فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۲، بهار ۹۹

# اهمیت آزمایش عناصر خاک مزارع در توصیه کودی به منظور پایداری محیط: مطالعه موردی مزارع ذرت کوزران در استان کرمانشاه

**مسیب حشمتی[1*]**

heshmati46@gmail.com

**پرستو قوچی[2]**

**نسرین کرمی[3]**

**تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۱۳** **تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۰۷**

**چکیده**

کشت ذرت به‌دلیل مصرف زیاد کودهای شیمیایی پیامدهای ناگوار زیست‌محیطی و بهداشتی را در بر دارد. یکی از راهکارهای مناسب در این زمینه تطبیق مصرف کود با عناصر غذایی خاک و نیاز محصول است. هدف از این تحقیق بررسی سطح عناصر غذایی موجود در خاک و مقایسه آن با مقدار توصیه کودی به منظور استفاده بهینه از این کودهاست که در مزارع ذرت منطقه کوزران استان کرمانشاه انجام شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و مورد آزمایش‌های کربن آلی، ازت، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی و آهن قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط کربن آلی خاک کم (۱/۲۳٪) بود و با همه عناصر غذایی مورد آزمایش همبستگی دارد. مقادیر متوسط ازت، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن و روی به ترتیب ۰/۱۲۱، ۱۷/۰۰، ۳۸۱، ۹/۷۱، ۱۲/۴۱ و ۰/۸۶ میلی‌گرم درکیلوگرم بدست آمد. توصیه کودی شامل اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم، سولفات منگنز، سکوسترین آهن و سولفات روی بود. نتایج این بررسی نشان داد که مقدار توصیه کودی برای فسفر، پتاسیم و آهن با سطح آنها در خاک همبستگی ندارد. همچنین علی رغم کفایت پتاسیم خاک، بطور متوسط ۱۳۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم توصیه شده بود. در مقابل، مقادیر توصیه کودی برای تقویت ازت، منگنز و روی به ترتیب ۴۱۸، ۳۲/۴ و ۵۴/۳ کیلوگرم در هکتار بوده که با سطح این عناصر در خاک همبستگی معنی دار داشت. مقایسه مقدار توصیه شده این کودها با عناصر غذایی خاک نشان داد که سطح توصیه کودی از دقت کافی برخوردار نبوده و بطور تقریبی برآورد شده بود.

**کلمات کلیدی:** استان کرمانشاه، توصیه کودی، کودهای شیمیایی، مزارع ذرت

---

۱- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران* (نویسنده مسئول).

۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد آبخیزداری از دانشگاه ملایر

۳- فارغ‌التحصیل کارشناسی مرتع و آبخیزداری –علمی-کاربردی مرکز ماهیدشت

**Human and Environment, No. 52, Spring 2020**

# Optimizing Fertilizer Application in Relation to Soil Nutrients Analysis Sustaining Environment; Case Study corn Farms of Kuzaran, Kermanshah Province, Iran

**Mosayeb Heshmati[1*]**
*heshmati46@gmail.com*
**Parastoo Ghuchi[2]**
**Nasrin Karami[3]**

**Abstract**

Corn (maize) is cultivated in several parts of irrigation lands of Iran and over application of chemical fertilizers causing environmental and human health impacts. However, soil nutrients available analysis can be improved with optimal chemical fertilizer consumption in these farms. The objective of this research was to evaluate soil nutrients content and appropriate fertilizers application in the corn farms which was conducted in Kuzaran, west Kermanshah, Iran. Soil sampling carried out from 0-30 soil depth and subjected to soil organic carbon (SOC) content as well as availability of N, P, K, Mn, Fe and Zn analysis**.** The results showed that the mean SOC was low (1.23%) and significantly ($p<0.05$) correlated to all measured soil nutrients. The respective average level of N, P, K, Mn, Fe and Zn was 0.121, 17.00, 381, 9.71, 12.41 and0.86 $mg^{-1}$ kg. The recommended consumption rates included triple super phosphate, potassium sulfate and iron, hence; these rates were not correlated with P, K and F available in the soil. Furthermore, recommended potassium sulfate input was 134 kg/ha, while soil K available was sufficient for corn crop. In contrasts, the recommended levels of Urea (418 kg/ha), manganese sulfate (32.4 kg/ha) and Zinc sulfate (54.3 kg/ha) were significantly correlated with soil N, Mn and Zn content. Thus, recommended chemical fertilizers application was not sufficiently accurate and did not follow by soil nutrients content. For sustaining environment and human health, the consumption of chemical fertilizer particularly in corn farms should be recommended based on soil nutrient analysis and crop needs.

