نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۷۹۶-۷۸۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 786-796

برآورد محصول ذرت (*Zea mays* L.) و نیتروژن خاک از طریق اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک تحت تأثیر کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک

حمیده خلیل زاده[۱]- محسن جهان[۲*]- مهدی نصیری محلاتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸

چکیده

برآورد میزان عملکرد محصول و تخمین میزان نیتروژن خاک در طول فصل رشد، ازجمله عواملی است که می‌تواند به مدیریت مزرعه کمک نماید. به‌منظور بررسی امکان برآورد عملکرد دانه ذرت از طریق اندازه‌گیری خصوصیات خاک و میزان نیتروژن خاک به روش ساده، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارها شامل ۱- کود دامی (۳۰ تن در هکتار)، ۲- ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، ۳- کود بیولوژیک نیتروکسین، ۴-کود اوره (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۵- شاهد (عدم مصرف کود) بود. نتایج نشان داد که خاک‌های تحت تیمار ورمی‌کمپوست و کود دامی با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها، درصد نیتروژن بالاتری داشتند. در طول فصل رشد، تنفس میکروبی در خاک‌های تحت تیمار کود بیولوژیک و سپس کود آلی دارای بیشترین مقدار بود. روند تغییرات نیتروژن و هدایت الکتریکی خاک عکس یکدیگر بودند و بررسی نتایج همبستگی خصوصیات خاک نشان داد که می‌توان از طریق اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک به‌وسیله یک ECمتر ساده، میزان نیتروژن خاک را در این منطقه تخمین زد. روند تغییرات pH و درصد نیتروژن خاک تا حد زیادی مشابه هم بودند و بین آن‌ها همبستگی معنی‌داری وجود داشت. همچنین بین هدایت الکتریکی خاک و عملکرد دانه ($r=-۰/۷۲^{**}$) و بین pH خاک و عملکرد دانه ($r= -۰/۷۴^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک در این منطقه، می‌توان عملکرد دانه ذرت را برآورد کرد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته خاک، تنفس میکروبی، کود گاوی، نیتروکسین، ورمی کمپوست

مقدمه

در بوم‌نظام‌های زراعی پایدار، خاک به‌عنوان یک بخش زنده در نظر گرفته می‌شود و حفظ پویایی آن در طول زمان از لحاظ فعالیت ریزموجودات و همچنین چرخه‌ی موادغذایی، از نکات بسیار مهم در دستیابی به پایداری است (۱۶). خاک حاصلخیز، خاکی است که خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن در سطح مطلوب باشد و مدیریت موفق حاصلخیزی خاک، نیازمند آگاهی از تغییرات این ویژگی‌ها است. برای اطلاع از این تغییرات، نمونه‌گیری متوالی از خاک می‌تواند اطلاعات مفیدی در زمینه‌ی حاصلخیزی خاک به ما نشان بدهد، اما این کار بسیار هزینه‌بر و پرزحمت است (۲۳). از این رو، یافتن روش‌های ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر برای آگاهی از تغییرات ویژگی‌های خاک، می‌تواند سبب تسریع حرکت در راستای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار شود. همچنین، امکان برآورد و تخمین میزان عملکرد محصول در طول فصل رشد و پیش از برداشت آن، از جمله مواردی است که می‌تواند به زارعین کمک کند تا تمهیدات لازم را برای حصول عمکرد بالاتر اجرا نمایند. بنابراین، پیداکردن روش‌های ساده در جهت تخمین عملکرد محصول نیز در راستای اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. گزارشاتی مبنی بر وجود همبستگی بین هدایت الکتریکی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ارائه شده‌است، به‌عنوان مثال می‌توان به وجود همبستگی بین هدایت الکتریکی و مقدار نیتروژن خاک (۱۵، ۲۱ و ۳۰)، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (۳۱) و همبستگی بین هدایت الکتریکی و میزان ماده‌ی آلی خاک (۱۷) اشاره کرد. امکان استفاده از هدایت الکتریکی برای پیش‌بینی عملکرد محصول نیز گزارش شده‌است (۶ و ۱۸).

ذرت یکی از محصولات انرژی‌زا است و در میان غلات، بیشترین تنوع مصرف‌کننده را دارا می‌باشد. به‌طوری‌که علاوه بر مصارف

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی
۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@um.ac.ir)

تغذیه‌ای برای انسان و به‌عنوان خوراک برای دام و طیور، در بخش‌های صنعتی (تولید سوخت زیستی اتانول) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد و این تنوع مصرف سبب شده‌است که امروزه کاهش هزینه‌های تولید ذرت و افزایش کیفیت آن مورد توجه بسیار قرار گیرد (۹). با توجه به این نکات، پژوهش حاضر در راستای یافتن راهی ساده و کم‌هزینه برای تخمین میزان نیتروژن خاک و عملکرد ذرت طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ′۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ′۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱-کود گاوی (۳۰ تن در هکتار)، ۲- ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، ۳-کود بیولوژیک نیتروکسین (شامل مخلوطی از باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) ۴-کود شیمیایی اوره (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۵- شاهد (بدون مصرف کود). بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴، در تاریخ ۳۰ فروردین ۱۳۸۹ به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف و در عمق پنج سانتی‌متری توسط دست کاشته شدند. فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین تکرارها، یک متر در نظر گرفته شد. مشخصات کلی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Selected physical and chemical properties of soil

چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	K (ppm)	P (ppm)	N (%)
1.69	1.71	8.25	140.4	12.1	0.08

