاگی نمونه ها از یک باغ

(۷) معمولاً برای نمونه برداری از یک مته نمونه برداری (اوگر) به قطر ۵ تا ۷/۵ سانتی متری استفاده می گردد. از مته های نوع مارپیچی باز (شکل ۳) برای خاکهای مرطوب و از نوع استوانه ای بسته (شکل ۴) برای خاکهای شنی و خشک استفاده می گردد. برای خارج کردن

خاک ها از داخل مته نمونه برداری نیز معمولاً از یک چکش لاستیکی استفاده می گردد. در صورتی که مته نمونه برداری در دسترس نبود، باید بوسیله یک بیل گودالی تا عمق مورد نظر حفر نموده و همزمان با حفر گودال از لایه های ۳۰ یا ۴۰ سانتیمتری، از خاک نمونه برداری انجام شود.

۸) نمونه گیری بعد از فصل برداشت محصول، ارزیابی خوبی از وضعیت شوری ناحیه ریشه درختان در زمانی که معمولاً بیشترین شوری را داریم برای ما تأمین می کند. معمولاً در طول فصل برداشت محصول آبیاری با تاخیر و یا کمتر از حد مورد نیاز (کم آبیاری) انجام می گیرد و همین امر باعث تجمع نمک در منطقه ریشه می گردد. بنابراین نمونه برداری در اواخر فصل پائیز برای ما مشخص می کند که آیا آبیاری اضافی جهت کنترل نمک های تجمع یافته، در فصل زمستان ضروری می باشد از طرفی در این زمان زمین سرد بوده و درختان در خواب هستند. آبیاری اضافی جهت آشفته و ماندابی شدن خاک مشکلی را برای درختان ایجاد نمی کند و از طرفی مشکلات مربوط به بیماری هایی نظیر گموز را نیز نخواهیم داشت.

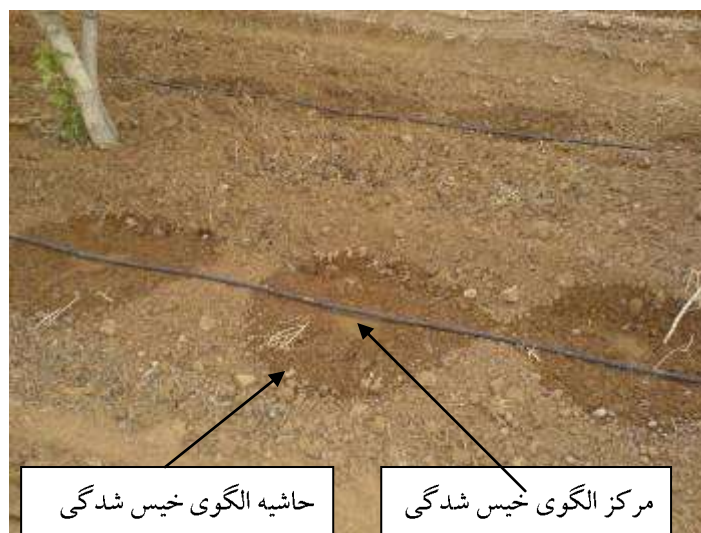


شکل ۳- مته نمونه برداری نوع مارپیچی باز شکل ۴- مته نمونه برداری نوع استوانه ای بسته

۹) روش آبیاری و قابلیت کاربرد یکنواخت آب در هر روش، باید در بحث نمونه های معرف کل باغ مد نظر قرار گیرد. در روش آبیاری غرقابی درختان پسته، آب معمولاً در سطح وسیعی با یکنواختی نسبتاً خوبی پخش می شود. بنابراین توزیع ریشه گسترده و ناحیه جذب مواد غذایی نیز افزایش می یابد و نمونه برداری در انتهای قسمت سایه انداز و درفاصله ۱/۵ تا ۳ متری کنار ردیف درختان (بسته به سن درخت) و در جایی که کوددهی انجام شده، بهترین محل بوده و می تواند تشخیص قابل قبولی را از وضعیت تغذیه ای خاک برای ما ارائه دهد. در روش آبیاری میکرو آبیاری، نمونه برداری در طول الگوی خیس شدگی به طوری انجام می گیرد که ۲/۳ نمونه ها از قسمت مرکزی الگوی خیس شدگی یعنی جایی که بیشترین آب پخش شده را دریافت می کند و ۱/۳ بقیه از قسمت حاشیه الگوی خیس شده (شکل ۵)، یعنی

محل تجمع نمک ها انجام می گیرد. برای روشهای آبیاری قطره ای نیز به همین صورت عمل می شود.

