طراحی و ساخت و ارزیابی کودکار نرخ متغیر

عاطفه دمیرچی[۱]، محمد حسین آق خانی[۲]، مهدی خجسته پور[۳]، جلال برادران مطیع[۴]
[۱]فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] دانشیار، عضو هیات علمی گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
aghkhani@um.ac.ir
[۳]دانشیار، عضو هیات علمی گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۴] دانشجوی دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

مسائل اقتصادی و زیست محیطی در کنار مسائل فنی، تولیدکنندگان محصولات کشاورزی را وادار کرده است روش‌های جدید را در مدیریت تولید محصولات کشاورزی بکار گیرند. در روش‌های متداول تولید محصولات کود شیمیایی به طور یکنواخت در سطح مزرعه توزیع می‌گردد. این در حالی است که نیاز خاک در سطح مزرعه یکنواخت نیست. هدف از این تحقیق کوددهی با استفاده از فناوری نرخ متغیر و متناسب با نیاز خاک می باشد. در فن آوری اعمال نهاده‌ها بصورت نرخ متغیر، نقشه نرخ کودکاری در هر ناحیه از مزرعه در سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) تهیه می‌شود. قبل از ورود به مزرعه، نقشه در رایانه بارگذاری می‌شود. رایانه با استفاده از سامانه اطلاعات موقعیت جغرافیایی(GPS) و عملگرهای الکترومکانیکی نرخ متغیر اعمال نهاده را کنترل می‌نماید. اجزا اصلی سامانه کودکاری نرخ متغیر عبارتند از دستگاه کودکار مجهز شده با موزع خودکار، تجهیزات تعیین سرعت پیشروی دستگاه و تجهیزات الکترونیکی برای تنظیم و کنترل سامانه. پس از ساخت نمونه آزمایشی، ارزیابی دستگاه نشان داد با این روش کودکاری ۶۸/۸۳ درصد در مصرف کود نسبت به روش متداول (توزیع یکنواخت) صرفه جویی شده است. از آنجایی که در ایران کودکاری بدون در نظر گرفتن تغییرات در مزرعه صورت می گیرد، این روش راهکاری جدید است که می تواند تحول بنیادینی در کاهش مصرف کود ایجاد نماید.

واژه‌های کلیدی: فناوری نرخ متغیر، کود کاری، موزع هوشمند.

مقدمه

امروزه تولید ارزان و کافی محصولات کشاورزی با هزینه تمام شده پایین در مقابل بازده بالا با اهدافی چون توسعه پایدار، عدم آلودگی آبهای زیر زمینی، جلوگیری از انواع فرسایش و آلاینده ها و صرفه جویی در مصرف انرژی ، ذهن متخصصان کشاورزی و زیست محیطی را به خود معطوف کرده است.

در روش های متداول استفاده از کودها ، مزرعه و محصول آن یکنواخت در نظر گرفته می شود و برای استفاده از کودها برای حاصلخیزی خاک با توجه به متوسط نیاز مزرعه و با یک درصد اضافی به عنوان ضریب اطمینان، آهنگ کودپاشی (مقدار کود در هکتار) تعیین می گردد و بطور یکنواخت در مزرعه توزیع می شود(Loqavi, 2003). پخش غیر اصولی کودهای شیمیایی در سطح مزرعه اثرات مخرب دارد و نگرانی‌های اجتماعی و زیست محیطی و اقتصادی را افزایش می‌دهد. بسیاری از کودهای شیمیایی بدون آنکه جذب گیاه شوند وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردند و سبب مسمومیت و آلودگی محیط زیست می‌شوند. نیترات هایی که از درون خاک شسته می شوند عمدتا به آب های زیرزمینی منتهی می گردد.

در فنآوری اعمال نهاده‌ها بصورت نرخ متغیر، نقشه نرخ کودکاری در هر ناحیه از مزرعه در سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) تهیه می‌شود. قبل از ورود به مزرعه، نقشه در رایانه بارگذاری می‌شود. رایانه و کنترل کننده با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و اطلاعات موقعیت ناحیه ها که توسط سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) فراهم می‌شود، نرخ کاربرد متغیر نهاده را به صورت پیوسته کنترل می‌نماید. ماشین‌هایی که درکشاورزی دقیق استفاده می‌شوند باید قادر به تغییر به موقع نرخ اعمال نهاده ها در نواحی مختلف مزرعه بر اساس نقشه از پیش تعیین شده باشند. بنابراین، ماشین‌هایی که برای اعمال نهاده‌ها با نرخ یکنواخت طراحی و ساخته شده اند، نیاز به تغییراتی در طراحی مکانیکی خود دارند تا بتوان آنها را با استفاده از مکانیزم های کنترل بصورت ماشین‌های نرخ متغیر درآورد. هدف از این تحقیق دستیابی به این قابلیت برای نصب بر روی کودکارهای موجود است. در این زمینه تحقیقات متعددی انجام شده است که برخی از آنها در ادامه آمده است.

