تفسیر نتایج آزمون خاک براساس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

نجف علی کریمیان *

چکیده

آزمون خاک عبارتست از آزمایشهای سریع شیمیائی انجام شده بر خاک به منظور ارزیابی قابلیت استفاده عناصر غذایی ضروری گیاه و تعیین مقدار کود لازم برای دستیابی به عملکرد بهینه. گرچه روشهای دیگری نیز برای ارزیابی وضعیت قابل استفاده بودن عناصر غذائی بکار می رود ولی آزمون خاک را می توان عملی ترین و مفیدترین روش برای نیل به این هدف دانست. مهمترین مزیت آزمون خاک اینست که، قبل از کشت گیاه، تصویر روشنی از وضعیت عنصر مورد نظر را در اختیارمی‌گذارد و لذا می توان با مصرف کود، به مقدار و موقع مناسب، از بروز کمبود جلوگیری و بسادگی به عملکرد بهینه دسترسی پیدا کرد.

مروری بر تاریخچه استفاده از آزمون خاک نشان می دهد که این روش در ابتدا فقط شامل اندازه‌گیری مقدار کل عنصر موجود در خاک بوده و بعدا به صورت تعیین مقدار عنصر محلول در اسید قوی و آنگاه به شکل اندازه‌گیری عنصر استخراج شده توسط اسیدها یا قلیاهای ضعیف، نمکهای خنثی، محلولهای بافر، مواد کلاته کننده، آب مقطر و رزین‌های تبادلی درآمده است. در این راه حتی از برخی روشها و دستگاههای نسبتا" پیچیده مبتنی بر کاربرد ولتاژهای الکتریکی و غیره نیز بهره گرفته شده است.

---

*- عضو هیات علمی بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

تفسیر نتایج حاصل از آزمون خاک و بعبارت دیگر ترجمه آنها به میزان مصرف کود لازم جهت دستیابی به عملکرد بهینه، همواره از مشکلات اساسی استفاده از آزمون خاک بوده است. در این مقاله، پس از ذکر تاریخچه بسیار مختصر، شواهد و مدارکی از ایران و سایر نقاط دنیا عرضه خواهد شد تا نشان داده شود که چگونه با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک نظیر بافت، عمق، رطوبت، پ‌هاش، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد کربنات کلسیم معادل، و حتی در نظر گرفتن همزمان نتایج آزمون خاک چند عنصر می توان به تفسیرهای بهتر و مطمئن‌تری از نتایج آزمون خاک برای عناصر پرمصرف و کم مصرف دست یافت.

مقدمه و تاریخچه

بشر برای ادامه حیات خود در شکل فعلی به گیاهان وابسته است و گیاهان نیز چون بطور طبیعی بیشتر عناصر غذائی مورد نیاز خود را از خاک بدست می‌آورند به نوبه خویش به خاک وابسته می‌باشند. خاکها، بدلایل متعددی، از نظر توان تامین عناصر غذائی و عرضه آنها به گیاهان، با یکدیگر متفاوتند. بنابراین لازمه تولید هرچه بیشتر مواد گیاهی، شناخت توان خاکهای مختلف از نظر تامین عناصر غذائی ضروری گیاه می‌باشد. به منظور ارزیابی توان خاکها روشهایی ابداع گردیده که از بین آنها آزمون خاک را به جرات بایستی عملی ترین و مفیدترین روش نامید(۱). نمونه‌برداری از خاک را می‌توان قبل از کشت انجام داده و سپس با توجه به نتایج آزمون خاک، نسبت به تنظیم حاصلخیزی خاک و دادن کودهای مناسب اقدام نمود.

