



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پروری کشور

نشریه فنی

مدیریت بیماری‌های گیاهی در کشاورزی حفاظتی

نگارندگان:

حسن مومنی

همایون کاظمی

شماره ثبت:

۵۹۷۱۳

۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

مدیریت بیماری‌های گیاهی در کشاورزی حفاظتی

نگارندگان:

حسن مومنی

همایون کاظمی

اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

۱۴۰۰

مخاطبان نشریه فنی: کشاورزان پیشرو، مروجین و کارشناسان ارشد مراکز آموزشی،
پژوهشی و اجرایی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی

مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، نشریه فنی

مدیریت بیماری‌های گیاهی در کشاورزی حفاظتی

نگارندگان: حسن مومنی و همایون کاظمی

ناشر: مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

سال نشر: ۱۴۰۰

شماره و تاریخ ثبت نشریه: ۵۹۷۱۳ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۲۳

نشانی مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی:

تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، پلاک ۱، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی

فهرست مندرجات

پیش گفتار	۱
مقدمه	۳
مفهوم کشاورزی حفاظتی	۴
اهداف کشاورزی حفاظتی	۴
اهمیت بیماری‌های گیاهی	۴
مفهوم بیماری‌های گیاهی خاک‌زاد و بقایازاد	۵
بیماری‌های گیاهی به‌عنوان یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی حفاظتی	۶
پس از اعمال کشاورزی حفاظتی، چه تغییری در وضعیت بیمارگرهای گیاهی ایجاد می‌شود؟	۸
مدیریت بیماری‌های گیاهی در سیستم کشاورزی حفاظتی-تناوب زراعی مناسب به‌عنوان یکی از ارکان اصلی در کشاورزی حفاظتی که موجب مدیریت بیماری‌های گیاهی می‌شود	۱۲
تاثیر غیر مستقیم کشاورزی حفاظتی روی کاهش توسعه بیمارگرهای گیاهی ..	۱۸
امکان کشت زودتر در کشاورزی حفاظتی و نقش آن در مدیریت بیماری	۱۹
عمق مناسب کشت در کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن روی بیماری‌ها	۲۰
تعیین خطر بیماری قبل از کشت در کشاورزی حفاظتی و تاثیر طولانی مدت آن روی کنترل بیماری‌های خاک‌زاد در مناطق مختلف	۲۱
کشت بین ردیفی در کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن روی بیماری‌های گیاهی ..	۲۳
استفاده بهینه از ادوات کشت بذر در کشاورزی حفاظتی و تأثیر مثبت آن روی مدیریت بیماری‌های خاک‌زاد	۲۵

بهبود کارایی عملکرد قارچ کش در کشاورزی حفاظتی موجب مدیریت موثر	
بیماری‌ها می‌شود	۲۷
استفاده از مدل‌های پیش‌آگاهی بیماری در کشاورزی حفاظتی، نقش مهمی در	
مدیریت بیماری و بقایای گیاهی دارد	۳۰
اصلاح ارقام برای تحمل به بیماری‌های خاک‌زاد و بقایازاد در کشاورزی حفاظتی	
لازم است	۳۱
تاثیر خاک‌های بازدارنده بیماری در کشاورزی حفاظتی	۳۱
وضعیت میکروارگانسیم‌ها در خاک‌های بازدارنده بیماری در کشاورزی حفاظتی	
.....	۳۵
چالش‌های مرتبط با مدیریت بیماری‌های گیاهی در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی	
.....	۳۹
تغییرات اقلیمی	۴۰
علف‌های هرز به‌عنوان میزبان‌های واسط برای بیمارگرهای گیاهی	۴۱
مقاومت به قارچ‌کش‌ها	۴۱
شکستن ژن‌های مقاومت میزبان توسط بیمارگرهای قارچی	۴۲
فهرست منابع	۴۳

