مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۰/ شماره ۳/سال ۱۳۸۸/ص ٤٤-۲۹

تهیهٔ نقشهٔ رقومی مدیریتی کاربرد علف‌کش با استفاده از GPS جهت به‌کارگیری در سامانهٔ سمپاشی میزان متغیر (VRA)

داوود محمد زمانی*، سعید مینایی، رضا علیمردانی، مرتضی الماسی و حمیدرضا شفیع‌خانی**

* نگارنده مسئول، نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ص. پ. ۷۷۵-۱۴۵۱۵، تلفن: ۳۷۸۲۴۰۴(۰۲۸۱)، پیام‌نگار: davood412@aol.com

** به‌ترتیب دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران؛ دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس؛ استاد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، استاد گروه مکانیزاسیون دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران؛ و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۳

چکیده

در این مقاله، روش تهیهٔ نقشهٔ رقومی مدیریتی به منظور به‌کارگیری در سامانهٔ کاربرد میزان متغیر (VRA) علف‌کش پیش رویشی سیانازین (بلادکس) ارائه شده است. هدف از این تحقیق، توسعهٔ روشی دقیق برای تهیهٔ نقشه‌های رقومی مدیریتی کاربرد علف‌کش‌ها به صورت موضعی است که به کاهش میزان مصرف علف‌کش‌ها و نیز کاهش خطرهای زیست محیطی می‌انجامد. بدین منظور، ابتدا مختصات محلی (Local) و جهانی (UTM) نقاط مزرعه‌ای به مساحت یک هکتار با استفاده از یک دوربین نقشه‌برداری Total Station و چهار گیرنده GPS استاتیک که روی چهار ایستگاه مستقر شدند، به دست آمد. داده‌های حاصل از گیرنده‌های GPS با رایانهٔ شخصی و با استفاده از نرم‌افزار Compass پردازش شد. سپس در محیط نرم‌افزار Land، شبکه‌ای از سلول‌ها به ابعاد ۱٤/۸×۱٤/۸ متر ایجاد و به کمک دوربین Total Station روی مزرعه پیاده‌سازی شد. با استفاده از روش نقطه شبکه، از مرکز هر سلول نمونه‌ای به عمق ۲۰ سانتی‌متر انتخاب و نمونه‌ها به منظور تعیین درصد مادهٔ آلی و بافت خاک به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد. از نتایج تجزیه و تحلیل نمونه‌ها مشخص شد که دامنهٔ تغییرات (R) مادهٔ آلی خاک مزرعه ۰/۸۲ درصد، با کمینه و بیشینه ۰/٤۳ و ۱/۲۵ درصد است. مادهٔ آلی خاک دارای توزیع نرمال با میانگین ۰/۸٦ درصد و انحراف معیار ۰/۱۸ درصد است. بافت خاک نیز در محدوده لومی، لومی شنی، و شنی لومی قرار دارد. برای بسط مقادیر به سایر نقاط شبکه از روش میان‌یابی کریجینگ استفاده شد. با توجه به مقادیر توصیه شده در دستورالعمل کاربرد علف‌کش سیانازین (بلادکس) بر اساس تغییرات درصد مادهٔ آلی و بافت خاک، چهار ناحیهٔ مجزا در مزرعه برای کاربرد علف‌کش با مقادیر ۱/٤، ۱/۷، ۲/۹ و ۳/۵ لیتر مادهٔ مؤثر در هکتار مشخص شد و نقشهٔ رقومی مدیریتی مزرعه به دست آمد. با استفاده از این نقشه، مشخص شد که کل مزرعه به میزان ۱/٦۱ لیتر علف‌کش نیاز دارد و در صورت کاربرد دقیق علف‌کش بر اساس مقادیر توصیه شده توسط نقشه در مقایسه با میزان کاربرد ۲/۹ لیتر مادهٔ مؤثر در هکتار که برای ٦۷/۹ درصد سطح مزرعه توصیه شده است، به طور متوسط ۱۳ درصد در مصرف علف‌کش صرفه‌جویی خواهد شد. با توجه به مختصات نقاط مزرعه، این نقشه قابلیت به‌کارگیری را به عنوان مقادیر ورودی مطلوب در کنترلگر الکترونیکی سمپاش بوم‌دار پشت تراکتوری خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی

بافت خاک، درصد مادهٔ آلی، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، سامانهٔ مکان‌یابی جهانی (GPS)، سمپاشی میزان متغیر، علف‌کش پیش‌رویشی، نقشهٔ رقومی

مقدمه

امروزه مدیریت موضعی در تولید محصولات زراعی[1] (SSCM) به عنوان یک فناوری بر اساس استخراج و تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده در تمام مراحل تولید، نقش بسزایی در توسعهٔ کشاورزی دقیق دارد. اصول مدیریت موضعی محصولات زراعی، به‌کارگیری فناوری

1- Site Specific Crop Management

© 2011,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

میزان متغیر[1] (VRT) است که در آن اجرای هرگونه عملیات زراعی از جمله کاربرد نهاده‌هایی نظیر بذر، کود، مواد شیمیایی، و آب متناسب خواهد بود با نیاز هر بخش از مزرعه که رایج ترین فناوری به‌کار رفته در کشاورزی دقیق است (Nishiwaki *et al*., 2004).

مدیریت سطوح کوچک درون مزرعه به منظور استفادهٔ بهینه از نهاده‌های زراعی به ویژه مواد شیمیایی و بهبود بهره‌وری و افزایش کیفیت محصول از اهداف اصلی کشاورزی دقیق است. یکی از مهمترین دستاوردهای کشاورزی دقیق، کاربرد فناوری میزان متغیر به منظور کاهش مصرف مواد شیمیایی به ویژه علف‌کش‌هاست به گونه‌ای که در پژوهش‌ها، کاهش ۵۰ درصدی در کاربرد علف‌کش‌های پیش رویشی[2] بر مبنای خصوصیات خاک در زراعت ذرت است (Qiu *et al*., 1998). در تحقیقی دیگر، با استفاده از نقشهٔ مدیریت کاربرد علف‌کش، ۲۹ درصد در میزان مصرف علف‌کش صرفه‌جویی شده است (Carrara *et al*., 2004). در این تحقیق استفاده از نقشه مدیریتی کاربرد علف‌کش، منجر به عملکرد تقریباً یکنواخت دانهٔ گندم در سرتاسر مزرعه شد. لاماستوس- استانفورد و شاو صرفهٔ اقتصادی پاشش علف‌کش را در دو روش یکی پاشش موضعی و دیگری پاشش یکنواخت بررسی کرده‌اند. در این بررسی آنها از سه مزرعهٔ ذرت برای مقایسهٔ نتایج استفاده کردند. با بررسی عملکرد محصول در مزرعهٔ اول (B-East)، مزرعهٔ دوم (B-North)، و مزرعهٔ سوم (B-South) دریافتند که میزان سود حاصل از پاشش علف‌کش به صورت موضعی برای سه مزرعه به‌ترتیب ۲۱/۶۳، ۵/۴۲ و ۱۴/۶۷ دلار در هکتار در مقایسه با پاشش یکنواخت علف‌کش افزایش داشته است (Lamastus-Stanford & Shaw, 2004). در پژوهشی دیگر نیز ۱۰۴/۶۷ دلار در هکتار سود بیشتری در اثر پاشش علف‌کش به صورت موضعی، نسبت به روش پاشش یکنواخت، گزارش شده است (Medlin & Shaw, 2000). با مقایسهٔ دو روش پاشش علف‌کش به صورت موضعی و یکنواخت، اثبات شده است که در زراعت ذرت عملکرد محصول از ۳۶۷۶ کیلوگرم در هکتار به ۴۲۵۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (Tyler *et al*., 2006).