۱۰) تکرار نمونه برداری خاک از باغ های موجود هر دو سال یکبار برای ارزیابی وضعیت شوری و انجام روشهای مدیریتی و اصلاحی خاک با در نظر گرفتن وضعیت بارندگی، برنامه ریزی آبیاری و توزیع آب (بسته به روش آبیاری) در اطراف درخت باید در همان زمان و فصلی که نمونه برداریهای قبلی انجام شده، صورت گیرد.



شکل ۵- محل نمونه برداری در سیستمهای آبیاری تحت فشار

بعد از اینکه نمونه خاک مرکب خشک و کوبیده شد، با آب مقطر به حالت اشباع در می آید و سپس بوسیله یک پمپ خلأ از آن عصاره گیری می شود. این عصاره جهت تعیین پارامترهای کیفی خاک استفاده قرار می گیرد.

پارامترهای مورد اندازه گیری در تجزیه آب و خاک

رایج ترین پارامترهایی که در اغلب آزمایشگاه های تجزیه آب و خاک اندازه گیری می شود به همراه علامت مشخصه و واحد اندازه گیری آن در جدول (۱) آورده شده است.

تفسیر نتایج تجزیه آب و خاک

تفسیر نتایج تجزیه آب و خاک نیاز به شناخت نسبی هر کدام از پارامترهای اندازه گیری شده دارد. بنابراین در این قسمت در مورد هر پارامتر ابتدا توضیح مختصری ارائه شده و سپس به ذکر محدوده های قابل قبول و بحرانی هر کدام می پردازیم.

جدول ۱- پارامترهای مورد اندازه گیری جهت ارزیابی کیفیت آب آبیاری و عصاره اشباع خاک

نوع آزمایش	علامت مشخصه	واحد	خاک	آب
هدایت الکتریکی	EC_e, EC_w	دسی زیمنس بر متر (dS/m)	بله	بله
اسیدیته	pH	ندارد	بله	بله
کلسیم	Ca^{2+}	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
منیزیم	Mg^{2+}	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
سدیم	Na^+	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
بیکربنات	HCO_3^-	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
کربنات	CO_3^{2-}	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
کلرید	Cl^-	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
سولفات	SO_4^{2-}	میلی اکی والان بر لیتر (meq/l)	بله	بله
بور	B^-	میلی گرم بر لیتر (ppm)	بله	بله
نترات (ازت)	NO_3-N	میلی گرم بر لیتر (ppm)	بله	بله
نسبت جذب سدیم	SAR	ندارد	بله	بله

هدایت الکتریکی^۱ (که برای عصاره اشباع خاک با EC_e و برای آب آبیاری با EC_w

مشخص می گردد) نشان دهنده مجموع شوری است و بیان کننده سهولت هدایت جریان الکتریکی می باشد. چرا که هدایت جریان الکتریسته با میزان یونهای (بارهای الکتریکی مثبت و منفی) موجود در آب یا خاک رابطه مستقیم داشته و میزان یونها هم بطور مستقیم ناشی از نمک های موجود در آب یا خاک است. شاخص EC یکی از مهمترین فاکتورها در نتایج تجزیه آزمایشگاهی است چرا که سطوح تحمل گیاهان نسبت به شوری بر اساس این فاکتور سنجیده می شود. واحد بین المللی EC که در نتایج آزمایشگاهی گزارش می گردد بر حسب دسی زیمنس بر متر (ds/m) می باشد. این واحد معادل میلی موس بر سانتیمتر (mmhos/cm) است که هنوز در برخی از آزمایشگاهها مورد استفاده قرار می گیرد. بعضی از آزمایشگاهها مقدار EC را بر حسب میکروموس بر سانتیمتر ($\mu mhos/cm$) گزارش می کنند که این مقدار در واقع یک هزارم ds/m یا mmhos/cm می باشد.

