

کشاورزی دقیق و کاربرد آن در کنترل بیماری‌های گیاهی

فرزانه لک*

مدرس دانشگاه فنی و حرفه‌ای، آموزشکده کشاورزی پاکدشت، تهران، ایران

پیمان کرمانی

مدرس دانشگاه فنی و حرفه‌ای، آموزشکده کشاورزی پسران دماوند

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۳/۲۵

چکیده

امروزه کشاورزی پایدار ضمن اینکه کمک شایانی به تولید مطلوب محصولات کشاورزی می‌کند باعث کاهش مصرف نهاده‌ها شده و کمترین اثر سوء را بر محیط می‌گذارد. به طور کلی کشاورزی پایدار با محیط سازگار است، به منافع انسان می‌اندیشد و کارایی استفاده از منابع موجود را بیشتر می‌کند. در راستای کشاورزی پایدار، کشاورزی دقیق نیز مطرح شده که اجرای آن کمک بیشتر و دقیق تری به حفظ محیط زیست و استفاده‌ی بهینه از نهاده‌های لازم برای تولید محصول با کیفیت بهتر می‌کند. از آنجا که یکی از مهم‌ترین آسیب‌های زیست‌محیطی استفاده از سموم شیمیایی برای کنترل بیماری‌های گیاهی است، کشاورزی دقیق با داشتن ساختارهای مؤثر کمک به کاهش آلودگی و پایین آوردن زیان‌های ناشی از بیماری‌های گیاهی بدون نیاز به مصرف سموم شیمیایی یا مصرف حداقل آنها می‌کند. در این مطالعه سعی شده به برخی از این ساختارها اشاره شود.

واژه‌های کلیدی

کشاورزی دقیق، کنترل بیماری‌های گیاهی، نهاده‌های تولید.

۱. مقدمه

امروزه، تأمین نیاز غذایی انسان با توجه به منابع موجود و با در نظر گرفتن روند رو به رشد جمعیت جهان از یک طرف و کاهش منابع در دسترس از طرف دیگر، از چالش‌های اساسی بشر در جوامع جهانی می‌باشد. بخش کشاورزی نیز همانند سایر بخش‌های تولیدی نیازمند فنون نوین مدیریتی است تا بتواند مهم‌ترین نیاز مادی بشر را که غذا می‌باشد، برآورده سازد. به کار گرفتن شیوه‌های نوین علمی در مدیریت مزرعه مانند کشاورزی دقیق پاسخی است که می‌تواند انتظارات کنونی بخش کشاورزی را تأمین نماید (Morgan, 2004)

کشاورزی دقیق برای اولین بار در دهه‌ی ۱۹۸۰ در ایالات متحده آمریکا عنوان گردید. این روش نوین کشاورزی بنا بر تقاضاهایی بنا شد تا مسائل زیست‌محیطی را که در نتیجه فعالیت‌های کشاورزی همچون استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها به وجود می‌آیند، حل نماید. از سال ۱۹۹۲ هر دو سال یکبار کنفرانس بین‌المللی کشاورزی دقیق به منظور بررسی و ارزیابی این روش و ارائه‌ی راهکارهای جدید برگزار می‌شود. امروزه این علم، به‌عنوان یک رشته‌ی دانشگاهی تدریس می‌شود و علاوه بر آن ماشین‌آلات زیادی در این راستا تولید شده است، برای مثال حدود ۲۵۰۰ رایانه بر روی کمباین‌ها جاسازی شده‌اند تا اطلاعات مربوط به محصول ذرت و سویا را مطابق شاخص‌ها و استانداردهای این دانش ثبت و نگهداری کنند. امروز در بیشتر کشورهای پیشرفته این اعتقاد وجود دارد که یکی از راه‌های رسیدن به کشاورزی پایدار قدم در مسیر کشاورزی دقیق است (بهروزی‌لار و همکاران، در دست انتشار).