بسیاری از عوامل تأثیرگذار بر میزان کاربرد مواد شیمیایی در مزارع به صورت مکانی و زمانی تغییر می‌یابد. به عنوان مثال، درصد کربن آلی و بافت خاک آرام اما حاصلخیزی خاک به سرعت تغییر می‌کند. نشان داده شده است که در نمونه‌ای از خاک، ضریب تغییرات[3] (CVs) برای pH، درصد کربن آلی، و قابلیت هدایت الکتریکی به‌ترتیب ۰/۶، ۲۱/۶، و ۲۵ درصد است (Millete *et al*., 1992). محققان با نمونه‌برداری از یک مزرعه روی شبکه‌ای با ابعاد ۳×۳ متر دریافتند که ضریب تغییرات نیتروژن در عمق ۷۵ میلی‌متری خاک ۲/۷ درصد است (West *et al*., 1989). بر اساس گزارش بائور و شفکیک میزان کاربرد علف‌کش در سه نوع خاک مزرعه می‌تواند حدود ۵۰ درصد تغییر کند (Bauer & Schefcik, 1994).

تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک و آفات در سرتاسر مزرعه، موجب توسعه فناوری‌هایی برای کاربرد موضعی مواد شیمیایی در مزرعه شده است. در اکثر سامانه‌های کاربرد موضعی مواد شیمیایی، از سامانه مکان‌یابی جهانی افتراقی[4] (DGPS) به منظور تعیین موقعیت مکانی وسیله‌ای، مثل سمپاش همراه با نقشهٔ مدیریتی درون مزرعه استفاده می‌شود (Ayers, 1999). پس از آن، با کمک سامانهٔ کنترلی، میزان مواد شیمیایی بر اساس اطلاعات دریافت شده از نقشه‌های رقومی خاک یا سایر عوامل مؤثر در کاربرد مواد شیمیایی، محاسبه و به‌کار برده می‌شود. در مورد کودپاش‌ها نیز دقت گیرندهٔ DGPS در تعیین موقعیت کودپاش مایع درون مزرعه و نیز در هنگام تهیهٔ نقشه خاک، در میزان دقت کاربرد

1- Variable Rate Technology
2- Preemergence Herbicide
3- Coefficient of Variations
4-Differential Global Positioning System

کـود و بـازده سـامانه میـزان متغیـر نقـش اساسـی دارد (Fisher *et al.*, 1993).

یکی از مهمترین مواد شیمیایی مصرفی در کشاورزی، علف‌کـش‌هـا اسـت کـه بـر اسـاس گـزارش وزارت جهـاد کشاورزی ایران مقدار متوسط مصرف علف‌کش‌ها در سـال زراعی ۸۵-۸۴ در کل کشور برای تولید گنـدم آبـی ۰/۹۹، ذرت آبی ۴/۴۴، و چغندرقند ۱/۵۳ کیلوگرم در هکتار بوده است. این مقـادیر بـرای اسـتان قـزوین بـه‌ترتیـب ۲/۰۶، ۵/۱۰، و ۱/۱۱ کیلوگرم در هکتار است کـه در مقایسه بـا میـزان متوسـط مـصرف در کـل کـشور بالاسـت (Anon, 2007).

زمان مصرف علف‌کـش‌هـا بـر حـسب نـوع محـصول زراعی، نوع علف هرز، روش مبـارزه، شـرایط آب و هـوایی، خصوصیات خاک، و امکانات متفاوت است؛ ولـی اصـولاً در مراحل اولیهٔ رشد، مبارزه با علف‌های هرز آسـان‌تـر اسـت، هزینهٔ کمتری دارد، و به محصول اصـلی خـسارت کمتـری وارد می‌شود. گاهی نیز علف‌کـش را قبـل از کـشت گیـاه زراعی و به هنگام آماده‌کردن زمـین پخـش مـی‌کننـد. از مهمترین انواع علف‌کش‌هـای پـیش‌رویـشی مـی‌تـوان بـه ترفلان[1] و سیانازین (بلادکـس[2]) اشـاره کـرد. زمـانی کـه علف‌کش در خاک پاشـیده مـی‌شـود، سـه پدیـدهٔ جـذب، حرکت، و تجزیه سرنوشت آن را تعیـین مـی‌کنـد. جـذب سطحی به مفهوم چسبیدن مولکول‌های علف‌کش به سطح ذرات جامد خاک است که ذرات با بـار منفـی رس و مـواد آلـی غالبـاً ایـن سـطوح را در خـاک فـراهم مـی‌آورنـد. مولکول‌هایی از علف‌کـش کـه شـدیداً جـذب کلوئیـدهای خاک می‌شوند برای کنترل علف‌هـای هـرز و بـذر آنهـا در سایر نقاط خاک قابل استفاده نخواهند بود. قابلیت جـذب علف‌کش‌ها در خاک به نوع و میزان کلوئیدها، خـصوصیات یونی‌شدن علف‌کش‌ها، و میزان رطوبت خاک بستگی دارد. کلوئیدهای آلی در مقایسه با کلوئیدهای رس اساساً تمایـل بیشتری برای جذب سطحی دارند. قابلیت جذب خاک بـه درجهٔ جـذب ذرات رس آن بـستگی دارد. بنـابراین وقتـی خاکی کلوئیدهای زیاد داشته باشـد، بایـد در انتخـاب نـوع علف‌کش و مقدار آن دقت بیشتری شود (Rastgar, 2000).

در یک پژوهش، اثر علف‌کش‌های انتخابی در ارتباط با خـصوصیات خـاک بررسـی و مـشخص شـد کـه فعالیـت علف‌کش‌ها همبستگی زیادی با درصد مادهٔ آلی خاک دارد. از نتایج این تحقیق مشخص شد که میـزان کـاربرد برخـی علف‌کش‌ها را باید با توجه به ویژگی‌های خاک تعیین کـرد و برای این منظور معادلات میزان کاربرد علف‌کـش‌هـا بـه صورت تابعی از درصد مادهٔ آلی خـاک و میـزان ذرات رس خاک ارائه شد (Blumhorst *et al.*, 1990).

تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک مزرعه، نظیر بافـت و درصد مواد آلی خاک، میـزان متفـاوتی از علـف‌کـش‌هـای انتخابی را برای کاربرد پیشنهاد می‌کند کـه بـا نیـاز نقـاط مختلف مزرعه متناسب است. برای علف‌کـش‌هـای پـیش رویشی و برای مزرعه‌ای خاص، رایج‌ترینِ عوامل تأثیرگـذار بر میزان کاربرد علف‌کش‌هـا یکـی بافـت خـاک و دیگـری درصد مادهٔ آلـی خـاک اسـت (Loghavi, 2004). در ایـن خصوص الگوریتم‌هـایی بـه منظـور تعیـین میـزان کـاربرد علف‌کش بر مبنای خصوصیات خاک ارائه شده است. از این الگوریتم‌ها دریافتند که تأثیر علف‌کش‌ها شدیداً بـا درصـد مادهٔ آلی خاک در ارتباط است (Weber *et al.*, 1987).

به منظور کاربرد علف‌کش بر اساس شرایط خـاک، دو رهیافت یکی بر مبنای نقشه[3] و دیگری بـر مبنـای حـسگر وجود دارد که هر دو به انطباق میزان مصرف علف‌کـش بـا شرایط موجود در مزرعه کمک می‌کنند. رهیافـت نخـست در مقایـسه بـا رهیافـت دیگـر دارای مزایـایی اسـت. در رهیافت بر مبنای نقشه، پیش از ورود به مزرعـه مـی‌تـوان میزان مصرف علف‌کش را برآورد کرد. لذا خطر تمام شدن علـف‌کـش در مزرعـه وجـود نـدارد. تـأخیر زمـانی بـین نمونه‌برداری از خاک و کاربرد علـف‌کـش، اجـازه پـردازش داده‌های نمونه‌برداری شده را در جهت کـسب اطمینـان و

1- Treflan (Trifluralin)
2- Cyanazine (Bladex)

حتی ارتقای صحت آنها می‌دهد. رهیافت استفاده از نقشه به دلیل فقدان حسگرهایی که به سرعت وضعیت خاک و محصول را تعیین کنند، عمومیت بیشتری دارد. از طرفی، نقشه‌ها برای جمع‌آوری و تفسیر داده‌هایی نظیر رطوبت و یا میزان NO_3^- که از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند، مناسب نیستند (Loghavi, 2004).