با افزایش مقادیر EC_e یا EC_w ، شوری افزایش می یابد. افزایش نمک باعث کاهش توانایی جذب آب توسط گیاه می گردد. این عمل باعث کاهش فتوسنتز و انرژی گیاه می شود. درختانی که در خاک شور رشد کرده باشند با میزان آب خاک زیاد نیز آثار تنش آبی را نشان می دهند.

¹ Electrical Conductivity

اگر چه در مطالعات انجام شده تا این زمان مشخص گردیده است که پسته یک گیاه متحمل به شوری است و از نظر تحمل به شوری از بادام بسیار مقاومتر است، ولی میزان عملکرد این گیاه در شوری های بالا به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد. مطالعات گلخانه ای توسط ابطحی و کریمیان (۱۳۷۳) نشان داد که افزایش سطح شوری موجب کاهش رشد گیاه پسته گردیده و میزان رشد ساقه و برگ تواماً سیر نزولی مشخص را طی می کنند. با وجود این «هنگامی که رشد برگ و ساقه به طور جداگانه ارزیابی گردید ملاحظه شد که برگ دارای حساسیت بیشتری نسبت به شوری می باشد. به همین دلیل است که اولین علائم شوری بر روی برگ درختان ظاهر می شود.

بر اساس مطالعات انجام شده و رعایت جوانب احتیاطی، استفاده از جدول (۲) به عنوان یک راهنما جهت بررسی مسائل شوری (EC) در وضعیت و شرایط باغهای پسته پیشنهاد می گردد. محدوده های ارائه شده در این جدول با فرض انجام آبخوبی لازم سالانه جهت جلوگیری از تجمع نمک در خاک می باشد (فرگوسن و همکاران، ۲۰۰۵).

جدول ۲- راهنمای ارزیابی آب و خاک از نظر شوری در باغ های پسته

درجه محدودیت برای درخت پسته				واحد	شوری
بدون محدودیت	متوسط (افزایشی)	شدید	خیلی شدید		
<۶	۶-۸	>۸-۱۲	>۱۲	dS/m	متوسط ناحیه ریشه (EC _e)
<۴	۴-۸	>۸-۱۲	>۱۲	dS/m	آب آبیاری (EC _w)

افزایش شوری در ناحیه ریشه درختان ممکن است سبب رشد ناکافی شاخه ها، آفتاب سوختگی و چروکیدگی مغز (شکل ۶) گردد. سوختگی نوک و حاشیه برگها (شکل ۷) نیز از علائم افزایش جذب و تجمع شوری در بافت های گیاهی می باشد. البته در وضعیت کمبود پتاسیم نیز حاشیه سوختگی برگها دیده می شود با این تفاوت که در این حالت سوختگی حاشیه برگ قهوه ای رنگ می باشد.



شکل ۶- مغز سالم (سمت راست) و مغز چروکیده در اثر شوری (سمت چپ)

علائم برگ‌گی ابتدا در برگ‌های پیرتر ظاهر می‌شوند و از نوک برگ‌ها شروع گردیده و کم‌حاشیه‌ها را فرا می‌گیرد. سپس به طرف قسمت‌های داخلی برگ و رگبرگ میانی پیش می‌رود.



شکل ۷- حاشیه سوختگی برگ در اثر شوری (راست) و در حالت کمبود پتاسیم (چپ)

در اثر شوری نوک میوه‌ها سیاه شده و از آنجا شیره گیاهی تراوش می‌کند. آثار طولانی مدت شوری به صورت سیاه و خشک شدن کل میوه (شکل ۸) بروز می‌کند.



شکل ۸- سیاه شدگی نوک میوه ها و تراوش شیره از آنها در اثر شوری (راست) و سیاه و خشک شدگی میوه ها در اثر شوری دراز مدت (چپ)