کود گاوی یک ماه قبل از کاشت به زمین اضافه و ورمی‌کمپوست نیز چهار روز پیش از کاشت بذور با خاک کرت‌های موردنظر مخلوط شد. کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین (10^7 cfu /ml) به دو صورت تلقیح بذور هنگام کاشت و سرک انجام شد. تلقیح بذور به روش استاندارد (۱۸) و نیز با رعایت توصیه‌های شرکت تولیدکننده، بلافاصله قبل از کشت انجام شد. دوسوم کل کود اوره‌ی مورد نیاز در تاریخ سوم تیرماه و یک سوم باقیمانده در تاریخ ششم مردادماه ۱۳۸۹ در ردیف‌های موردنظر پخش گردید. آبیاری با فاصله هر هفت روز و به‌روش نشتی انجام شد. کنترل علف‌های هرز اولین بار در ۳۱ روز پس از کاشت به‌روش دستی و با توجه به نیاز مزرعه در یک مرحله‌ی دیگر نیز انجام گرفت. عملیات تنک، ۳۹ روز پس از کاشت و به‌منظور ایجاد تراکم ۷ بوته در مترمربع انجام شد. در طول فصل رشد، آفت کرم ساقه‌خوار ذرت در حاشیه‌ی زمین مشاهده شد و همچنین در انتهای فصل رشد، برخی از بوته‌ها به بیماری سیاهک آلوده شده بودند. ضمناً در طول دوره‌ی رشد، از هیچ‌گونه علف‌کش و یا آفت‌کش استفاده نشد. نمونه‌برداری از خاک به‌ترتیب در ۴۵، ۵۹، ۸۰، ۱۰۸ و ۱۲۹ روز پس از کاشت انجام شد. نمونه‌برداری به این صورت بود که از هر ۱۵ کرت، از عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری مقداری خاک برداشت و برای تعیین خاک به آزمایشگاه فرستاده شد.

مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه‌های خاک توسط روش کجلدال (۲) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و pH خاک با تهیه‌ی محلول ۱:۲ (آب:خاک) انجام شد (۱). بدین‌ترتیب که ابتدا ۳۰ گرم از هر نمونه‌ی خاک در ارلن‌های خشک ریخته سپس ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. این محلول‌های سوسپانسیون، روی دستگاه همزن (shaker) که روی ۱۵۰ دور در دقیقه تنظیم شده بود، به‌مدت یک ساعت مخلوط شدند. پس از ته نشین شدن ذرات خاک در ظروف و پدیدارشدن عصاره‌ی شفاف در بالای آن، عصاره‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند. سپس هدایت الکتریکی مایع عبور کرده از کاغذ صافی تعیین شد. بدین‌صورت که ابتدا دستگاه ECمتر با محلول KCl با غلظت یک‌صدم نرمال، کالیبره شده و سپس جهت تعیین هدایت الکتریکی عصاره، الکترودها داخل عصاره‌ی مورد نظر قرار گرفتند. از همین عصاره، برای اندازه‌گیری پی‌اچ با استفاده از دستگاه پی‌اچ متر استفاده شد. کربن آلی خاک با استفاده از روش اکسیداسیون دی کرومات (۲۶) اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه‌ی تنفس میکروبی خاک، از روش تعیین میزان دی‌اکسیدکربن خارج شده از خاک (۱) استفاده شد. روش کار بدین شرح بود که ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سود (NaOH) با غلظت ۰/۰۵ نرمال به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر محلول کلروباریوم با غلظت ۰/۰۵ نرمال در یک ظرف ریخته شد. سپس ظرف دیگری که ۵۰ گرم از نمونه خاک الک شده در آن قرار داشت، داخل ظرف محلول قرار داده شد. درب ظرف بسته شد و برای اطمینان از عدم تبادل هوا بین ظرف و محیط خارج، اطراف درب آن کاملاً با پارافیلم پوشانده شد. همزمان برای کاهش خطای آزمایش، نمونه‌ی شاهد نیز تهیه شد. نمونه‌ی شاهد، ظرف حاوی محلول سود و کلروباریوم بود و هیچ نمونه‌ی خاکی درون آن قرار نمی‌گرفت. نمونه‌های تهیه شده حداقل به‌مدت سه روز به همین صورت نگهداری شدند. پس از سه روز، برای تعیین میزان محلول سود و کلروباریوم باقیمانده در ظروف، عمل تیتراسیون (خنثی شدن مقدار مجهول اسید/ باز با مقدار معلوم باز/ اسید) محلول‌ها با اسید کلریدریک ۰/۰۵ نرمال انجام و میزان اسید مصرف شده یادداشت شد. (اسید مصرفی کمتر، نشان‌دهنده‌ی مصرف شدن بیشتر محلول در طی سه روز و در نتیجه تنفس میکروبی بیشتر

است). پس از تیتراسیون، برای محاسبه‌ی حجم دی‌اکسیدکربن خارج شده از خاک، از رابطه‌ی (۱) استفاده شد:

$$CO_2= (V_0- V)\times N\times 22 \quad (۱)$$

که در آن V_0، حجم اسید مصرف شده برای تیتراسیون نمونه‌ی شاهد، V حجم اسید مصرف شده برای تیتراسیون نمونه‌ی موردنظر و N نرمالیته اسید را نشان می‌دهد. سپس حجم CO_2 به‌دست آمده، بر تعداد روزی که نمونه‌های خاک در ظروف تنفس قرار داشتند و همچنین بر وزن خاک خشک موجود در ظرف، تقسیم شد تا میزان تنفس میکروبی به ازای یک گرم خاک خشک در یک روز ($mgCO_2/ g(dry soil).day$) به‌دست آید.

تجزیه داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم افزار SAS Ver. 9 انجام شد. کلیه‌ی مقایسه‌های میانگین‌ها براساس روش دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها با نرم افزار MS Excel Ver. 11 رسم شد.