الیلا و همکاران (Ollila *et al.*, 1990) یک سامانهٔ سمپاشی میزان متغیر را برای محلول‌های شیمیایی توسعه دادند که می‌تواند با استفاده از روش پاشش مستقیم[1]، مواد شیمیایی را در محل‌های خاصی به صورت موضعی و بر اساس نقشه‌های مدیریتی از پیش تهیه شده، پخش کند

محققان، به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک، علاوه بر روش نمونه‌برداری مستقیم از خاک و به‌کارگیری فناوری سنجش از دور[2] (RS) و عکس‌های هوایی، روش‌های مختلف دیگر را ارائه داده‌اند. از خاصیت هدایت الکتریکی اک به منظور اندازه‌گیری برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده است (Sudduth *et al.*, 2005).

از دیدگاه زیست محیطی، مقاوم شدن علف‌های هرز در مقابل علف‌کش‌ها یکی از مهمترین چالش‌های کاربرد علف‌کش‌هاست. کاربرد علف‌کش‌ها در ۴۰ سال گذشته منجر به مقاوم‌سازی ۳۱۵ بیوتیپ علف هرز در ایران شده است (Zand, 2008). کاربرد بی‌رویه علف‌کش‌ها سبب کاهش تنوع برخی جانداران نظیر ماهی‌ها و آبزیان مفید در رودخانه‌ها شده است. در مورد اثرات منفی کاربرد علف‌کش‌ها روی انسان، تحقیقات کاهش دو درصدی باروری مردان و افزایش سرطان سینه در زنان آمریکا را نشان می‌دهد (Zand, 2008).

با در نظر گرفتن نتایج تحقیقات می‌توان دریافت که به‌کارگیری فناوری میزان متغیر بر مبنای نقشهٔ مدیریتی خاک مزایای قابل توجهی دارد. میزان کاربرد علف‌کش‌های پیش رویشی تابع عوامل متعددی از جمله میزان مادهٔ آلی و بافت خاک است که بر میزان تأثیرپذیری این نهاده در خاک بسیار دخیل است. علاوه بر این، در تهیهٔ نقشه‌های مدیریتی خاک، دقت وسیلهٔ مکان‌یابی نیز نقش اساسی دارد.

هدف اصلی این تحقیق بومی‌سازی روش تهیهٔ نقشه رقومی خاک به عنوان نقشه‌ای مدیریتی است که از آن به عنوان ورودی مطلوب[3] در سامانه کنترل الکترونیکی میزان کاربرد علف‌کش‌های پیش‌رویشی استفاده می‌شود. این نقشهٔ مدیریتی می‌تواند در حین حرکت در مزرعه و به‌طور خودکار، تغییراتی در میزان کاربرد علف‌کش متناسب با نیاز مزرعه تغییراتی اعمال کند. بررسی میزان صرفه‌جویی در مصرف علف‌کش با استفاده از نقشهٔ تهیه شده، از دیگر اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ نقشهٔ رقومی مزرعه در مختصات محلی (Local) و مختصات جهانی (UTM)

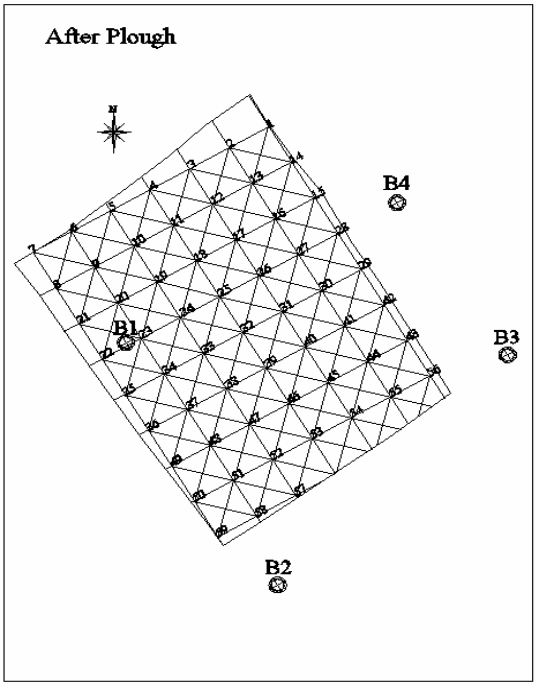
در این تحقیق از یک مزرعه یک هکتاری در دشت قزوین، در جنوب غربی شهر قزوین، برای تهیهٔ نقشهٔ‌خاک استفاده شد؛ این مزرعه به مدت یک سال به صورت آیش باقی مانده بود. سه هفته پیش از آغاز عملیات نقشه‌برداری و شبکه‌بندی سطح مزرعه، به منظور ایجاد سطحی هموار و عاری از کاه و کلش، از خاک‌ورز برگردان‌دار سه خیش استفاده شد. این خاک‌ورز زمین را تا عمق ۳۰ سانتی‌متری شخم زد. سپس، هرس بشقابی آفست برای خاک‌ورزی ثانویه و ماله به منظور تسطیح سطح زمین در دو جهت عمود برهم به‌کار برده شد.

قبل از شروع نقشه‌برداری، با استفاده از بلوک‌های بتنی به ابعاد۲۰×۲۰×۳۰ سانتی‌متر چهار نقطهٔ مرجع روی سطح مزرعه مشخص شد. محل نصب این بلوک‌ها کاملاً اختیاری بود و از آنها به عنوان محل‌هایی برای استقرار دوربین‌های Total Station و گیرنده‌های GPS استفاده شد. از مختصات این چهار نقطه به منظور تعیین بردار

1- Direct Injection 2- Remote Sensing 3- Desired Input

انتقال در مرحلهٔ پردازش داده‌های گیرنده‌های GPS و تبدیل مختصات محلی به جهانی استفاده شد.

با به‌کارگیری تجهیزات نقشه‌برداری از نوع Total Station، موقعیت چهار نقطهٔ مرجع مشخص شد که به نقطهٔ مرجع B_4 مختصات (۱۰۰۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰) بر حسب متر نسبت داده شد و مختصات نسبی سه نقطهٔ مرجع بعدی B_1، B_2 و B_3 نیز نسبت به نقطهٔ مرجع B_4 تعیین شد (شکل ۱). با استقرار دوربین Total Station روی نقطهٔ مرجع B_4 و با استفاده از انعکاس دهنده، مختصات محلی مرز مزرعه مشخص شد. در ادامه، با استفاده از استقرار انعکاس دهنده در نقاط مختلف مزرعه، مختصات نقاط تراز مزرعه نیز به دست آمد. با استفاده از نقاط تراز مزرعه می‌توان ارتباط بین میزان تغییرات سرعت پیشروی تراکتور با شیب مزرعه را در مرحلهٔ اجرای فناوری میزان متغیر به دست آورد. با پیاده کردن داده‌های به دست آمده از دوربین Total Station روی نرم‌افزار Land، نقشهٔ اولیهٔ مزرعه بر اساس مختصات محلی به دست آمد. در محیط این نرم‌افزار به منظور نمونه‌برداری از خاک، نقشه مزرعه شبکه‌بندی شد (شکل ۱). این شبکه از ۴۲ سلول مربعی با ابعاد ۱۴/۸×۱۴/۸ متر تشکیل شده است که از دوربین Total Station برای پیاده‌سازی نقاط رئوس این سلول‌ها روی مزرعه استفاده شد. مختصات به دست آمده از دوربین‌های نقشه‌برداری Total Station، مختصات محلی است و به منظور استفاده در عملیات کشاورزی دقیق، باید به مختصات نصف النهارات متقاطع جهانی[1] (UTM) تبدیل شوند. بدین منظور چهار گیرنده GPS استاتیک ساخت شرکت Huace چین از نوع X20 با دقت پنج میلی‌متر، که روی باند L_1 کار می‌کرد، روی چهار نقطه مرجع به‌کار برده شد (شکل ۲).