**Keywords:** Corn Farm, Chemical Fertilizers, Recommended Fertilizers, Kermanshah Province

1 -Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran*(Corresponding Author).
2-MS graduate, Watershed Management, Malayer University, Malayer, Iran
3- BS graduate, Range and Watershed Management, University of Applied Science and Technology, Mahidasht, Iran.

**مقدمه**

ذرت یکی از گیاهانی است که از زمانهای قدیم کشت شده و بعداز گندم و برنج سومین محصول غله ای جهان است، بطوریکه هم اکنون سطح زیر کشت آن به دلیل نیاز جهانی و موارد متعدد مصرف ۱۵۰ میلیون هکتار می باشد. این روند در کشور ما نیز برای این محصول وجود داشته و در حال حاضر بالغ بر ۸۰ هزار هکتار است. یکی از نگرانی های کشت ذرت مصرف زیاد نهاده های کشارزی، بویژه آب و کودهای شیمیایی به دلیل تبعات زیست محیطی و بهداشتی آن است. معمولا کشاورزان بدون توجه به سطح حاصلخیزی خاک، اقدام به مصرف زیاد کودهای شیمیایی در کشت ذرت می نمایند که انتشار متان درهوا و آلودگی منابع آب پایین دست از جمله کمترین پیامدهای ناشی از این مصرف بی‌رویه می‌باشد.

هم اکنون ذرت در ۱۶ استان کشور از جمله استان کرمانشاه کشت می‌گردد که تخمین زده میشود حداقل مصرف کودهای شیمیایی ازته و فسفره به ترتیب۳۷۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار است. این روند در مصرف کودهای فسفاته شکل حادتری دارد؛ زیرا در شرایط مصرف زیاد آن مقدار خیلی کمی از فسفر مصرف شده در کشت اول مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و بقیه به شکل غیر قابل دسترس گیاه در خاک تجمع می‌نماید که علاوه بر کاهش پروتئین محصول منجر به پدیده نامطلوب بهپروردگی[1] پس از ورود به منابع آب پایین دست می گردد (۱). این روند در شرایط عدم رعایت تناوب و آیش به مراتب شدیدتر است. مصرف سطوح بالای کودهای شیمیایی حاوی اکسیدهای آهن و آلومینیوم تاثیر معنی‌داری بر افزایش شکل‌های معدنی فسفر در مقایسه با مصرف متعادل آن در تناوب ذرت-گندم دارد (۲).

کمبود مس و منگنز در خاک های آهکی ایران به دلیل اسیدیته بالا و عدم تعادل میان آنها با سایر عناصر غذایی مانند کلسیم، منیزیم، آهن و روی بویژه در مزارع ذرت گزارش گردیده است. توصیه های کودی بایستی بر اساس سطح عناصر غذایی در خاک و اثر متقابل آنها بر هم باشد که این امر برای محصولاتی مانند ذرت حادتر است. نتایج تحقیقات در این زمینه نشان داد که کاربرد ۵ تا ۱۰ میلی گرم مس ۲۰ تا ۴۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی‌دار وزن ماده خشک اندام هوایی ذرت شد، اما کاربرد زیادتر آن موجب کاهش معنی‌دار وزن ماده خشک گیاه به دلیل اثر ضدیتی مس با آهن و همچنین نامناسب بودن نسبت‌های مس به منگنز گردید. در مقابل افزودن منگنز سبب افزایش جذب روی به وسیله گیاه شد که بیانگر اهمیت توصیه دقیق کودی در این زمینه است (۳).

روی نیز ازجمله عناصر ضروری افزایش بازدهی غلات است که کمبود آن درخاک‌های زراعی آهکی وجود داشته و موجب افت عملکرد کمی و کیفی محصول می‌گردد. به نظر میرسد افزودن روی متناسب با تقسیط مصرف اوره منجر به مصرف بهینه آن توام با افزایش محصول می‌گردد. تحقیقات در سطح پلات نشان داد که مصرف اوره در مراحل مختلف رشد گیاه به همراه کود سولفات روی و کود بیولوژیک بطور معنی‌داری منجر به افزایش وزن هزار دانه و تعداد خوشه محصول گردید (۴).

بطور کلی نتایج تحقیقات متعدد نشان می دهد که مصرف مناسب کودهای شیمیایی و مدیریت بهینه آن بایستی معطوف به آزمایش عناصر غذایی در خاک (محدوده ریشه محصول)، مقدار نیاز عناصر غذایی محصول کشت شده و شیوه مناسب کودهی مورد گردد. هدف از این تحقیق بررسی سطح حاصلخیزی خاک و سطح بهینه توصیه کودی مزارع ذرت منطقه کوزران در استان کرمانشاه بود. نمونه‌های خاک توسط کشاورزان ذرت کار به دلیل علاقه و یا ترغیب اداره جهاد کشاورزی محل به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال و مورد تجزیه عناضر غذایی قرار گرفته بودند.