آزمون خاک، بر طبق تعریف عبارتست از" آزمایشهای شیمیائی سریع به منظور ارزیابی قابلیت استفاده عناصر ضروری گیاه در خاک و تعیین مقدار کود لازم برای دستیابی به عملکرد بهینه". شاید بتوان سرها مفری داوی انگلیسی را اولین کسی دانست که لزوم انجام آزمون خاک را مطرح ساخته است. وی در سال ۱۸۱۳ م(۱۱۹۲ه ش) در کتاب خود تحت عنوان "اساس شیمی کشاورزی" نوشت: چون گیاهان عناصر غذائی را از خاک دریافت می‌کنند اطلاع از ترکیب شیمیائی خاک امری الزامی است. لیبیگ

آلمانی نیز در ۱۸۴۱ م (۱۲۲۰ ه ش)در کتاب خود به نام "شیمی آلی و کاربرد آن در کشاورزی و فیزیولوژی "نوشت : به عنوان یک اصل اساسی در زراعت ،هرچه را از خاک بر می‌داریم باید به طور کامل به آن پس دهیم. به همین دلیل پیروان مکتب لیبیگ ، با اندازه‌گیری مقدار کل عناصر در خاک و گیاه ، مقدار عناصر برداشتی گیاه از خاک را تعیین و بر اساس آن فرمولهای کودی توصیه می‌کردند (ع۱۷و۱۹)اندازه‌گیری مقدار کل مواد غذائی در این زمان معمولا" به طریق ذوب در کربنات سدیم انجام می‌شد.البته بعدها درباره ارزش این نوع آزمایشها ایجاد شک و تردید شد.هیلکارد، با اعتقاد به اینکه مواد غذائی در خاکها از زئولیت سرچشمه می‌گیرند، آنها را توسط حل خاکها در اسیدهای قوی اندازه‌گیری می کرد. با معلوم شدن این موضوع که عناصر غذائی در خاک در واقع به شکل قابل تبادل نگهداری می‌شوند، استفاده از نمکهای خنثی برای استخراج عناصر غذائی آغاز شد. از طرف دیگر دایر انگلیسی در ۱۸۹۴م(۱۲۷۳ ه ش) به منظور تقلید از خاصیت عصاره‌گیری ریشه گیاه اسید ضعیفی مثل محلول اسید سیتریک را به عنوان عصاره‌گیر عناصر غذائی پیشنهاد کرد اما مورگان محلول با فر شده استات سدیم را بدین منظور مناسب تشخیص داد. محلول اخیر بطور وسیعی به کار گرفته شد(ع۱۷). در چند سال اخیر مواد کلاته کننده‌ای نظیر ای دی تی ا و دی تی پی ا برای عصاره گیری عناصر غذائی بکار رفته است.آب مقطر در دمای معمول اطاق یا در دماهای بالاتر نیز از جمله عصاره‌گیرهای بکار رفته می‌باشد. دو روش کاملا" متفاوت با روشهای مذکور در بالا نیز در سالهای اخیر رواج پیدا کرده‌اند که یکی به روش رزین تبادلی (کاتیونی با آنیونی) و دیگری به روش ای یو اف موسوم گردیده است. در اولی رزین مناسبی با تعلیق خاک و آب در تماس قرار داده می شود تا عنصر مورد نظر را جذب سطحی خود ساخته و آنرا از خاک جدا سازد. در دومی تعلیق خاک و آب تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار می‌گیرد تا کاتیونها به طرف قطب منفی و آنیونها به سمت قطب مثبت مهاجرت نموده و با استفاده از نیروی پمپ خلاء و عبور از فیلترهای معین از خاک جدا شوند.

مهمترین نکته در استفاده از یک آزمون خاک معین امکان تفسیر پذیری آنست و این بدان معنی است که آزمون با پاسخ گیاه همبسته شده

باشد به طوریکه بتوان عملکرد (مطلق یا نسبی)، غلظت عنصر در بافت مورد نظر،کل مقدار عنصر جذب شده، و نهایتا" مقدار کود لازم برای رسیدن به پاسخ بهینه را به طور قابل قبولی پیش بینی کرد. گاهی نیز منظور از تفسیر پذیر بودن یک آزمون خاک آنست که بتوان به کمک نتایج آن خاکها را به گروههای دارای کمبود، بدون کمبود و حد واسط دسته‌بندی کرد. آزمون خاک هنگامی با ارزش است که به طور کمّی با پاسخهای گیاه همبسته شده و روابط لازم برای پیش بینی پاسخهای گیاه در دسترس باشد. واضح است که هر چه این روابط از نظر آماری از قدرت پیش بینی بیشتری برخوردار باشند مطلوبترند. در صورت عدم وجود چنین روابطی آن آزمون را بایستی فقط یک آزمایش ساده تعیین خصوصیات شیمیائی دانست.

