آزمون خاک و توصیه های کودی

سلمان میرزائی |
دانش آموخته دکتری خاکشناسی، مسئول بخش تغذیه گیاه شرکت ملی کشت و صنعت و دامپروری پارس

آزمون خاک اهمیت زیادی در شناسایی و مدیریت برخی ویژگی های خاک و تولید محصولات کشاورزی دارد. نتایج آزمون خاک یک نوع پیش آگاهی درباره وضعیت ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بوده و در حقیقت ابزار لازم برای توصیه های کودی می باشد. از این‌رو، هدف از این مقاله، مروری بر نمونه برداری خاک، آنالیز خاک و نیز توصیه های کودی است.

کلمات کلیدی: آنالیز خاک، توصیه کودی، نمونه برداری خاک.

"مقدمه

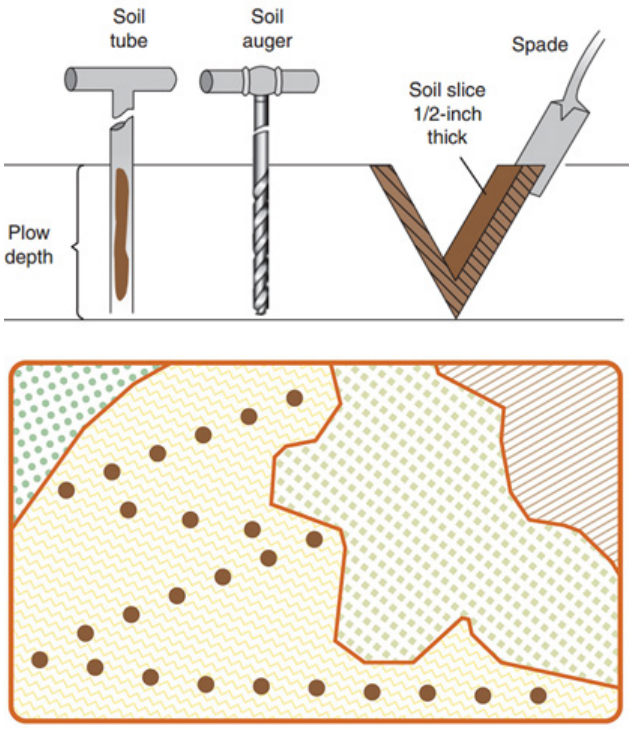
خاک (Soil) مخلوطی از گازها، مایعات، مواد آلی، مواد معدنی و ارگانیسم ها می باشد. به طور کلی، آزمون خاک شامل مجموعه ای از آنالیزهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی جهت تعیین کیفیت خاک است و اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک ها و نیز قابلیت دسترسی عناصر غذایی جهت تغذیه گیاهان ارائه می نماید. با نمونه‌برداری، آنالیز و تفسیر درست آزمون خاک می توان تخریب خاک و از بین رفتن حاصلخیزی و توان باروری خاک را به حداقل رساند.

"روش نمونه برداری از خاک
Method of soil sampling

تهیه نمونه خاکی که نماینده واقعی مزرعه باشد، کلید آزمون خاک است. از این‌رو، روش و چگونگی نمونه برداری به‌منظور تهیه نمونه خاکی که نماینده واقعی مزرعه باشد، بسیار مهم است. بنابراین، قبل از شروع نمونه برداری لازم است که قطعه مورد نظر جهت نمونه برداری به لحاظ تغییرات توپوگرافی، مدیریت زراعی و باغی و تیپ خاک مورد تجزیه و تحلیل دقیق قرار گیرد. قطعات زراعی و باغی که ویژگی های توپوگرافی مانند درجه شیب و تیپ خاک (همچون مشاهده تغییرات بارز در اندازه ذرات خاک) متفاوت دارند، جهت تفسیر دقیق تر می بایست به طور جداگانه نمونه‌برداری شوند. همچنین، مدیریت زراعی و باغی مانند نوع آبیاری، نوع زراعت، تاریخچه و روش کوددهی تاثیر زیادی در تهیه یک نماینده واقعی از خاک دارد. از خاک‌های نزدیک به ساختمان‌ها و جاده‌ها و نیز خاک های اطراف پرچین‌ها و کانال های آبیاری قطعات زراعی و باغ نباید نمونه‌برداری کرد. البته در شرایط خاص و با اصرار کشاورز می توان یک نمونه جداگانه از این مناطق انجام داد. علاوه بر این قطعاتی که دارای مدیریت متفاوت مصرف کودهای شیمیایی هستند نیز بایستی جداگانه نمونه‌برداری شوند.