1- Eutrophication

**مواد و روشها**

**- منطقه مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه بخشی از شهرستان کرمانشاه است که مقدار بارندگی سالانه آن حدود ۴۶۰ میلیمتر در سال بوده و خاکهای آن از نوع آهکی با اسیدیته ۷/۵ تا۸/۰ و بافت نسبتا سنگین بویژه در دشتهاست. عدم بهره برداری نامناسب از منابع خاک، از جمله گسترش بی رویه اراضی آبی و به تبع از آن کشت محصولات با نیاز زیاد به آب و کودهای شیمیایی موجب تخریب این خاکها و بروز پیامدهای ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی شده ایست. این تحقیق در مزارع ذرت حدود ۲۰ روستای منطقه کوزران واقع در دشت سنجابی (۴۵ کیلومتری غرب کرمانشاه) انجام شده است. این مزارع آبی دارای خاک عمیق و شیب خیلی کم بوده که با آب جاه‌های حفر شده آبیاری می‌شوند. الگوی کشت فعلی از جمله عدم شخم زیاد و سوزاندن بقایای گیاهی و مصرف نامناسب کودهای شیمیایی منجر به کمبود مواد آلی خاک، تشکیل هاردپن (کفه سخت)، کمبود عناصر کم مصرف، به‌ویژه منیزیم و نهایتا آلودگی منابع آب پایین‌دست به‌دلیل مصرف زیاد سموم و کودهای شیمیایی می‌گردد.

**- تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های خاک**

نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر ی مزارع ذرت برداشت و به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید و پس از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلیمتر مورد تجزیه عناصر غذایی قرار گرفتند. کربن آلی به روش تیتراسیون والکی بلک با اسید کرومیک و سپس تیتره کردن با فرو آمونیوم سولفات (۵). نیتروژن کل به روش کلدال (۶). (برمنر، ۱۹۹۶)، فسفر قابل استفاده با روش اولسن به وسیله عصاره گیر بیکربنات سدیم (۷). پتاسیم به روش فلم فتومتری انجام گرفت. غلظت آهن، منگنز، مس و روی عصاره گیری شده با دی.تی.بی.ا با دستگاه جذب اتمی تعیین شد (۸).

**- روش تجزیه آماری**

تجزیه آماری داده‌ها شامل ضریب تغییرات، انحراف معیار، متوسط و ضریب همبستگی در سطح ۵ درصد احتمال با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

**نتایج**

**- سطح عناصر غذایی خاک**

**- کربن آلی مزارع ذرت**

نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط کربن آلی خاک مزارع ذرت مورد آزمایش ۱/۲۳ درصد می باشد (با انحراف معیار ۰/۶۴۵) و مقادیر حداقل وحدکثر سطح آن به ترتیب ۰/۴۸ و ۳/۵۰ درصد بدست آمد (جدول ۱). نتایج آماری بررسی همبستگی بین مشخصات ثبت شده (جدول ۲) نشان داد که کربن آلی خاک با همه عناصر غذایی مورد آزمایش همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۵ درصد داشت که این همبستگی با ازت و پتاسیم قوی، با فسفر سایر متغیرهای مورد آزمایش ضعیف بود.

با توجه به این نتایج، کربن آلی خاک مزارع ذرت مورد آزمایش نسبتا پایین است، بطوریکه کمتر از ۱٪ بوده و علاوه بر مسئله تغذیه، پایداری خاکدانه‌ها نیز به دلیل پایین بودن سطح کربن آلی خاک کم خواهد بود (۹). که حدود ۳۵ درصد مزارع مورد بررسی را شامل می‌گردد. بطور کلی کشت ذرت در ایران علاوه بر مصرف زیاد کودهای شیمیایی با سوزاندن بقایای محصول برای کشت بعدی و شخم نامناسب (شخم با گاو آهن برگردان دار) در تناوب گندم-ذرت-گندم نیز توام است. در مقابل، برگرداندن ۲۵ تا۵۰ درصد بقایای ذرت به خاک با گاوآهن چیزل منجر به افزایش ازت و کربن آلی خاک، اصلاح نسبت C/N و متعاقب آن حداکثر افزایش محصول در ذرت و کشت بعدی (گندم) میگردد (۱۰). همچنین شخم صحیح و منطبق بر خط تراز در مقایسه با شخم متداول منجر به افرایش معنی دار عملکرد ذرت در شرایط مصرف یکسان کودهای شیمیایی گردید (۱۱).