دو دیدگاه عمده در تفسیر نتایج آزمون خاک رایج است یکی استفاده از نسبت اشباع کاتیونهای بازی ("ناک") و دیگری استفاده از سطح بسندگی مواد غذائی قابل استفاده ("سب") (۹).ناک بر این فرض استوار است که حداکثر عملکرد یک گیاه هنگامی حاصل می شود که نسبت ایده آلی بین کلسیم، منیزیم، پتاسیم، و هیدرژن (اسیدیته) خاک برقرار باشد.البته امروزه به جای یک نسبت ایده آل محبت از دامنه ایده آل برای هر یک از عناصر مذکور می شود. این دامنه ایده آل که بر حسب درجه اشباع (نسبت به ظرفیت تبادل کاتیونی خاک) بیان می شود برای کلسیم ۶۵ تا ۸۵، برای منیزیم ۶ تا ۱۲،برای پتاسیم۲ تا ۵ و برای هیدرژن حداکثر ۲۷ درصد است. تفسیر براساس دیدگاه ناک در مناطقی بهتر کارمی کند که خاکها به شدت هوا دیده بوده و دارای ظرفیت تبادل کاتیونی کم و بافت متوسط تا درشت باشند.چنانکه ملاحظه می‌شود در این دیدگاه ازت، فسفر، و عناصر کم مصرف مستقیما" مورد نظر قرار نمی گیرند. دیدگاه سب براساس معادله میچرلیخ ($dy/dx=(A-y)c$)استوار می‌باشد. به عبارت دیگر در این دیدگاه فرض می شود که:"افزایش عملکرد به ازاء واحد عنصر غذایی هر قدر که مقدار عملکرد به حداکثر ممکن خود نزدیکتر گردد کمترمی‌شود." در عمل معادله بکار رفته به صورت

$$Log(100-Y)=2-C_1 x_1-C_2x_2 \qquad (1)$$

می باشد که در آن Y عملکرد نسبی (درصد عملکرد نسبت به حداکثر عملکرد ممکن)، x_1 غلظت عنصر در خاک (سطح آزمون خاک)، x_2 میزان عنصر بکار رفته (کود مصرفی) و c_1 و c_2 ضرایب ثابت مربوط به بازده عنصر و کود است. در دیدگاه سب برای هر عنصر غذایی غلظتی بنام "سطح بحرانی" تعریف می شود. چنانچه غلظت عنصر در خاکی (سطح آزمون خاک) از سطح بحرانی مربوطه کمترباشد آن خاک دارای کمبود درجه‌بندی می‌شود. دیدگاه سب در مناطقی بهتر کار می کند که سطح حاصلخیزی خاک بالا و نسبتا" متعادل بوده و فقط از نظر یک عنصر دارای کمبود است.

گرچه هر یک از دیدگاههای دوگانه ناک وسب دارای طرفدارانی بوده و شواهد کافی دال بر صادق بودن آنها در شرایط خاص موجود است ولی نتایج تجربیات متعددی نیز نشان می دهد که در بیشتر مواقع تلفیقی از این دو دیدگاه بهتر کار می‌کند تا هر یک به تنهایی. در دیدگاه تلفیقی مبنای تفسیر نتایج و درجه بندی خاکها در واقع همان روش سب می‌باشد که خصوصیات خاک (فیزیکی و یا شیمیایی) به نحوی در آن وارد شده است. ذیلا" سعی می شود با ذکر چند مثال در مورد عناصر پرمصرف و کم مصرف این موضوع روشنتر گردد.