شکل ۱- نمونه‌ای از گیرنده‌های GPS استاتیک مورد استفاده

شکل ۲- شبکه‌بندی مزرعه و موقعیت چهار ایستگاه

1- Universal Transverse Mercator

جدول ۱- مشخصات دقت گیرنده‌های GPS مورد استفاده (Anon, 2006)

مشخصات دقت	
استاتیک و استاتیک سریع	**پس پردازش**
افقی: ۱ دور در دقیقه + ۵ ± میلی‌متر	افقی: ۱ دور در دقیقه + ۱۰ ± میلی‌متر
عمودی: ۱ دور در دقیقه + ۱۰ ± میلی‌متر	عمودی: ۱ دور در دقیقه + ۲۰ ± میلی‌متر
آزیموت: ۱ ثانیه + ۵ در واحد خط مبنا (کیلومتر)	سرعت داده‌برداری: ۱ هرتز

مشخصات دقیق این گیرنده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نکتهٔ قابل توجه در مورد این گیرنده‌ها، تفاوت روش مکان‌یابی آنها با گیرنده‌های GPS دستی است که در گیرنده‌های اخیر، داده‌های دریافت شده از گیرنده بدون هرگونه فرایند پردازش داده به عنوان موقعیت مطلق نقطهٔ مورد نظر به کاربر ارائه می‌شود که شامل خطای قابل توجهی است ولی در عملیات داده‌برداری به روش استاتیک، داده‌های موقعیت نسبت به یکدیگر سرشکنی می‌شوند و خطا به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. به موقعیت‌های محاسبه شده در این روش، موقعیت نسبی نقاط شبکه در مختصات UTM اطلاق می‌شود.

جدول ۲- مختصات ایستگاه‌ها و شعاع بیضی خطا

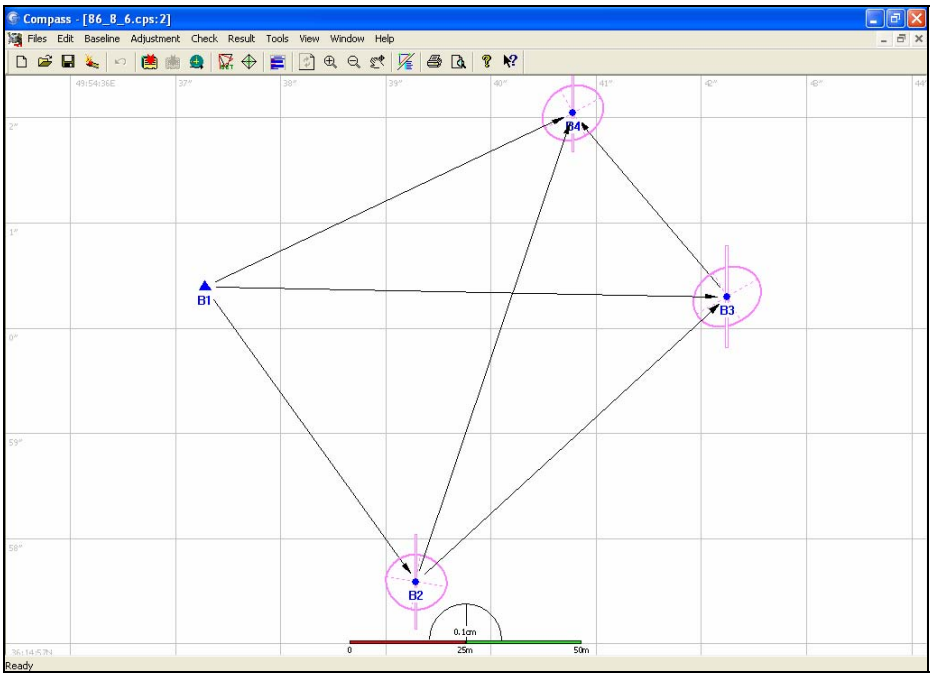
ایستگاه	طول ژئودتیک (درجه، دقیقه، ثانیه)	عرض ژئودتیک (درجه، دقیقه، ثانیه)	ارتفاع ژئودتیک (متر)	شعاع بیضی خطا (متر)
B_1	۴۹:۵۴:۳۷,۲۸E	۳۶:۵:۰۰,۳۹N	۱۲۹۲/۳۲۹	****
B_2	۴۹:۵۴:۳۹,۲۶E	۳۶:۱۴:۵۷,۵۶N	۱۲۸۸/۲۶۴	a*=۰/۰۰۰۵ b*=۰/۰۰۰۵
B_3	۴۹:۵۴:۴۲,۱۶E	۳۶:۱۵:۰۰,۲۲N	۱۲۸۷/۹۶۷	a=۰/۰۰۰۶ b=۰/۰۰۰۵
B_4	۴۹:۵۴:۴۰,۷۹E	۳۶:۱۵:۰۲,۱۴N	۱۲۹۳/۶۶۳	a=۰/۰۰۰۵ b=۰/۰۰۰۴

a: شعاع بزرگ بیضی، b: شعاع کوچک بیضی

مدت زمان مشاهده ماهواره‌ها توسط گیرنده‌های GPS حدود ۴ ساعت بود که این مدت زمان نسبتاً طولانی به منظور دریافت داده‌های بیشتر و در نتیجه افزایش دقت مکان‌یابی توسط گیرنده‌ها و نیز دریافت داده‌های کافی توسط گیرندهٔ مستقر بر نقطهٔ B_4 بود. تعداد داده‌های دریافت شده توسط آنتن‌های مستقر روی ایستگاه‌های B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب ۱۴۶۷۶، ۱۴۹۳۴، ۱۵۰۲۴ و ۲۹۹۱ داده با سرعت داده‌برداری[1] یک هرتز (یک داده در هر ثانیه) بود. گیرنده‌ها ۱۲ ماهواره را مشاهده کردند. داده‌ها که به صورت خودکار در حافظه GPS ثبت می‌شوند، پس از پردازش به صورت داده‌های موقعیت قابل رویت خواهند بود. ساختار انتقال داده‌ها از گیرنده‌های GPS استاتیک به رایانه، در قالب HCN است، این ساختار پس از تبدیل به قالب Rinex با نرم‌افزار Compass پردازش می‌شود.

1- Sampling Rate

به منظور پردازش داده‌های گیرنده‌های GPS، داده‌ها به رایانه شخصی منتقل شد که نرم افزار Hc Loader به‌کار برده شد که نرم‌افزاری اختصاصی برای انتقال داده برای گیرنده‌های GPS است. داده‌ها با نرم‌افزار Compass پردازش شد که نرم‌افزاری اختصاصی برای پردازش داده‌های دریافت شده با GPS است. این نرم‌افزار، داده‌های مربوط به گیرنده‌ها را به دو پنجره شامل پنجره جدول اطلاعات ایستگاه‌ها و پنجره گرافیکی موقعیت ایستگاه‌ها به صورت نقشه منتقل می‌کند. در نخستین مرحلهٔ پردازش داده‌ها، ارتفاع آنتن GPS برای نرم‌افزار تعریف و این مرحله برای هر چهار آنتن GPS اجرا شد. بعد از این مرحله، نرم‌افزار به طور خودکار داده‌های GPS را پردازش کرد. داده‌ها در سامانهٔ مختصات بیضوی WGS84 پردازش شد. در تنظیمات مربوط به پردازش داده‌ها، نصف النهار مرکزی محل مشاهدات (ایران) 53° و ضریب مقیاس نصف النهار ۰/۹۹۹۶ انتخاب شد. با پردازش داده‌های GPS، مختصات طول و عرض ژئودتیک و ارتفاع ژئودتیک موقعیت چهار ایستگاه B_1، B_2، B_3 و B_4 مطابق جدول ۲ به دست آمد.



شکل ۳- شبکه سرشکنی مختصات نقاط شبکه

اصول تعیین شبکهٔ نقاط برداشت شده با گیرنده‌های GPS در مرحلهٔ پردازش، استفاده از فرایندی به نام سرشکنی[1] است. در عملیات سرشکنی، مختصات یکی از نقاط برداشت شده توسط گیرنده‌های GPS و نیز اختلاف مختصات (Δx، Δy، Δz) این نقطه نسبت به نقاط برداشت شده توسط سایر گیرنده‌ها معلوم و مختصات استقرار گیرنده‌ها مجهول فرض می‌شود. حال نرم‌افزار پردازش داده‌های GPS، با استفاده از روش کمترین مربعات[2] بهترین مختصات مربوط به نقاط سایر گیرنده‌های GPS را محاسبه می‌کند. راه حل کمترین مربعات، به مشاهدات افزونه[3] نیاز دارد و به عبارت دیگر، به مشاهداتی بیش از آنچه دقیقاً برای تعیین یک مجموعه مجهولات لازم است، نیاز دارد (Ebne-Jalal, 2007).