تولید سالانه بقایای گیاهی ذرت دانه ای در استان کرمانشاه با احتساب ۱۵ تن در هکتار، ۳۹۰ هزار تن است (۱۲). برگرداندن بخش کمی از بقایای گیاهی ذرت به خاک علاوه بر کاهش تبعات زیست محیطی ناشی از سوزاندن آن، موجب تقویت خاک و

جبران کمبود سایر عناصر خواهد شد؛ زیرا عناصر غذایی مورد اندازه گیری در این تحقیق با ماده آلی خاک همبستگی معنی داری دارند (جدول ۲). همچنین ترغیب کشاورزان به استفاده از کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست می‌تواند منجر به افزایش کمیت و کیفیت ذرت (مقدار کمتر نیترات) گردد. مصرف حدود ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در سه سال متوالی تاثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیمی، افزایش ازت کل، فسفر قابل جذب، ماده آلی و نهایتا عملکرد ذرت دارد (۱۳).

**- ازت کل مزارع ذرت**

متوسط ازت کل خاک مزارع ذرت مورد تحقیق ۰/۱۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (با انحراف معیار ۰/۰۶۴) بود که دامنه تغییرات آن از ۰/۰۱۰ تا۰/۳۵۰ می باشد (جدول ۱). تجزیه آماری همبستگی بین مشخصات خاک مورد آزمایش نیز نشان داد که این عامل خاک با همه عناصر به‌جز فسفر همبستگی معنی‌داری دارد که با ماده آلی خاک قوی‌تر ($R^2$=۰/۹۷۵) و با بقیه عناصر متوسط تا نسبتا قوی بدست آمد. ازت کل این مزارع بر اساس طبقه بندی بروس و رایمنت (۱۹۸۲)، کم تا متوسط بدست آمد که به نظر می رسد برای ذرت به دلیل سوزاندن بقایای گیاهی و افزایش قیمت کودهای شیمیایی جدی‌تر است؛ زیرا یکی از مهمترین عوامل کمبود ازت در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک پایین بودن سطح ماده آلی خاک به عنوان یکی از منابع مهم تامین ازت و همچنین اتلاف آن از طریق فرسایش و یا تصعید است (۱۴). مصرف زیاد، زمان نامناسب و نحوه مصرف از جمله مشکلات مربوط به کود ازته است که راهکارهای قابل دسترس و مناسب در این زمینه وجود دارد. به عنوان نمونه تقسیط مصرف ازت و مصرف آن با کودهای بیولوژیک توام با مصرف روی منجر به افزایش چشمگیر محصول می گردد.

**- مقدار فسفر قابل دسترس**

مقادیر متوسط، حداقل و حداکثر فسفر قابل دسترس به ترتیب۱۷/۰۰، ۶/۰۰ و ۶۸/۰۰ میلیگرم در کیلوگرم بود که انحراف معیار آن قابل توجه (۱۱/۸۱ ٪) می باشد. همچنین نتایج آماری (جدول ۲) نشان داد که فسفر بجز با منگنز و روی، با سایر متغیرهای مورد آزمایش همبستگی ضعیف تا نسبتا متوسط دارد که با کربن آلی ضعیف تر ($R^2$=۰/۲۵۵) است. مقدار فسفر خاک‌های مورد آزمایش نیز بر اساس طبقه بندی هولفورد و کولیس (۱۵)، متوسط (۱۷-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) می باشد و سطح بحرانی آن در خاک ۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم است. این نتایج نشان می دهد که پتانسیل فسفر قابل دسترس خاکهای مورد آزمایش مزارع ذرت خوب بوده و توصیه کودی بایستی با دقت بیشتری انجام گردد تا از پیامدهای متعدد منفی آن جلوگیری به عمل آید. همچنین بهتر است علاوه کشت بعدی منطقه که عمدتا گندم آبی است نیاز کمتری به فسفر دارد (۱۶). برخی محققین بر این باورند که حدود ۲۰ درصد فسفر مصرف شده در کشت اول مورد استفاده گیاه قرار گرفته و بقیه در خاک تجمع می‌یابد که در شرایط مصرف زیاد غیر قابل دسترس برای محصول است (۱).