کشاورزی دقیق یک روش مدیریت مزرعه است که هدف آن کمینه و بهینه‌سازی استفاده از نهاده‌ها برای رسیدن به حداکثر تولید ممکن است. این هدف با انجام اندازه‌گیری‌های لازم در مزرعه در حین عملیات یا تهیه‌ی نقشه از زمین و ثبت خصوصیات مربوط به نقاط مختلف مزرعه و تعیین نیاز هر قسمت مزرعه به نهاده‌ها و به‌دنبال آن اختصاص نهاده‌ها و همچنین کاربرد هوشمند ادوات کشاورزی و امکانات تولید همراه است. این نهاده‌ها می‌توانند مواردی مثل کود، سم، بذر و آب را شامل شوند (بهروزی‌لار و همکاران، ۱۳۹۱).

۲. کشاورزی دقیق چیست؟

این نوع کشاورزی را که به Precision farming یا Precision agriculture نامگذاری کرده‌اند، در ذهن افراد مختلف معانی متفاوتی را القا می‌نماید. بعضی بر این باورند که کشاورزی دقیق به معنی استفاده از ماهواره، حسگرها^۱ و نقشه‌های الکترونی برای انجام همان کارهایی است که پدران آنها با یک جفت چشم تیزبین و لمس مقداری خاک در بین انگشتان دست و با حافظه‌ای قوی انجام می‌دادند. برای برخی دیگر، دورنمایی از کشاورزی آینده است که در آن با کمترین مقدار نهاده‌ها همچون بذر، سم، کود و غیره در هر وجب از خاک، ضایعات را کمینه، درآمد را بیشینه و محیط زیست را سالم‌تر نگه می‌دارد.

کشاورزی دقیق یک روش نوین با ابزار جدید گیرنده‌های ماهواره‌ای، نقشه‌کشی جغرافیایی زمین، دستگاه سنجش عملکرد محصول و ماشین‌های خودکار اجرای عملیات می‌باشد. این روش گرچه در کشورهای پیشرفته نیز جدید می‌باشد ولی اهمیت آن برای کشورهای در حال توسعه بیشتر است (بهروزی‌لار و همکاران، ۱۳۹۱).

نام‌های مختلفی که برای کشاورزی دقیق غیر از Precision agriculture وجود دارد، عبارتند از: Precision farming؛ Spatially variable farming؛ GPS farming؛ Farming by satellite؛ Variable rate و Farming by foot؛ application. بعد از کشاورزی دقیق، اصطلاح کشاورزی ماهواره‌ای بیشترین کاربرد را دارد.

دلایلی چون قیمت بالای نهاده‌ها مثل بذر، کود، سموم، مسائل و مشکلات زیست‌محیطی در اثر استفاده از علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، کودها و وجود پیشرفت تکنولوژی که امکان به اجرا درآوردن این فناوری جدید را میسر می‌کرد، باعث مطرح شدن کشاورزی دقیق شد. اهداف کشاورزی دقیق عبارتند از: مدیریت متغیرها، حفظ محیط‌زیست و درآمد بیشتر (بهروزی‌لار و همکاران، ۱۳۹۱).

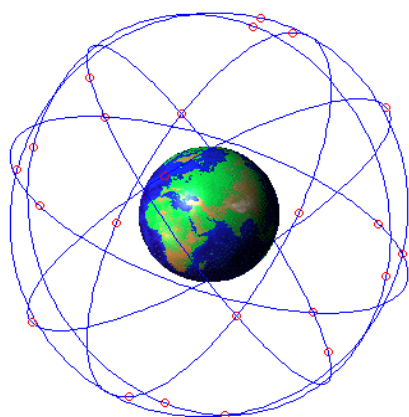
۳. اصول کشاورزی ماهواره‌ای

هدف از کشاورزی ماهواره‌ای همان‌طور که گفته شد، درآمد بیشتر از کشت و کار همراه با حفظ محیط زیست است. افزایش درآمد به عملکرد کمی و کیفی بالاتر و میزان نهاده کمتر و تیمار

این دستگاه به اندازه یک گوشی موبایل است که می‌توان به وسیله آن سرعت حرکت متحرک، ارتفاع از سطح دریا، فاصله ی یک مبدا تا مقصد، طول زمان طی شده از مبدا و زمان باقیمانده تا مقصد را تعیین کرد. این دستگاه متشکل از سه بخش؛ اندام فضایی، اندام کنترل و اندام کار است (Star & Estes, 1990).