در تحقیقی، تغییرات مکانی فاکتورهای حاصلخیزی خاک (K.P.N) وعملکرد دانه گندم با استفاده از واریوگرام ، GPS و GIS بررسی ونقشه های دیجیتالی در بلوکهای ۵*۵ جهت استفاده در ماشینهای نرخ متغیر بررسی شد(Ghazvini *et al., 2006*). این نقشه ها نشان میدهد که در روش سراسر پاشی اوره ، برای تولید ماکزیمم عملکرد محصول تنها ۱۳٪ سطح مزرعه مقدارکود مناسب دریافت کرده و بقیه مزرعه ازت کمتر یا بیشتر از نیاز دریافت می کند. این درحالی است که روش اعمال نرخ متغیر ۵۲ کیلوگرم در هکتار در مصرف اوره صرفه جویی می کند. همچنین در روش

سراسر پاشی فسفر و پتاس بترتیب فقط ۲۵٪ و ۱۱٪ از سطح مزرعه کود کافی دریافت کرده و بقیه سطح مزرعه کمتر یا بیشتر از نیاز کود دریافت می کند.

ملکی و همکاران در تحقیقی دیگر تغییرات مکانی خاک را در یک مزرعه بررسی و سپس با استفاده از تکنولوژی کوددهی نرخ متغیر، فسفر را در شبکه های یک متر مربع اعمال کردند(Maleki *et al.*, 2007). موضوع این مطالعه طراحی و کاربرد سامانه کوددهی نرخ متغیر بر مبنای سنسور جهت اعمال در حال حرکت فسفر در مزرعه ذرت بود. سنسور مورد نظر در جلوی یک دستگاه کارنده برای اندازه گیری در حال حرکت فسفر خاک نصب شد. سنسور مقدارفسفر را در حال حرکت اندازه گیری کرده و سپس سیگنالی به اعمال کننده کود برای تنظیم نرخ اعمال می فرستاد. با استفاده از این دستگاه، عملکرد گیاه ذرت در حالت اعمال ویژه مکانی به طور معنی داری افزایش یافت.

در بررسی که در یک مزرعه پنبه انجام شده است، نتایج نشان داد که با اعمال نیتروژن بصورت نرخ متغیر متوجه شدند که زمین دارای عملکرد بالا ۲۱/۵ kg/ha نیتروژن بیشتر (یعنی ۱۳۷ kg/ha) و زمین با عملکرد پایین نیز ۳۰/۵ kg/ha نیتروژن بیشتری در حالت اعمال یکنواخت دریافت می کنند (Robert *et al.*, 1999). همچنین با اعمال تکنولوژی نرخ متغیر نیتروژن میانگین عملکرد محصول ۱۱۲۸ kg/ha می شود که حدود ۲۲/۶ kg/ha بیشتر از شیوه اعمال یکنواخت نیتروژن بدست آمد.

در سال ۲۰۰۸ سامانه ی کنترل نرخ کود با استفاده از حسگر تشخیص میزان خروجی کود در حین حرکت در ژاپن توسعه داده شد به گونه ای که در مقایسه با سامانه های رایج اعمال متغیر کود دانه ای کاهش معنی داری در خطای اعمال کود وجود داشت (Tola *et al.*, 2008). سامانه مورد نظر نرخ خروجی کود را در یک دستگاه بذر کار پنوماتیک به صورت مکانیکی و به طور خودکار اندازه گرفته و اعمال می کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که زمان پاسخ به فرمان صادره از سیستم کنترل نرخ کود جهت اعمال کود در مکان مورد نظر در مزرعه حدود ۰/۹۵ تا ۱/۹ ثانیه طول می کشد.

مواد و روش ها

در کودکارهای رایج دو روش برای تغییر نرخ ریزش کود برحسب نوع موزع وجود دارد که عبارتند از: تغییر طول استوانه موزع و تغییر دور محور موزع. با بررسی مکانیزم های موجود، از دو روش کنترلی می توان استفاده نمود: کنترل موقعیت دریچه موزع و کنترل سرعت محور موزع.

در تحقیقاتی که تا کنون انجام شده برای تغییر در نرخ ریزش کود یک موتور DC روی محور اصلی تمام موزع ها به طور مشترک نصب می شد که این امر باعث کاهش دقت در اعمال کود می گردد. ضمناً در هیچ یک از این تحقیقات

برای چرخش همزن درون مخزن موتور DC جداگانه در نظر گرفته نشده است که باعث عدم یکنواختی در ریزش کود می گردد. در حالیکه در این طرح برای هر موزع به طور جداگانه یک موتور در نظر گرفته شد و محور همزن نیز توسط یک موتور DC جداگانه به حرکت در آمد که باعث افزایش دقت و یکنواختی ریزش کود می گردد.

