نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

اندازه‌گیری ph خاک به طور پیوسته (در حال حرکت)

یاشار صبوری[۱] ، یوسف عباسپور گیلانده[۲] عبدالمجید معین فر[۱*]
۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
ایمیل مکاتبه کننده: majid.mf90@yahoo.com

چکیده

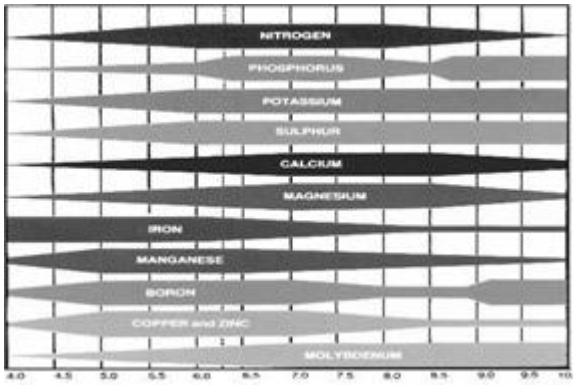
ph خاک ویژگی اصلی محیط رشد محصول است و آگاهی از آن برای جلوگیری از افت پتانسیل عملکرد ضروری است. اندازه Ph برای تخمین میزان اسیدیته قابل تغییر به سطح خنثی، و درنتیجه میزان آهک مورد نیاز برای افزایش Ph خاک به سطح مطلوب لازم است . روش‌های آزمایشگاهی و پیوسته مزرعه‌ای برای اندازه‌گیری Ph بکار می‌رود. با توجه به اینکه هزینه و زمان زیادی را باید صرف روشهای آزمایشگاهی کرد، لذا روشهای پیوسته اندازه‌گیری در حال گسترش هستند. یکی از اهداف کشاورزی دقیق، مدیریت نهاده ها با توجه به تغییرات شرایط مکانی مزارع به منظور افزایش سودآوری و کاهش تلفات محیطی نهاده های کشاورزی است آهک‌زنی با نرخ متغیر، و آگاهی از مناطق دارای شرایط خاک قلیایی و همچنین کمک در انتخاب واریته های مقاوم محصول در مقابل مشکلات مربوط به Ph ، می‌تواند مفید باشد. دستگاههایی که به طور مستقیم به داخل مزرعه رفته, Ph خاک و سایر خصوصیات آن را با دقت بیشتر اندازه‌گیری، پردازش و نقشه مربوط به آن را مشخص می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: نمونه برداری شبکه‌ای ، نمونه‌برداری پیوسته ، سکوی متحرک سنسوردار ، آهک‌زنی متغیر

مقدمه

عبارت ph تعریفی برای لگاریتم منفی یون فعال هیدروژن است که محدوده ارزش آن از ۱(اسیدیته قوی) تا ۱٤ (بازقوی) است ph .خاک ویژگی اصلی محیط رشد محصول است که دسترسی مواد غذایی ، فعالیت میکروبی و میزان سمی بودن آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اسیدی بودن خاک ممکن است ناشی از کودها، از بین رفتن ریشه های گیاهان همراه با برداشت محصولات ، تصفیه نیترات و عناصر اساسی و همچنین تجزیه مواد آلی باشد. زمانیکه ph خاک به زیر حد مطلوب برسد فعالیت میکروارگانیسم های خاک نیز، که میزان دسترسی به نیتروژن، سولفور و فسفررا تحت تاثیر قرار می‌دهند، به گونه مشابه تغییر می‌کند و در خاک های شنی می‌تواند باعث کمبود کلسیم گردد ph .بالای خاک می تواند دسترسی به ریزمغذی های معینی را کاهش دهد و آسیب ناشی از دسته‌ای از علف‌کشها را افزایش دهد. همه این تاثیرات می‌تواند به علت

فاکتورهای دیگر نظیر تراکم، فقدان باکتریهای تثبیت کننده ازت خاک و یا آسیب‌های حشرات باشد. بنابراین، آگاهی از ph خاک برای جلوگیری از افت پتانسیل عملکرد ضروری است . در شکل داده شده زیر محدوده ph قابل قبول برای جذب مواد مغذی در خاک آورده شده است. (www.eutechinst.com)