۵. اندام فضایی

شامل ۲۴ ماهواره است که در ۶ مسیر معین در ارتفاع ۲۰۲۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارند و در هر روز دوبار به دور زمین می‌گردند. از این تعداد، ۲۱ ماهواره فعال و ۳ ماهواره دیگر یدکی هستند. هر دستگاه GPS در ساعات شبانه‌روز حداقل ۴ ماهواره را می‌بیند. در واقع گیرنده امواج و علایمی را که از این ماهواره‌ها به زمین فرستاده می‌شوند، می‌تواند دریافت کند (شکل ۱).



شکل ۱. شمایی از ۲۴ ماهواره که در ۶ مدار به دور کره ی زمین می‌گردند (مورگان، ۱۳۸۸)

۶. اندام کنترل

ماهواره‌ها توسط چند دستگاه زمینی که در نقاط مختلف کره زمین نصب شده اند ردیابی و شناسایی می‌شوند. این شبکه شناسایی را معمولاً اندام کنترل GPS می‌نامند. قسمت کنترلی در پایگاه نیروی هوایی Colorado Springs در کلرادو مستقر است. امواج صادر شده توسط ماهواره‌ها به این بخش کنترلی صادر شده و ایستگاه مادر با دریافت این اطلاعات مدار دقیق ماهواره‌ها را محاسبه و به‌روز می‌نماید (شکل ۲).

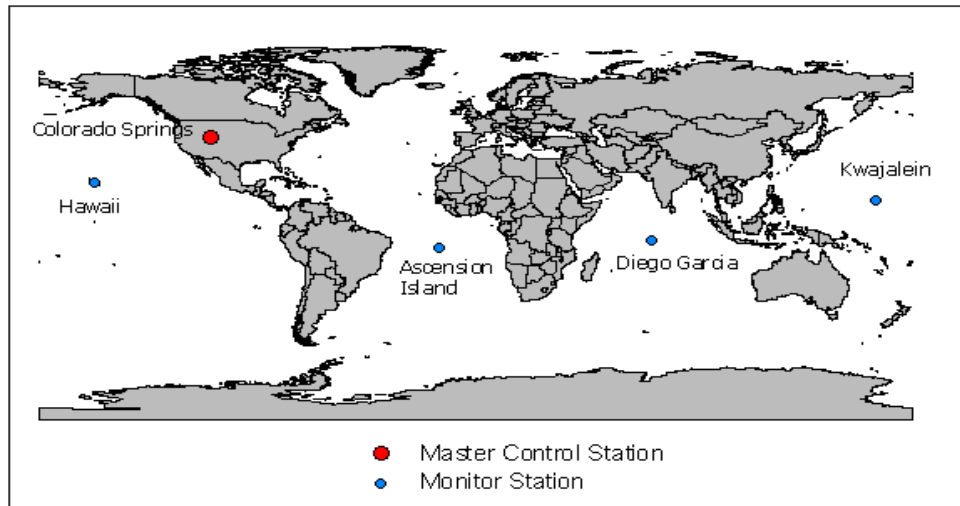
مؤثرتر بستگی دارد. گیاه برای رشد خود از یک طرف به هوا و انرژی خورشیدی و از طرف دیگر به مواد غذایی خاک نیازمند است. مواد غذایی در خاک شامل مواد آلی، کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس و رطوبت است که مجموعاً حاصلخیزی خاک گفته می‌شود. هوا و انرژی نیازی به کنترل و تنظیم ندارند ولی حاصلخیزی خاک باید در حد مطلوب باشد، این عامل از طرفی در نقاط مختلف خاک معمولاً متغیر است. بنابراین ابتدا باید نقشه‌ای از حاصلخیزی و جب به وجب خاک را در اختیار داشت تا بدین وسیله مقدار نهاده‌های مورد نیاز معلوم شوند. میزان نهاده‌ها را آن‌گاه می‌توان با ماشین‌های پخش مناسب به مقدار لازم به خاک اضافه نمود (بهرروزی لار و همکاران، ۱۳۹۱). همان‌طور که در بالا بحث شد این مدل از کشاورزی نیازمند ماشین‌آلات، فناوری اطلاعات و تکنولوژی است. در واقع کشاورزی دقیق بر پایه‌ی چند سیستم از تکنولوژی می‌باشد:

- Global Positioning System (GPS)
- Geography Information System (GIS)
- Variable Rate Technology (VRT)
- Remote Sensing (RS)
- Yield Monitoring (YM)

در این مطالعه تنها به سه سیستم از کشاورزی دقیق پرداخته می‌شود که در زیر به آنها اشاره شده است.