الف - ازت

مرکز بین‌المللی پژوهشهای کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا)، براساس نتایج پژوهشهای چندین ساله در کشورهای غرب آسیا و شمال افریقا، سطح بحرانی ازت برای گندم و جو را ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت نیتراتی در لایه ۶۰-۰ سانتیمتری رویی خاک می‌داند اما پژوهشگران همین مرکز اثر رطوبت خاک بر پاسخ گیاه به سطح معینی از ازت خاک و نیز اثر آن بر میزان کود ازته لازم را گوشزد می کنند (۱۶). در برخی ایالتهای امریکا نتیجه آزمون ازت خاک را همراه با رطوبت موجود در عمق خاک (تا عمق ۱۸۰ سانتیمتری) برای پیش بینی عملکرد گندم به کار می گیرند (۱۸). کریمیان ویشربی (۲) در آزمایشی با ۱۴ خاک زیر سد درودزن چنین نتیجه‌گیری می کنند که گرچه استفاده از ازت معدنی شونده با اسید سولفوریک خاک به تنهایی قادر به پیش بینی ۷۳ درصد تغییرات در

عملکرد نسبی ذرت می‌باشد ولی چنانچه در معادله مربوطه پ هاش خاک نیز وارد شود قدرت پیش بینی به ۸۳ درصد می‌رسد.

ب - فسفر

بیتز (۴) پس از مقایسه ۵ روش آزمون خاک فسفر در ۸۸ خاک اونتاریو کانادا گزارش داد که ضریب R^2 بین فسفر قابل جذب ذرت و فسفر خاک اندازه‌گیری شده با روش اولسن به تنهایی معادل ۰/۷۴ بوده ولی وارد کردن پ هاش در معادله مربوطه این ضریب را به ۰/۸۰ افزایش داد. این افزایش در مورد روش بری ۱ چشمگیر بود بطوریکه ضریب R^2 از ۰/۵۴ به ۰/۷۰ رسید. کوپ واوانز (۶)پس از مروری بر روشهای آزمون خاک نتیجه‌گیری کردند که خاکهای دارای زس و ماده آلی بیشتر، مقدار فسفر کمتری را در تماس با محلولهای شیمیایی آزاد می کنند لذا خاکها را بر اساس ظرفیت تبادل کاتیونی به دو دسته کمتر از۹ و بیشتر از ۹ میلی‌اکی والان بر صد گرم تقسیم کرده و دو سطح بحرانی مختلف را برای آنها پیشنهاد کردند. کریمیان و قنبری (۱۴) پس از مطالعه روشهای مختلف آزمون خاک فسفر در اراضی زیر سد درودزن، استفاده از روش اولسن را برای پیش بینی عملکرد نسبی توصیه کردند. وارد کردن پ هاش در معادله مربوطه قدرت پیش‌بینی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای بهبود می بخشد.

ج - پتاسیم

آزمایشگاه آزمون خاک آلاباما آمریکا، هنگام توصیه کود پتاسیمی، خاکها را براساس ظرفیت تبادل کاتیونی به سه گروه به شرح زیر تقسیم می‌کند (۶):

۱- خاکهای درشت بافت با ظرفیت تبادل کاتیونی کمتر از ۴/۵ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم.
۲- خاکهای متوسط بافت با ظرفیت تبادل کاتیونی بین ۴/۵ تا ۹ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم.

۳- خاکهای ریز بافت با ظرفیت تبادل کاتیونی بیش از ۹ میلی اکسی والان در ۱۰۰ گرم.

علت این تقسیم‌بندی آنست که مثلاً" برای رسیدن به ۹۰ درصد عملکرد نسبی پنبه در خاکهای فوق، به ترتیب به ۴۰، ۶۰، ۸۰ قسمت در میلیون پتاسیم نیاز می‌باشد.