شکل ۱.محدوده ph مناسب برای جذب عناصر غذایی خاک

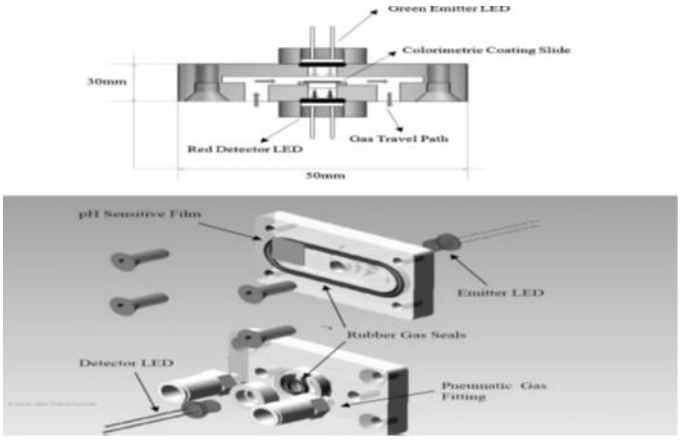
اندازه گیری ph خاک

اندازه گیری آزمایشگاهی

اندازه‌گیری ph خاک در آزمایشگاهها، یا به روش رنگ سنجی یا روش الکترومتریک انجام می شود. روشهای پیشین شامل شاخص‌هایی با رنگ مناسب یا شاخص با پایه اسیدی است، رنگهایی که با یون هیدروژن فعال تغییر می‌کند. در صورت استفاده از نشانگر رنگی، رنگ سبز معرف خاک خنثی، رنگ زرد و یا نارنجی معرف خاک اسیدی و رنگ سبز پررنگ معرف خاک قلیایی است .

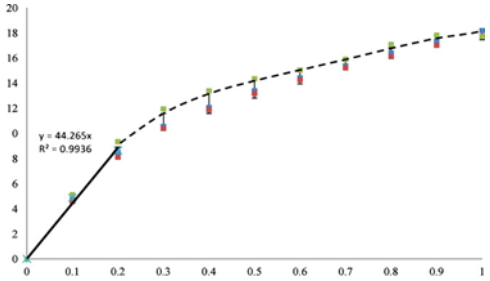
روش بعدی استفاده از دستگاه ph سنج است که خود به چند دسته تقسیم می‌شود. نمونه‌ای از آن شامل یک الکترود شیشه‌ای و یک الکترود مبنا است که به یک اندازه‌گیر نیروی الکتروموتیو جفت شده است، و به الکترودهای انتخاب یونی نیز معروف هستند. سطح داخلی و خارجی حباب حسگر، بوسیلهٔ یک ژل آبدار مخصوص به قطر تقریبی 10 nm پوشش داده شده است. جنس حباب از شیشهٔ سیلیکونی بخصوصی است که به یونهای سدیم اجازهٔ عبور می‌دهد. هنگامی که یونهای ئیدروژن از محیط خارج به ژل خارجی نفوذ می‌کنند، یونهای سدیم موجود در ژل از طریق جدار شیشه‌ای به ژل درونی منتقل شده و بار الکتریکی الکترولیت داخلی را تغییر می‌دهند. این تغییر بار، توسط ph سنج اندازه‌گیری شده و به صورت ph نمایش داده می‌شود. عکس این اتفاق هنگامی می‌افتد که یونهای با بار منفی OH به ژل خارجی نفوذ کنند . Phسنج با ولت‌متر تفاوت چندانی ندارد و به جای ولتاژ، بایک محاسبهٔ ساده(به ازای هر یک درجه کاهش، ۵۹ میلی ولت از الکترود عبور می‌کند)، مقدار عددی ph را نمایش می‌دهد. این دستگاه دارای بخش محاسب الکترونیکی است، که یک نشانگر دیجیتال برروی آن تعبیه شده است(Adamchuk,V.I., and Mulliken,J., 2005) .