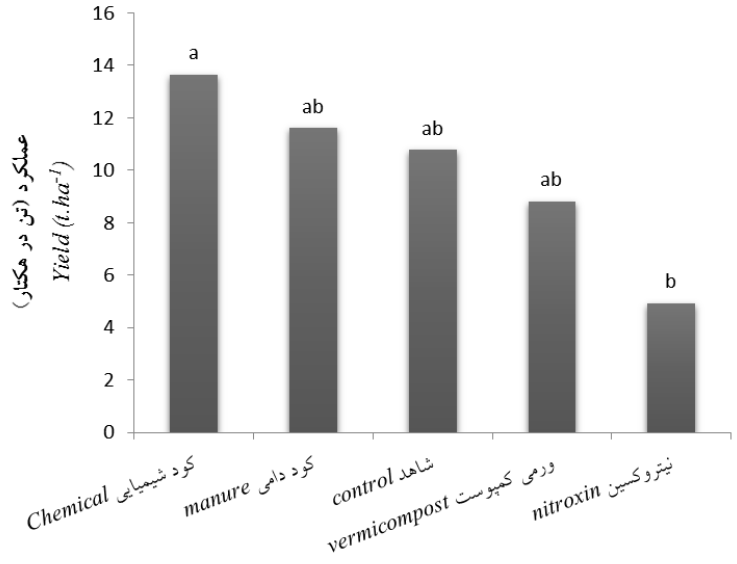
نتایج و بحث

عملکرد دانه

تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه غیرمعنی‌دار بود اما همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مصرف کود شیمیایی و پس از آن، مصرف کود دامی، سبب تولید بیشترین عملکرد دانه (به‌ترتیب ۱۳/۶۴ و ۱۱/۶ تن در هکتار) شد. در این آزمایش، حداکثر عملکرد به‌دست آمده (۱۳/۶۴ تن در هکتار)، که بر اثر کاربرد کود شیمیایی مشاهده شد، در مقایسه با عملکرد گیاهانی که کود گاوی دریافت کرده بودند، اختلاف معنی‌داری نداشت و به میزان ۲۵ درصد بیشتر از میانگین عملکرد دانه در گیاهان تحت تیمار کود دامی و ورمی‌کمپوست بود.

با وجود بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر اثر کاربرد کودهای آلی، محققین عدم حصول عملکرد بالاتر در کوتاه‌مدت را ناشی از سرعت کند آزادشدن نیتروژن از کودهای آلی می‌دانند (۲۷).

با وجود این‌که در پژوهش‌های مختلف، اثرات مثبت کودهای طبیعی و ازجمله کود دامی بر روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مشخص شده است، اما احتمال عملکرد پایین محصول در نتیجه‌ی کاربرد آن‌ها، به‌عنوان یکی نکته‌ی منفی برای این کودها بیان می‌شود. اگرچه، گزارشات متعددی نیز مبنی بر عملکرد مساوی و یا حتی بیشتر نظام‌های ارگانیک نسبت به رایج وجود دارد. در آزمایشی ضمن بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و کود دامی بر اجزای عملکرد ذرت (۲۲) مشاهده شد که عملکرد دانه در گیاهان تحت تیمار ۱۵ تن کود دامی، بیش از عملکرد در گیاهانی بود که ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دریافت کرده بودند. در آزمایش دیگری نیز، میزان تولید دانه‌ی ذرت در واحد سطح بر اثر کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست، نسبت به عملکرد آن در نتیجه‌ی استفاده از کود شیمیایی، بیش‌تر اما از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود (۲۴). اقبال و پاور (۷) اظهار داشتند که در ذرت، با کاربرد کود دامی براساس میزان نیتروژن قابل جذب، می‌توان از همان سال اول بدون این‌که عملکرد دانه کاهش یابد، تمام نیاز غذایی ذرت را از طریق منابع آلی تأمین کرد.



شکل ۱- عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Figure 1- Seed yield of corn treated with difference fertilizers

در آزمایش میرزایی‌تالارپشتی و همکاران (۲۵) در رابطه با اثر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر گوجه‌فرنگی *Lycopersicum esculentum* L. بیشترین عملکرد محصول در گیاهانی به‌دست آمد که کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست دریافت کرده بودند. با وجود این‌که ورمی‌کمپوست دارای مقادیر زیادی از عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد، اما به‌علت بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن در آن (حدود ۱۵ به یک) و عدم دسترسی به عناصر موردنیاز در مراحل اولیه‌ی رشد، احتمالاً گیاه ذرت با کمبود عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن مواجه شده است و به همین دلیل، عمکرد پایین‌تری نسبت به کود دامی و شیمیایی داشت. رضایی‌نژاد و افیونی (۲۹) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

روند تغییر خصوصیات خاک در طول فصل رشد

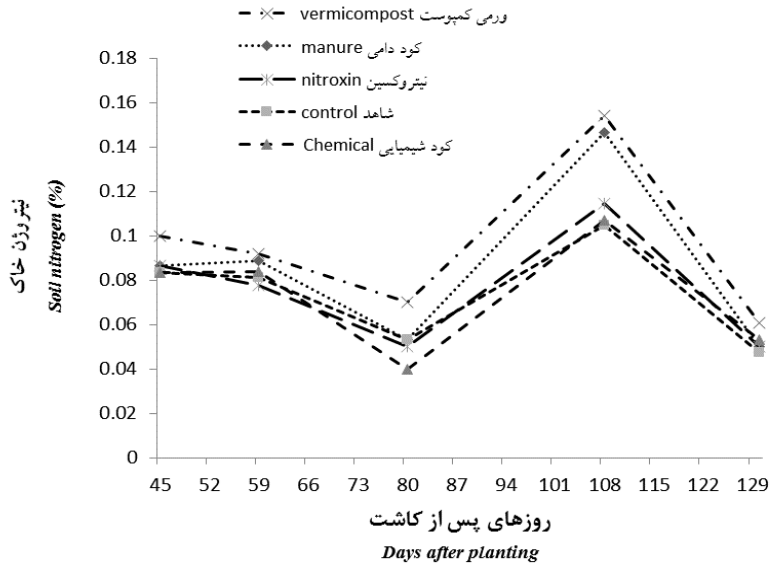
درصد نیتروژن خاک

شکل ۲ نشان می‌دهد که درصد نیتروژن در کرت‌هایی که ورمی کمپوست دریافت کرده بودند بیش از سایر تیمارها بود، اگرچه تغییرات آن در تیمارهای کودی مختلف، روند مشابهی را دنبال کرد. کاهش نیتروژن خاک در سومین نمونه‌برداری (۸۰ روز پس از کاشت) و افزایش آن در ۱۰۸ روز پس از کاشت، ممکن است به‌علت افزایش و کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه در آن دوره از رشد باشد. عوامل محدودکننده‌ی رشد گیاه و ریشه، مانند کاهش رطوبت قابل دسترس، تنش گرما یا سرما، عدم حاصلخیزی خاک و بیماری‌ها، می‌توانند به‌طور مؤثری سبب کاهش تقاضای نیتروژن توسط گیاه شوند و به‌طورکلی، الگوی جذب نیتروژن از خاک تحت تأثیر شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک است (۱۲). چوئی و همکاران (۴) اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست، کل وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن توسط گندم را افزایش داد. همچنین آن‌ها عنوان نمودند که ورمی‌کمپوست نسبت به سایر کودهای مورد استفاده، فراهمی بیشتر عناصر نیتروژن، کربن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را به دلیل آزادسازی تدریجی و کاهش آبشویی آن‌ها سبب شد.