ملزومات سامانه کنترل نرخ متغیر

در سامانه های کنترل نرخ متغیر می بایست اطلاعات خاک که توسط آزمایش خاک (از نظر کود مورد نیاز) بر روی نقشه های زمین توسط GPS بدست می آید منتقل شود. اطلاعات این نقشه مبنای تصمیم گیری و اعمال نهاده های کشاورزی در زمین است. با حرکت کارنده در زمین اطلاعات مربوط به مکان کارنده توسط مکان یاب به مدار الکترونیکی فرستاده شده و با اطلاعات نقشه مقایسه و فرمان لازم به موتور موزع مبنی بر تعداد دور مناسب برای مقدار ریزش کود یا بذر مورد نظر داده می شود. این تغییر در اعمال نرخ کود یا بذر توسط یک موزع خودکار اجرا می شود. محور اصلی موزع توسط یک موتور الکتریکی به حرکت در می آید که از مدار الکتریکی کودکار فرمان می گیرد و قابل کنترل است. طرحواره این سامانه در شکل ۱ آمده است. در سامانه کنترل نرخ متغیر، داده های مکانی مربوط به زمین توسط GPS و داده های خاک که توسط آزمایش خاک (از نظر میزان نیاز) بدست آمده است، با هم مرتبط شده و به صورت یک نقشه در می آیند، سپس توسط صفحه کلید وارد حافظه واحدکنترل الکترونیکی دستگاه شده و در آن ذخیره می گردد.

همچنین با حرکت کارنده در زمین اطلاعات مربوط به مکان کارنده توسط مکان یاب به مدار الکترونیکی فرستاده شده و پس از تطبیق با داده های مکانی ذخیره شده در حافظه، فرمان لازم به موتور موزع مبنی بر تعداد دور مناسب برای مقدار ریزش مورد نظر داده می شود. این تغییر در اعمال نرخ توسط یک موزع هوشمند الکترو-مکانیکی صورت می گیرد. در طرح حاضر، محور اصلی موزع توسط یک موتور الکتریکی به حرکت در می آید که از مدار الکترونیکی کارنده فرمان می گیرد و قابل کنترل است. در حالیکه درکود کارهای نوع نرخ ثابت محور موزع توسط چرخ ستاره ای کارنده به حرکت در می آید و هیچ کنترلی روی آن نمی توان اعمال کرد.

به منظور طراحی و انتخاب موتور مناسب، گشتاور مورد نیاز برای چرخش محور موزع به وسیله یک تورک متر اندازه گیری شد که مقدار ۱/۲ نیوتن- متر بدست آمد. با توجه به بیشینه نرخ نیاز زمین به کود ازته و سرعت حرکت تراکتور در زمان کودکاری که به ترتیب ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۸ کیلومتر در ساعت است، بیشینه سرعت دورانی محور موزع ۵۵ دور بر دقیقه و توان مورد نیاز برای چرخش محور موزع ۶/۹ وات محاسبه شد. برای تامین سرعت های چرخشی

مورد نیاز محور موزع از یک موتور DC و جعبه دنده استفاده شد. در این تحقیق جعبه دنده با کاهش نسبت دنده ۱:۶۹ انتخاب شد. موتور انتخاب شده دارای توان ۲۷/۵وات و ولتاژ ۲۴ ولت و ۷/۵ آمپر می‌باشد. با توجه به نسبت تبدیل جعبه دنده و سرعت موتور، سرعت چرخشی محور موزع در محدوده ۰ تا ۶۵ دور در دقیقه قابل تنظیم می‌باشد. برای تعیین سرعت و موقعیت دستگاه نسبت به مسیر حرکت از انکودر محوری مدل E50S8-600-6-L-5 ساخت شرکت Autonixکشور کره، بر روی چرخ زمین گرد استفاده شد. به ازای هر دور گردش کدکننده محوری،۶۰۰ پالس از آن خارج می شود(شکل ۱).

شکل ۱- سامانه کودکار نرخ متغیر

Fig.1. System of variable rate fertilizer

به منظور ارزیابی، برای ورود داده های خاک به سامانه کنترل از یک صفحه کلید مجهز به نمایشگر استفاده شد . نمایشگر آن از نوع (۲×۱۶) و از نوع کاراکتری می باشد. که به دلخواه اطلاعات مورد نیاز را نمایش می دهد. از این نمایشگر برای وارد کردن مشخصات زمین زراعی شامل تعداد کرت ها و ردیف های کشت و همچنین درصد کود مورد نیاز خاک هر بخش از مزرعه نسبت به یک مقدار پیش فرض، استفاده می شود. نمایشگر در دسترس راننده قرار گرفته و قابل حمل می باشد. در طرح تکمیل شده این سامانه اطلاعات مزرعه از نقشه های از پیش تعیین شده، برداشت میگردد اما به دلیل آنکه در شرایط فعلی که امکان دستیابی به این نقشه فراهم نیست ورود اطلاعات مربوط به نیاز بخشهای مختلف مزرعه به کود به صورت دستی انجام می شود.