۴. سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS)

یکی از مهم‌ترین ابزار در جمع‌آوری اطلاعات موقعیت‌یابی در کشاورزی سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) می‌باشد. سیستم GPS وابسته به سیستم هدایتی ماهواره‌ای عمل‌کننده توسط وزارت دفاع آمریکا می‌باشد. این ماهواره‌ها سیگنال‌هایی را که محتوی اطلاعات زمانی و مکانی است مخابره می‌کند. دریافت‌کننده‌های GPS در روی زمین سیگنال‌های ماهواره‌ای که تعیین‌کننده موقعیت و جهت می‌باشند را جمع‌آوری می‌کند. پس از آن این داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. موقعیت‌سنجی، یعنی تشخیص، ثبت و ذخیره موقعیت یک شیء یا انسان و وسیله‌ای که این کار را انجام می‌دهد، موقعیت‌سنجی می‌نامند. موقعیت‌سنجی معمولاً با وسایل الکترونیکی صورت می‌گیرد در حقیقت موقعیت‌سنجی اساس کار کشاورزی ماهواره‌ای است (Goodchild, 1993).



شکل ۲. موقعیت پایگاه کنترل‌کننده ماهواره در کلرادو (مورگان، ۱۳۸۸)

کار گیرنده‌ی GPS برای تشخیص موقعیت خود روی کره‌ی زمین بر تعیین فاصله‌ی آن از ماهواره‌ها استوار است. هر ماهواره، امواجی را به‌طور مستمر صادر می‌کند و گیرنده‌ها با دریافت این امواج و تعیین دقیق طول زمان دریافت آن، فاصله‌ی ماهواره را از خود محاسبه می‌نماید (شکل ۳).

۷. اندام کار

دستگاه گیرنده GPS را که افراد یا ارتش برای تشخیص دقیق یک شخص یا خودرو به‌کار می‌برند، اندام کار می‌نامند. شهروندان نیازی به جواز برای کاربرد این دستگاه ندارند چون فقط گیرنده است یعنی هیچ نوع امواجی را صادر نمی‌کند تا در دستگاه‌های صوتی و تصویری اطراف ایجاد نماید. اصول



شکل ۳. گیرنده‌ی GPS روی خودرو، دوچرخه یا توسط فرد حمل می‌شود <http://www.farmflavor.com>

۸. کاربرد GPS در کشاورزی

نیاز از هر عنصر اقدام به کودپاشی می شود. اینجا یک سؤال مطرح می شود و اینکه آیا این میزان کودی که به زمین داده می شود باید به طور مساوی در سطح مزرعه پخش شود یا نه؟ کشاورزی دقیق به این سؤال با استفاده از تکنولوژی هایی که به کار می برد و از آنها در بالا یاد شده است، پاسخ مناسبی می دهد. مسائل اقتصادی و زیست محیطی در کنار مسائل فنی، تولیدکنندگان محصولات کشاورزی را وادار کرده است روش های جدید را در مدیریت تولید محصولات کشاورزی به کار گیرند. در روش های متداول تولید محصولات کود شیمیایی به طور یکنواخت در سطح مزرعه توزیع می گردد. این در حالی است که حاصلخیزی خاک در سطح مزرعه یکنواخت نیست و در بعضی نقاط مواد غذایی خاک ممکن است بیش از نیاز گیاه باشد و در جاهای دیگر شاید کمبود عناصر مورد نیاز گیاه در حدی باشد که حتی بعد از کوددهی نیز این کمبود اصلاح نشود (بهزادی و جوادی، ۱۳۸۷).