نمونه‌ای دیگر ph سنج از سنسور گازی استفاده می‌کند که خود پیشرفت مهمی در این زمینه است (شکل ۲). سنسور شیمیایی براساس استفاده از LED های ارزان به صورت دو منبع، یکی نوری و دیگری تشخیص نور ، تشریح می‌شود که با یک اسلاید پوشش داده شده با رنگ حساس به ph ، برای ایجاد یک سنسور گاز ساده، ترکیب شده است. تنظیم‌هایی برای شناسایی اسید استیک و آمونیاک مورد استفاده قرار گرفتند. در این کار، عملکرد سیستم با الحاق تکنیک سنجش به یک پلت فرم جریان سلولی ، که یک اسلاید رنگ سنجی و یک آشکارساز نوری را در موقعیت خود نگه می‌دارد، بهینه سازی شد. قابلیت تولید این سنسور با این ترتیب و با کنترل دقیق ضخامت فیلم جاگذاری شده، بهبود یافت. بالا رفتن قابلیت ساخت، پتانسیل اندازه‌گیری با کالیبراسیون آزاد را در بین سنسورها ایجاد می‌کند بگونه‌ای که کالیبره کردن یک سنسور می‌تواند برای مدل کردن خصوصیات تمامی سنسورهای موجود دریک دسته خاص مورد استفاده قرار گیرد. در این دستگاه جفت دیودی pedd ، نور جفت شده بین امیتر و آشکارساز، از یک پوشش شیمیایی عبور می‌کند و رنگ تغییر یافته به علت تاثیرات شیمیایی، منتج به سنسور شیمیایی می‌گردد. فرمول شیمیایی مورد استفاده، براساس رنگ شاخص ph است. فرمولاسیون دستخوش تغییر رنگ، از آبی در موقعیت بازی به سمت زرد در وضعیت اسیدی، می‌گردد. در این مقاله یک محفظه جریان سلولی جدیدی برای نگه‌داری و محافظت از موقعیت اسلاید سنسور پوشش داده شده با فیلم حساس شیمیایی طراحی گردیده است. طراحی پلت فرم برای جاگیری اسلاید سنسور، اجازه حذف پوشش بر روی لایه pet را می‌دهد که می‌تواند از لحاظ ساخت، نسبت به روش پوشش مستقیم سطح LED ، قابلیت بیشتری داشته باشد. محفظه شامل دو LED ، آب بند لاستیکی گاز، چهار عدد پیچ قفل کننده، اسلاید پوشش دار و دو عدد اتصال(ورودی و خروجی) گاز نیوماتیکی M5 استLED . ها روبروی یکدیگر در روی یک محور و در دوطرف اسلاید پوشش دار به عنوان سیستم آشکار ساز نوری کار می کنند. LED امیتر، پالس نوری را در یک طرف ایجاد می‌کند و شدت نوری که به LED آشکار ساز می‌رسد با تغییرات رنگ در فیلم رنگ سنج مطابقت داده می‌شود که شاخصی از حضور و تمرکز اسیداستیک است. طول موج امیتر با maxλ رنگ تطبیق داده می‌شود و در نتیجه می‌توان از تغییرات پیک رنگی آگاه شد. زمانیکه از LED به عنوان امیتر استفاده می‌شود امکان سنجش طول موج ها در طول موجی برابر یا کمتر از طول موج منتشر شده فراهم می‌شود. بنابراین با انتخاب LED 660 nm ، می‌توان جذب maxλ موج باند ارسال شده یعنی ٥٦٥ nm شاخص ph را تعیین کرد. یک مقاومت متغیر به صورت سری جهت کنترل بهینه شدت نور نصب گرد.



شکل ۲. LED ها، اسلاید و قطعات بازشده مربوط به PH متر گازی

تغییرات رطوبت در محفظه تاثیر مهمی برپاسخ سنسور نگذاشت و این مطلب پاسخ های سنسور را تایید کرد، که تغییرات در پاسخ سنسور، با توجه به تغییرات ph بوده است. با کاربرد ۱۰ نقطه برای کالیبره کردن سنسور، مشاهده گردید که پاسخ سنسور، در سطوح زیر mg/l 2/0 اسید استیک، به صورت خطی است.