ارزیابی دستگاه

ارزیابی دستگاه شامل دو بخش آزمون های ایستا و آزمون های در حرکت می باشد. در بخش آزمون های ایستا، هدف تعیین مقدار ریزش کود بر حسب گرم با توجه به تغییرات دور محور موزع و همچنین بررسی صحت عملکرد سیستم کنترل الکترومکانیکی با توجه به مقادیر فرمان داده شده به دستگاه است. از نتایج این بخش در تنظیمات کالیبراسیون دستگاه استفاده شد. بدین منظور در مرحله اول مقدار ریزش کود از هر موزع در دور موتور های ۵ rpm تا ۵۵ rpm با فواصل ۵ rpm در سه تکرار در وضعیت دریچه F0 موزع، اندازه گیری شد.

در بخش آزمون های در حرکت، بررسی میزان ریزش کود با توجه به مقادیر تعیین شده در شرایط مشخص و بررسی دقت کاشت کود از نظر مکانی (تاخیر و تعجیل) می باشد. به منظور بررسی عوامل موثر بر میزان ریزش کود در آزمون های بخش اول از دو طرح فاکتوریل کاملا تصادفی ۲×۲×۳ با تیمار های نوع کود (ازته و گرانوله)، سرعت پیشروی (۵ و ۸ کیلومتر در ساعت) و طول کرت (۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر) در وضعیت های نیاز ۲۵ درصد و نیاز ۵۰ درصد (۲۵ و ۵۰ درصد اعمال کود نسبت به کودکاری با نرخ ثابت) با سه تکرار، استفاده شد. قبل از شروع آزمون کلیه قطعات و موزع ها از نظر فنی تست شدند. بر همین اساس ارزیابی دستگاه به صورت آزمایشگاهی با شبکه های مجازی انجام شد. جهت اندازه گیری و توزین مقادیر کود خارج شده از موزع ها در هر کرت زیر موزع ها ظروف جمع آوری کود قرار داده شد. همچنین میزان نیاز خاک به کود در حالت نرخ ثابت، ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد، بنابراین در حالت درصد نیاز ۵۰ درصد به دستگاه مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار فرمان داده شد و برای درصد نیاز ۲۵ درصد مقدار ۹۰ کیلوگرم در هکتار فرمان داده شد. مشخصات فیزیکی کود های مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی کود های استفاده شده.

Table 1. physical properties of used fertilizers.

نوع کود	درصد رطوبت	چگالی توده ($kg.m^{-3}$)	زاویه قرار گیری(درجه)	قطر میانگین (mm)
آلی دانه ریز	4.3	998	26.2	2.31
ازته – دانه ای	0.88	804	25.68	1.89

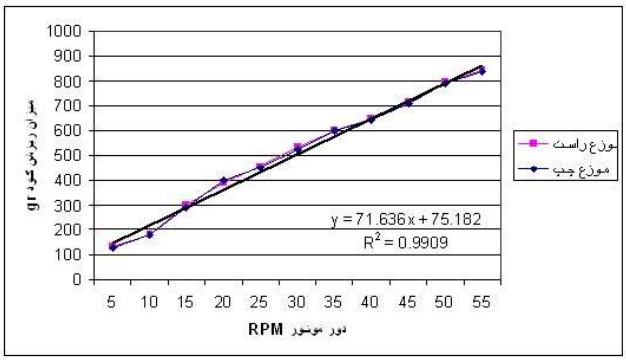
آزمون های بخش دوم، بررسی میزان تاخیر و تعجیل دستگاه در ریزش کود بر روی شبکه های مورد نظر در کرت های اعمال ویژه مکانی است. بدین منظور روی یک قطعه زمین مسطح خط کشی هایی برای ایجاد کرت ها و شبکه ها اجرا شد. اگر سامانه جلوتر یا عقب تر از خطوط شبکه ریزش می کرد، با علامت گذاری ابتدا و انتهای مکان ریزش اشتباه و تقسیم طول خطا (از ابتدای خط) بر طول شبکه، میزان خطا بر حسب سانتیمتر در آن شبکه بدست می آید. با جمع

خطاهای بوجود آمده در کل شبکه ها در هر کرت، خطای تجمعی کرت بدست می آید. حال اگر این خطا را بر طول کرت تقسیم کرده و در ۱۰۰ ضرب کنیم دقت سامانه بر حسب درصد محاسبه می گردد. دقت سامانه بدین مفهوم است که در ۱۰۰ سانتیمتر طول کرت چند سانتیمتر ریزش اشتباه صورت گرفته است. این آزمون مشخص کننده کیفیت عملکرد سیستم مکان یابی دستگاه (چرخ زمین گرد) و تاثیر آن بر اعمال نرخ متغیر کود در کرت ها می باشد. حداکثر سرعت کاری تراکتور برای بررسی کارایی مطلوب سامانه (۸ کیلومتر در ساعت) در این آزمون ها لحاظ شد.