مصرف زیاد کود فسفره درکشت ذرت منجر به افزایش معنی‌دار اشکال معدنی و غیر قابل دسترس فسفر خاک شامل فسفات‌های کلسیم، آهن و آلومینیوم گردید، اما مصرف متعادل آن منجر به کاهش اشکال معدنی فسفر و قابل استفاده بودن آن در کشت بعدی (گندم) شد (۲ و ۱۷). این تحقیقات با مقدار توصیه کودی (۱۶۷ کیلوگرم کود فسفاته در هکتار) برای ذرت جای تامل داشته و لازم است این کار متناسب با مقدار آن در خاک و با دقت بیشتری انجام گیرد و به کشاورزان نیز یادآوری گردد که برای کشت بعدی تا حد امکان مصرف کود فسفره را کاهش دهند و در مواردی که این کود برای ذرت زیاد بوده برای کشت بعدی قطع گردد.

**- پتاسیم**

سطح پتاسیم خاک مزارع ۳۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم با انحراف معیار ۲۲۳/۵۳ و مقادیر حداقل و حداکثر به ترتیب ۱۴۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد. این عنصر با سایر ویژگیهای مورد آزمایش همبستگی معنی‌داری داشت که این همبستگی با

کربن آلی و ازت نسبتا قوی ($R^2$=۰/۷۰۰)، با منگنز و روی متوسط و با آهن و فسفر نسبتا متوسط می باشد (جداول ۱ و ۲). پتاسیم نمونه های آزمایش شده بیش از ۲۴۰ میلیگرم در کیلوگرم است. این سطح پتاسیم خاک در حد زیاد است که برای کشت ذرت کافی خواهد بود (۱۸). به نظر می رسد با توجه به قیلیایی بودن خاکهای ایران این امر به واقعیت نزدیک‌تر باشد و به همین دلیل مشکلی در ارتباط با کمبود این عنصر وجود نداشته باشد اما مقدار کود توصیه شده برای تقویت پتاسیم خاک جای سوال دارد و با توجه به مقدار پتاسیم خاک و نتایج تحقیقات در این زمینه که به برخی از آنها اشاره شد، علاوه بر تبعات زیست‌محیطی، هزینه قابل توجهی به ذرت کاران تحمیل خواهد نمود و لازم است نسبت به این موضوع توجه بیشتری گردد و بدون آزمایش پتاسیم قابل دسترس خاک و نیاز محصول، از توصیه کودی در این زمینه خودداری نمود.

**- منگنز، آهن و روی**

نتایج تجزیه آماری داده های منگنز نمونه ای خاک مورد ازمایش نشان داد که مقدار متوسط آن ۹/۷۱ میلیگرم در کیلوگرم (با انحراف معیار۷/۶۷) می باشد. مقادیر حداقل و حداکثر نیز به ترتیب۱/۶۰ و ۴۰/۴۷ میلیگرم در کیلوگرم بود. سطح منگنز خاک نمونه ها با فسفر و روی همبستگی معنی دار نداشت ولی در مقابل با کربن آلی و ازت همبستگی نسبتا قوی ($R^2$~۰/۷۰۰) و با آهن و پتاسیم همبستگی نسبتا متوسط دارد.

مقادیر متوسط، حداقل و حدکثر آهن خاک مزارع ذرت به ترتیب ۱۲/۴۱، ۲/۶۰ و ۴۰/۰۰ میلیگرم در کیلوگرم با انحراف معیار ۸/۲۴ بدست آمد که با همه عناصر غذایی همبستگی معنی داری (متوسط) در سطح ۰/۰۵ درصد داشت. همچنین مقدار متوسط روی خاک این مزارع ۰/۸۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که اختلاف بین مقادیر حداقل و حداکثر آن (به ترتیب ۰/۹۱۰ و ۴/۰۰ میلیگرم در کیلوگرم) زیاد بود. روی با کربن آلی، ازت و پتاسیم همبستگی متوسط ($R^2$~۰/۵۳۰) داشت اما با فسفر و منگنز همبستگی معنی‌داری نداشت (جداول ۱و ۲). مقایسه مقادیر منگنز، آهن و روی خاک با مقدار توصیه کودی آنها نیز نشان می‌دهد که سطح توصیه کودی با مقادیر آنها در خاک برای آهن معنی‌دار نبود، اما برای منگنز و روی همبستگی قوی وجود داشت. بطور کلی قابل دسترس بودن این عناصر با اسیدیته خاک رابطه معنی داری دارند، بطوریکه قابلیت دسترسی آهن و منگنز به ترتیب با اسیدیته بالای ۷/۵ و ۸/۰ کاهش می یابد (۹). میزان قابل دسترس بودن روی علاوه بر اسیدیته خاک به عوامل دیگری چون مواد آلی، کربنات کلسیم، فعالیتهای میکروبی و رطوبت خاک نیز بستگی دارد (۱۸)، بطوریکه نتایج این تحقیق نیز موید این موضوع است (جدول ۲).