از آنجا که در کشور ما کودپاشی بدون در نظر گرفتن تغییرات در مزرعه صورت می گیرد، تحقیقی توسط بهزادی و جوادی (۱۳۷۸) انجام شده تا میزان کارایی این روش بررسی شود. در این تحقیق ابتدا داده های مکانی مربوط به میزان نیتروژن خاک به صورت نقشه درآورده شد. در نقشه ی مورد نظر تنها مکان هایی که از نظر میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه فقیر بودند کودپاشی شدند و در مکان هایی که دارای میزان مناسب نیتروژن بودند نازل های کودپاش غیرفعال بوده و هیچ گونه پاششی نداشتند. نرخ پاشش در مکان هایی که از لحاظ میزان ازت فقیرند متغیر خواهد بود. نتیجه ای که از این تحقیق حاصل شد کاهش ۵۸/۳۵ درصدی مصرف کود نسبت به روش متداول (توزیع یکنواخت) بود. همان طور که در بالا آمده است یکی از کاربردهای GPS در نمونه گیری خاک می باشد. وقتی نمونه برداری های خاک زمین توسط GPS انجام شود در نهایت می توان یک نقشه کلی از قسمت های نمونه برداری تهیه کرد و همراه آن بعد از آزمایش خاک می توان کمبودهای عناصر مورد نظر در زمین را مشخص کرد تا برای کودپاشی فقط به قسمت هایی از زمین که نیاز به کودپاشی دارد کود داده شود آن هم به میزانی که لازم می باشد. در شکل ۴ یک نقشه مربوط به میزان پتاسیم خاک آورده شده است که نمایانگر میزان پتاس در هر کدام از بخش های قطعه زمین مورد نیاز است (Cotty, 1994).

۱. کشیدن نقشه ی مزرعه؛

۲. تشخیص قسمت هایی از محصول که شدیداً به علف هرز، آفات و بیماری ها مبتلا می باشد. این تشخیص کمک به سم پاشی نقطه ای می کند؛

۳. نمونه برداری خاک؛

۴. دیده بانی مزرعه.

۹. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

GIS مربوط به اطلاعات جمع آوری شده توسط GPS می باشد. GIS توانایی تعامل با لایه هایی از اطلاعات فضایی و کشف موقعیت های مختلف را که از راه های دیگر ممکن نیست دارد (Goodchild, 1993). فرایند تغییر یک لایه از اطلاعات و پیوستگی آن به لایه ی دوم ثبت^۲ نامیده می شود (Star & Estes, 1990). GIS در کشاورزی در زمینه ی تحلیل فضایی آفات، علف های هرز و بیماری های گیاهی به کار برده شده است (Nelson et al., 1994).

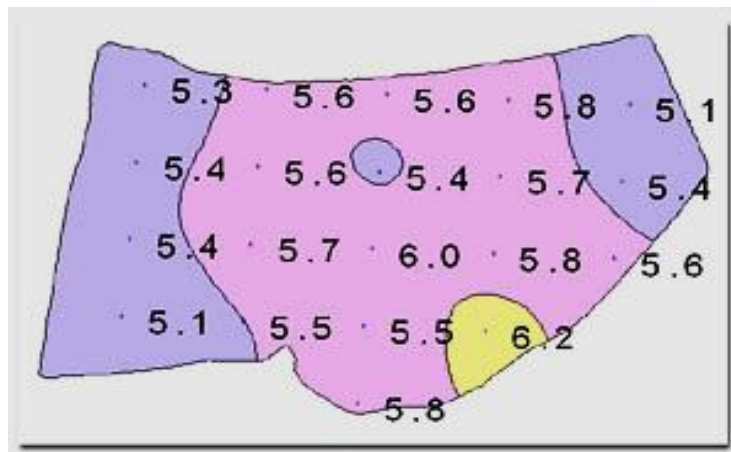
ولتزاین موضوعی با عنوان Geophoto pathology را معرفی کرده است و توصیفات جزئی استفاده از نقشه ها برای نشان دادن پراکنش بیماری های گیاهی در سراسر منطقه یا قاره و همچنین کلیه نقشه هایی را که برای این هدف می توانند استفاده شوند را طبقه بندی کرده است (Weltzien, 1978).