شکل ۳. پاسخ سنسور

سرعت پاسخ اسلاید پوشش دار با توجه به زمانیکه طول کشید تا اسلاید به ۹۵٪ پاسخ به پاشش lμ 7 اسید استیک ۱۰۰٪ برسد، محاسبه شد. که این میزان اسید استیک معادل mg/l 81/268 اسید استیک در هوا است. زمان ارزیابی شده پاسخ ، معادل میانگین سه تکرار و برابر ۲۷ ثانیه بود. (Orpen et al., 2011)

اندازه‌گیری پیوسته مزرعه‌ای

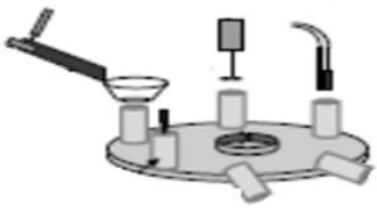
کشاورزی دقیق شامل مدیریت نهاده های تولید هر محصول به روش خاص مکانی برای کاهش تلفات، افزایش سود و حفظ کیفیت محیطی می‌باشد. نمونه‌برداری شبکه‌ای با شبکه‌های ۲/۵ ایکری، هزینه آنالیز را افزایش داده و اغلب در اندازه‌گیری تغییرات مکانی ph در یک حد مناسب شکست خواهد خورد. نیاز به توسعه ادوات برای نقشه‌برداری از ویژگیهای خاک و تکنولوژی دریافت داده‌ها به صورت مستقیم که قابل اطمینان، سریع، ساده، ارزان و قابل تکرار باشد، وجود دارد(Adamchuk and Mulliken, 2005) .

کنترل ادوات و نهاده ها توسط دو روش عمده صورت می گیرد: یکی روش همزمان است که در این روش، خصوصیتی از گیاه یا خاک به صورت پیوسته اندازه‌گیری شده و سیستم‌های کنترلی واقع در تراکتور، به طور همزمان و با استفاده از این اندازه‌گیری، نهاده مورد نظر را تعیین و اعمال می کنند. این مطلب می‌تواند در کنترل عمق ادوات کشاورزی نیز قابل استفاده باشد. در روش نقشه‌مبنا ، نقشه‌ای از خصوصیات خاک یا گیاه که قبلاً توسط حسگرها نمونه‌برداری و با استفاده از ترکیبی از سیستم‌های GPS و GIS تهیه شده باشد، دراختیار پردازشگر کابین تراکتورقرار گرفته و استفاده می‌شود. در حال حاضر ترکیبی از این دو روش می‌تواند به عنوان گزینه مطلوب‌تری پیشنهاد گردد. سنسورهای مورد استفاده درمزرعه در روش پیوسته شامل سنسورهای الکتریکی و الکترومغناطیسی، صوتی، مکانیکی، الکتروشیمیایی، نیوماتیکی، نوری و تشعشعی است. اندازه‌گیری خودکار ph خاک، زمانی قابل قبول است که تغییرات اسیدیته خاک به عنوان محدودیتی برای رشد گیاه باشد. با اندازه‌گیری اتوماتیک ph خاک به صورت پیوسته، امکان بررسی واحدهای نسبتا کوچکی از خاک براساس نرخ متغیرایجاد می‌شود(Adamchuk and Mark Morgan, 1999)

براساس تحقیقات در دانشگاه‌های پردو و نبراسکا، سالینا تولید اولین سیستم خودکار نقشه‌ای ph خاک به صورت پیوسته را تابستان سال ۲۰۰۳ راه‌اندازی کرد. پلت فرم سنسوردار(MSP)، شامل واحد نقشه‌برداری هدایت الکتریکی و مدیریت ph است.

شکل ٤. سکوی متحرک دارای سنسور برای نقشه برداری EC و مدیریت PH

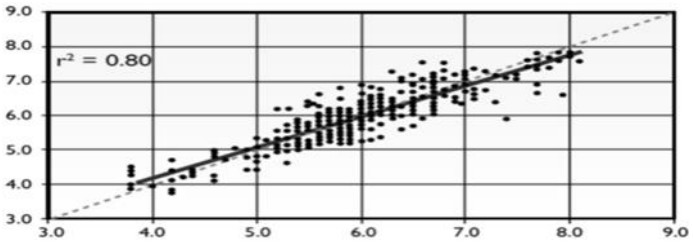
روش کار بدین‌گونه است که در طی عملیات مزرعه‌ای، واحد مدیریت ph خاک به طور خودکار، نمونه‌هایی از خاک را بدون توقف جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌کند. در حال نقشه‌برداری از مزرعه، ردیف بازکن، بقایای گیاهی را حذف می‌کند. سیلندر هیدرولیکی در اتصال موازی جمع می‌شود تا مجموعه کفشکهای برشی را در داخل خاک به سمت پایین ببرد. کفشکهای برشی، لایه‌ای از خاک را بریده و به داخل آبشخور نمونه‌برداری هدایت می‌کند و نمونه قبلی، از قسمت عقب آبشخورخالی می‌شود. سیلندر هیدرولیکی برای بالا بردن آبشخور نمونه‌برداری به بیرون از خاک، که شامل هسته خاکی است و در حالیکه نمونه جدید را برای تماس بایک جفت الکترد انتخابگر یون ph بیرون می آورد، باز می‌شود. در طی نمونه‌برداری، الکترودها توسط دو نازل پره‌ای مسطح شسته می‌شوند.