**جدول ۱- نتایج تجزیه عناصر غذایی خاک، و کربن آلی و عناصر غذایی خاک مزارع ذرت منطقه کوزران (استان کرمانشاه**

| متغیر خاک | تعداد | متوسط | SD | کمینه | بیشینه |
|---|---|---|---|---|---|
| **کربن آلی (٪)** | ۴۴ | ۱/۲۳ | ۰/۶۲۵ | ۰/۴۸ | ۳/۵۰ |
| **ازت کل (٪)** | ۴۴ | ۰/۱۲ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۱۰۴ | ۰/۳۵۰ |
| **فسفر قابل جذب (mgkg-1)** | ۴۴ | ۱۷/۰ | ۱۱/۸۰ | ۶/۰ | ۶۸/۰ |
| **پتاسیم ($mgkg^{-1}$)** | ۴۴ | ۳۸۱ | ۲۲۳/۵ | ۱۴۰ | ۱۰۰۰ |
| **منیزیم ($mgkg^{-1}$)** | ۴۴ | ۹/۷۱ | ۷/۶۷ | ۱/۶۰ | ۴۰/۰ |
| **آهن ($mgkg^{-1}$)** | ۴۴ | ۱۲/۴۱ | ۸/۲۴ | ۲/۶ | ۴۰/۰ |
| **روی ($mgkg^{-1}$)** | ۴۴ | ۰/۸۶ | ۰/۹۱ | ۰/۱۶ | ۴/۰ |

**جدول ۲- همبستگی بین کربن آلی و عناصر غذایی خاک بر اساس آزمون پیرسون مزارع ذرت منطقه کوزران (استان کرمانشاه)**

| | OC | N | P | K | Mn | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OC | | | | | | |
| N | ٠/٩٧۵** | | | | | |
| P | ٠/٢۵۵* | ns | | | | |
| K | ٠/٧٣۵** | ٠/۶٩٢** | ٠/٣٢۶* | | | |
| Mn | ٠/۶۴٠** | ٠/۶١٠** | ns | ٠/۴٣۴** | | |
| Fe | ٠/۵١٨** | ٠/۵٣٧** | ٠/۴١٠** | ٠/٣٩٨** | ٠/٣٩٠** | |
| Zn | ٠/۵۵٢** | ٠/۵١٠** | ns | ٠/۵٢٢* | ns | ٠/٣٣١* |

منیزیم=Mg، آهن=Fe ، روی=Zn ، پتاسیم =K , فسفر=P , ازت =N

*= معنی دار در سطح ۰/۰۵٪، **معنی دار در سطح ۰/۰۱٪ و ns = همبستگی وجود ندارد

**- مقایسه سطح عناصر غذایی با سطح کودی توصیه شده**

سطح توصیه کودی به همراه نتایج آزمایشات به کشاورزان ارائه شده بود که به نظر می رسد از دقت کافی برخوردار نبوده و بطور تقریبی برآورد شده باشد. بر این اساس توصیه کودی شامل اوره (U)، سوپرفسفات تریپل(TSP)، سولفات پتاسیم ($K_2SO$)، سولفات منگنز (MnSO)، سکوسترین آهن (Fe-EDDHA) و سولفات روی ($ZnSO_4$) بود. در این تحقیق همبستگی مقادیر توصیه شده کود های مورد اشاره به ترتیب با مقادیر ازت، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن و روی محاسبه گردید (جدول ۳). نتایج این بررسی نشان داد که توصیه کودی فسفر، پتاسیم و آهن با سطح آنها در خاک همبستگی ندارد. همچنین علی رغم اینکه مقدار پتاسیم خاک در سطح کافی بود، اما بطور متوسط ۱۳۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم برای مزارع ذرت مورد آزمایش توصیه شده بود. در مقابل مقادیر توصیه کودی برای تقویت ازت، منگنز و روی خاک به ترتیب ۴۱۸، ۳۲/۴ و ۵۴/۳ کیلوگرم در هکتار بوده که با سطح این عناصر در خاک همبستگی معنی دار داشت. این همبستگی برای ازت متوسط ($R^2$=0.48) و برای منگنز و روی قوی ($R^2$~0.90) بدست آمد (جدول ۳).