1- Adjustment
2- Least Squares Method
3- Redundant Observations

در این روش حد اطمینان مختصات نقاط به دست آمده برای سایر گیرنده‌ها، با استفاده از شعاع یک بیضی بیان می‌شود که در آن با اطمینان ۹۵ درصد، نقاط سرشکن شده درون این بیضی قرار می‌گیرند. حال با افزایش تعداد نقاط شبکه، خطا در سرشکنی مختصات به حداقل می‌رسد. به همین منظور در این تحقیق با اینکه امکان استفاده از سه نقطه (که حداقل تعداد لازم برای سرشکنی است) وجود داشت اما برای افزایش دقت از چهار نقطه (GPS) استفاده شد. شکل شبکهٔ سرشکنی و بیضی‌های خطا در شکل ۳ نشان داده شده است. در این تحقیق، مختصات ایستگاه B_1 معلوم شد و مختصات سایر نقاط با استفاده از روش سرشکنی مطابق جدول ۲ به دست آمد.

به منظور تبدیل مختصات محلی نقاط شبکه به مختصات جهانی UTM، از نرم‌افزار Land استفاده شد که در آن با وارد کردن مختصات UTM مربوط به چهار ایستگاه و با به دست آمدن بردار انتقال موقعیت، مختصات UTM تمام نقاط شبکه به دست آمد.

نمونه‌برداری از خاک

برای تهیهٔ نقشهٔ مدیریتی کاربرد علف‌کش پیش‌رویشی سیانازین، نیاز به اندازه‌گیری پارامترهای درصد مادهٔ آلی[1] (OM) و نوع بافت خاک است. بدین منظور عملیات نمونه‌برداری از خاک در مهرماه سال ۱۳۸۶ آغاز شد. روش مورد استفاده، نمونه‌برداری نقطه شبکه[2] بود که در آن، نمونه‌ها از مرکز هر سلول شبکه انتخاب می‌شوند. برای به دست آوردن موقعیت مرکز هر سلول از دو ریسمان استفاده شد که رئوس هر سلول را به صورت ضربدری به یکدیگر متصل می‌کرد. سپس با متهٔ نمونه‌برداری از عمق ۲۰ سانتی‌متری که عمق متوسط توسعه و تأثیر علف‌کش‌های پیش‌رویشی در خاک است، نمونه‌برداری انجام شد (Jafari Hagighi, 2003). این عمل برای تمام به ۴ مرکز سلول‌های شبکه تکرار و نمونه‌ها برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین ارسال شد.

برای تحلیل کربن آلی خاک، از روش والکی- بلاک استفاده شد که در آن خاک با اسید سولفوریک غلیظ و بیکرومات مجاور می‌شود و پس از اتمام واکنش اکسایش و کاهش، اضافه بیکرومات باقیمانده با فروآمونیوم سولفات، تیتر می‌شود. در تحلیل بافت خاک نیز از روش هیدرومتری استفاده شد (Jafari Hagighi, 2003).

از نتایج تجزیه و تحلیل نمونه‌ها مشخص شد که دامنهٔ تغییرات (R) کربن آلی خاک مزرعه مورد نظر ۰/۸۲ درصد است، با کمینه و بیشینه به‌ترتیب ۰/۴۳ و ۱/۲۵ درصد. مادهٔ آلی خاک دارای توزیع نرمال با میانگین ۰/۸۶ درصد و انحراف معیار ۰/۱۸ درصد است. بافت خاک نیز در محدودهٔ لومی، لومی شنی، و شنی لومی قرار دارد.

انطباق لایهٔ موقعیت UTM نقاط مزرعه با لایهٔ میزان کاربرد علف‌کش

پس از اتمام آزمایش‌های خاک، مقادیر مادهٔ آلی و خصوصیات بافت خاک به موقعیت UTM مراکز سلول‌های شبکه نسبت داده شد. به منظور ترسیم نقشهٔ منحنی میزان برای دو پارامتر فوق، و بسط مقادیر مادهٔ آلی و خصوصیات بافت خاک به سایر نقاط شبکه باید از روش میان‌یابی[3] استفاده شود. در این تحقیق از روش میان‌یابی کریجینگ استفاده شد. از مشخصات بارز این روش میان‌یابی داده‌ها این است که در آن از دو معیار سرعت تغییر داده‌ها و میزان تغییر آنها درون مزرعه استفاده می‌شود که این موضوع دقت محاسباتی روش کریجینگ را افزایش می‌دهد.

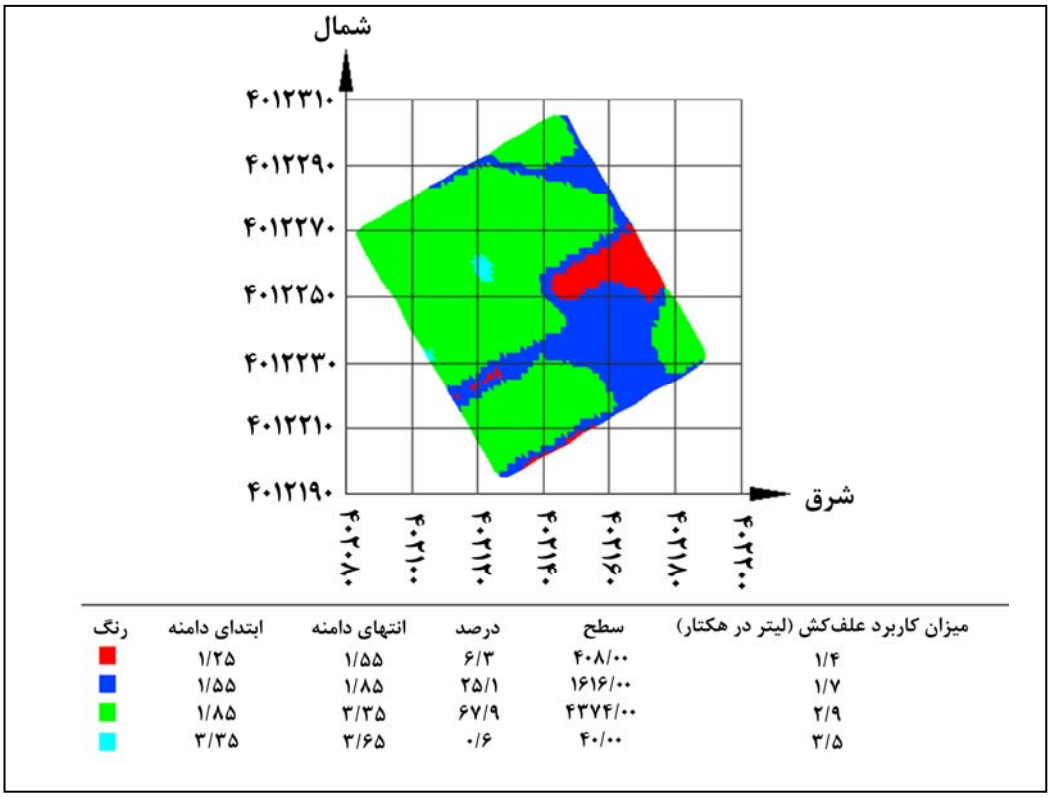
در گام بعدی، نقشهٔ مدیریتی کاربرد علف‌کش بر اساس مقادیر توصیه شده توسط شرکت تولیدکننده

1- Organic Matter 2- Grid Point Sampling 3- Interpolation

علف‌کش سیانازین در محصول ذرت بر اساس جدول ۳ به دست آمد. در این جدول می‌بینیم که با افزایش درصد مادهٔ آلی خاک و نیز با سنگین‌تر شدن بافت خاک، از شنی و شنی‌لومی به لومی‌رسی و رسی، میزان مصرف علف‌کش سیانازین (بلادکس 4L) که نوعی علف‌کش پیش‌رویشی است، افزایش می‌یابد. با در نظر گرفتن نتایج آزمون نمونه‌های خاک که در آن میزان مادهٔ آلی خاک مزرعه مورد نظر در محدوده ۰/۴۳ و ۱/۲۵ درصد و بافت خاک نیز در محدوده لومی، لومی‌شنی و شنی‌لومی متغیر بود و نیز مقادیر ارائه شده در جدول ۳، میزان علف‌کش قابل توصیه برای مزرعه مورد نظر به چهار مقدار ۱/۴، ۱/۷، ۲/۹، و ۳/۵ لیتر مادهٔ مؤثر در هکتار محدود شد. سپس نقشه رقومی مدیریتی کاربرد علف‌کش سیانازین بر اساس شکل ۴ به دست آمد. همانگونه که از این شکل مشخص است چهار ناحیه مجزا به منظور کاربرد مقادیر متفاوت علف‌کش سیانازین به دست آمد.