شکل ٥. شماتیکی از روش کار اندازهگیری خودکار PH

دیسکهای پوشاننده، شیار خاک را پرکرده و گودال را می‌پوشانند. عمق اندازه‌گیری شده از٦–۱/٥ اینچ و و نوعا به عمق اندازه‌گیری موثر متوسط ۳ اینچ قابل تنظیم است. هسته خاک تماس مستقیمی با الکترودها برقرار کرده و به مدت ۲٥–۷ ثانیه (با توجه به واکنش الکترودها) در محل نگهداری می‌شود. هراندازه‌گیری بیانگر میانگین خروجی‌های ایجاد شده در الکترود است. دو اندازه‌گیری مستقل، عملکرد متوسط الکترودها و امکان حذف خطای خواندن را فراهم می سازد. خروجی ثبت شده الکترودها، با توجه به پارامترهای انتخابی برای کالیبره کردن الکترودها، به مقدار ph تبدیل می‌شود. هر اندازه‌گیر زمینی از دریافت کننده GPS استفاده می‌کند. نتایج ، مقایسه بین آنالیز معمولی آزمایشگاهی، که در روی نمونه‌های دستی

عصاره‌گیری شده صورت گرفته و متناظر آن اندازه‌گیری پیوسته، که در شعاع ft25 صورت گرفته در شکل ۵ نشان داده شده است .



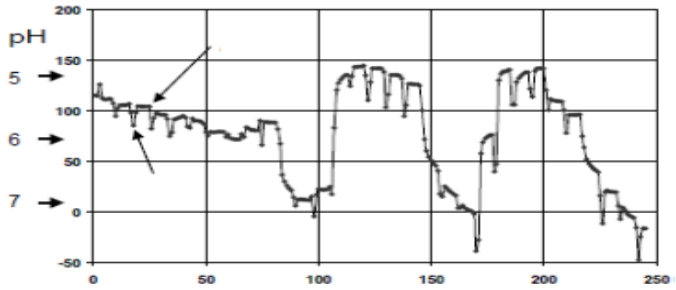
شکل ۶. مقایسه بین آنالیز معمولی و پیوسته PH خاک

این مقایسه شامل ١٤ قطعه زمین در کانزاس، نبراسکا، آیووا، ایلینویز و ویسکانزین بود. گرچه درجه همبستگی بین دو روش، بالا بود ولی، اندازه‌گیری پیوسته می‌تواند خطای استانداردی در حدود ph 3/0 تا ۰/۲ داشته باشد، که مختصرا بالاتر از مقدار معمول در آزمایشگاه تجاری منتخب بود. نقشه‌برداری پیوسته، افزایش در چگالی نمونه‌برداری را فراهم می‌آورد که منتج به نقشه‌های بسیار دقیق ph خاک می‌شود. با مدیریت ph خاک ودر تلاشی یکسان، می‌توان ۱۵–۲۰ برابر اندازه‌گیری‌های بیشتری نسبت به نمونه‌برداری شبکه‌ای انجام داد. نمونه‌برداری با اندازه‌گیری سنسوری منتج به همبستگی قابل قبولی (r2 = 0/80) با آنالیزهای معمول آزمایشگاهی شد .

phخاک میزان نیاز به آهک را مشخص می‌کند اما ph بافری برای تخمین میزان اسیدیته قابل تغییر به سطح خنثی، و درنتیجه میزان آهک مورد نیاز برای افزایش ph خاک به سطح مطلوب لازم است. میزان آهک مورد نیاز تحت تاثیر خصوصیات خاک است که شامل مواد تشکیل دهنده خاک، محتوای رسی و آلی، ظرفیت تغییرپذیری، فرم اسیدیته موجود و phاولیه و نهایی خاک است. در حال حاضر سه روش برای تخمین میزان اسیدیته قابل تغییر مورد استفاده قرار می گیرد : ۱– تخمین آهک مورد نیاز از روی ویژگیهای خاک نظیر ph خاک، بافت، نوع، محتوای رس و مواد آلی ۲– تیتراسیون مستقیم خاک با Ca(oH)2 3- استفاده از روش بافری برای تخمین شاخص تست آهکی .