به‌منظور تهیه نمونه خاک برای هر قطعه زراعی و باغی با شرایط محیطی یکسان، حداقل ۱۰ نمونه به طور تصادفی از کل قطعه تهیه شود. قبل از نمونه‌برداری، ابتدا مواد آلی مانند مالچ‌ها، برگ‌ها و سایر نخاله‌ها از سطح خاک برداشته و دور ریخته شوند. عمق نمونه‌برداری برای زراعت از صفر-۳۰ سانتی متر و برای درختان باغی از صفر-۳۰ سانتی‌متر و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر در حاشیه بیرونی درخت (آب‌چکان درخت) است.

اُگرهای نمونه‌برداری که از جنس استیل یا کروم روکش‌دار ساخته شده‌اند، مناسب ترین ابزار جهت نمونه برداری خاک می‌باشند. در صورتی که اُگر در دسترس نباشد از بیل یا بیلچه باغبانی استفاده شده و یک بخش V شکل از خاک برداشته و یک برش حدود ۲ سانتی‌متری از کناره حفره V شکل تهیه می‌گردد، سپس خاک به همان صورت به داخل حفره برگردانده می‌شود. در مرحله بعد، هر یک از نمونه‌های ساده (Subsample) را به طور جداگانه در یک کیسه پلاستیکی تمیز ریخته و به‌طور کامل هم می‌زنیم و از هر نمونه ساده، ۱۰۰ الی ۲۰۰ گرم در یک کیسه نایلونی بزرگ‌تر ریخته و سپس کاملاً مخلوط می‌کنیم تا یک نمونه مرکب که نماینده خاک قطعه مورد نظر است، حاصل شود. نکته بسیار مهم بعد از این مرحله، کددهی، نام گذاری و ثبت دقیق مشخصات موقعیت مکانی نمونه است.



شکل ۱. روش نمونه برداری از خاک

"زمان نمونه برداری از خاک
Time of soil sampling

معمولاً نمونه‌برداری از خاک درسیستم‌های زراعی یک ماه قبل از کاشت (برای گیاهان زراعی پاییزه اوایل شهریور و بهاره در اواسط اسفند) انجام می گیرد. نمونه‌برداری برای باغ‌ها نیز از اواخر فصل تابستان (شهریور) تا اواخر مهر، قبل از کوددهی پاییزه یا در اواخر فصل زمستان و اوایل بهار، قبل از شروع کوددهی فصل زراعی جدید توصیه می شود. زمان نمونه‌برداری در بعضی شرایط و با توجه به هدف از آنالیز خاک می‌تواند تغییر کند. لازم به توضیح است که میزان رطوبت خاک اهمیت زیادی در زمان نمونه برداری از خاک دارد. به لحاظ رطوبت، مناسب‌ترین زمان برای نمونه‌برداری ، زمانی است که رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (رطوبت مناسب شخم زدن) باشد.

"خطاها در نمونه برداری از خاک
Errors in soil sampling

از جمله مواردی که در نمونه برداری از خاک حائز اهمیت بوده و عدم توجه به آن منجر به خطای آزمون خاک، نتایج نادرست و توصیه کودی نامناسب می‌گردد عبارتند از:

۱- از عمق نامناسب و خارج از محیط ریشه نمونه برداری انجام گیرد.
۲- نمونه های خاکی با شرایط توپوگرافی، مدیریت زراعی و یا تیپ‌های خاکی متفاوت با یکدیگر مخلوط شود.
۳- تعداد نمونه‌های ساده گرفته شده از یک قطعه برای تهیه یک نمونه مرکب کافی نباشد.
۴- مواد آلی سطحی خاک، باقی مانده های بقایایی گیاهی و یا سایر مواد غیر خاکی قبل از نمونه‌برداری از سطح خاک برطرف نشود.
۵- مصرف کود یا مواد دیگر در خاک قبل از نمونه‌برداری (به طوری که زمان کافی برای ترکیب شدن این مواد با خاک وجود نداشته باشد).
۶- از ظروف و یا وسایل نمونه‌گیری آلوده استفاده شود.