د- عناصر کم مصرف

وارد کردن خصوصیات خاک در تفسیر آزمون خاک عناصر کم مصرف، به منظور بهبود یافتن قدرت پیش بینی،مخصوصا" بسیار مفید بوده است. کریمیان (۱۰)، گزارش داد که در معادله پیش بینی عملکرد نومی لوبیا، علاوه بر سطح آزمون های خاک فسفر و روی بایستی از پ ها ش خاک نیز استفاده کرد. مفتون و کریمیان (۱۵)، پس از مقایسه تاثیر منابع مختلف روی بر رشد و مقدار جذب روی توسط گیاه ذرت در دو خاک شور و غیر شور حوالی شیراز گزارش دادندکه گرچه سطح آزمون روی در هر دو خاک یکسان بوده ولی استعمال سکوسترین روی در خاک شور موثرتر از خاک غیر شور بوده است. درجه وکریمیان (۸) نیز ملاحظه کردند که اضافه کردن خصوصیات خاک به سطح آزمون روی در معادلات مربوطه سبب افزایش قدرت پیش بینی پاسخ گیاه می گردد. یثربی (۳) در آزمایشی با ۲۰ خاک از اراضی زیر سد درودزن استان فارس، فرمهای شیمیایی روی بومی و باقیمانده از استعمال قبلی آنرا مورد مطالعه قرار داد. وی مشاهده کرد که عصاره پذیری روی بومی خاکها همبستگی بسیار معنی داری با خصوصیات آنها از قبیل درصد رس، پ هاش و ظرفیت تبادل کاتیونی دارد. علاوه بر آن وارد کردن این خصوصیات در معادله‌های مربوط به رشد ذرت و جذب روی توسط آن، قدرت پیش بینی را به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد. برنان (۵)، پس از مطالعه ۳۶ خاک جنوب غربی استرالیا، مشاهده کرد که سطح بحرانی روی در این خاکها تابعی از پ ها ش، درصد رس، و درصد کربن آلی بوده و در این رابطه معادله‌ای با شرکت خصوصیات مذکور ارائه دادند که دارای قدرت پیش بینی معادل ۸۸ درصد بود. کریمیان و کاکس (۱۲ و ۱۳) گزارش

دادند که مولیبدن قابل عصاره‌گیری توسط رزین آنیونی همبستگی بسیار معنی داری با پ ها ش خاک دارد و وارد کردن مقدار اکسید آهن خاکها در معادله، قدرت پیش بینی آنرا به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد. آنان بر این اساس معادله‌هایی را برای پیش بینی عملکرد نسبی و غلظت مولیبدن در گیاه پیشنهاد کردند. رابطه بین مولیبدن قابل استفاده و پ‌هاش خاک بقدری محرز و مسلم می‌باشدکه برخی از پژوهشگران برای ارزیابی وضعیت مولیبدن خاکها از کمیتی قراردادی استفاده می‌کنند که مساوی حاصل جمع پ هاش خاک و ده برابر سطح آزمون خاک مولیبدن (برحسب قسمت در میلیون)می باشد. چنانچه این کمیت از ۶/۲ بیشتر باشد خاک بعنوان کمبود درجه‌بندی می شود (۱۱). کاکس (۷) در مروری بر روشهای معمول آزمون خاک عناصر کم مصرف به این نتیجه رسید که در روابط بین غلظت در گیاه و سطح آزمون بور، مس، منگنز، مولیبدن، و روی خاک، وارد کردن خصوصیات خاک سبب افزایش ضریب همبستگی می‌شود (جدول ۱).

جدول۱- تاثیر خصوصیات خاک بر ضریب همبستگی بین غلظت عناصردر گیاه و سطح آزمون خاک.

عنصر غذائی	ضریب همبستگی		خصوصیات خاک وارد شده
	تنها	همراه با خصوصیات خاک	
بور	۰/۷۴	۰/۸۳	ظرفیت تبادل کاتیونی
مس	۰/۶۶	۰/۷۳	ماده آلی
منگنز	۰/۰۴	۰/۵۹	پ‌هاش
مولیبدن	۰/۲۵	۰/۷۰	پ‌هاش
روی	۰/۶۷	۰/۷۱	پ‌هاش

شواهد متعدد دیگری را می‌توان از کارهای گزارش شده در این زمینه ارائه داد که در آنها استفاده از خصوصیات خاک تفسیر بهتری را از آزمون خاک باعث گردیده است. اما در اینجا، به منظور جلوگیری از اطاله کلام، از ذکر شواهد بیشتر خودداری می‌شود. هدف این مقاله تنها اشاره‌ای به این مطلب مهم بوده تا نظر همکاران و خوانندگان عزیز به آن جلب شود و به هیچ وجه انجام مرور کاملی بر موضوع مورد نظر نبوده است.