نتایج و بحث

بررسی رابطه بین دور موتور موزع و میزان ریزش کود:

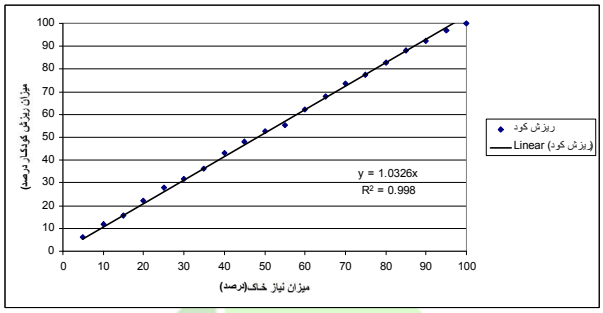
میزان کود خارج شده از هر موزع در وضعیت دریچه F0 در سرعت های مختلف چرخش موزع اندازه گیری و نتایج آن در نمودار شکل ۲ نشان داده شده است. همبستگی(رگرسیون خطی) میان داده های کود خارج شده از موزع و دور محور موزع بر حسب rpm برابر با ۰/۹۹ بدست آمد. که دارای رابطه رگرسیونی ۷۱/۶۳۶ x +۷۵/۱۸۲ = y می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که این دو پارامتر دارای رابطه خطی بسیار خوبی می باشند. از نتایج این نمودار و رابطه رگرسیونی بدست آمده در برنامه نویسی مدار کنترل دستگاه استفاده شد. بدین ترتیب می توان با خواندن مقدار دور موتور محور موزع ها، میزان ریزش کود را محاسبه و با توجه به نیاز زمین مقدار کود مصرفی را کنترل کرد.



شکل۲: نمودار رابطه بین دور موتور محور موزع و میزان ریزش کود ،وضعیت دریچه F0
Fig. 2. Relationship between fertilizer motor speed (rpm) and planted fertilizer (g) at valve position F0.

بررسی رابطه بین نیاز خاک ومیزان ریزش کود:

در این بخش از آزمون های دستگاه، به منظور بررسی سیستم کنترلی دور محور موزع ها و سامانه اعمال کود، در حالت های مختلف از پیش تنظیم شده (۵ تا ۹۵ درصد نیاز به کود) میزان ریزش کو توسط کودکار در وضعیت دریچه F0 اندازه گیری شد و نتایج زیر حاصل گردید. (شکل۳)



شکل۳- نمودار رابطه بین میزان نیاز خاک و میزان ریزش کودکار
Fig. 3. Relationship between soil needs and planted fertilizer.

ضریب همبستگی(رگرسیون خطی) میان داده های میزان ریزش تنظیم شده و میزان ریزش واقعی کود ۰/۹۹ بدست آمد که دارای رابطه رگرسیونی خطی y = ۱/۰۳۲۶x بود. این رابطه و مقدار ضریب همبستگی نشان دهنده برقرار بودن رابطه خطی بین فاکتور های مورد نظر است. برقراری رابطه خطی با همبستگی بالا منجر به افزایش دقت سامانه می گردد زیرا یکی از عوامل موثر بر دقت میزان ریزش کود متناسب با مقدار تنظیم شده می باشد.

تولا و همکاران (۲۰۰۸) یک سامانه کنترل نرخ کود را با استفاده از حسگر تشخیص میزان خروجی کود در ژاپن توسعه دادند.آنها رابطه بین میزان ریزش کود و نیاز خاک را با همبستگی ۰/۹۹۹ گزارش دادند.همچنین جین و همکاران این رابطه را ۰/۹۷۸۹ گزارش دادند.

بررسی تاثیر همزمان سه فاکتور سرعت پیشروی، طول کرت و نوع کود بر میزان ریزش:

تاثیر فاکتور سرعت پیشروی با دو سطح ۵ و ۸ کیلومتر در ساعت، طول کرت با سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر و نوع کود با دو سطح کود ازته و گرانوله (چگالی ۱ و ۰/۸ گرم بر سانتی متر مکعب) طی دو سری آزمایش در درصد های نیاز ۲۵ و ۵۰ درصد بر میزان ریزش کود بررسی و نتایج تجزیه واریانس آن در جدول های ۲ و ۳ آمده است.

جدول۲- تجزیه واریانس تاثیر سه فاکتور سرعت پیشروی، طول کرت و نوع کود بر میزان ریزش کود توسط سامانه در درصد نیاز ۲۵ درصد.

Table 2. analyze of variance of effect of three factors (speed, section length and fertilizer type) on planted fertilizer at 25% soil needs.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
نوع کود A	۱	۱۲۰۱/۸۶	۷۵/۲۱^{ns}
طول کرت B	۲	۴۴/۸۶	۲/۸۰۸*
سرعت پیشروی C	۱	۲۶/۲۸	۱/۶۴۵**
اثر متقابل AB	۱	۹/۲۷۸	۰/۵۸۱**
اثر متقابل AC	۲	۳۵۳/۳۳۷	۲۲/۱۱۱^{ns}
اثر متقابل BC	۱	۹۹/۰۳۱	۶/۱۹۷^{ns}
اثر متقابل ABC	۱	۱۷/۱۲۸	۱/۰۷۲**
اشتباه	۶۰	۱۵/۹۸	

ns اختلاف معنی دار نیست

** اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

* اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

جدول۳- تجزیه واریانس تاثیر سه فاکتور سرعت پیشروی، طول کرت و نوع کود بر میزان ریزش کود توسط سامانه در درصد نیاز ۵۰ درصد.