"آنالیز خاک
Soil analysis

نمونه های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا هوا خشک می شود. هوا خشک نمودن خاک به دلیل ثبات رطوبت و کاهش فعالیت بیولوژیکی طی مدت نگهداری نمونه، الک کردن و جابه‌جایی راحت‌تر نمونه‌ها حائز اهمیت می‌باشد. پس از این مرحله، آنالیزها اغلب بر روی بخش نرم خاک (ذرات کوچکتر از ۲ میلی متر) انجام می شوند. در آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک از روش های استاندارد استفاده می‌شود که عبارتند از:

جهت اندازه گیری رطوبت خاک از روش وزنی در حالت آون-خشک
بافت خاک از روش هیدرومتر یا روش پیپت
جرم مخصوص ظاهری (توده) خاک از روش استوانه فلزی
مواد آلی خاک از روش اکسیداسیون تر (روش والکلی-بلک) و یا سوزاندن در کوره
اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل خاک از روش تیتراسیون برگشتی
واکنش (pH) خاک با دستگاه pH متر
هدایت الکتریکی (EC) با دستگاه EC متر
اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک از روش کجلدال
استخراج کلسیم، منیزیم و پتاسیم قابل جذب از عصاره گیر استات آمونیوم یک نرمال با pH=۷
استخراج فسفر قابل دسترس از عصاره گیر بی‌کربنات سدیم (روش السن)
استخراج سولفات از عصاره گیر مونو کلسیم فسفات
استخراج بور از عصاره گیر آب داغ
استخراج آهن، منگنز، روی و مس از عصاره گیر دی‌تی‌پی‌ای (DTPA)

در این راستا، لازم به ذکر است که قدرت استخراج عصاره‌گیرها متفاوت بوده و این امکان وجود دارد که همه آزمایشگاه‌ها از عصاره‌گیر یکسانی استفاده نکنند. مقدار عناصر استخراج شده با عصاره‌گیرهای متفاوت از یک نمونه خاک، با هم قابل مقایسه نخواهد بود. بنابراین، مهم است از یک آزمایشگاه خاک محلی جهت آنالیز خاک استفاده شود.

در نهایت بر اساس هدف مدنظر برای آنالیز یک نمونه خاک، آزمایشگاه مطابق روش های استاندارد اقدام به تجزیه نمونه ها می‌نماید. نمونه ای از گزارش نتایج آنالیز خاک در شکل ۲ ارائه گردیده است. لازم به ذکر است، آنالیز نمونه خاک تهیه شده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر با هدف کاشت ذرت دانه ای با عملکرد مورد انتظار ۱۲ $ton\ ha^{-1}$ انجام گرفته و نمونه خاک تهیه شده متعلق به دشت مغان واقع در شمال استان اردبیل می باشد.

Soil analysis

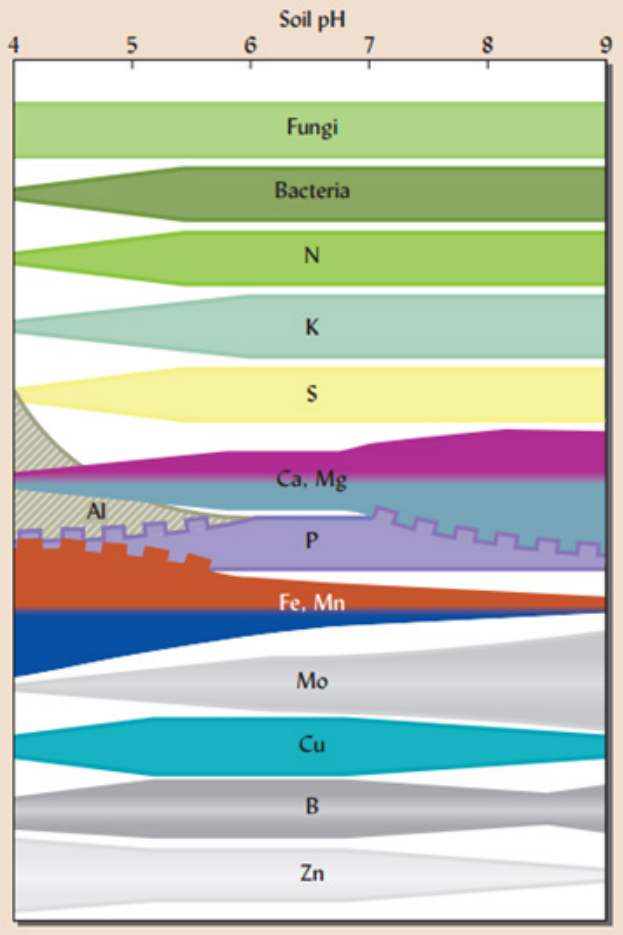
Survey No: 2	**Field No**: B2	**Date**: 11/20/2020	**Co-ordinates(Lat/Long)**: 39° 25′ 58″ 48° 7′ 53″
Soil type:.....	**Horizon**: A	**Depth (cm)**: 0 - 30	**Locality**: Jafarabad-.....
Previous Crop: Colza	**Irrigation type**: Furrow	**Fertilizer History**:.....	**Crop to be Grown**: Corn **Yield Goal**: 12 ton/ha

