بهینه سازی توصیه کود فسفره بوسیله طیف سنجی خاک و کود دهی نرخ متغیر

محمد رضا ملکی

استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت
آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: mrmaleki@mail.uk.ac.ir

چکیده

محاسبه کود مورد نیاز مزارع بر اساس آزمایش سطوح عناصر خاک، اطلاعات مزرعه و گیاه صورت می‌گیرد. معمولاً مقدار کود از روی جدول‌های توصیه کود تعیین می‌شودکه دارای معایب متعددی است و می‌بایست مورد بازنگری قرار گیرد. با استفاده از روش طیف سنجی خاک می‌توان داده‌های مورد نیاز برای جایگزینی آنها با معادلات توصیه کود را تأمین کرد. در مطالعه حاضر چگونگی انجام این روش که در منقطه فلاندرز بلژیک صورت گرفته تشریح شده و نتایج حاصل از برداشت بیش از 8000 طیف خاک در هر هکتار برای تعیین معادله توصیه کود فسفره با موفقیت بکار گرفته شد.

کلمات کلیدی: **توصیه کود، فسفر، طیف سنجی، کود دهی نرخ متغیر**

مقدمه

یکی از پیشرفت‌های مهم در کشاورزی تشخیص و اندازه گیری عناصر خاک بمنظور تامین کمبود عناصر آن و نیازهای گیاهان است. دانش شناسایی عناصر خاک دارای عمری طولانی است. دانشمندان علوم خاک شناسی ضمن برآورد سطوح عناصر خاک آزمایش‌هایی را برای تعیین نوع و مقدار کود لازم برای گیاهان مختلف انجام داده و جداولی در این رابطه برای استفاده کشاورزان و آزمایشگاه‌های خاک شناسی ارایه نموده اند (واندن دریسه و همکاران، 1993 ، وان دن آویله و همکاران، 2003). این عمل معمولاً با در نظر گرفتن کرت‌های متعدد و آزمایش خاک آنها و بعد کاربرد مقادیر مختلف از یک کود در کرت‌ها برای تعیین توصیه کود صورت گرفته و تا به امروز مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از محدودیت های یک چنین نتایجی، انجام طرح‌های مقایسه‌ای بین کرت‌های تحت آزمایش برای یافتن مقادیر بهینه کود بجای استفاده از آنالیز رگرسیون است که بطور فزاینده ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و بایستی با احتیاط بکار رود (سلطانی، 1385). در هر صورت نتایج منجر به ارایه جداول گسسته توصیه کود می‌شود. پس از آزمایش خاک برای تعیین سطح عناصر موجود و ضمن در نظر گرفتن سایر شرایط موجود از جمله نوع گیاه مورد کاشت، نوع گیاه کشت شده فصل قبل، مقدار محصول در هکتار، تاریخ کاشت، کود دامی بکار رفته و سایر موارد وسپس مراجعه به این گونه جداول توصیه مقدارکود ممکن خواهد بود (واندن دریسه و وان ایترسوم 1995). صرف نظر از خطای آزمایش خاک که همواره موجود است این روش که بعنوان روش سنتی در کشاورزی نوین شناخته می‌شود و بر آن دو عیب اساسی مترتب است اول توصیه کود یکسان برای تمامی مقادیر سطوح عنصر آزمایش شده در محدوده دادههای گسسته جداول توصیه کود است و دوم اختلاف بین آزمایشگاه‌های خاک شناسی است که ضمن ارایه مقادیر متفاوت در تعیین سطح موجود یک عنصر برای یک مزرعه، از جدول توصیه کود یکسان بهره می‌برند . برنک و همکاران(1999) از مرکز هر هکتار و برای 50 هکتار در استان باواریا آلمان حدود 10 نمونه برداشت کرده، خوب نمونه‌ها را مخلوط و سپس به دو قسمت تقسیم کردند. آنها نمونه ها را به دو لابوراتوار خاکشناسی معتبر ارسال و با مقایسه نتایج دریافتند که سطوح فسفر اندازه‌گیری شده بین دو لابوراتوار خاکشناسی تنها 0/57 ضریب همبستگی‌دارند. ملکی و همکاران (2007) با روشی مشابه از 30 هکتار مزرع در بلژیک که سال قبل در آن ذرت کشت شده بود 90 نمونه برداشته، آنها را خوب