جدول ۳- میزان توصیه شده کاربرد علف‌کش سیانازین (لیتر در هکتار) بر اساس بافت و میزان ماده آلی خاک در محصول ذرت (Anon, 1996).

	میزان مادهٔ آلی خاک					
بافت خاک	**کمتر از ۱ درصد**	**۱ درصد**	**۲ درصد**	**۳ درصد**	**۴ درصد**	**۵ درصد و بیشتر**
شنی و شنی لومی	۱/۴	۱/۷	۲/۹	۳/۵	۴	۴/۷
لومی‌شنی	۱/۷	۲/۹	۳/۵	۴	۴/۷	۵/۲
لومی، لومی‌سیلتی، سیلتی	۲/۹	۳/۵	۴	۴/۷	۵/۲	۵/۴
رسی‌شنی، لومی‌رسی و لومی‌رسی‌سیلتی	۳/۵	۴	۴/۷	۵/۲	۵/۴	۶/۸
رسی‌شنی و رسی	۴	۴/۷	۵/۲	۵/۴	۶/۸	۷
تورب و لجنی	غیر قابل توصیه					



رنگ	ابتدای دامنه	انتهای دامنه	درصد	سطح	میزان کاربرد علف‌کش (لیتر در هکتار)
■	۱/۲۵	۱/۵۵	۶/۳	۴۰۸/۰۰	۱/۴
■	۱/۵۵	۱/۸۵	۲۵/۱	۱۶۱۶/۰۰	۱/۷
■	۱/۸۵	۳/۳۵	۶۷/۹	۴۳۷۴/۰۰	۲/۹
■	۳/۳۵	۳/۶۵	۰/۶	۴۰/۰۰	۳/۵

شکل ٤- نقشهٔ مدیریتی میزان کاربرد علف‌کش سیانازین روی سلول‌های کامل شبکه

(توجه: به‌منظور مشاهده نواحی رنگی مشخص شده در این نقشه باید از نسخه رقومی یا چاپ رنگی مقاله استفاده شود)

نتایج و بحث

تعداد و ابعاد مؤثر سلول‌ها

انتخاب تعداد سلول‌های مناسب در واحد سطح به عوامل زیادی بستگی دارد از جمله: ابعاد مزرعه، میزان تغییرات پارامتر مورد نظر در خاک، دقت مورد نیاز، نوع کاربرد داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، و مدت زمانی که در آینده از این داده‌ها استفاده می‌شود. سلول‌های مورد استفاده در شبکه‌بندی مزرعه، مربع شکل با طول ضلع ۱۴/۸ متر می‌توانست ۴۲ سلول کامل را در یک هکتار ایجاد کند. انتخاب ۴۲ سلول بر مبنای شبیه‌سازی عملیات داده‌برداری مزرعه بزرگ (با مساحت بیش از ۲۰ هکتار) روی مزرعه‌ای کوچک انجام گرفت که یکی از دلایل این امر امکان کنترل تمام شرایط مؤثر بر دقت دوربین‌ها، گیرنده‌ها و نیز پیاده‌سازی سلول‌ها روی مزرعه در شرایط تحقیقاتی بود. از طرفی، دسترسی به مزرعه‌ای با ابعاد بزرگ در زمان نمونه‌برداری مشکل بود. شایان ذکر است که در این حالت تمام مراحل نقشه‌برداری، شبکه‌بندی، نمونه‌برداری و تهیه نقشه‌های رقومی به روشی کاملاً مشابه با عملیات داده‌برداری در مزارع بزرگ‌تر انجام می‌گیرد. از آنجا که نقشهٔ مدیریتی حاصل از این تحقیق به منظور ثبت در حافظهٔ کنترلگر سمپاش بوم‌دار تراکتوری برای کاربرد میزان متغیری از علف‌کش به کار خواهد رفت، آزمون‌های مزرعه‌ای از لحاظ بررسی دقت پاشش در مکان مورد نظر، دقت گیرنده GPS متحرک و پاسخ بسامدی حسگرهای سرعت پیشروی و دبی سیال، کنترلگر و عملگرها در مساحت یک هکتار سریع‌تر و

دقیق‌تر است و بسیاری از عوامل تأثیرگذار بر این موارد قابل کنترل خواهند بود.

بررسی روش نمونه‌برداری از خاک

روش مورد استفاده در این تحقیق به منظور نمونه‌برداری از خاک، روش نقطه شبکه است که در آن از مرکز هر سلول در عمق ۲۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. در شرایطی که ابعاد سلول‌ها بزرگتر می‌شوند، به منظور حصول نتیجه‌ای نزدیک به شرایط واقعی مزرعه، از سطح هر سلول شبکه ۳ تا ۵ نمونه انتخاب و آنها را با یکدیگر مخلوط می‌کنند تا نمونهٔ نمایندهٔ آن سلول به دست آید. در این حالت، نتایج حاصل از آزمایش نمونهٔ مخلوط شده را به مختصات مرکز هر سلول نسبت می‌دهند. اما در این تحقیق به دلیل کوچک بودن ابعاد سلول‌ها، تنها یک نمونه از مرکز هر سلول انتخاب و نتایج حاصل از آزمایش خاک با روش میان‌یابی کریجینگ به سایر نقاط سلول‌ها بسط داده شد. روش دیگر به منظور نمونه‌برداری از خاک، نمونه‌برداری مستقیم است که در آن از سایر منابع اطلاعاتی نظیر تصاویر هوایی، پیشینهٔ زراعی مزرعه و نقشه‌های عملکرد محصول به منظور انتخاب محل مناسب نمونه-برداری از مزرعه استفاده می‌شود. با توجه به عدم وجود این منابع اطلاعاتی از مزرعه مورد نظر، در این تحقیق از روش قانونمند نمونه‌برداری شبکه‌ای استفاده شد.

در تعیین مختصات محلی و جهانی نقاط شبکه نیز از دقیق‌ترین روش موجود استفاده شده است که در آن با برقراری ارتباط بین مختصات محلی نقاط که از دوربین‌های Total Station به دست می‌آید و داده‌های حاصل از گیرنده‌های GPS استاتیک، موقعیت نقاط با دقت زیر سانتی‌متر به دست می‌آید. اگرچه دقت مورد نیاز در فناوری میزان متغیر می‌تواند زیر یک متر[1] باشد (Loghavi, 2004)، اما با توسعه ابعاد مزرعه، خطا در تعیین موقعیت به حد قابل قبولی خواهد رسید. گیرنده‌های GPS مورد استفاده در این تحقیق از نوع گیرنده‌های تک فرکانس با موج حامل L_1 هستند که در تهیهٔ نقشه‌های رقومی و دقیق کاربرد بسیار دارند. به منظور تعیین موقعیت نقاط مزرعه توسط این گیرنده‌ها، مختصات محلی حداقل سه نقطه از مزرعه ضروری است که برای تعیین این مختصات از دوربین Total Station استفاده شد. امروزه با استفاده از گیرنده‌های سامانه مکان‌یابی جهانی افتراقی (DGPS) دو فرکانسه و نیز با به کارگیری فرایند کینماتیک زمان حقیقی[2] (RTK) در نقشه‌برداری دقیق به دلیل تعیین موقعیت آنی نقاط مزرعه بدون نیاز به مختصات محلی، کاربرد بیشتری یافته است اما به دلیل ارائه ندادن خدمات تصحیح افتراقی در ایران برای گیرنده‌های DGPS و نیز قیمت بسیار بالای گیرنده‌های RTK، در این تحقیق از آنها استفاده نشد و به نظر می‌رسد به‌کارگیری آنها برای شرایط کشاورزی ایران در حال حاضر برای مزارعی با ابعاد کوچک، به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود.