pH خاک یا آب نشان دهنده غلظت یونهای هیدروژن می باشد. اگرچه pH ارتباط نزدیکی با غلظت بیکربنات و برخی از عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف دارد ولی با مجموع شوری همبستگی ندارد. اما به هر حال در انتخاب روشهای اصلاحی آب و خاک اهمیت زیادی دارد. اگر pH آب از $\frac{8}{3}$ بیشتر باشد، غلظت کربنات نیز قابل توجه خواهد بود. pH های بالا در خاک باعث اختلال در جذب عناصر غذایی می شود. اکثر گیاهان قادرند طیف وسیعی از pH را تحمل کنند. اسیدیته آب های آبیاری معمولاً در محدوده $\frac{6}{5}$ تا $\frac{8}{4}$ می باشد. ولی بهترین وضعیت در محدوده اسیدیته $\frac{6}{5}$ تا $\frac{7}{5}$ ایجاد می گردد. نظر به اینکه خاک خاصیت بافری دارد، هر نوع تغییر در pH خاک در اثر آب آبیاری، به کندی صورت می گیرد. در اغلب مناطق پسته کاری ما با pH بالا سر و کار داریم. گچ سوای آنکه منبع تامین کلسیم در خاک است، می تواند pH بالای خاک را که به سبب سدیم تبادلی زیاد به وجود آمده است، به طور مؤثری کاهش دهد.

کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) از جمله فراوان ترین یون های موجود در آب و خاک می باشند و در اغلب موارد خطری ایجاد نمی کنند و بنابراین در بحث فاکتورهای کیفی خاک و خصوصاً آب مورد بررسی قرار نمی گیرند. حد معمول کلسیم و منیزیم در آب های آبیاری به ترتیب بین مقادیر ۲۰-۵ و ۵-۰ میلی اکوی والان بر لیتر تغییر می کنند. کلسیم در خاک باعث کاهش اثرات مخرب سدیم شده و بر ثبات خاکدانه ها و ساختمان خاک می افزاید. منیزیم در مقادیر زیاد ممکن است ایجاد سمیت نماید. در بعضی از مناطق پسته کاری که آب ها تلخ می شوند معمولاً به دلیل بالا بودن مقدار منیزیم می باشد. در این مناطق پس از آبیاری، منیزیم در خاک ممکن است رفتاری مشابه سدیم داشته و باعث ناپایداری خاک، پراکندگی ذرات آن و کاهش نفوذپذیری گردد. اگرچه شاخص های تشخیص چنین شرایطی بطور گسترده هنوز آزمایش نشده است ولی برخی از متخصصین خبره معتقدند زمانی که نسبت کلسیم به منیزیم در آب آبیاری و یا آب خاک از ۱:۱ کمتر می گردد

ممکن است پتانسیل اثر سدیم بیشتر شده و مشکلات نفوذپذیری توسعه پیدا کند. معمولاً کلسیم و منیزیم آب و خاک را با هم و نسبت به میزان سدیم خاک تحت عنوان پارامتری به نام نسبت جذب سدیمی (SAR) مورد بررسی قرار می دهند که در جای خود بحث خواهد شد. به عبارت دیگر در یک SAR مشخص زمانی که نسبت کلسی به منیزیم کمتر از ۱ باشد، زیتن هایی که به خاک وارد می شود قدری بیشتر است. از طرفی در خاک های دارای منیزیم تبدیلی زیاد عملکرد محصول پایین می آید که ممکن است به دلیل کمبود کلسیم ناشی از زیاد بود منیزیم باشد. کما اینکه در درختان پسته این مسئله باعث ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی می گردد. دادن کودهای کلسیمی نظیر کلرور کلسیم و یا اضافه کردن گچ به خاک این باغ ها باعث رفع این مشکل می شود.

سدیم (Na^+)، کلر (Cl) و بور (B) از جمله عناصری هستند که تجمع آنها در بافت های گیاه طی چندین سال ممکن است ایجاد سمیت در گیاه نماید. حد معمول سدیم، کلر و بور در آب های آبیاری به ترتیب بین مقادیر ۴۰-۰ و ۳۰-۰ و ۲-۰ میلی اکوی والان بر لیتر تغییر می کنند. افزایش این عناصر در آب و خاک می تواند سبب تجمع یون در بافتهای چوبی و در نهایت برگها شود. نشانه های مشخص سمیت سدیم سوختگی برگ، خشکیدگی و مردگی بافت ها در حاشیه خارجی برگ هاست در حالی که نشانه های سمیت کلرید معمولاً از انتهای ترین بخش نوک برگ شروع می شود. بر خلاف سدیم، بور یکی از عناصر اصلی رشد گیاه بوده ولی نیاز گیاه به آن نسبتاً کم می باشد. اما اگر مقدار آن بطور محسوسی بیشتر از نیاز گیاه شود، به صورت سمی در می آید. البته کلرید هم جزء عناصر مورد نیاز گیاه می باشد اما به دلیل نیاز بسیار کم گیاه به این عنصر اغلب این عنصر را غیر اصلی یا غیر ضروری می دانند. با افزایش بور برگ علائمی مشابه با سوختگی برگ و توسعه بافت مرده بین رگبرگها، لبه های تیره و پیچش و حلقه ای شدن برگ مشاهده می گردد. تراوش شیره از تنه درختان نیز از علائم مسمومیت بر می باشد. تجمع یونهای سدیم، کلر و بور همچنین باعث کاهش تولید هورمونهای ضروری گیاه و اختلالات تغذیه می گردد. شکل (۹) علائم مشخصه مسمومیت برگگی این عناصر را نشان می دهد.