در پژوهشی که در رابطه با اثر نوع خاک‌ورزی و بقایای گیاهی یولاف (*Avena sativa*)، لوپین (*Lupinus angustifolius*) و نخود (*Pisum sativum*) بر میزان نیتروژن و جمعیت میکروبی خاک در مزرعه‌ی گندم *Triticum aestivum* L. انجام شد، روند تغییرات نیتروژن خاک با تغییرات محتوای رطوبت خاک، که بر تجزیه‌ی میکروبی مؤثر است، منطبق بود. همچنین میزان کل نیتروژن خاک با روش خاکورزی همبستگی داشت که علت آن اثر میزان تخریب خاک بر سرعت معدنی‌شدن عناصر غذایی بیان شده است (۱۲).

هدایت الکتریکی خاک

هدایت الکتریکی در تمام کرت‌های تحت تیمارهای مختلف کودی، به‌جز تیمار کود شیمیایی، در اواسط فصل رشد (۶۰ روز پس از کاشت) روند افزایشی داشت (شکل ۳) و در کرت‌های تحت تیمار کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست، دارای کمترین تغییرات بود.

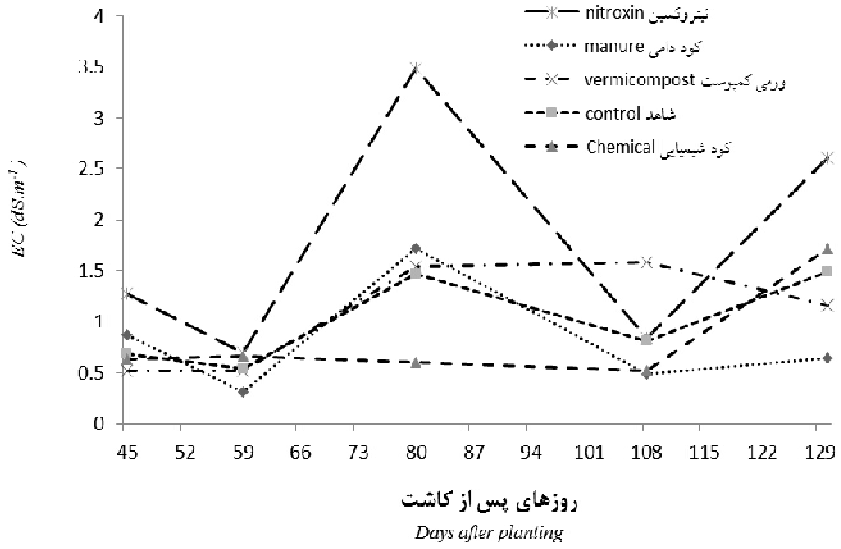


شکل ۲- روند تغییرات درصد نیتروژن خاک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Figure 2- Trend of soil nitrogen treated with difference fertilizers

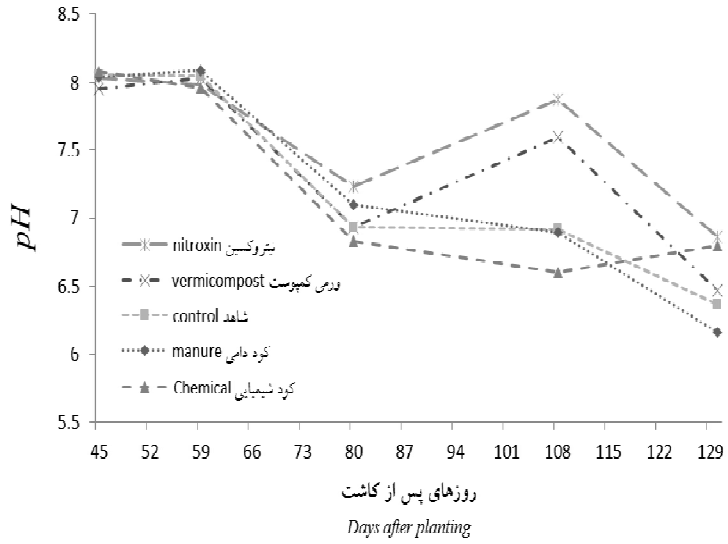
از سوی دیگر، کرت‌هایی که کود بیولوژیک نیتروکسین دریافت کرده بودند، بیشترین تغییرات هدایت الکتریکی را در طول فصل رشد ذرت نشان دادند و تقریباً در تمام نمونه‌برداری‌ها، این تیمار بیشترین میزان هدایت الکتریکی را سبب شد. به‌طورکلی، میانگین هدایت الکتریکی خاک تحت تیمارهای مختلف آزمایش در طول فصل رشد، حاکی از آن بود که بیشترین هدایت الکتریکی (۱/۷۸ دسی‌زیمنس بر متر) مربوط به تیمار کود بیولوژیک و تیمارهای ورمی‌کمپوست، شاهد، کود شیمیایی و کود دامی به‌ترتیب با ۱/۰۶، ۱، ۰/۸۲ و ۰/۸ دسی زیمنس بر متر، در رده‌های بعدی قرار گرفتند.