Soil factors		Descriptions
Sand (%)	33.0	برای دستیابی به ۱۲ تن ذرت در هکتار نیاز به تغذیه زیر می‌باشد:
Clay (%)	30.0	بذرمال کود زینک پاور به میزان 1kg/200 kg.Seed و کود اسید هیومیک به میزان 1kg/100 kg.Seed
Silt (%)	37.0	کود سولفات روی گرانول به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پیش کاشت
Soil texture class	Clay loam	نیتروژن کل خاک: ۵۰ کیلوگرم اوره به صورت پیش کاشت و ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در
BD (g/cm^3)	1.20	سرک اول و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در سرک دوم)
pH	7.81	فسفر: ۱۴۳ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به صورت پیش کاشت
EC (dS/m)	1.45	اسید هیومیک به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار بعد از سبز شدن در اولین آبیاری
CCE (%)	14.16	محلول‌پاشی کود 20-20-20+ME به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار و کود حاوی عناصر ریزمغذی به میزان یک کیلوگرم
OC (%)	0.79	در هکتار در مرحله رشدی ۴ تا ۶ برگی
N (%)	0.08	محلول‌پاشی کود 20-20-20+ME به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار، کود اسید آمینه به میزان یک لیتر در هکتار و کود
Available P (ppm)	9.00	حاوی عناصر ریزمغذی به میزان یک کیلوگرم در هکتار در مرحله رشدی ۸ تا ۱۰ برگی (قبل از ظهور گل نر)
Exchangeable K (ppm)	350.41	محلول پاشی کود 12-12-36+ME به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار در مرحله دانه‌بندی
Fe (ppm)	11.58	به گفته زارع امکان کوددهی حیوانی وجود ندارد.
Zn (ppm)	0.73	
Cu (ppm)	1.52	
Mn (ppm)	8.00	