Table 3. analyze of variance of effect of three factors (speed, section length and fertilizer type) on planted fertilizer at 50% soil needs.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
نوع کود A	۱	۷۰۲/۰۸۴	۳۰/۸۳۹^{ns}
طول کرت B	۲	۱۳۴/۸۱۸	۵/۹۲۲^{ns}
سرعت پیشروی C	۱	۱۰۱۳/۷۵	۴۴/۵۲۹^{ns}
اثر متقابل AB	۱	۶/۹۳۸	۰/۳۰۵**
اثر متقابل AC	۲	۳۵۱/۸۶۱	۱۵/۴۵۵^{ns}
اثر متقابل BC	۱	۱۵/۹۳۸	۰/۷**
اثر متقابل ABC	۱	۴۹/۰۲۱	۲/۱۵۳**
اشتباه	۶۰	۲۲/۷۶۶	

ns اختلاف معنی دار نیست

** اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

* اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

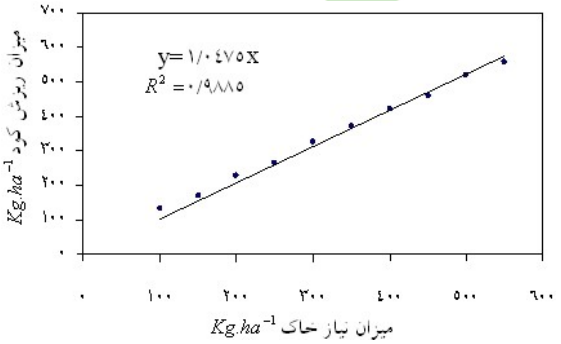
جداول تجزیه واریانس ۱ و ۲ در دو سطح کود دهی ۲۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز خاک تهیه شده اند. مطابق با نتایج این دو جدول نوع کود تاثیر معنی داری در میزان کوددهی دستگاه ندارد. تاثیر فاکتور طول کرت ها بر میزان کوددهی در سطح نیاز ۲۵ درصد معنی دار ولی در سطح نیاز ۵۰ درصد غیر معنی دار می باشد. به طور کلی تاثیر فاکتور طول

کرت نباید تاثیر معنی داری در نتایج بگذارد، از این سو توجیح معنی دار شدن در سطح نیاز ۲۵ درصد را می توان به عواملی نظیر قطع و و صل های جریان کود در طول آزمون، تغییر سرعت موتور ها و خطای حاصل از آنها در یک مقدار مشخص کود خروجی دانست، به طوری که در سطح نیاز ۵۰ درصد خطای حاصل از این عوامل بر میزان کود خروجی سهم کمتری داشته و مطابق پیش فرض دستگاه اثر طول کرت معنی دار نگردیده است.

فاکتور سرعت پیشروی نیز در سطح نیاز ۲۵ درصد معنی دار ولی در سطح نیاز ۵۰ درصد اثر غیر معنی داری بر میزان کوددهی دستگاه دارد. برای این مورد نیز می توان دلایلی مشابه مورد قبل ارائه کرد، بدین ترتیب که به دلیل محدود بودن میزان کود خروجی در سطح نیاز ۲۵ درصد، با تغییر سرعت پیشروی عواملی نظیر لرزش های دستگاه باعث ریزش نا خواسته کود از موزع ها می شد (به دلیل عدم آب بندی کامل خروجی موزع) و این میزان تغییر در ریزش کود سهم قابل توجهی در مقادیر جمع آوری شده داشته که موجب معنی دار شدن اثر سرعت در سطح نیاز ۲۵ درصد شده است. سهم تغییر میزان ریزش ناشی از لرزش های دستگاه در مزرعه در سطح نیاز ۵۰ درصد نسبت به مقادیر کود جمع آوری شده کمتر بوده و در نتیجه اثر سرعت غیر معنی دار بدست آمده است. فاکتور های نوع کود و سرعت پیشروی کاملا مستقل از هم بوده اند و اثر دوگانه آنها بر میزان کوددهی غیر معنی دار است. با توجه به اینکه میزان خروج یا میزان ریزش کود تابعی از میزان باز بودن دریچه و سرعت دورانی موتور ها می باشد این نتایج کاملا منطقی می باشد.