در آزمایشی که روی ذرت انجام شد (۸)، معلوم شد که از میان تیمارهای کود دامی به همراه نیتروژن، کود دامی به همراه فسفر، کمپوست به همراه کود نیتروژن، کمپوست به همراه فسفر و کود شیمیایی NPK، خاک‌هایی که کمپوست به همراه کود نیتروژن به آن‌ها اضافه شده بود، دارای بیشترین هدایت الکتریکی و تیمار حاوی کود شیمیایی NPK نیز دارای کمترین مقدار هدایت الکتریکی در طول فصل رشد بود. آنان اظهار داشتند که الگوی تغییرات هدایت الکتریکی، وابسته به شرایط خاک است و میزان آب و عناصرغذایی خاک مهمترین عوامل کنترل‌کننده‌ی هدایت الکتریکی می‌باشند.



شکل ۳- روند تغییرات هدایت الکتریکی خاک در طول فصل رشد ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Figure 3- Trend of soil EC treated with difference fertilizers during corn growing season



شکل ٤- روند تغییرات pH خاک در طول فصل رشد ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Figure 4- Trend of soil pH treated with difference fertilizers during corn growing season

pH خاک

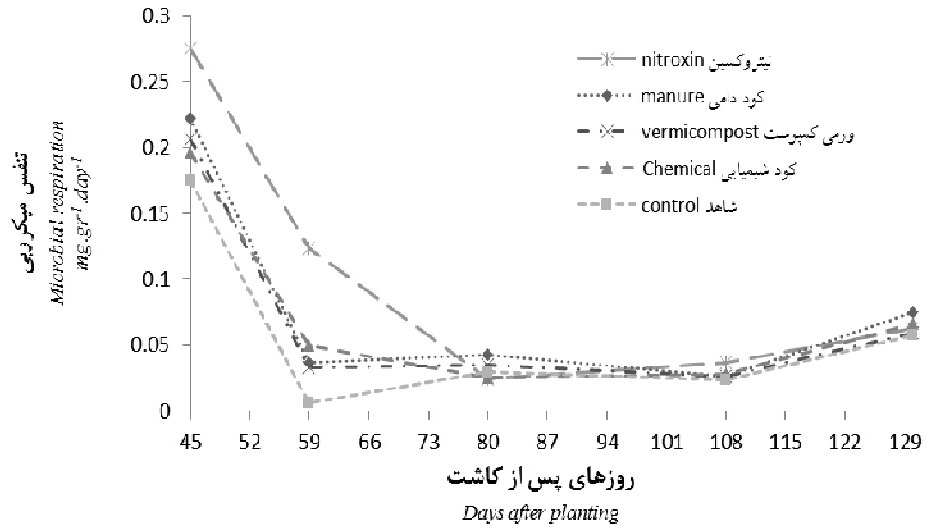
روند تغییرات pH خاک در طول زمان (شکل ۴) نشان می‌دهد که در مجموع، هرچه به انتهای فصل رشد نزدیک‌تر می‌شویم، pH خاک کمتر می‌شود، ضمن این‌که این کاهش برای نیتروکسین و ورمی‌کمپوست نسبت به سایر تیمارها کمتر بود و نوسان کمتری نیز داشت. در ابتدای فصل رشد، میزان pH خاک در تیمارهای کودی مختلف، تفاوت بسیار کمی داشت، اما به‌تدریج این اختلاف بیشتر شد، هرچند که تفاوت آن‌ها از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. در انتهای فصل رشد، pH خاک در تمام تیمارها، در محدوده‌ی ۷/۵–۶/۵ یعنی بازه‌ی خنثی قرار داشت و خاک‌هایی که کود دامی دریافت کرده‌بودند، دارای کمترین مقدار pH بودند. همچنین، در انتهای فصل رشد، مقدار pH در خاک‌هایی که کود بیولوژیک و کود شیمیایی به آن‌ها اضافه شده بود، بیشتر از شاهد بود. پس از کاربرد کود اوره (۶۶ روز پس از کاشت)، pH خاک کاهش یافت که مشابه نتایج لی (۲۱) در رابطه با کاربرد کودهای آلی و شیمیایی در مزرعه‌ی پیاز می‌باشد. محققان دیگری نیز مشابه همین نتایج را مشاهده و بیان کردند که میزان فسفر محلول و pH خاک به‌طور معنی‌داری در سیستم‌های ارگانیک و کم‌نهاده بیشتر از سیستم‌های رایج است (۵).

تنفس میکروبی خاک

نتایج تجزیه و تحلیل بیولوژیکی خاک نشان داد که در تمام نمونه‌برداری‌ها، به‌جز سومین نمونه‌برداری (۸۰ روز پس از کاشت)، میانگین تنفس میکروبی در خاک‌هایی که کود بیولوژیک نیتروکسین به آن‌ها اضافه شده بود، بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۵) ضمن این‌که در اولین و دومین نمونه‌برداری (۴۵ و ۵۹ روز پس از کاشت)، اختلاف بیشتری با بقیه‌ی تیمارهای کودی و شاهد داشت. همچنین روند تغییرات تنفس میکروبی در طول زمان نشان داد که پس از کود بیولوژیک، خاک‌هایی که کودهای آلی (کود دامی و ورمی‌کمپوست) دریافت کرده بودند، تنفس میکروبی بیشتری داشتند. از آنجایی‌که کودهای بیولوژیک، در این آزمایش کود بیولوژیک نیتروکسین، حاوی باکتری‌است، سبب افزایش جمعیت میکروبی و در نتیجه افزایش تنفس میکروبی خاک شد.

کانچی‌کریمس و سینگ (۱۷) مشاهده کردند که کاربرد کود دامی به میزان ۱۵ تن بر هکتار، جمعیت میکروبی را از ۱۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در تیمار عدم مصرف کود آلی، به ۳۳۱ میلی‌گرم در تیمار کود آلی افزایش داد. آن‌ها بیان نمودند که کربن آماده و نیتروژن کود دامی به علاوه‌ی رشد ریشه و در نتیجه افزایش تراوشات ریشه، می‌توانند عوامل اصلی مؤثر در بهبود جمعیت میکروبی باشند.