در پایان، به عنوان نتیجه‌گیری، می‌توان گفت با توجه به این حقیقت که نگهداری و آزادسازی عناصر غذائی توسط خاک، و نیز جذب توسط گیاه تابعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد، بسیار منطقی است که در تفسیر نتایج آزمون خاک به در نظر گرفتن سطح آزمون خاک عنصر مورد نظر بسنده نشده و خصوصیاتی از قبیل درصد رس، پ ها ش ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و حتی سطح آزمون خاک سایر عناصر نیز در این تفسیر ملحوظ گردد. امروزه، با توجه به دسترسی پژوهشگران کشور عزیزمان به کامپیوترهای مجهز به نرم افزارهای آماری پیشرفته، ایجاد معادله‌ها و مدلهای مناسب که علاوه بر سطح آزمون خاک شامل خصوصیات خاک نیز باشد بسیار آسان است. لذا توصیه می‌شود همکاران ارجمند از این خصوصیات نیزبرای بهبود قدرت تفسیرآزمون خاک حداکثر بهره‌برداری را بعمل آورند.

6.Cope, J.T. and C. E. Evans. 1985.Soil Testing. In: B.A. Stewart (ed.) Advances in Soil Sci., Springer Verlag, Berlin, Germany.1:201-228.

7.Cox, F.R.1987. Micronutrient Soil tests. In: J.R. Brown (ed.). Soil testing:sampling, correlation, calibration, and interpretation. SSSA special publication no.21.Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, WI. pp.97-117.

8.Darjeh, Z.,N.Karimian, M.Maftoun, A. Abtahi, and K. Razmi. 1991. Correlation of five Zn extractants with plant responses on highly calcareous soils of Doroodzan Dam area, Iran. Iran Agric. Res. 10: (29-45).

9.Eckert, D.J.1987.Soil test interpretation: basic cation saturation ratios and sufficiency levels. In:J.R. Brown (ed.). Soil testing: sampling, correlation, calibration,and interpretation. SSSA Special Publication no. 21. Soil Sci. Soc. Am.Inc.,Madison, WI. pp. 53-64.

10.Karimian, N. 1970. Effect of phosphorus, and water-extractable zinc of soil on plant growth and zinc absorption. Unpublished M.S. thesis, Texas A&M University, College Station, TX.

11.Karimian, N. 1977. Molybdenum extractability, adsorption, and availability in selected North Carolina Soils. Ph. D. thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC. (Diss. Abst.Int. 38:7).

12.Karimian, N.,and F.R. Cox. 1978. Adsorption and extractability of molybdenum in relation to some chemical properties of soil. Soil Sci. Soc.Am.J.42:757-761.

13.Karimian, N., and F.R. Cox.1979. Molybdenum availability as predicted from selected soil chemical properties.Agron.J.71:63-65.

14.Karimian, N., and A. Ghanbari. 1990. Evaluation of different extractants for prediction of plant response to applied p fertilizers in highly calcareous soils. Abst. 10th World Fert.Cong. CIEC 21-27 Oct. 1990, Nicosia, Cyprus p.25.

15.Maftoun, M., and N. Karimian.1989. Relative efficiency of two zinc sources for maize (Zea mays L.) in two calcareous soils from an arid area of Iran. Agronomie 9:771-775.

16.Matar, A.P.N.Soltanpour, and A. Chouinard (ed).1987. Soil test calibration in West Asia and North Africa. Proc. 2nd Regional Workshop, Ankara, Turkey 1-6 Sep.1987.ICARDA, Aleppo, Syria.

17.Melsted, S.W., and T.R. Peck. 1973. The Principles of soil testing. In: L.M. Walsh and J.D. Beaton (ed.).Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc.Am., Inc., Madison WI pp.13-21.

18.Smith, C,M.1977. Interpreting nitrogen soil tests: sample depth, soil water, and crops. In:M. Stelly (ed.).Soil testing: correlating and interpreting the analytical results. ASA Special Publication no. 29. Am. Soc. Agron., Madison, WI.pp.85-98.

19.Tisdale, S. L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. Macmillan publishing Co., New York, NY. pp.10-12.