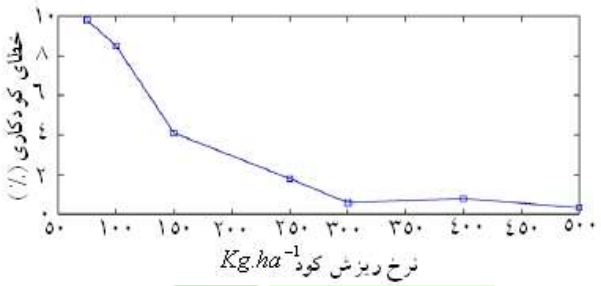
دقت سامانه در میزان ریزش کود

برای اندازه گیری میزان خطای ناشی از مقدار اعمال کود، میزان ریزش کود را در نرخ ریزش های مختلف اندازه گیری نمودیم . پس از بررسی و آنالیز داده ها نمودار شکل ۴ حاصل گردید.



شکل۴- نمودار رابطه بین میزان نیاز خاک و میزان ریزش کودکار
Fig.4. relationship between soil needs and planted fertilizer

همبستگی میان داده های این دو پارامتر ۰/۹۸ بدست آمد که دارای معادله y = ۱/۰۴۷۵x بود و نشان دهنده برقرار بودن رابطه خطی با همبستگی بسیار بالا بین فاکتورهای مورد نظر است. برقراری رابطه خطی با همبستگی بالا منجر به افزایش دقت سامانه می گردد زیرا یکی از عوامل موثر بر دقت میزان ریزش می باشد. همچنین مطابق نمودار شکل۵ با افزایش نرخ ریزش میزان خطا در مقدار ریزش نیز کاهش می یابد. دلیل این امر را می توان کم شدن سهم عوامل ایجاد خطا (لرزش ها، تنظیم مجدد موزع ها و سرش چرخ) در مقدار کود ریخته شده با افزایش مقدار ریزش دانست.



شکل۵- نمودار رابطه خطای ریزش کود با نرخ ریزش

Fig.5. relationship between error in planting fertilizer and infusing rate.

تولا و همکاران (Tola et al, 2008) یک سامانه کنترل نرخ کود را با استفاده از حسگر تشخیص میزان خروجی کود در ژاپن توسعه دادند. آنها رابطه بین میزان ریزش کود و نیاز خاک را با همبستگی ۰/۹۹۹ گزارش دادند. همچنین جین و همکاران این رابطه را ۰/۹۷۸۹ گزارش دادند.

بررسی میزان کود مصرفی

کود مورد نیاز هر قسمت از مزرعه بر اساس داده های نیاز خاک، اعمال شد. انجام این آزمایش به منظور تعیین میزان صرفه جویی کود با استفاده از روش مدیریت موضعی است. در این آزمایش فرض شد در روش اعمال یکنواخت کود ازته ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود در مزرعه استفاده می شود حال با استفاده از داده های نیاز خاک مزرعه مورد نظر در کرتهای با مساحت ۱۰۰ متر مربع، کوددهی با سیستم نرخ متغیر اجرا گردید. مقایسه میانگین میزان کود مصرفی در کرتهای با اعمال ویژه مکانی و کرت های اعمال یکنواخت در ۱۰۰ متر مربع در نمودار شکل ۶ آمده است.

شکل۶- نمودار مقایسه بین میزان مصرف کود در دو شیوه اعمال خاص مکانی و اعمال یکنواخت.

Fig.6. Comparison between fertilizer consumption in variable rate fertilizing and conventional method

همانگونه که در نمودار معلوم است، میزان کود مصرفی در کاربرد ویژه مکانی به طور میانگین ۱۱۲۲ گرم و در کاربرد یکنواخت ۳۶۰۰ گرم (به ازای مساحت ۱۰۰ متر مربع هر کرت) می باشد. این موضوع بدین معناست که در شیوه کاربرد ویژه مکانی کود ۶۸/۸۳ در صد صرفه جویی در مصرف کود شده است. البته لازم به ذکر است که استفاده از روش مدیریت موضعی در اعمال متغیر کود همیشه باعث صرفه جویی نخواهد شد.

در تحقیق ملکی و همکاران (Maleki *et al*., 2007) مقدار اعمال فسفر با استفاده از تکنولوژی نرخ متغیر به اندازه ۴ کیلوگرم در هکتار بیشتر از اعمال یکنواخت فسفر بدست آمد.

پاز و همکاران که بر مبنای نیاز خاک اعمال کود را انجام دادند ۲۵ درصد در مصرف کود صرفه جویی کردند (*Paz et al., 1999*) اقبال و همکاران نیز از تکنولوژی نرخ متغیر برای مزرعه ۵۰۰ هکتاری ذرت استفاده کردند که ۷۵ درصد مقدار اعمال یکنواخت کود ازته کاهش اعمال نیتروژن داشتند(Eghball *et al*., 2003). هوگن بوم و همکاران (Hoogen-boom *et al*., 1994) از روش اعمال نیتروژن بر مبنای نقشه خاک توانستند ۱۷/۵ درصد در مصرف کود نیتروژن صرفه جویی کنند.