۱۰. کاربرد کشاورزی دقیق یا ماهواره ای در کنترل بیماری های گیاهی

فلسفه ی کشاورزی دقیق در زمینه ی بیماری های گیاهی این است که نهادهای کشاورزی نظیر کود، سم و غیره متناسب با نیاز هر بخش از کشتزار به کار برده شود. در این نوع کشاورزی امکان محاسبه و برآورد اختلاف بین کوچک ترین سطوح ممکن عملی می شود (Morgan, 2004) لازم به ذکر است که بیماری های گیاهی ناشی از عوامل زنده و غیرزنده می باشند که یکی از موارد غیرزنده که موجب اختلال در گیاه شده و بیماری توأم با نشانه را سبب می شود، کمبود عناصر غذایی داخل خاک است. مشخص شده است که عناصر مورد نیاز گیاه در داخل خاک به طور یکنواخت پخش نشده است و امروزه برای کود دادن به خاک بعد از نمونه برداری، نمونه ها به آزمایشگاه های خاک شناسی برده می شود و بعد از مشخص شدن میزان مورد



شکل ۴. نقشه‌ی میزان پتاسیم در داخل زمین تهیه شده با GPS (مورگان، ۱۳۸۸)



شکل ۵. نقشه‌ی بیانگر میزان PH داخل زمین تهیه شده با GPS (مورگان، ۱۳۸۸)

۱۱. کاربرد GIS در کنترل بیماری‌های گیاهی

در زیر به مثال‌هایی از مدیریت بیماری‌های گیاهی براساس سیستم GIS اشاره شده است.

- مثالی که در این مورد وجود دارد تحقیقی است که در مورد دو جدایه‌ی قارچ *Aspergillus flavus* در منطقه‌ی Yuma County کشور مکزیک انجام شده است و جدایه‌های این گونه را براساس اندازه‌ی اسکروت‌هایی که می‌توانند داشته باشند به دو جدایه با اسکروت کوچک^۳ و جدایه با اسکروت بزرگ^۴ تقسیم کردند و نقشه‌ی آلودگی این دو جدایه را با GIS تهیه کردند.

از آنجا که میزان pH بر رشد گیاه و همچنین میزان آسیب‌پذیر شدن گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زا تأثیر به‌سزایی دارد پس می‌توان با استفاده از کشاورزی دقیق و داشتن چنین نقشه‌ای متوجه میزان اسیدیته خاک آن هم به‌طور دقیق باشیم. یک مبارزه‌ی تجربی که در برابر بیماری Take-all یا پاخوره گندم انجام می‌شود اسیدی کردن خاک با پاشیدن گوگرد در داخل زمین است که با علم به اینکه چه مقدار گوگرد آن هم در کجای زمین مورد نیاز است، کمک زیادی در تعیین میزان پاشش آن در داخل زمین می‌کند (شکل ۵) (Cotty, 1994).

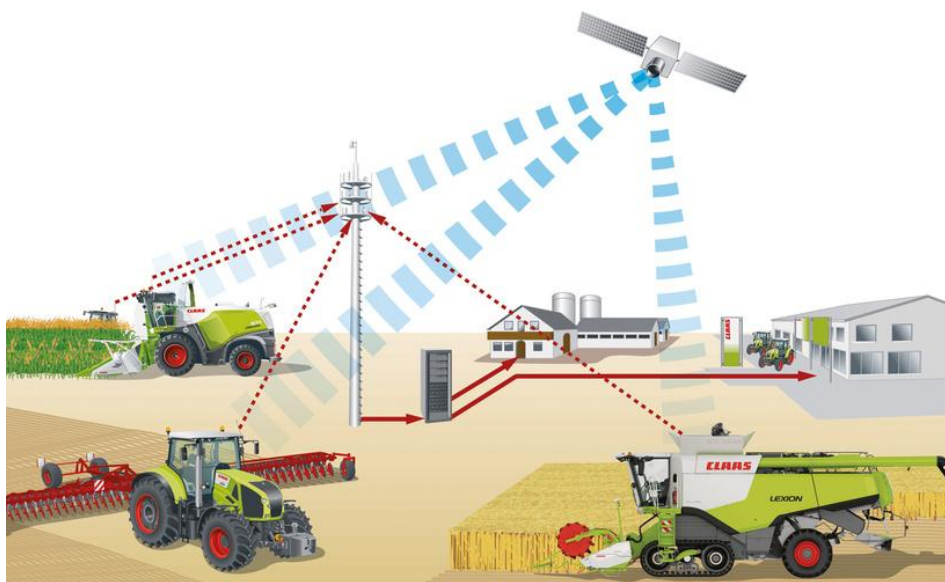
۱۲. تکنولوژی نرخ متغیر (VRT)