نرخ کاربرد آهک باید با عمق واقعی مخلوط شدن آن (عمق ۹–٦ اینچی) تنظیم شود. عموما باور براین است که ضریب تغییرات ph خاک بین ۲–١٦٪ است، که در مقایسه با مواد مغذی خاک یا خصوصیات فیزیکی خاص (ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع) کمتر است. بعلاوه ph به طور ناگهانی تغییر نمی‌کند وساختاری مکانی دارد. گرچه درجه این ساختار مکانی از قطعه‌ای به قطعه دیگر تغییر می‌کند، تشابه در ph خاک اندازه‌گیری شده را می‌توان در فواصل 60-900 ft مشاهده کرد. آنالیز آزمایشگاهی ده نمونه تایید کرد که نقشه‌ای که براساس روش پیوسته ایجاد شده بود، بسیار دقیق‌تر از نقشه درون‌یابی براساس نمونه‌برداری شبکه‌ای ۲/۵ ایکری است. یکی از اهداف کشاورزی دقیق، مدیریت نهاده‌ها با توجه به تغییرات شرایط مکانی مزارع به منظور افزایش سودآوری و کاهش تلفات محیطی نهاده های کشاورزی است آهک‌زنی با نرخ متغیر، و آگاهی از مناطق دارای شرایط خاک قلیایی و همچنین کمک در انتخاب واریته‌های مقاوم محصول در مقابل مشکلات مربوط به ph ، می‌تواند مفید باشد (Adamchuk and Mulliken, 2005)

سیستم نمونه‌برداری خودکاری که بر روی تراکتور نصب گردیده، دارای آنتن ماهواره‌ای، کامپیوتری برای ورود داده‌های دستی، کنترل‌هایی برای وسیله، سنسور و تیغه‌هایی شامل سنسور و مکانیزم نمونه‌برداری است. این دستگاه نمونه‌ها را ازعمق ثابتی از خاک برداشت کرده که نمی‌تواند برای تغییرات عمق به حساب آید. اندازه‌گیری خودکار و مستقیم ph خاک شامل الکترود انتخاب یون، نازل آب و نمونه‌بردار است. این سیستم به صورت ثابت ، در soil binو در مزرعه تست شد. خروجی سنسور (زمان –میلی ولت – ph) در شکل نشان داده شده است.



شکل ۷. خروجی سنسور در تست مزرعه ای

انحراف استاندارد این اندازه‌گیری‌ها برابر **ph 38/0** بود مقایسه نمونه‌برداری شبکه‌ای فعلی با اندازه‌گیری پیوسته نشان می‌دهد که نمونه‌برداری شبکه‌ای دارای چگالی کمی بوده، لزوم تکرار اندازه‌گیری برای هر نمونه وجود دارد. نمونه‌برداری در این روش، زمان‌بر و هزینه‌بر بوده ولی دارای قابلیت آنالیز خصوصیات چندگانه خاک است. در نمونه‌برداری پیوسته، تعداد نمونه‌های برداشت شده از خاک زیاد بوده و یک اندازه‌گیری برای هر نمونه کافی است. هزینه ابزاراندازه‌گیری در این روش زیاد بوده و خصوصیات محدودی از خاک را با این روش می‌توان اندازه‌گیری کرد. تغییرات مکانی ph در این مزرعه به علت تفاوت در نیتروژن استفاده شده در گذشته، کلسیم به کار رفته با آب آبیاری، و تفاوت‌هایی در نوع خاک با توجه به شیب، است. تاثیر ph در رشد محصول تحت نفوذ تاریخچه خاکورزی نیز است. اندازه‌گیری مستقیم ph ، که از شیر آب استفاده می‌کند، ممکن است به طور قابل توجهی تحت تاثیر ph آب باشد .ph پایین در مناطق با آبیاری زیاد و همچنین phبالا در مسیرهای شنی (آهک تهنشن شده) برخی از تغییرات مشخص و موجود ph در مزارع است. الگوی مکانی phدر تکرارهای زیاد بدون تغییر باقی می‌ماند, (Adamchuk and Paul Jasa, 2002) .