نتیجه گیری کلی

در بررسی های فوق سامانه کودکار بر مبنای نیاز خاک اعمال کود را انجام می داد و مقایسه میان اعمال کود در کرت های اعمال ویژه مکانی و اعمال یکنواخت صورت گرفت. میزان صرفه جویی بستگی به تغییرات مواد مغذی خاک دارد و بالطبع زمینی که از لحاظ مواد مغذی فقیر باشد صرفه جویی کمتری در میزان اعمال کود خواهد داشت.

افزایش ویا کاهش میزان کود مصرفی در شیوه اعمال ویژه مکانی (سیستم نرخ متغیر) وابسته به میزان نیاز کودی خاک می باشد که از داده های فرضی از پیش تعیین شده بدست آمده است. در حالی که میزان کود مصرفی در شیوه اعمال یکنواخت همواره ثابت است و ربطی به تغییرات ازت خاک ندارد.

در ایران حدود ۳۰۰ تا۵۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در ۳ نوبت داده می شود و حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم کود پتاس و فسفات در هکتار داده می شود. به عنوان نمونه در مزرعه تحت بررسی با اعمال سیستم نرخ متغیر باعث صرفه جویی ۶۸/۸۳ درصدی در میزان هزینه کود مصرفی می گردد. با توجه به اینکه ذرت سطح بالایی را در کشور دارا بوده و میزان کود اوره مصرفی بالایی دارد این میزان صرفه جویی باعث بهره وری بالای اقتصادی و کاهش آلودگی محیط زیست و در نتیجه حاصلخیزتر شدن خاک منطقه خواهد شد.

References

1. Eghball, B., Schepers, J.S., Negahban, M. and M.R. Schelemmer. 2003. Spatial and temporal variability of soil nitrate and corn yield: multifractal analysis. Agronomy journal 95: 339-346.

2. Ghazvini, H.M., Almasi V. M. and M. Fathi. 2006. Effect of use of digital maps in precision agriculture on fertilizer consumption in Barkhvar region Isfahan province- Iran, 4th national conference of agriculture machinery, Tabriz, Iran.(in Farsi)

3. Hoogen-boom, G.J., Jones, J.w., Wilkens, P.W., batchelor, W.D., Bowen, W.T., Hunt, L.A., pickering, nN., Singh, U., Godwin, D.C., Baer, B., Boote, K.J., Ritchie, J.T. and J.W. White. 1994. Crop models In: Tsuji, G.Y., Vehara, G., Balas, S.(Eds.), DSSAT (The decision support system for agrotechnology transfer) version 3, Vol. 2. University of Hawaii, Honolulu, HI, PP. 95-246.

4. Loqavi, M. 2003. Percision Farming. Agricultural Research, Education and Extention Organization. Tehran.(in Farsi)

5. Maleki, M.R., Mouazen, A.M., Ramen, H. and J. De Baerdemaeker. 2007. Optimization of soil VIS-NIR sensor- based variable rate application system of soil phosphoris. Soil and tillage research 94: 239-250.

6. Paz, J.O., Batchelor, W.D., Colvin, T.S., Logsdon, S.D., Kaspar, T.C. and D.L. Karlen. 1999. Model- based technique to determine variable rate nitrogen for corn. Transactions of ASAE 61: 69-75

7. Robert, P.C., R.H. Rust, and W.E. Larson. 1993. Proceedings 1st. Workshop soil- specific Crop Management, ASA- CSSA- SSSA, Madison, WI.

8. Tola, E., Kataoka, T., Burce, M., Okamato, H. and S. Hata. 2008. Biosystems Engineering 1001: 411-416

Design and fabrication of variable rate fertilizer

Atefeh Damirchi[1], Mohammad hossein Aghkhani[2], Mahdi Khojastehpour[2], Jalal Baradaran Motie[3]

1. MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3. PhD. Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Economic and environmental issues along with technical aspects, the producers of agricultural products have persuaded to use new methods in the product management of agricultural crops. In conventional methods of production, the chemical fertilizers spread uniformly in all area of farm. But, soil requirements are not uniform across the farm. The purpose of this research is the fertilization using variable rate technology and the relative soil needs. In this technology inputs are used according variable rate and the plan of fertilizing rate in every part of field is supplied in geographical information system. Before starting the work in farm, plan is loaded in computer. Computer checks the variable rate of inputs using geographical information system and electro mechanic actuator. The main parts in variable rate fertilizing system are the fertilizing machine which is equipped with automatic metering device, the equipments for the determination of traveling machine speed, and the electronic devices for adjustment and control of system. After the construction of machine prototype, the evaluation from machine showed that with this method of fertilizing, 68.83% in the consumption of fertilizer respect to conventional method (uniform distribution) has been economized. Also, spread errors were calculated 0.6% in laboratory test and 1 % in farming test. Since, fertilizing without considering changes on farms are performed in Iran, this method is new solution which can create fundamental change in the reduction of fertilizer consumption.

Keywords: intelligent metering device, variable rate technology, fertilizing.