**جدول ۳: رگرسیون ساده بین مقدار توصیه کودی و عناصر غذایی خاک مزارع ذرت منطقه کوزران (استان کرمانشاه)**

| Y | | X | | a | b | معادله | ضریب همبستگی ($r^2$) | سطح احتمال |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار توصه کودی | | سطح عناصر غذایی در خاک | | | | | | |
| نوع کود | kg/ha | عنصر غذایی | mg/kg | | | | | |
| U | ۴١٨/۴۶ | N | ٠/١٢١ | 487.5 | -556.8 | U = 487.5 -556.8 N | 0.475 | 0.0001 |
| TSP | ١۶۶/٩۴ | P | ١٧/٠٠ | - | - | معنی دار نبود | 0.177 | 0.053 |
| $K_2SO$ | ١٣۴/۵٢ | Fe | ١٢/۴١ | - | - | معنی دار نبود | 16٢0. | 1۵0.0 |
| MnSO | ٣٢/۴٠ | Mn | ٩/٧١ | 45.12 | - 1.93 | MnSO = 45.12 – 1.93 Mn | 0.872 | 0.0001 |
| Fe-DDHA | ٨/٧٣ | Fe | ١٢/۴١ | - | - | معنی دار نبود | 0.177 | 0.073 |
| $ZnSO_4$ | ۵۴/٢۴ | Zn | ٠/٨۶ | 65.42 | -18.59 | $ZnSO_4$ = 65.42 – 18.59 Zn | 0.946 | 0.0001 |

**نتیجه گیری**

با توجه به اینکه مصرف کودهای شیمیایی در مزارع ذرت زیاد است و از طرفی کشت بعدی نیز عمدتا گندم آبی است، لازم است توصیه کودی آن بر اساس آزمایش خاک به منظور اندازه‌گیری مقادیر قابل دسترس عناصر غذایی و مواد آلی صورت گیرد. همچنین لازم است نوع کودهای شیمیایی و مقدار مصرف و نحوه مصرف آن متناسب با نتایج آزمایش خاک و نیاز محصول تنظیم گردد تا از هزینه زیاد و پیامدهای خارج مزرعه‌ای آن کاسته شود. برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از تبعات آن (بویژه فسفر) لازم است کشاورزان را تشویق به استفاده محدود و مبتنی بر آزمایش خاک برای کشت ذرت (جاری) و همچنین کشت بعدی نمود. پایین بودن کربن آلی خاک‌های مورد آزمایش به دلیل سوزاندن بقایای گیاهی است که لازم است زارعین ذرت کار را متقاعد نمود که بجای سوزاندن تمام بقایای گیاهی، بخشی از آن را به خاک برگردانند تا به افزایش ازت و کربن آلی کمک نماید. البته مشکل قلیایی بودن خاک را به عنوان عامل محدود کننده جذب فسفر و کاهش محدودیت جذب سایر عناصر را نباید از نظر دور داشت.

**رهیافت علمی- ترویجی**

مصرف نامناسب و بی‌رویه کودهای شیمیای پیامدهایی متعددی از قبیل تولید محصولات غذایی حاوی ترکیبات مضر (بر اساس استانداردهای بهداشتی) و آلودگی محیط زیست (از جمله پدیده بهپروردگی در منابع آب) دارد. این امر موجب نگرانی‌های متعددی شده و راهکارهای مناسب لزوما مبتنی بر مصرف بهینه کودهای شیمیایی است. متعاقبا مصرف بهینه کودهای شیمیایی بایستی بر اساس نیاز گیاهان با سطوح آنها در خاک تنظیم گردد. امروزه این کار با رویکرد "کشاورزی دقیق[1]" مورد توجه مراکز آکادمی و تحقیقاتی است. مبنای این رویکرد تنظیم توصیه کودهای شیمیایی مورد نیاز با نوع محصول و مقدار آنها در خاک قرار دارد که با تکنیکهای زمین‌آمار و نمونه‌برداری و آزمایش منظم و دوره‌ای عناصر غذایی همراه است. بر این مبنا موارد زیر لازمه تحقق این رویکرد خواهد بود:

- در هر دهستان نقشه و لایه‌های اطلاعات مربوط به خاک و کشت‌های غالب اراضی کشاورزی (ترجیحا اراضی آبی) فراهم گردد؛
- کشاورزان را راهنمایی نمود که نوع کشت سال آتی خود را مشخص و مختصات آن را (در حال حاضر خیلی از کشاورزان با GPS آشنایی دارند) به اداره کشاورزی دهستان اعلام نمایند؛
- خاک مزرعه قبل از کشت مورد نمونه‌برداری قرار گیرد و مختصات آن نیز با GPS ثبت گردد؛
- توصیه کودی بر اساس نتایج تجزیه نمونه‌ها (مقادیر عناصر غذایی) و نوع کشت پیش‌بینی شده انجام گردد؛ و
- با انجام فعالیت های آموزشی و ترویجی سطح دانش و آگاهی کشاورزان به طوری افزایش داده شود که کشاورزان با آگاهی کامل و قبل از کاشت هر نوع محصول، ابتدا آزمایش خاک را انجام داده و بر اساس توصیه علمی کارشناسان نسبت به مصرف کود اقدام نمایند.