شکل ۲. نمونه ای از نتایج آزمون خاک و توصیه های کودی

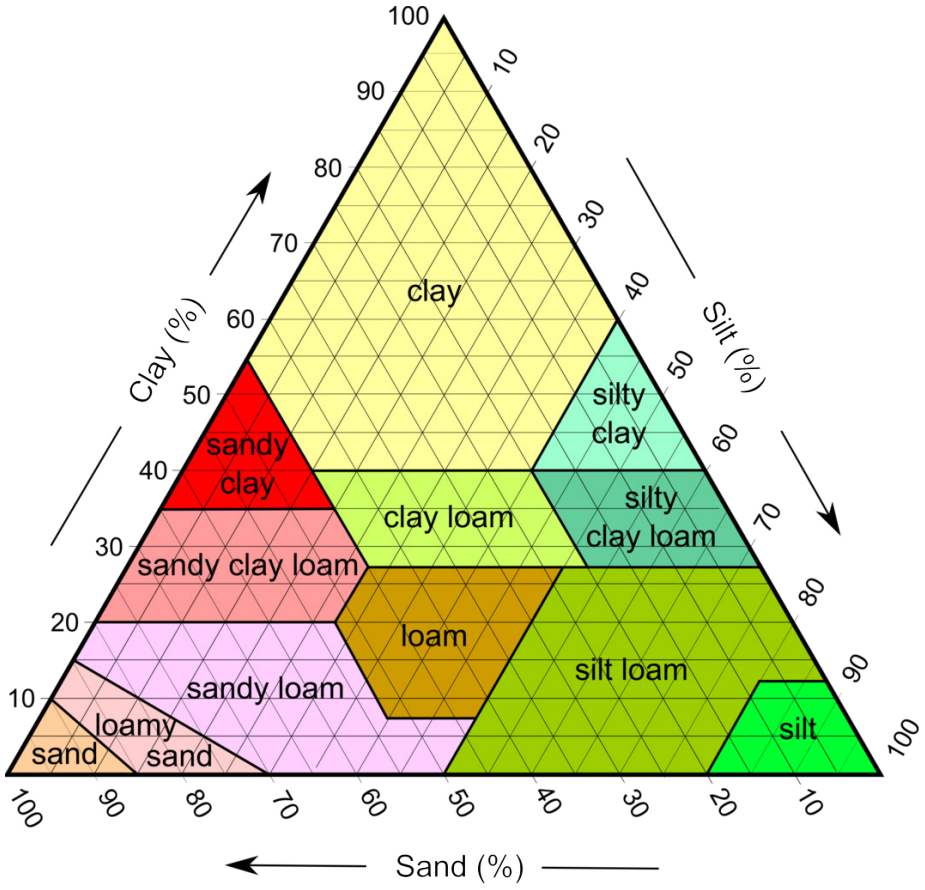
"تفسیر نتایج آزمون خاک

عامل محدود کننده رشد (Limiting factor of growth) اولین بار توسط ون لیبیک شیمی دان مشهور آلمانی به صورت "عملکرد محصول از سطحی که به‌وسیله کمترین مقدار عامل رشد در مقایسه با بهینه مقدار آن عامل تعیین می گردد تجاوز نخواهد کرد" تعریف شد. عامل رشد چه دما، چه نیتروژن و یا میزان آب باشد، میزان رشد ممکن را محدود خواهد کرد. لذا، در تفسیر نتایج آزمون خاک لازم است که حد بهینه ویژگی های خاک برای رشد یک گیاه خاص و با توجه به شرایط حاکم بر منطقه مدنظر قرار گیرد. برای مثال، یکی از مهم‌ترین ویژگی های خاک که در برنامه آزمون خاک اندازه‌گیری می‌شود، واکنش (pH) خاک است. زیرا pH خاک، بر قابلیت استفاده عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف قابل جذب خاک توسط گیاه اثر می‌گذارد. بنابراین، با تعیین pH خاک می توان به فرم های غالب و قابل جذب عناصر غذایی در خاک پی برد (شکل ۳).



شکل ۳. حلالیت عناصر غذایی با توجه به pH خاک

خاک ها از نظر بافت خاک به سه دسته با بافت سبک، متوسط و سنگین تقسیم می شوند. بافت های سبک شامل شن، شنی لومی و لوم شنی؛ بافت های متوسط شامل لوم، لوم سیلتی، سیلتی و لوم رسی شنی؛ بافت های سنگین شامل رسی شنی، رسی سیلتی، لومی رسی، لوم رسی سیلتی و رسی می باشد (شکل ۴). بافت خاک می تواند راهنمای خوبی جهت تشخیص وضعیت تخلخل خاک، نفوذپذیری خاک، زهکشی خاک، ظرفیت نگهداری آب و نیز عناصر غذایی در خاک باشد.



شکل ۴. مثلث بافت خاک USDA

"توصیه های کودی

توصیه های کودی، دانش عملی در مورد گیاهان مورد کشت، ویژگی های خاک و سایر شرایط محیطی را مدنظر قرار می دهند. سابقه مدیریت، بازدید ها و مشاهدات صحرایی در تعیین ارتباط اطلاعات آزمون خاک با مصرف کود به کارشناس فنی جهت توصیه های کودی کمک زیادی می کند. تفسیر نتایج آزمون خاک به‌وسیله کارشناس فنی و باتجربه، که به طور کامل اصول علمی مهم در عملیات معمول مزرعه ای را درک می کند، به خوبی قابل انجام است. نمونه ای از توصیه های کودی برای کاشت ذرت دانه ای در دشت مغان در شکل (۲) ارائه شده است.