شکل ۹- علائم برگگی سمیت سدیم و کلر (راست) و سمیت بور (چپ)

تشخیص تجمع یونهای سمی قبل از افزایش آنها در بافت های چوبی و برگ گیاه بسیار مهم است. اصلاح مشکلات سمیت در منطقه ریشه درختان ممکن است چندین فصل با اعمال مدیریت مناسب آبیاری طول بکشد. تجزیه خاک، آب آبیاری و برگ در تشخیص احتمال سمیت یک عنصر به ما خیلی کمک می کند. ریشه درختان پسته از نظر فیزیولوژیکی به گونه ایست که می تواند مانع جذب بیش از حد کلر و سدیم گردد. متأسفانه داده های کافی جهت جداسازی اثرات شوری بالاتر از حد آستانه تحمل درخت پسته و سمیت عناصر خاص کلر، سدیم و بور وجود ندارد. دامنه تحمل گیاهان در برابر این عناصر بسیار وسیع است. در مورد درختان پسته حد مشخصی تا کنون برای این عناصر ارائه نشده است ولی بر اساس آزمایشات مزرعه ای هیچ آثار سوختگی در طول یک فصل در مورد همه تیمارهایی که با آب آبیاری با شوری ۸ دسی زیمنس، میزان سدیم ۴۰ میلی اکسی والان بر لیتر، میزان کلر ۶۰ میلی اکسی والان بر لیتر و میزان بور ۱۱ میلی گرم بر لیتر آبیاری می شدند، مشاهده نشد. جالب این که بعد از تجزیه عصاره اشباع خاک، فقط یک چهارم این مقدار بور بصورت محلول بود. این بدان معنی است که بعضی از خاکها توانایی محبوس کردن بور و کاهش خطرات سمیت آن را دارند. بر اساس منابع موجود سطوح بحرانی بور در آب آبیاری و خاک باغ های پسته به صورت جدول (۳) پیشنهاد شده است که این مقادیر از مقاومت نسبی این گیاه در مقابل مقادیر بالای بور حکایت می کند.

جدول ۳- سطوح بحرانی بور در آب، عصاره اشباع خاک و برگ پسته (فرگوسن ۲۰۰۵)

درجات مسمومیت			اندازه گیری مقدار بور در:
خوب	رو به ازدیاد	وخیم	
<۱۰	۱۰-۲۵	>۲۵	آب (mg. L^{-1})
<۵	۵-۱۵	>۱۵	عصاره اشباع خاک (mg. L^{-1})

در صورتیکه نتایج تجزیه آب و خاک مقادیر سدیم، کلر و بور را بالاتر از این حدود را نشان داد، باید تجزیه برگ را به دقت بررسی کرد. این فقط به علت استفاده از زمان قبل از تجمع یون یا یونهای دیگری در حد سمیت در درخت می باشد. نتایج تجزیه آب و خاک کاهش و یا ثابت شدن این یونها را از نظر مقدار به ما نشان می دهند. در صورت افزایش آنها باید روش های اصلاحی مدیریت مناسب آبخویی اعمال گردد. جدول (۴) محدوده سمیت یونهای کلر و بور را در برگ نشان می دهد. در مورد

سدیم نیز همان طور که قبلاً ذکر شد از شاخصی به نام نسبت جذب سدیمی^۱ (SAR) به عنوان شاخص پتانسیل ایجاد سمیت سدیم استفاده می شود.