**سپاسگذاری**

بدینوسیله از همکاری صمیمانه آزمایشگاه خاکشناسی آناهیتا (کرمانشاه) و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه کمال سپاس و قدردانی به‌عمل می‌آید.

**منابع:**

1- Sepehr, A., Malakuti, M.J., Kholdbarin, B., Karimian, N., Samadi, A., Rasooli, H., Noorgholipoor, F. and Rezaee. H. 2010. Comparative study on phosphor absorption in cereal crops. Iranian

1- precision agriculture

Journal of Soil Research, 2 (23): 126-134. (In Persian)

2- Mostashari, M. 2012. The effects of wheat cultivation in corn rotation on mineralized and availability of phosphorous in calcareous soil. Iranian Journal of Soil Research, 26 (1): 19-21. (In Persian)

3- Hatam, Z. and Ronaghi, A. 2012. Imbalance nutrition in corn through Cu and Mn in calcareous soil. Iranian Journal of Soil Research, 3 (26): 197-206. (In Persian)

4- Khaseh-Sirjani, A., Farahbakhsh, H. and RAvari, S.H. 2011. Evaluation the effects of biological fertilizer, zinc sulfate and urea on wheat yield. Iranian Journal of Soil Research, 2 (25;A): 125-135. (In Persian)

5- Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter.PP. 961-1010. *In*: D. L. Sparks et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part III, 3rd Ed.American Society of Agronomy, Madison, WI.

6- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-Total. PP. 1082-1122. *In*: D. L. Sparks et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part III, 3rd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

7- Watanabe, F. S., and S. R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid for determining phosphorous in water and NaHCO3-extracted from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 677-678.

8- Lindsay, W. L., and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.

9- Hazelton, P. and Murphy, B. 2007. Interpreting Soil Test Results. CSIRO Publisher Sydney.

10- Farid Giglo, B Arami, A and Akhzari, D. 2014. Assessing the role of some soil properties onaggregate stability using path analysis (Case study: silty-clay-loam and clay-loam soil from gully lands in North West of Iran), ECOPERSIA, 2 (2), 513-523.

11- Liu, K. and Wiatrak, P., 2012.Corn production response to tillage and nitrogen application in dry-land environment. Soil and Tillage Research. 124, 138-143.

12- Asgharzadeh, M., Malakuti, M.J., Bahrami, S. and Ebrahimi, S. 2005. Management of soil in Iran. Soils of Iran; new approaches on management and utility. In: Banaee, M.H., Momeni, A., Baybordi, M. and Malakuti, M.J. (Edi.), Soil and Water Research Institue Pres. Tehran (In Persian)

13- Ahmadpoor, S.R. Bahmanyar, M.A., Salek Gilani, S. and Forghani, A. 2011.Assessing the urea and phosphor enzymes affecting some soil characteristics through compost and vermicomposting for corn. Iranian Journal of Soil Research, 2 (25;A): 113-123. (In Persian)

14- Malakuti, M.J., Ghaderi, J., Majidi, A. and Baybordi, M. 2005. Monitoring the soil resource of Iran. Soils of Iran; new approaches on management and utility. In: Banaee, M.H., Momeni, A., Baybordi, M. and Malakuti, M.J. (Edi.), Soil and Water Research Institue Pres. Tehran (In Persian)

15- Bruce, R.C. and Rayment, G.E. 1982. Analaytical methods and interpretations used by the agricultural chemistry branch for soil and land use survey. Queenland Department of Primary Indusrial. Bulletin QB8 (2004), Indooroopilly, Queenland.

16- Karimian, N. 2012. Assessment of chemical fertilizer in Iran; An overview and new approaches. Iranian Journal of Soil Research, 4 (25): 265-278. (In Persian)

17- Momeni, A., Rasoil. M., Baybordi, M. and Malakuti, M.J. 2005. Proper application of chemical fertilizers. Soils of Iran; new approaches on management and utility. In: Banaee, M.H., Momeni, A., Baybordi, M. and Malakuti, M.J. (Edi.), Soil and Water Research Institue Pres. Tehran (In Persian)

18- Keshavarz, P., Malakuti, M.J. and Homaee, M. 2005. Soil salinity management. Soils of Iran; new approaches on management and utility. In: Banaee, M.H., Momeni, A., Baybordi, M. and Malakuti, M.J. (Edi.), Soil and Water Research Institue Pres. Tehran (In Persian)