مقادیر تجویز شدهٔ علف‌کش

نقشه مدیریتی به دست آمده شامل چهار ناحیه مجزا در کاربرد علف‌کش با مقادیر متفاوت از ۱/۴ تا ۳/۵ لیتر مادهٔ مؤثر در هکتار است. در شکل ۴ مشاهده می‌شود که ۶/۳، ۲۵/۱، ۶۷/۹، و ۰/۶ درصد از سطح مزرعه به ترتیب به ۱/۴، ۱/۷، ۲/۹، و ۳/۵ لیتر ماده مؤثر در هکتار علف‌کش نیاز دارد که کاربرد علف‌کش مورد نیاز در کل مزرعه به صورت میزان متغیر بر اساس میزان مساحت هر ناحیه، ۱/۶۱ لیتر است. میزان صرفه‌جویی در مصرف علف‌کش را با در نظر گرفتن مقدار ثابت در کاربرد علف‌کش و میزان متغیر با یکدیگر قابل مقایسه است.

جدول ۴، میزان افزایش یا کاهش مصرف علف‌کش را با در نظر گرفتن میزان کاربرد یکنواخت علف‌کش برای کل

1- Sub-metter Accuracy
2- Real Time Kinematic

مزرعه برای چهار مقدار ۱/۴، ۱/۷، ۲/۹ و ۳/۵ لیتر مادهٔ مؤثر در هکتار به صورت درصد نشان می‌دهد. همان‌گونه که از این جدول مشخص است، با در نظر گرفتن میزان کاربرد یکنواخت برای کل مزرعه به اندازه ۱/۴ و ۱/۷ لیتر، مصرف علف‌کش در مقایسه با میزان ۱/۶۱ لیتر به‌ترتیب ۴۴/۱۶ و ۳۲/۲ درصد کاهش می‌یابد و با در نظر گرفتن مقدار کاربرد یکنواخت علف‌کش برای کل مزرعه به میزان ۲/۹ و ۳/۵ لیتر، مصرف علف‌کش به‌ترتیب ۱۵/۶۵ و ۳۹/۵۸ درصد افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه بر اساس نقشهٔ مدیریتی، ۶۷/۹ درصد سطح مزرعه به میزان ۲/۹ لیتر ماده مؤثر در هکتار علف‌کش نیاز دارد، با در نظر گرفتن میزان کاربرد یکنواخت ۲/۹ لیتر برای کل مزرعه در مقایسه با کاربرد میزان متغیر ۱/۶۱ لیتر، مصرف علف‌کش به اندازهٔ ۱۳ درصد کاهش می‌یابد. اگر در کل مزرعه به میزان ۲/۹ لیتر در هکتار علف‌کش مصرف شود، کل علف‌کش مورد نیاز مزرعه با مساحت ۰/۶۴ هکتار به میزان ۱/۸۶ لیتر خواهد بود. این مقدار صرفه‌جویی در مصرف علف‌کش از حاصل‌ضرب سطح مربوط به هر ناحیهٔ مدیریتی در میزان علف‌کش مورد نیاز آن ناحیه و مقایسه مقادیر به دست آمده با مقدار ۱/۸۶ لیتر حاصل شده است. بدین صورت که سطوح نواحی مدیریتی ۱، ۲، ۳ و ۴ را که به‌ترتیب ۰/۰۴۰۸، ۰/۱۶۱۶، ۰/۴۳۷۴ و ۰/۰۰۴۰ هکتار مساحت دارند، در میزان علف‌کش مورد نیاز هر ناحیه یعنی به‌ترتیب در مقادیر ۱/۴، ۱/۷، ۲/۹ و ۳/۵ لیتر در هکتار ضرب کرده و حاصل‌جمع کل مقادیر را که مساوی با ۱/۶۱ لیتر است با مقدار ۱/۸۶ لیتر که از حاصل‌ضرب مقدار ۲/۹ لیتر در هکتار در کل سطح مزرعه به دست آمد مقایسه می‌کنیم. البته این میزان صرفه‌جویی در صورتی قابل دسترس خواهد بود که سمپاش مورد استفاده در مکان‌یابی و کاربرد میزان مناسب علف‌کش دقت کافی داشته باشد.

جدول ٤- مقایسهٔ میزان کاربرد علف‌کش به صورت یکنواخت و میزان متغیر (VRA)

ناحیه مدیریتی	محدوده کاربرد علف‌کش (لیتر در هکتار)	سطح (هکتار)	میزان سطح از کل سطح مزرعه (درصد)	میزان کاربرد علف‌کش (لیتر در هکتار)	میزان علف‌کش مورد نیاز (لیتر)	A*	B**	C***
۱	۱/۲۵ -۱/۵۵	۰/۰۴۰۸	۶/۳	۱/۴	۰/۰۵۷۱۲	۰/۹۰۱۳۲	۰/۷۱۲۹۸	۴۴/۱۶ کاهش
۲	۱/۵۵ -۱/۸۵	۰/۱۶۱۶	۲۵/۱	۱/۷	۰/۲۷۴۷۲	۱/۰۹۴۴۶	۰/۵۱۹۸۴	۳۲/۲۰ کاهش
۳	۱/۸۵ -۳/۳۵	۰/۴۳۷۴	۶۷/۹	۲/۹	۱/۲۶۸۶۴	۱/۸۶۷۰۲	-۰/۲۵۲۷۲	۱۵/۶۵ افزایش
۴	۳/۳۵ -۳/۶۵	۰/۰۰۴۰	۰/۶	۳/۵	۰/۰۱۴۰۰	۲/۲۵۳۳۰	-۰/۶۳۹۰۰	۳۹/۵۸ افزایش

*A: میزان کاربرد یکنواخت علف‌کش در کل مزرعه بر اساس میزان کاربرد علف‌کش در هر ناحیه مدیریتی (لیتر)

**B: میزان تفاوت مصرف علف‌کش بین مقادیر ستون A و میزان کل مورد نیاز برای مزرعه بر اساس فناوری میزان متغیر ۱/۶۱ لیتر (لیتر)

***C: میزان کاهش یا افزایش مصرف علف‌کش بر اساس تفاوت مقادیر ستون B نسبت به میزان ۱/۶۱ لیتر (درصد)

نتیجه‌گیری

شرط پذیرش فناوری میزان متغیر (VRT) در کاربرد نهاده‌های کشاورزی، وجود تغییرات معنی‌دار در عوامل مؤثر بر کاربرد این نهاده‌ها در مزرعه است. بر این اساس، کاربرد میزان متغیری از علف‌کش‌های پیش‌رویشی در مزارع، به ویژه در شرایطی که مقادیر معتنابهی از این گونه عناصر شیمیایی به‌کار می‌رود در صورتی قابل قبول است که دو پارامتر درصد کربن آلی و بافت خاک تغییرات مکانی قابل توجهی داشته باشند (Al-Gaadi & Ayers, 1999). با توجه به نتایج آزمایش نمونه‌های خاک مزرعه مورد استفاده در این تحقیق، مشخص شد که دامنه تغییرات (R) کربن آلی خاک مزرعه ۰/۸۲ درصد، کمینه آن ۰/۴۳ درصد و بیشینه آن ۱/۲۵ درصد است. مادهٔ آلی خاک توزیع نرمال دارد با میانگین ۰/۸۶ درصد و انحراف معیار ۰/۱۸ درصد. بافت خاک نیز در محدودهٔ لومی، لومی‌شنی و شنی‌لومی قرار دارد. با توجه به مقادیر توصیه شده در دستورالعمل کاربرد علف‌کش سیانازین (بلادکس) بر اساس تغییرات درصد کربن آلی خاک و بافت خاک، چهار ناحیهٔ مجزا در مزرعه برای کاربرد علف‌کش با مقادیر ۱/۴، ۱/۷، ۲/۹ و ۳/۵ لیتر مادهٔ مؤثر در هکتار مشخص شد و سپس نقشه رقومی مدیریتی مزرعه به دست آمد. در این مطالعه، در مقایسه با میزان کاربرد یکنواخت ۲/۹ لیتر در هکتار که بخش اعظم الگوی کاربرد علف‌کش در نقشه مدیریتی را به خود اختصاص داده است، با به‌کارگیری مقادیر توصیه شده حاصل از نقشه، به طور متوسط ۱۳ درصد در مصرف علف‌کش صرفه جویی خواهد شد. با توجه به تغییرات بسیار اندک مادهٔ آلی خاک و نیز بافت خاک با گذشت زمان (Fergusen & Hergert, 2000)، نقشه تهیه شده در این تحقیق حدوداً به مدت ۱۰ سال در فناوری میزان متغیر در عملیات مبارزهٔ شیمیایی با علف‌های هرز قابل استفاده خواهد بود.