در کاربرد میزان ثابت نهاده‌ها در زمین‌های زراعی با ویژگی‌های متفاوت از نظر بافت، ساختمان و سایر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها افراط و تفریط‌هایی صورت می‌گیرد. به‌کارگیری میزان ثابت یک نهاده در زمین کشاورزی طی سالیان متمادی باعث شده است که در بعضی مناطق میزان نهاده‌ها بیشتر از حد نیاز بوده و در مناطق دیگری کمبود آن احساس شود. تجمع بیش از حد نهاده‌ها باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آب‌های زیرزمینی می‌شود و مصرف کمتر از حد نیاز سبب نقصان عملکرد می‌گردد. بنابراین لازم است نهاده مناسب با زمان و مکان به‌کار برده شوند. برای تحقق این امر نیاز به فناوری خاصی است تا بتوان نهاده‌ها را به میزان معین و در مکان مشخص به‌کار برد. یکی از این روش‌ها فناوری نرخ متغیر در کشاورزی دقیق است (شکل ۶) (Morgan, 2004).

این سیستم در واقع باعث ترکیب GPS و GIS می‌شود و کاربرد آن بر پایه‌ی اطلاعات ثبتی می‌باشد و اینکه چه میزان و در کجا متغیری باید استفاده شود (Nelson et al., 1994).

• از مثال‌های دیگر درباره مدیریت بیماری‌های گیاهی با استفاده از کشاورزی دقیق و سیستم GIS می‌توان به مدیریت بیماری ویروسی گوجه فرنگی در کشور مکزیک در روستای Fuerte اشاره کرد. این بیماری را بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶ با از بین بردن میزبان‌های تناوبی و تغییر در تاریخ کاشت مدیریت کردند. اطلاعات GIS که بیانگر الگوهای برگشتی این بیماری بود، نشان می‌داد که با توجه به خطر بروز بیماری ویروسی مذکور در منطقه، از کشت گوجه فرنگی اجتناب گردد و به‌دنبال آن به کمک یکی از استراتژی‌های IPM^۵ سعی در کنترل غیرشیمیایی ناقلین این ویروس شد (Bolkan & Reinert, 1994).

• بررسی دیگر در روستای Fuerte مکزیک روی بیماری بلایت سیب‌زمینی که عامل آن قارچ گونه‌ی *Phytophthora infestance* می‌باشد، انجام شد. نقشه‌های GIS نشان می‌داد علی‌رغم استفاده از سموم، به‌خصوص سم متالاکسیل، بیماری همواره وجود داشته و در ادامه‌ی بررسی، محققین به این نتیجه رسیدند که در بین جمعیت این قارچ، جدایه‌هایی وجود دارند که واکنش‌های مختلفی نسبت به سم متالاکسیل از خود نشان می‌دهند و علت آن هم وجود تفاوت در ژنوتیپ این گونه بیماری‌زا بود (Fry et al., 1993).



شکل ۶. نشان‌دهنده‌ی ماشینی است که بر پایه‌ی سیستم نرخ متغیر در حال کار است (www.claas.com)

۱۳. کاربرد VRT

- میزان بذر مصرفی؛
- خشک کردن قسمتی از زمین که مملو از آب است.
- در استفاده از علف‌کش‌ها؛
- در استفاده از قارچ‌کش‌ها؛
- در استفاده از حشره‌کش‌ها؛