مخلوط و سپس به 3 قسمت تقسیم کرده و به یک لابوراتوار خاکشناسی معتبر ارسال کردند. آزمایشگاه بدون اطلاع از تقسیم نمونه ها سطوح عناصر موجود در نمونه ها را تعیین و در نهایت مشخص گردید که توصیه کود برای 30 درصد داده‌ها در نمونه‌ها یکسان نبود. به منظور بدست آوردن معادلات پیوسته برای توصیه کود، نیاز به داشتن هزاران کرت و نمونه آزمایش برای هر مزرعه با بافت مشخص خاک خواهد بود ضمن اینکه محصول نیز به ازای هر کرت بایستی برآورد شود و سپس مقادیر سطوح کود در مقابل مقدار محصول برداشت شده داده کافی برای ارایه یک معادله توصیه کود بدست خواهد داد. ناگفته پیداست که این کار علاوه بر زمان، هزینه بسیاربالا نیز در بر خواهد داشت. در کشورهای توسعه یافته خصوصاً اروپای غربی که سطوح عناصر خاک دارای استاندارد خاص بوده و کاربرد بیش از حد کود مجاز نیست و بعضاً منجر به جرایم سنگین کشاورزان می‌شود انجام این گونه آزمایش‌ها شاید قابل توجیه باشد (ملکی و دی بایرده‌مائکر، 2008). اگرچه هزینه بالای آن انجام آنرا به تعویق انداخته است. از این رو احتیاج به روش‌های جایگزین ضروری به نظر می‌رسد. با توسعه روش‌های پیشرفته از جمله طیف سنجی خاک که با سرعت بیشتر و هزینه کمتر قابلیت تعیین سطوح عناصر خاک را دارد تحولی شگرف دراین زمینه بوجود آمد. تعیین عناصر خاک خشک با استفاده از اشعه مادون قرمز توسط دلال و هنری(1986) معرفی وبعداً توسط بن‌دور و بنین (1995) با روش‌های پیشرفته-ترآماری تکمیل گردید. بعدها ملکی و همکاران (2006) و موزن و همکاران(2007) تکنیک‌های جدید آماری در طیف سنجی تعیین عناصر خاک تر با استفاده از اشعه مادون قرمز را گزارش نمودند. اصول طیف سنجی در تعیین عناصر خاک بطور مفصل توسط استنبرگ و همکاران (2010) تشریح شده است. دراین مطالعه نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان داده‌های لازم برای ایجاد معادلات توصیه کود فسفاته بجای جداول متداول را بوسیله روش طیف سنجی، تجهیزات کود دهی نرخ متغیر و کمباین مجهز به حسگر نرخ سنج محصول تهیه نمود.