لازم به ذکر است، محاسبه جرم یک هکتار خاک در عمق خاصی از سطح خاک مثلا عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر به‌منظور توصیه کودی برای کاشت گیاهان زراعی، ضرورت دارد. در این راستا، معمولاً آزمایشگاه¬های خاک اقدام به اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری (توده) خاک کرده و به صورت زیر جرم یک هکتار خاک را به‌عنوان مثال برای عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر محاسبه می کنند. روش محاسبه جرم یک هکتار خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر با جرم مخصوص ظاهری (توده) خاک برابر ۱/۲ کیلوگرم بر سانتی متر مکعب و یا ۱۲۰۰ گرم بر سانتی متر مکعب به شرح ذیل است (شکل ۲):

$$\rho = {}^{m}/_{v} \rightarrow 1200 = {}^{m}/_{(100 \times 100 \times 0.3)} \rightarrow m = 3600000Kg$$

افزون بر این، جهت محاسبه نیاز کودی برای یک گیاه خاص (در اینجا گیاه ذرت)، آگاهی از حد بهینه عناصر غذایی موجود در خاک منطقه (در تحقیق حاضر دشت مغان) با توجه به شرایط اقلیمی و محلی حاکم بر تولید آن گیاه جهت نیل به عملکرد مورد انتظار، ضروری است. حد بهینه عناصر غذایی در خاک برای گیاه ذرت در دشت مغان در جدول ۱ برای عناصر پرمصرف و کم مصرف ارائه شده است.

با مقایسه مقادیر حد بهینه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (جدول ۱) و مقادیر عناصر غذایی اندازه گیری شده برای یک نمونه خاک (شکل ۲) می توان به کمبود، بهینه و یا بیش بود عناصر غذایی در خاک پی برد. در صورت کمبود هر یک از عناصر غذایی خاک، جهت جلوگیری از کاهش عملکرد محصول نیاز است که اقدام به مصرف کود شود. به این منظور، نحوه محاسبه نیاز گیاه به یک بنابراین،

عنصر غذایی مانند فسفر قابل دسترس با توجه به نتایج آنالیز خاک (شکل ۲)، به شرح ذیل می‌باشد:

حد بهینه فسفر قابل دسترس برای گیاه ذرت: $P\ (ppm\ or\ mg\ kg^{-1}) = 17\ mg\ kg^{-1}$

میزان کمبود فسفر قابل دسترس در خاک: $P(ppm) = 17 - 8 = 8\ mg\ kg^{-1}$

محاسبه نیاز فسفر برای یک هکتار: $\left(\frac{8mg}{kg}\right)\left(\frac{3600000\ kg}{1\ ha}\right)\left(\frac{1\ kg}{10^6\ mg}\right) = 28.8\ kg\ P$

تبدیل فسفر (P) به اکسید فسفر: $28.8\ kg\ P \times 2.29 = 65.95\ kg\ P_2O_5$

تبدیل به سوپرفسفات تریپل (TSP): $65.95\ kg\ P_2O_5/0.46\ TSP\ = 143.37\ kg\ ha^{-1}$

جدول ۱. حد بهینه عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در خاک برای گیاه ذرت در دشت مغان

کربن آلی (٪)	فسفر قابل دسترس (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	مس (ppm)	بور (ppm)
> 2.0	17	300	10	2.0	7.0	0.8	0.8

براساس محاسبات فوق می بایست جهت رسیدن به عمکرد هدف یعنی ۱۲ ton ha-۱ ذرت دانه ای، کود سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۴۳/۳۷ kg ha-۱ قبل از کاشت مصرف شود. برای سایر عناصر غذایی خاک مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس، منگنز و بور مطابق با همین روش و با مقایسه حد بهینه عناصر غذایی برای گیاه و مقادیر اندازه گیری شده عناصر غذایی در خاک، محاسبه و اقدام به توصیه کودی صورت می‌گیرد.