بدون نقشه‌های دقیق، نرخ متغیر اعمال آهک تفاوت زیادی با نرخ متوسط یکنواخت نخواهد داشت. بدست آوردن این اطلاعات در مورد مزرعه با استفاده از تکنیکهای امروزی، هزینه زیادی خواهد داشت. سود آهک‌زنی نرخ متغیر، در اجرای روش خاص مکانی است و در صورت استفاده از روش اندازه‌گیری با هزینه پایین، قابل بررسی است. جهت تصحیح ph خاک، نقشه‌های ph خاک که براساس اندازه‌گیری‌های پیوسته بدست آمده، باید به نقشه‌های عملکردی آهک، قبل از آهک‌زنی با نرخ متغیر، تبدیل شود. بنابراین، نقشه‌های ph خاک و هدایت الکتریکی (نقشه‌های هدایت الکتریکی اغلب تغییرات در بافت خاک را انعکاس می‌دهد که شامل درصد رس، شن و سیلت است)، با هم ترکیب می‌شوند. برای تهیه نقشه‌های تجویز آهک، می‌توان روش رگرسیون چند متغیره را برای توسعه یک معادله خاص مزرعه‌ای، براساس ترکیب خطی اطلاعات جمع آوری شده به صورت پیوسته از ph و EC ، بکار برد. منابع اضافی مربوط به داده‌های مکانی خاک را می‌توان، برای بهبود کیفیت نقشه‌های کاربردی آهک، مورد استفاده قرار داد. نقشه‌های تجویز آهک برمبنای اطلاعات

سنسوری، کاهش خطا را در نرخ اعمال آهک نشان داده است. در مزارع منتخب، این پیشرفت می‌تواند از طریق ترکیب سنسورهای پیوسته اضافی، نظیر سنسور هدایت الکتریکی متداول (تجاری) و سنسورهای طیف سنجی نزدیک مادون قرمز (در حال توسعه)، افزایش یابد(Adamchuk, 2005) .

مطالعات اخیر دانشگاه نبراسکا نشان داد که برگشتی خالص مورد انتظار (سود فروش محصول) علاوه بر هزینه آهک، در طول چهار سال سیکل کاشت ذرت - سویا، تحت تاثیر ۱-خطاهای مربوط به روش‌های متفاوت نقشه‌برداری ۲- کیفیت اطلاعات، هزینه کارکردهای اضافی، هزینه‌های جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها و ۳- تغییرات در نیاز به آهک در مزارع خاص، قرار دارد. تخمین این معادله ترکیبی از سودها در سالهای مختلف و وابسته به فاکتورهایی همانند قیمت سویا و ذرت، میزان محصول سویا و ذرت در سالهای ارزیابی، هزینه سویا و ذرت و حمل و نقل آن، هزینه نمونه‌برداری از خاک و اعمال آهک است. همچنین میزان تغییرات لازم در ph خاک تا حد مطلوب که تابعی از ph قبلی خاک، ظرفیت بافری)میزان اعمال آهک در هر ایکر برای افزایش در واحد ph و میزان مصرف آهک است، تخمین و محاسبه گردید (Adamchuk, et al., 2001)