جدول ۴- حدود بحرانی یونهای خاص در برگ درختان پسته (نمونه برداری در اوایل مرداد ماه)

یون خاص	درجه سمیت		
	بی خطر	شروع افزایش در برگ	شدید
کلرید (%)	< ۰/۲	۰/۲-۰/۳	> ۰/۳
بور (mg/l)	< ۳۰۰	۳۰۰-۸۰۰	> ۸۰۰

عمل پراکندگی ذرات خاک به طور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم که **نسبت جذب سدیمی (SAR)** نامیده می شود، قرار دارد. مقدار SAR از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$SAR = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$$

در این فرمول غلظت های سدیم، کلسیم و منیزیم بر حسب میلی اکی والان بر لیتر (meq/L) در آب آبیاری یا محلول خاک می باشد.

برای EC های بالای ۰/۳ ds/m نیز بر اساس کارهای تحقیقاتی انجام شده یک راهنمای عمومی تهیه شده (جدول ۵ و شکل ۱۰) که می تواند جهت تشخیص احتمال بروز مشکلات نفوذپذیری در اثر تغییر در EC و SAR، مورد استفاده قرار گیرد. اغلب با افزایش شوری و کاهش SAR، استحکام خاکدانه ها، افزایش می یابد.

برای سادگی کار یک قانون سرانگشتی خوب به صورت زیر وجود دارد که در واقع مفهوم کلی جدول (۵) می باشد. یعنی زمانی که $SAR < 5 \times EC$ باشد، معمولاً مشکلات نفوذپذیری خاک در ارتباط با شوری و نوع نمکهای موجود در آب وجود نخواهد داشت.

¹ Sodium Adsorption Ratio (SAR)

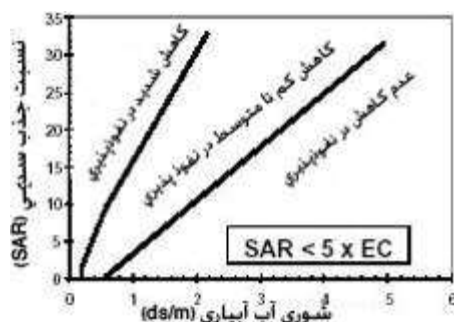
جدول ۴- بررسی احتمال بروز مشکلات نفوذپذیری

عدم احتمال بروز مشکل ECe ^۱ یا ECw ^۲	احتمال بروز مشکل ECe ^۱ یا ECw ^۲	SAR*
> ۰/۷	< ۰/۳	۰-۳
> ۱	< ۰/۴	۳/۱-۶
> ۲	< ۰/۵	۶/۱-۱۲

*نسبت جذب سدیم

۱- هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که نشان دهنده شوری خاک اشباع می باشد.

۲- هدایت الکتریکی آب آبیاری که نشان دهنده شوری آب آبیاری است.



شکل ۱۰- اثر متقابل شوری کل بصورت EC با نسبت جذب سدیمی آب آبیاری در ایجاد مشکلات نفوذپذیری خاک

مشکلات ناشی از نفوذپذیری کم خاک

- در اواسط فصل آب خاک در لایه های زیرین کاهش یافته و تغذیه کافی رطوبتی آنها حتی بعد از آبیاری های طولانی نیز انجام نمی شود.
- آب به مدت طولانی در سطح خاک باقی مانده و عبور و مرور را با مشکل مواجه می کند.
- رشد سبزینه ای و نیز میزان محصول کاهش می یابد.
- درصد خندانی کاهش می یابد.
- در اثر تهویه نامناسب خاک، احتمال وقوع بیماریهای ریشه افزایش می یابد.
- از نظر ظاهری درختان دچار زردی یکنواخت نظیر علائم کمبود آهن می گردند (شکل ۱۱).
- به علت عدم تأمین آبشویی مورد نیاز حتی در آبهای نه چندان شور نیز ممکن است علائم شوری بر روی درختان ظاهر گردد.