در یک پژوهش آزمایشگاهی، افزودن کود دامی سبب افزایش جمعیت میکروبی، تنفس میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی در خاک شد (۲۰). مطالعه‌ای در خصوص ورمی‌کمپوست نشان داد که فعالیت‌های بیولوژیکی خاک شامل تنفس در خاک، زیست‌توده‌ی کربن میکروبی و فعالیت‌های دی‌هیدروژناز در خاک‌های تحت تیمار ورمی‌کمپوست، بسیار بیشتر از خاک‌های حاوی کودهای شیمیایی بود (۲۳). ماریناری و همکاران (۲۴) نیز اظهار داشتند که به‌علت افزایش مواد آلی در خاک در نتیجه‌ی کاربرد ورمی‌کمپوست، فعالیت‌های آنزیمی در خاک و نیز تولید دی‌اکسیدکربن بیشتر شد.



شکل ۵- روند تغییرات تنفس میکروبی خاک در طول فصل رشد ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Figure 5- Trend of soil microbial respiration treated with difference fertilizers during corn growing season

همبستگی عملکرد دانه با خصوصیات خاک

ضرایب همبستگی بین برخی خصوصیات خاک و عملکرد دانه‌ی ذرت در جدول ۲ آورده شده‌است و همانطور که مشاهده می‌شود بین هدایت الکتریکی خاک و عملکرد دانه‌ی ذرت ($r=-۰/۷۲^{**}$) و بین pH خاک و عملکرد دانه ($r=-۰/۷۴^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با درصد نیتروژن، هدایت الکتریکی و pH خاک

Table 2- Correlation between seed yield and soil nitrogen, EC and pH

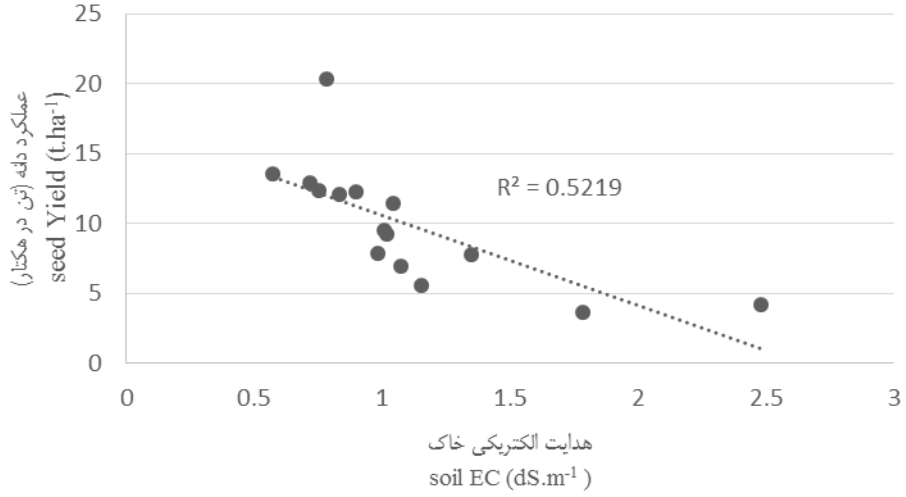
	عملکرد دانه Seed yield	نیتروژن Nitrogen	EC
نیتروژن Nitrogen	-0.33^{ns}		
EC	-0.72**	-0.26*	
pH	-0.74**	0.34*	-0.06^{ns}

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

ns, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک، می‌توان عملکرد دانه ذرت را برآورد کرد. این همبستگی در شکل ۶ نشان داده شده است. در آزمایشی ضریب همبستگی هدایت الکتریکی با عملکرد پنبه، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (۶). کوروین و لسچ (۶) اظهار داشتند که اندازه‌گیری هدایت الکتریکی یک روش سریع و آسان برای تشخیص خصوصیات خاک است، اما همیشه و الزاماً با عملکرد همبستگی ندارد.

اگرچه هدایت الکتریکی و عملکرد، همیشه با یکدیگر همبستگی ندارند (۱۹)، اما رابطه‌ی بین این دو، در بسیاری مناطق به ثبت رسیده است (۱۴) و با یک مدل همبستگی غیرخطی می‌توان با استفاده از هدایت الکتریکی، میزان عملکرد را پیش‌بینی نمود. به‌طوری‌که در جایی‌که میزان هدایت الکتریکی نصف حداکثر آن است، بیشترین مقدار عملکرد مشاهده می‌شود (۱۹). امکان استفاده از هدایت الکتریکی برای پیش‌بینی عملکرد محصول نیز گزارش شده است (۱۳). کوروین و همکاران (۶) بیان کردند که به این علت که خصوصیات خاک (مانند شوری، محتوای آب و بافت خاک) در یک مزرعه خاص، ممکن است بر عملکرد محصول اثر بگذارد و یا نگذارد، هدایت الکتریکی می‌تواند با میزان عملکرد محصول، همبستگی داشته و یا نداشته باشد. با این وجود، در مناطقی که عملکرد با هدایت الکتریکی همبستگی دارد، می‌توان از نقشه‌ی تغییرات هدایت الکتریکی در خاک مزرعه، برای شناخت خصوصیات خاک که بر روی عملکرد تأثیر می‌گذارند، استفاده کرد. در آزمایشی که آن‌ها انجام دادند، ضریب همبستگی هدایت الکتریکی با عملکرد محصول در سطح یک درصد معنی‌دار بود.



شکل ٦- رابطه‌ی بین میانگین هدایت الکتریکی خاک و عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Figure 6- Correlation between soil EC and seed yield of corn treated with difference fertilizers

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین خصوصیات خاک

Table 3- Correlation coefficient between soil properties

صفت	N	EC	pH
EC	-0.26*		
pH	0.34*	*0.06 ns	
تنفس میکروبی Microbial respiration	-0.21 ns	-0.11 ns	-0.16 ns

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

ns, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

همبستگی خصوصیات خاک با یکدیگر

ضرایب همبستگی بین خصوصیات خاک در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار نیتروژن خاک با هدایت الکتریکی و pH خاک دارای همبستگی منفی و معنی‌دار می‌باشد. همچنین، مقایسه‌ی شکل ۲ و ۳ نیز همین مطلب را نشان می‌دهد که روند تغییرات نیتروژن و هدایت الکتریکی خاک عکس یکدیگر می‌باشند و می‌توان از طریق اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک به‌وسیله یک ECمتر ساده، میزان نیتروژن خاک را تخمین زد.