به رغم آمار موجود در سازمان‌های مرتبط با تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به خاک‌های زراعی، در زمینهٔ بررسی تغییرات واقعی خصوصیات فیزیکی مهم خاک همگام با تعیین موقعیت نقاط مزرعه که در کاربرد نهاده‌های زراعی به صورت میزان متغیر تأثیرگذارند، مطالعات بیشتر به منظور تهیه نقشه‌های مدیریتی ضروری است. با این کار می‌توان یکی از ابزارهای مفید در مورد انتخاب یا کنار گذاشتن فناوری میزان متغیر (VRT) را در اختیار متخصصان و کشاورزان قرار داد که گام مهمی برای تصمیم‌گیری دربارهٔ به‌کارگیری روش‌های کشاورزی دقیق خواهد بود.

مراجع

Al-Gaadi, K. A. and Ayers, P. D. 1999. Integrating GIS and GPS into a spatially variable rate herbicide application system. Trans. ASAE. 15(4): 255-262.

Anon.1996. Crop Protection Chemical Reference. 12th Ed. New York. N.Y: Chemical & Pharmaceutical Press.

Anon. 2006. Brochure of X20 GPS Integrated L_1 GPS. Hauce Company. China.

Anon. 2007. http://www.agri-jahad.ir. Statistics of Ministry of Jihad-e-Agriculture. Iran

Bauer, W. D. and Schefcik, M. 1994. Using differential GPS to improve crop yields. GPS World. 38-41.

Blumhorst, M. R., Weber, J. B. and Swain, L. R. 1990. Efficacy of selected herbicides as influenced by soil properties. Weed Technol. 4(2):279-283.

Carrara, M. Comparetti, A. Febo, P. and Orlando, S. 2004. Spatially variable rate herbicide application on durum wheat in sicily. Biosys. Eng. 87(4): 387–392.

Ebne-Jalal, R. 2007. GPS Satellite Surveying. Shahid Chamran University Press. Ahvaz. Iran. (in Farsi)

Ferguson, R. B. and Hergert, G. W. 2000. Soil Sampling for Precision Agriculture. Cooperative Extension Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska.

Fisher, K. B., Shropshire, G. J., Peterson, C. L. and Dowding, E. A. 1993. A spatially variable liquid fertilizer applicator for wheat. ASAE Paper No. 93-1074. St. Joseph. Mich.

Jafari Haghighi, M. 2003. Methods of Soil Analysis, Sampling and Important Physical & Chemical Analysis with Emphasis on the Theoretical & Applied Principles. Compilation. Nedaye Zahi Pub. Sari. Iran. (in Farsi)

Lamastus-Stanford, F. E. and Shaw, D. R. 2004. Evaluation of site-specific weed management implementing the herbicide application decision support system (HADSS). Precision Agric. 5, 411-426.

Loghavi, M. 2004. The Precision Farming Guide for Agriculturists. Rendition. Agricultural Research and Education Organization. Iran. (in Farsi)

Medlin, C. R. and Shaw, D. R. 2000. Economic comparison of broadcast and site-specific herbicide application in nontransgenic and glyphosate-tolerant glysine max. Weed Sci. 48, 653-661.

Millette, J. A., Raju, G. S. and Wang, C. 1992. Spatial variability of selected herbicide residues in soils. ASAE Paper No. 92-3609. St. Joseph, Mich.

Nishiwaki, K., Amaha, K. and Otani, R. 2004. Development of positioning system for precision sprayer. Automation Technology for Off-Road Equipment. Proceedings of the Oct. 7-8 Conference (Kyoto, Japan). ASAE Pub No. 701P1004.

Ollila, D. G., Schumacher, J. A. and Frochlich, D. P. 1990. Integrating field grid sense system with direct injection technology. ASAE Paper No. 90-1628. St. Joseph, Mich.

Qiu, W., Watkins, G. A., Sobolik, C. J. and Shearer, S. A. 1998. A feasibility study of direct injection variable-rate herbicide application. Trans. ASAE. 4(2):291-299.

Rastgar, M. 2000. Herbicides and Control Methods. Compilation. 2nd Edition. Academic Pub Center. Tehran. Iran. (in Farsi)

Sudduth, K. A., Kitchen, N. R., Wiebold, W. J., Batchelor, W. D., Bollero, G. A., Bullock, D. G., Clay, D.E., Palm, H. L., Pierce, F. J., Schuler, R. T. and Thelen, K. D. 2005. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the North-Central USA. Computers and Electronics in Agriculture. 46, 263-283.

Tyler, W., Rider-Jeffrey, W., Vogel. J., Anita Dille-Kevin, C. and Dhuyvetter-Terry, L. 2006. An economic evaluation of site-specific herbicide application. Precision Agric. 7, 379-392.

Weber, J. B., Tucker, M. R. and Isaac, R. A. 1987. Making herbicide rate recommendations based on soil tests. Weed Technol. 1(1):41-45.

West, C. P., Mallarino, A. P., Weider, W. F. and Marx, D. B. 1989. Spatial variability of soil chemical properties in grazed pastures. Soil Sci. Soc. Ame. 53, 784-789.

Zand, E. 2008. Evaluation of agricultural inputs conditions in Iran. The 3th Congress of Agricultural Ecology. University of Shahid Beheshti. Tehran. Iran. (in Farsi)

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.10/No.3/2009/P: 29-44*

Generating a Digital Management Map Using GPS for Herbicide Application by VRA Spraying

D. Mohammad Zamani*, S. Minaei, R. Alimardani,

M. Almassi and H. R. Shafikhany

* Corresponding Author: Ph.D. student. Islamic Azad University Science and Research Branch. P. O. Box: 14515-775, Tehran, Iran. E-mail: davood412@aol.com

This paper presents a method for generating a digital management map to apply Cyanazine pre-emergence herbicide. The main objective was to develop a precision method to generate management maps for the variable rate application of herbicide to reduce the amount of herbicide applied and its adverse impact on the environment. First, local and UTM coordinates of a field were determined using Total Station and four static GPS receivers. Data processing was performed using a PC with Compass software. A 14.8 m grid was created using Land software and laid out on the field. Grid point sampling was done at the center of each cell at a depth of 20 cm and analyzed in a laboratory. The laboratory results showed that the range of, maximum, and minimum soil organic matter content (OMC) was 0.82, 1.25 and 0.43, respectively. OMC had a normal distribution with an average of 0.86% and a standard deviation of 0.18%. Soil texture varied between loam, sandy loam and loamy sand. The Kriging interpolation method was then used to determine the make-up at other points in the grid. By considering manufacturer recommendations for herbicide application based on OMC and soil texture, four zones were determined for herbicide application rates of 1.4, 1.7, 2.9 and 3.5 l/ha. A digital map was then generated and used to determine that the total required herbicide was 1.61 l/ha. It was determined from the map that herbicide application could be decreased up to 13% using an application rate of 1.6 l/ha instead of 2.9 l/ha over 67.9% of the field area. The map can be utilized to determine desired input for an electronic controller of a VRA boom sprayer.

Key Word: Digital Soil Map, GIS, Global Positioning System (GPS), Organic Matter Content (OMC), Preemengence Herbicide, Soil Texture