داده‌های مربوط به نقاط در شبکه‌های بزرگ، برای تامین اطلاعات بیشتر در مورد ماهیت تغییر در ph یا نیاز آهکی بین نقاط نمونه‌برداری، فاصله زیادی از همدیگر دارند. مدیریت خاص مکانی ph خاک می‌تواند یکی از محتمل‌ترین روشها در مزارعی با تغییرات اساسی در ph خاک بوده، اطلاعات دقیق‌تری را در مورد تغییرات مکانی ph خاک و خصوصیات دیگر مربوط به مشخصات بافری تامین کند (مثلا هدایت الکتریکی) نمونه‌های بدست آمده از طرح شبکه یک هکتاری جهت تایید نقشه‌های نیاز آهکی براساس داده‌های سنسوری مورد استفاده قرارگرفت. ده نمونه مستقیم از هر مزرعه برای تعیین معادلات پیشگوی ph بافری و تایید روش آهک‌زنی متداول مورد استفاده قرار گرفت . RMSE برای هر مزرعه محاسبه شده و به عنوان شاخص اصلی کیفیت نقشه به کار گرفته شد. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فاصله شبکه‌ای ۳۰ متری یا کمتر برای بررسی کافی تغییرات مکانی ph خاک مورد نیاز است. نمونه‌برداری با این کثرت تقریبا به ۱۱ برابر نمونه‌برداری بیشتر، نسبت به نمونه‌ای که بطور معمول از شبکه ۱۰۰ متری استفاده می‌کند، نیاز دارد. ph خاک از ٥/٤ تا ۸ در فواصل ۱٥۰ متری در بسیاری از برشهای عرضی تغییر می‌کند. در بعضی از بخشها تغییر ph خاک در حدود ۲ واحد در فاصله ۱۲ متری است. مزرعه کانزاس ۱ با استفاده از سنسور طیف سنج نزدیک مادون قرمز برای نقشه مرکب ph and EC مورد نقشه‌برداری قرار گرفت. میزان آهک مورد نیاز که براساس اطلاعات سنسوری بدست آمده است، کاهش بیشتری را نشان داد. kg/ha643). در شنهای زبر، پاسخ الکترودهای ph نوعا کمتر از خاکهای سنگین یا خاکهای با آب خالص است تاثیر تغییرات مزرعه‌ای ph خاک در سوددهی آهک‌زنی نرخ متغیرمربوط به ١٤ قطعه زمین در نواحی مختلف ایلینویز، آیووا، کانزاس و نبراسکا مورد ارزیابی قرار گرفت. با فرض خطای اندازه‌گیری ph 3/0، انحراف استاندارد مزرعه‌ای مربوط به آهک‌زنی نرخ متغیر در وضعیت سودآوری، حداقل (10% CV) (ph 6/0 است. (Lund et al., 2005)

منابع و مآخذ

1. Adamchuk, V. Morgan, M. Ess, D. 1998. Rapid Determination of Soil ph for Precision Farming . Agricultural and Biological Engineering, Purdue University, July (ASAE 1998)

2. Adamchuk, V. Mulliken, J. 2005. Site-Specific Management of Soil pH (FAQ) . University of Nebraska–Lincoln Extension EC 05-705.
3. Adamchuk,V. 2005. The Philosophy of On- the – Go Soil Sensing . University of Nebraske – Lincoln . First Asian Conference on Precision Agriculture . August 4-7.
4. Adamchuk,V. and Jasa,P. 2002. On-the-Go Vehicle- Based Soil Sensors . University of Nebraska Cooperative Extension EC 02-178.
5. Adamchuk,V. Morgan, M. Lowenberg-Deboer, J. 2001. Purdue University , (ASAE – 2001)
6. Adamchuk,V. Morgan,M. 1999. Evaluation of Automated Soil ph Mapping, Agricultural and Biological Engineering, Purdue University. paper no. 991100(ASAE 1999)
7. ANONYMOUS. 2014. Soil ph and nutrient. Available from: www.eutechinst.com/techtips/tech-tips5.htm
8. Lund, E. Collings, K. Drummond, P. Christy, C. Adamchuk, V. 2005. Development of soil ph and lime requirement maps using on-the-go soil sensors. Implementation of Precision Agriculture 9-12 June 2005 in Uppsala, Sweden.
9. Orpen, D. Beirne, S. Fay, C. Tong Lau, K. Corcoran, B. Diamond. D. 2011. The optimis-ation of a paired emitter–detector diode optical pH sensing device. Sensors and Actuators B 153 (2011) 182–187.

Measuring soil ph steadily (on-the-go)

Abstract
Soil ph main features of the product development and awareness of it is necessary to avoid loss of yield potential. Ph size to estimate the change in the level of neutralizing acidity, and thus the amount of lime needed to increase soil Ph level is desirable. Laboratory and field procedure frequently used to measure Ph. Given that so much time and money should be spent on laboratory tests, so the methods of measurement are growing steadily. . One of the goals of precision farming, management inputs due to changes in environmental conditions, where farms to increase profitability and reduce the loss of agricultural inputs Liming with variable rates, and awareness of the alkaline soil conditions and also help in the selection of resistant varieties against product-related problems Ph, can be useful. Devices that go directly into the field, Ph of the soil and its characteristics more accurately measured, processed and map to define it.

Keywords: network sampling, continuous sampling, platform motion sensor, Liming variable.