به‌منظور برآورد میزان نیتروژن مورد نیاز، لازم است محاسبات به صورت زیر انجام گیرد:

Total N needed=Total N needed based on potetial yield-Mineralizable N

معدنی شدن نیتروژن (Nitrogen mineralization) بستگی به میزان ماده آلی خاک دارد. جهت تخمین تقریبی میزان N معدنی شده برای هر سال می توان از معادله زیر استفاده کرد:

$$\frac{kg\ Mineralizable\ N}{ha\ (0-30\ cm)} = \left(\frac{A\ kg\ SOM}{100\ kg\ Soil}\right)\left(\frac{B\ kg\ Soil}{1\ ha}\right)\left(\frac{C\ kg\ N}{100\ kg\ SOM}\right)\left(\frac{D\ kg\ SOM\ mineralizable}{100\ kg\ SOM}\right)$$

که A مقدار ماده آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر بر حسب kg ماده آلی در ۱۰۰ کیلوگرم خاک است. با در نظر گرفتن مقدار ماده آلی خاک در تحقیق حاضر ۱/۳۶ درصد (1.724×OC) یعنی میزان ماده آلی برابر ۱/۳۶ کیلوگرم در ۱۰۰ کیلوگرم خاک می باشد. B جرم خاک در هکتار که در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر برای تحقیق حاضر برابر ۳۶۰۰۰۰۰ کیلوگرم می باشد. بیان گر میزان نیتروژن در ماده آلی خاک برحسب درصد است که در تحقیق حاضر ۵ درصد در نظر گرفته شد. D نشان دهنده احتمال معدنی شدن ماده آلی خاک است که در یک سال و در یک خاک مشخص، معدنی شود. این مقدار وابسته به بافت خاک، اقلیم و عملیات مدیریتی است. ارقامی در حدود ۲ درصد از ماده آلی خاک برای خاک های ریزبافت و در حدود ۳/۵ درصد برای خاک های درشت بافت می توان در نظر گرفت. ارقام کمی بزرگ تر شاخص اقلیم های گرم تر و ارقام کمی پایین تر شاخص اقلیم های سردتر است. برای نمونه خاک آنالیز شده، عدد ۲/۵ درصد به دلیل ریزبا ت بودن (لوم رسی) و اقلیم گرم و مرطوب مناسب می باشد. با جاگذاری در فرمول بالا میزان معدنی شدن نیتروژن در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر برابر ۶۱/۲ kg ha-1 خواهد بود.

نهایتاً، نیتروژن مورد نیاز برای ذرت دانه ای با عملکرد مورد انتظار ۱۲ ton ha-1 در دشت مغان به صورت زیرمی باشد.:

$$Total\ N\ needed = 220\ kg\ N - 61.2\ kg\ Mineralizable\ N = 158.9\ kg$$

با در نظر گرفتن ۲۰ درصد هدر رفت در صورت استفاده از کود اوره به صورت پخش سطحی، میزان نیتروژن خالص مورد نیاز در توصیه کودی حاضر برابر ۱۹۸/۶ kg ha-1 خواهد بود.

"نتیجه گیری

در این مقاله، نمونه برداری خاک به‌عنوان کلید آزمون خاك مورد بررسی قرار گرفته و چگونگی آنالیز و تفسیر برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک بیان شد. در نهایت، توصیه های کودی با توجه به نتایج آنالیز خاک و حد بهینه عناصر غذایی در خاک با مدنظر قرار دادن شرایط اقلیمی و محیطی حاکم برای کاشت گیاه زراعی (ذرت دانه ای در دشت مغان) انجام گردید. ارائه و اعمال توصیه های کودی بر مبنای آزمون خاک، می تواند از تخریب خاک جلوگیری نموده و آلودگی محیط زیست را به حداقل برساند.

"منابع مورد استفاده

Carter, M.R. and Gregorich, E.G.2008. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd ed, Canadian Society of Soil Science.

Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, (ed A. Klute), pp. 383–411. Agronomy Handbook No 9, ASA and SSSA, Madison, WI.

Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. In: Methods of Soil Analysis, Part 2. (eds A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney), pp. 181–197. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.

Nelson, D.W. and Sommers, L.P. 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Methods of Soil Analysis: Part 2, (ed A.L. Page), pp. 539–579. Agronomy Handbook No 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Weil, R.R., Brady, N.C. 2016. The nature and properties of soils. 15th ed, Prentice Hall, New Jersey.