شکل ۱۱- نمونه زردی درختان پسته در اثر عوامل مختلفی نظیر کمبود آهن و ایجاد شرایط ماندابی و تهویه نامناسب خاک

کربنات (CO_3^{2-}) و بیکربنات (HCO_3^-)

مقدار کربنات در آب های آبیاری به خصوص آب های مناطق پسته کاری ناچیز می باشد. ولی مقدار بیکربنات اغلب قابل توجه است. مقدار این دو عنصر در آب های معمول آبیاری به ترتیب بین ۰-۰/۱ و ۰-۱۰ متغیر می باشد. اثر بیکربنات در آب آبیاری شباهت زیادی به اثر سدیم دارد به این صورت که کلسیم و گاهی منیزیم خاک به شکل رسوبات کربنات کلسیم و کربنات منیزیم از محلول خاک خارج شده و در نتیجه میزان سدیمی که در عمل تبادل با کلسیم و منیزیم تبادلی در روی ذرات فعال خاک قرار دارند، افزایش می یابد. برای بررسی احتمال بروز مشکلات ناشی از بیکربنات در آب آبیاری از پارامتر کربنات سدیم باقی مانده^۱ (RSC) که به صورت زیر محاسبه می شود، استفاده می گردد.

$$\text{RSC} = (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

که غلظت یون ها در رابطه بالا بر حسب میلی اکسی والان بر لیتر است. با استفاده از این پارامتر جدول (۶) طبقه بندی آب ها بر اساس خطر بیکربنات را نشان می دهد.

جدول ۶- طبقه بندی آب ها بر اساس میزان کربنات و بیکربنات

درجه محدودیت			پارامتر مشخصه
نامناسب	کم خطر	بی خطر	
$> 2/5$	$1/25 - 2/5$	$0 - 1/25$	RSC

¹ Residual Sodium Carbonate

ازت نیترا ته ($\text{NO}_3\text{-N}$)

رایج ترین نوع نیتروژن موجود در آب نوع نیترا ته آن می باشد که در آب های معمول آبیاری بین ۱۰-۰ میلی گرم بر لیتر متغیر است (۱ میلی گرم بر لیتر نیتروژن نیترا ته برابر با ۱ کیلوگرم نیتروژن در ۱۰۰۰ متر مکعب آب است). نوع آمونیومی آن به ندرت از ۱ میلی گرم بر لیتر تجاوز می کند، مگر اینکه کودهای آمونیومی و یا پساب به منبع آب اضافه شده باشد. بنابراین سمیت نیترا ت (NO_3^-) معمولاً موقعی اتفاق می افتد که کود از ته زیادی مورد استفاده قرار می گیرد. در کاربرد مقادیر زیاد ازت اولین اثر آن ریزش برگها می باشد. اما بعد درختان توان زیادی در رشد سبزینه ای مجدد پیدا می کنند. برگها ممکن است در اثر رشد بیش از حد حلقه ای شده و به دور خود پیچند. استفاده از تجزیه آب و خاک باعث پرهیز از استفاده بیش از حد از کود و در نتیجه افزایش راندمان عملیات مدیریتی باغ می گردد.

بیشتر آزمایشگاهها میزان ازت را به شکل نیترا ت گزارش می کنند و به فرم $\text{NO}_3\text{-N}$ یا ازت نیترا ته نوشته می شود. این مقادیر به آسانی قابل تبدیل به وزن ازت در دسترس برای تغذیه گیاه می باشد. درجه محدودیت ازت نیترا ته در آب آبیاری و آب خاک در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷- حدود بحرانی ازت نیترا ته ($\text{NO}_3\text{-N}$) در آب و خاک باغ های پسته

ازت نیترا ته ($\text{NO}_3\text{-N}$)			درجه محدودیت	
میلی گرم بر لیتر			کم	متوسط
آب آبیاری			۰-۳	۳-۱۰
عصاره اشباع خاک			۰-۱۰	۱۰-۲۰
				زیاد
				>۱۰
				>۲۰

سولفات (SO_4^{2-})

مقدار این آنیون در آب های معمول آبیاری بین ۲۰-۰ میلی اکی والان بر لیتر تغییر می کند. در آبهای مناطق پسته کاری نسبت آنیون اصلی یعنی کلر، مقدار آن ناچیز می باشد. افزایش این آنیون در این آب اگرچه شوری را افزایش می دهد ولی باعث کاهش pH آب آبیاری می گردد. ولی در مجموع جزء پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت آب آبیاری به حساب نمی آید. در مجموع وجود در آب آبیاری مناطق پسته کاری به نوعی می تواند مفید باشد چرا که با کاهش pH خاک در اطراف ریشه باعث بهبود جذب عناصر غذایی می گردد.