4. Anonymous (2010), "Precision farming and variable rate technology", Agricultural research and extension council of Alberta (ARECA).
5. Bolkan, H.A. & Reinert, W.R. (1994), "Developing and implementing IPM strategies to assist farmers: an industry approach", Plant Dis. 78: 545550.
6. Cotty, P.J. (1994), "Influence of field application of an atoxigenic strain of aspergillus flavus on the populations of A. flavus infecting cotton bolls and on the aflatoxin content of cottonseed", Phytopathology, 84: 1270-1277.
7. Fry, W.E.; Goodwin, S.B.; Dyer, A.T.; Matuszak, J.M.; Drrenth, A.; Tooley, P.W.; Sujkowski, L.S.; Koh, Y.J.; Cohen, B.A.; Spielman, L.J.; Deahl, K.L.; Inglis, D.A. & Sandlan, K.P. (1993), "Historical and recent migrations of Phytophthora infestans: chronology, pathways, and implication", Plant Dis. 77: 653-661.
8. Goodchild, M.F. (1993), "The state of GPS for environmental problem-solving", p 8-15 in: Environmental modeling with GIS, M.F. Goodchild, B.O. Parks and L.T. Styeyaerteds, Oxford University, New York.
9. Morgan, M. & Ess, D.R. (2004), "The precision-farming guide for agriculture", U.S. agricultural research and education organization, p 249.
10. Nelson, M.R.; Felix-Gastelum, R.; Orum, T.V.; Stowell, L.J. and Myers, D.E. (1994), "Geographic information system and geostatistic in the design and validation of regional plant virus management programs", Phytopathology, 84: 898-905.
11. Star, J. & Estes, J. (1990) "Geographic information systems: an introduction", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
12. Weltzien, H.C. (1978), "Geopathologie derpflanzen", Z. Pflanzenkrank, (Pflanzenpathol), Pflanzenschutz, 74: 175-189.
13. <http://www.farmflavor.com/georgiageorgia-agribusinessag-technology-leads-to-smart-farming>.
14. http://www.claas-group.com/blueprint/servlet/image/1147000/inline_1_1/820/0/dcf5a4606c74e723e26b607cd46a0a3/vi/2017-02-27-de-de-background-information-pic-2.jpg.

۱۴. نتیجه گیری

با کاربرد کشاورزی دقیق همان طور که پیشتر اشاره شد می توان نهاده های زمین را بهتر مدیریت کرد. با مدیریت بهتر نهاده ها نه تنها عملکرد بهتری از محصول به دست خواهد آمد بلکه در هزینه ها هم صرفه جویی خواهد شد، زیرا دیگر در مورد استفاده از کودها که در مواردی در افزایش بیماری های گیاهی مؤثر هستند و همچنین مصرف بی رویه سموم اقدام نخواهد شد. از آنجا که یکی از مخرب ترین فعالیت های بشر استفاده از سموم برای کنترل بیماری های گیاهی می باشد با استفاده از کشاورزی دقیق می توان به راهکارهایی جهت مدیریت بیماری ها و استفاده از نهاده های لازم برای کاهش آنها سود جست.

همچنین کشاورزی دقیق امکان برآورد بهتری از شدت خسارت بیماری در یک بازه زمانی را مشخص می کند، به نوعی که می توان با به دست آوردن نقشه هایی که نتیجه ی استفاده از سیستم GIS می باشد، در مورد بیماری های گیاهی کاری شبیه به پیش آگاهی را انجام داد و همچنین با استناد به این نقشه ها فقط قسمت های آلوده را سم پاشی کرد و در این صورت در هزینه ها صرفه جویی خواهد شد و از همه مهم تر میزان مواد شیمیایی وارد شده به محیط هم کمتر خواهد شد. در نتیجه اجرای کشاورزی دقیق کشاورزی پایدار عملی می شود.

پی نوشت ها

1. Sensors
2. Registration
3. Small strain
4. Large strain
5. Integrated pest management (IPM)

منابع

۱. بهروزی لار، منصور؛ شاهین رفیعی، حسین مبلی، علی جعفری (۱۳۹۱)، «مکانیزاسیون، انرژی و کشاورزی ماهواره ای»، جلد ۴، انتشارات دانشگاه آزاد واحد شوشتر.
۲. بهزادی، بهزاد و جوادی، ارژنگ (۱۳۸۷)، «طراحی، ساخت و ارزیابی یک کودپاش مایع نرخ متغیر با استفاده از مدیریت موضعی در کشاورزی دقیق»، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد.
۳. مورگان، مارک و اس، دانیل (۱۳۸۸)، «راهنمای کشاورزی دقیق برای متخصصین کشاورزی»، ترجمه دکتر محمد لغوی، جهاد دانشگاهی.