از نظر گاجدا و همکاران (۱۱) و پارتیکوئین و همکاران (۲۸)، هدایت الکتریکی خاک شاخص مناسبی برای تشخیص میزان نیتروژن در دسترس خاک می‌باشد. محققان دیگری نیز اعلام کردند که اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک، معتبرترین روش تشخیص تغییرات درون مزرعه‌ای خصوصیات خاک برای استفاده در کشاورزی دقیق است (۶). در آزمایشی میزان کل کربن، نیتروژن و فسفر قابل تبادل موجود در خاک، خصوصیاتی از خاک که وابسته به عملکرد پتانسیل هستند، با هدایت الکتریکی خاک همبستگی منفی داشتند (۱۵15).

در یک آزمایش ۴ ساله، همبستگی بین بقایای نیترات در خاک با نقشه‌های توپوگرافی منطقه، عکس‌های هوایی و هدایت الکتریکی خاک را بررسی و مشاهده نمودند که از بین ۲۴ مورد بررسی شده، در ۱۵ مورد، هدایت الکتریکی خاک به‌طور معنی‌داری با بقایای نیترات خاک همبستگی داشت و به‌عنوان یک شاخص مفید برای مدیریت نیتروژن خاک اعلام شد (۱۰). شارما و همکاران (۳۰) نیز در بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک دریافتند که میزان نیترات خاک با مقدار هدایت الکتریکی آن همبستگی دارد و با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی می‌توان میزان نیترات موجود در خاک را تخمین زد.

با مقایسه‌ی شکل ۲ و ۴ مشاهده می‌شود که روند تغییرات pH و درصد نیتروژن خاک تا حد زیادی مشابه هم هستند، به عبارتی، زمانی‌که نیتروژن خاک کم بوده است، pH کمتری نیز به ثبت رسیده است. در آزمایشی که در رابطه با اثر کود دامی، کود سبز و کود بیولوژیک بر سلامت خاک در باغ کیوی انجام شد (۳)، با مقایسه‌ی روند تغییرات pH و نیتروژن خاک، نتایج مشابهی را مشاهده کرده و بیان کردند در زمانی‌که نیتروژن به خاک اضافه نشد، میزان pH خاک کمتر بود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری میان هدایت الکتریکی و میزان نیتروژن خاک وجود داشت. همچنین هدایت الکتریکی خاک با میزان عملکرد دانه ذرت نیز همبستگی منفی بالایی داشت که این نتایج بیانگر این مسأله هستند که می‌توان از طریق اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک در طول فصل رشد، میزان نیتروژن و عملکرد دانه ذرت را در این منطقه تخمین زد.

References

1. Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E., and Clark, F. E. 1965. Methods of soil analysis, part 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy.
2. Bremner, J. M., and Mulvaney, C. S. 1965. Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis: part 2, Chemical and Microbiological Properties. Page, A. L. (Ed). 1982. Second Edition. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA. Agronomy Series 9 (2): 596-622.
3. Briones, M. J. I., Barreal, M. E., Harrison, A. C., and Gallego, P. P. 2011. Earthworms and nitrogen applications to improve soil health in an intensively cultivated kiwifruit orchard. Applied Soil Ecology 49: 158-166.
4. Chaoui, H. I., Zibilske, L. M., and Ohno, T. 2003 .Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biology and Biochemistry 35: 295-302.
5. Clark M. S., Horwath W. R., Shennan C., and Scow, K. M. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. Agronomy Journal 90: 662-671.
6. Corwin, D. L., and Lesch, S. M. 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture.