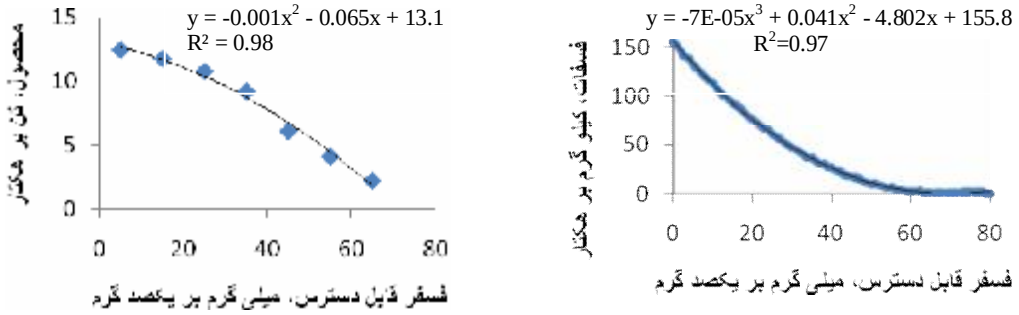
مواد و روشها

چهار مزرعه زیر کشت ذرت علوفه‌ای در ناحیه فلاندرز کشور بلژیک و شهر لوون که دارای خاک سندی-لومی، لومی-سند و سیلت لوم بودند برای این مطالعه انتخاب شدند. فسفر خاک بوسیله مدل PLS برای فسفر قابل دسترس خاک ارایه شده بوسیله ملکی و همکاران (2007) بوسیله حسگر خاک الحاقی به کارنده (ملکی و همکاران، 2008) در ضمن کاشت تعیین گردید. همزمان با کاشت بوسیله کود ریز نرخ متغیر ساخته شده توسط ملکی و همکاران (2008) مقدار کود لازم ثبت گردید. همزمان با این دو عمل، محل برآورد فسفر و موقعیت کود دهی بوسیله یک مکان یاب افتراقی(DGPS, Trimble, USA) مشخص گردید. مختصات ثبت شده همراه سطح فسفر خاک و در نهایت مقدار کود داده شده در یک فایل ذخیره گردید. مراحل داشت محصول توسط صاحبان مزرعه صورت گرفت و سایر کودهای مورد نیاز بطور یکسان به مزرعه داده شد. برداشت ذرت علوفه‌ای بوسیله کمباین مجهز به حسگر نرخ سنج محصول (CR 960 New Holland) و مکان یاب افتراقی انجام و اطلاعات لازم در یک فایل جداگانه ذخیره گردید. سپس با یک برنامه کامپیوتری یک داده از مقدار محصول انتخاب و با مقایسه موقعیت آن با موقعیت داده‌های مقدار کود و سطح فسفر، اطلاعات لازم برای تهیه معادلات توصیه کود فراهم شد. برای تعیین اعتبار مدل فسفر، 15 نمونه خاک از هر مزرعه گرفته و به آزمایشگاه برای تعیین فسفر آن ارسال شد تا با فسفر پیش بینی شده بوسیله مدل مقایسه شود.

نتایج و بحث

تعیین اعتبار مدل فسفر نشان داد که RMSE معادل 0/85 و با ضریب تبیین 0/82 است که بسیار رضایت بخش بود. بنابر این میزان فسفر پیش بینی شده بوسیله مدل قابل اتکا بود. بطور متوسط 8000 طیف سالم در هر هکتار گرفته

شده بود و با استفاده از مدل، سطح فسفر خاک به همان تعداد نقطه در هر مزرعه تعیین شد. حدود 500 طیف در هکتار مربوط به ریشه گیاه، سنگ و هوا شناسایی و حذف گردید. مقدار محصول درنقاط مختلف مزرعه‌های تحت مطالعه از 5 تا 14 تن در هکتار بود. با قرار دادن مقدار محصول در مقابل سطح فسفر، رفتار آنها در مقابل هم بررسی و مشخص شد که بیشترین بازده محصول به چه نقاطی از مزرعه و با چه سطحی از فسفر و با چه مقدار کود داده شده تعلق دارد. بررسی این نقاط نشان داد که نقاط با سطح کود فسفر بالا (حدود 40 میلی گرم در هر 100 گرم) بازده کمتری نسبت به سایر نقاط که فسفر دریافت نموده‌اند داشتند. این یافته کمک می کند تا توجیه بهتری برای بیش کود دهی که در نزد بعضی کشاورزان رایج است را درک کنیم. از طرف دیگر این یافته به این معنی است که گیاه از فسفر موجود در خاک بخوبی استفاده نمی‌کند و نیاز است که در هر شرایی برای بازده بیشتر مقدار کمی فسفر باید به زمین داده شود بررسی نقاط با دریافت بیشتر کود با نقاط با متوسط دریافت کود نشان داد که تفاوت معنی داری بین آنها نیست به عبارت دیگر نیازی به کود دهی بیشتر در نقاط با سطح فسفر کمتر نخواهد بود. این یافته قبلاً توسط ملکی و ضمیران (2009) نیز گزارش شده بود. شکل 1-الف دیاگرام مقدار فسفر خاک در مقابل میزان کود داده شده و شکل 1- ب مقدار مقدار فسفر خاک در مقابل مقدار محصول برداشت شده را نشان می‌دهد.



شکل 1 – دیاگرام (الف) مقدار فسفر خاک در مقابل میزان کود داده شده و (ب)مقدار مقدار فسفر خاک در مقابل مقدار محصول برداشت شده

با تلاقی معادلات مقدار فسفر خاک در مقابل میزان کود داده شده و مقدار مقدار فسفر خاک در مقابل مقدار محصول برداشت شده این نتیجه حاصل گردید که برای مقادیر زیر60 میلی گرم بر یکصد گرم فسفر کود دهی باید مطابق با رابطه داده شده صورت گیرد و برای مقادیر بالای 60 میلی گرم بر یکصد گرم فسفر حداقل 5 کیلو گرم بر هکتار کود دهی لازم خواهد بود:

$P< 60$ $\quad P_2O_5 = -0.00007P^3 + 0.041P^2 - 4.802P + 155.8$

$P> 60$ $\quad P_2O_5 = 5\ kg/ha$

که در این رابطه P_2O_5 مقدار فسفات لازم بر حسب کیلو گرم بر هکتار و P مقدار فسفر قابل دسترس بر حسب میلی گرم بر یکصد گرم است. در این معادله ضریب تبیین 0/97 است. بنابراین از روش طیف سنجی خاک می‌تواند برای بهبود دقت توصیه کود استفاده کرد و با هزینه و زمان کمتر داده های لازم را جایگزینی جدول‌های توصیه کود با معادلات توصیه که بصورت پیوسته قابلیت توصیه کود را دارد فراهم نمود.

قدردانی

مطالعه حاضر در دپارتمنت بایوسیستم، گروه مکاترونیک، و سنسورها دانشگاه کاتولیک لوون بلژیک بعنوان بخشی از پروژه فوق دکتری صورت گرفته که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

سلطانی ا ، 1385. تجدید نظر در کاربرد روش‌های آماری در تحقیقات کشاورزی. انشارات جهاد دانشگاهی مشهد، 72 صفحه

Ben-Dor E and Banin A, 1995. Near infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties. Soil Science Society of America Journal, 59: 364-372.

Brenk C, Pasda G and Zrulla W,1999. Nutrient mapping of soils. A suitable basis for site-specific fertilization, pp. 49-59. In: Stafford J V (ed.). Precision Agriculture 1999. European Conference on Precision Agriculture. SCI., Shefield Acdemic Press.

Dalal R C and Henry R J, 1986. Simultaneous determination of moisture, organic carbon, and total nitrogen by near infrared reflectance spectrophotometry. Soil Science Society of America Journal, 50: 120-123.

Maleki M R and De Baerdemaeker J, 2008. Maximizing the crop profitability and minimizing phosphorus environmental impact by using an on-the-go variable rate fertilization system, Post Doctoral Mandate No. 00044677, report No 00044677100, Catholic University of Leuven, Belgium.

Maleki M R, Mouazen A M, Ramon H and De Baerdemaeker J, 2007a. Optimisation of soil VIS-NIR sensor-based variable rate application system of soil phosphorus. Soil & Tillage Res., 94: 239-250.

Maleki M R, Mouazen A M, De Ketelaere B, Ramon H and De Baerdemaeker J, 2008. On-the-go variable rate phosphorus fertilization based on a VIS-NIR soil sensor. Biosystems Engineering 99: 35 – 46.

Maleki M R, Van Holm L, Merckx R, Ramon H, De Baerdemaeker J and Mouazen A M, 2006. Phosphorus sensing for fresh soils using visible and near infrared spectroscopy. Biosystems Engineering. 95 (3): 425-436.

Maleki MR and Zamiran A. 2009. Evaluating the profitability of a soil sensor-based variable rate applicator for on-the-go phosphorus fertilization. International Journal of Agriculture and Biology, 11 (6): 651–658.

Mouazen AM, Maleki MR, De Baerdemaeker J and Ramon H, 2007. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS–NIR sensor. Soil & Tillage Res. 93: 13–27.

Stenberg B, Raphael A, Viscarra R, Mouazen AM and Wetterlind J, 2010. Visible and Near Infrared Spectroscopy in Soil Science. In; Donald L. Sparks, (eds): Advances in Agronomy, Vol. 107, Burlington: Academic Press, pp. 163-215.

Vanden Auweele W, Boon W, Bries J, Coppens G, Deckers S, Elsen F, Mertens J, Vandendriessche H, Ver Elst P and Vogels N, 2003. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgishe akkerbouw-en weilandareaal. In: The Chemistry of Soil Fertility of Belgium Arable and Grass Lands, Belgium Soil Service Department, Heverlee, Belgium, available at: www.bdb.be

Vandendriessche H, Hendrickx H, Bries J and Geypens M, 1993. Soil fertility and adjusted fertilizer recommendation for areable land and grassland in Belgium: a review for the period 1998-1991. Bull. Rech. Agron. Gembloux, 28 (2): 377-391.

Vandendriessche H and Van Ittersum M K, 1995. Review of crop models and decision support system concerning growth, yield forecasting and management of the sugar beet crop Rech. Agron. Gembloux, 32 (1): 122-135.