Computer, Electronic and Agriculture 46: 11-44.
7. Eghball, B., and Power, J. F. 1999. Composted and non-composted manure application to conventional and no-tillage system: corn yield and nitrogen uptake. Agronomy Journal 91: 819-825.
8. Eigenberg, R. A., Doran, J. W., Nienaber, J. A., Ferguson, R. B., and Woodbury, B. L. 2002. Electrical conductivity monitoring of soil condition and available N with animal manure and a cover crop. Agriculture, Ecosystems and Environment 88: 183-193.
9. Emam, Y. 2003. Cereal farming. Shiraz university publication. (in Persian).
10. Franzen, D., Long, D., Sims, A., Lamb, J., Casey, F., Staricka, J., Halvorson, M., and Hofman, V. 2011. Evaluation of methods to determine residual soil nitrate zones across the northern Great Plains of the USA. Precision Agriculture 12 (4): 594-607.
11. Gajda, A. M., Doran, J. W., Weinhold, B. J., Kettler, T. A., Pikul, Jr. J. L., and Cambadella, C. A. 2000. Soil quality evaluations of alternative and conventional management systems in the Plains. In: Lal R., Kimble J. F., Follett, R. F., Stewart B. A. (Eds.), Methods of Assessment of Soil Carbon, CRC Press, Boca Raton, FL.
12. Hoyle, F. C., and Murphy, D. V. 2011. Influence of organic residues and soil incorporation on temporal measures of microbial biomass and plant available nitrogen. Plant and Soil 347: 53-64.
13. Jaynes, D. B., Colvin, T. S., and Ambuel, J. 1995. Yield mapping by electromagnetic induction. p. 383-394. In: P.C. Robert et al. (ed.) Site-specific management for agricultural systems. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
14. Johnson, C. K., Doran, J. W., Eghball, B., Eigenberg, R. A., Wienhold, B. J., and Woodbury, B. L. 2003. Status of soil electrical conductivity studies by central states researchers. American Society of Agricultural Engineers Annual International Meeting, Las Vegas.
15. Johnson, C. K., Eskridge, K. M., and Corwin, D. L. 2005. Apparent soil electrical conductivity: applications for designing and evaluating field-scale experiments. Computers and Electronics in Agriculture 46: 181-202.
16. Kamkar, B., and Mahdavi-Damghani, A. 2008. Principles of sustainable agriculture. Academic Jihad publication. Mashhad. (in Persian).
17. Kanchikerimath, M., and Singh, D. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a combisol India. Agriculture Ecosystem and Environment 86: 155-162.
18. Kennedy, I. R., Choudhury, A. T. A. M., and Kecskes, M. L. 2004. Non-symbiotic bacterial daizotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.
19. Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., and Drummond, S. T. 1999. Soil electrical conductivity as a crop productivity measure for claypan soils. Journal of Production Agriculture 12: 607-617.
20. Kizilkaya, R., and Hepsen, S. 2007. Microbiological properties in earthworm cast and surrounding soil amended with various organic wastes. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 2861-2876.
21. Lee, J. 2010. Effect of application method of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Scientia Horticulturae 124: 299-305.
22. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamkar-Haghighi, A. 2008. Effect of different levels of nitrogen, manure and irrigation on corn yield and yield components. Crops product Journal 2: 67-85. (in Persian with English abstract).
23. Manna, M. C., Jha, S., Ghosh, P. K., and Acharya, C. L. 2003. Comparative efficacy of three epigic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. Bioresource Technology 88: 197-206.
24. Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology 72: 9-17.
25. Mirzaee-Talarposhti, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi-Damghani, A. 2009. Effect of organic fertilizers on soil physico-chemical properties and yield of tamato (*Lycopersicon esculentum*). Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 257-268. (in Persian with English abstract).
26. Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, American Society of Agronomy. Madison, Wisconsis: 539-580.
27. Pang, X. P., and Letey, J. 2000. Organic farming: challenge of timing nitrogen availability to crop nitrogen requirements. Soil Science Society of American Journal 64: 247-253.
28. Patriquin, D. G., Blaikie, H., Patriquin, M. J., and Yang, C. 1993. On-farm measurements of pH, electrical conductivity and nitrate in soil extracts for monitoring coupling of nutrient cycles. Biology, Agriculture and Horticulture 9: 231-272.
29. Rezaeenejad, Y., and Afyooni, M. 2001. Effect of organic matters on soil chemical properties, elements uptake by corn and corn yield. Agriculture and Natural Resources Sciences and Technologies 4 (4): 19-28. (in Persian with English abstract).
30. Sharma, P., Shukla, M. K., and Mexal, J. G. 2011. Spatial variability of soil properties in agricultural fields of southern New Mexico. Soil Science, Article in Press.

31. Sudduth, K. A., Kitchen, N. R., Hughes, D. F., and Drummond, S. T. 1995. Electromagnetic induction sensing as an indicator or productivity on claypan soils. p. 671-681. In: P.C. Robert et al. (Eds.) Site-specific management for agricultural systems. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 786-796

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۷۹۶-۷۸۶

Estimation of Corn Yield and Soil Nitrogen via Soil Electrical Conductivity Measurement Treated with Organic, Chemical and Biological Fertilizers

H. Khalilzade[1]- M. Jahan[2*]- M. Nassiri Mahallati[3]

Received: 12-04-2014
Accepted: 08-06-2015

Introduction

Around the world maize is the second crop with the most cultivated areas and amount of production, so as the most important strategic crop, have a special situation in policies, decision making, resources and inputs allocation. On the other side, negative environmental consequences of intensive consumption of agrochemicals resulted to change view concerning food production. One of the most important visions is sustainable production of enough food plus attention to social, economic and environmental aspects. Many researchers stated that the first step to achieve this goal is optimization and improvement of resources use efficiencies. According to little knowledge on relation between soil electrical conductivity and yield of maize, beside the environmental concerns about nitrogen consumption and need to replace chemical nitrogen by ecological inputs, this study designed and aimed to evaluate agroecological characteristics of corn and some soil characteristics as affected by application of organic and biological fertilizers under field conditions.

Materials and Methods

In order to probing the possibility of grain yield and soil nitrogen estimation via measurement of soil properties, a field experiment was conducted during growing season 2010 at Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. A randomized complete block design (RCBD) with three replications was used. Treatments included: 1- manure (30 ton ha^{-1}), 2-vermicompost (10 ton ha^{-1}), 3- nitroxin (containing *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp., inoculation was done according to Kennedy et al.), 4- nitrogen as urea (400 kg ha^{-1}) and 5- control (without fertilizer). Studied traits were soil pH, soil EC, soil respiration rate, N content of soil and maize yield. Soil respiration rate was measured using equation 1:

$CO_2= (V_0- V)\times N\times 22$ Equation 1

In which V_0 is the volume of consumed acid for control treatment titration, V is of the volume of consumed acid for sample treatment titration, N is acid normality.

The microbial respiration ($mgCO_2/g(dry\ soil).day^1$ calculated by dividing the record CO_2 volume to number of days that sample have been placed on container plus dry weight of soil sample.

Results and Discussion

Results showed that soils treated with vermicompost and manure had the highest level of nitrogen during the growing season. Higher microbial respiration was recorded in soils treated with biological fertilizer. Changes in soil nitrogen and electrical conductivity was against each other and correlation results showed that soil nitrogen could be estimated via measurement of soil electrical conductivity. Changes of pH and soil nitrogen were similar and there was a significant correlation between them. Eigenberg *et al*. (8) suggested that the pattern of changes of soil electrical conductivity is highly dependent on soil conditions; also soil water and nutrient content are of the most important factors in determining soil EC. There is a significant and negative correlation between soil electrical conductivity and grain yield and it seems that in this region grain yield of maize can be estimated via measurement of soil electrical conductivity.

Conclusions

In general, the results indicated that there was a strong and negative relation between EC and soil N content. Also, soil EC showed a negative correlation with maize yield which suggested that it is possible to estimate soil N and maize yield through soil EC measurement during of the growing season in the study area.

Keywords: Manure, Microbial respiration, Nitroxin, pH, Vermicompost

1- MSc student, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: jahan@um.ac.ir)