پیش گفتار

بیماری‌های گیاهی هر ساله قسمت مهمی از محصولات کشاورزی را از بین می‌برند. در کشورهای در حال توسعه، خسارت وارده از جانب عوامل خسارت‌زای گیاه‌پزشکی از جمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، حدود چهل درصد است که سهم عمده‌ای از آن، مربوط به بیماری‌های گیاهی است. امروزه به دلیل خسارات فراوانی که سیستم شخم و خاک‌ورزی روی منابع طبیعی داشته و موجب فرسایش خاک و نابودی خاک‌های زراعی شده است، گرایش به استفاده از کشاورزی حفاظتی و پایدار به‌عنوان یک راه‌حل روزبه‌روز در حال گسترش است.

در حالی که در فواید محیطی و مثبت کشاورزی حفاظتی جای هیچ سؤال و تردیدی نیست، نقش آن در مدیریت بیماری‌های گیاهی هنوز جای بحث و بررسی زیاد دارد. ممنوعیت خاک‌ورزی و استفاده از آفت‌کش‌های زیان‌آور در کشاورزی حفاظتی چالش‌های جدیدی را پیش روی کشاورزان در زمینه مدیریت بیماری‌های گیاهی قرار داده است. بنابراین، مشکلات آفات و بیماری‌ها به‌کرار به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور محدود کننده عملکرد در کشاورزی حفاظتی مطرح بوده است.

تغییرات در جمعیت بیمارگرهای گیاهی در سیستم کشاورزی حفاظتی، بسته به مناطق و شرایط آب و هوایی هر منطقه متفاوت است. نگهداری بقایای گیاهی، این فرصت را برای بیمارگرهای بقایازاد فراهم می‌سازد که حتی در صورت آیش بودن زمین و یا زمانی که محصول زراعی میزبان عامل بیمارگر نیست، امکان بقا داشته و زنده بمانند.

در این نوشتار سعی شده است به منظور کاهش خسارت بیمارگرهای خاک‌زاد و بقایازاد، با اتخاذ استراتژی‌های کشاورزی حفاظتی راه کارهایی علمی و عملی ارائه شوند. پس از مطالعه این مطالب، خواننده گرامی این آگاهی را پیدا خواهد کرد که با اتخاذ کشاورزی حفاظتی، ضمن برخورداری از مزایای زیاد آن در خصوص بیماری‌های گیاهی، مدیریت صحیح و مناسبی را اعمال کند تا ضمن جلوگیری از فرسایش خاک به تولید پایدار و طولانی مدت نیز برسد.

مقدمه

تاکنون پیرامون مدیریت بیماری‌های گیاهی در کشاورزی حفاظتی، بررسی جامعی در کشور انجام نشده است. بسیاری از کشاورزان و کارشناسان، گاهی اوقات به دلیل نگرانی از شیوع و گسترش بیماری‌های گیاهی، خود را از منافع زیاد آن محروم می‌سازند. کشاورزان در صورت آشنایی کامل با نحوه مدیریت صحیح و اصولی بیمارگرهای گیاهی در سیستم کشاورزی حفاظتی که در این نوشتار به آن پرداخته شده است، ضمن استقبال از کشاورزی حفاظتی، با اتخاذ روش‌های توصیه شده، در عمل در مسیر کشاورزی پایدار گام برخواهند داشت. لذا، انتظار می‌رود که خواننده گرامی پس از مطالعه این مطالب، دید واضح و روشنی در خصوص موارد ذیل داشته باشد:

- ✓ مفهوم کشاورزی حفاظتی را بداند.
- ✓ از اهداف استفاده از کشاورزی حفاظتی نسبت به سیستم قدیمی شخم آگاهی داشته باشد.
- ✓ بیماری‌های مهم خاک‌زاد و بقایازاد در سیستم کشاورزی حفاظتی را بداند.
- ✓ بتواند در مدیریت مزرعه خود، از مزایای سیستم کشاورزی حفاظتی استفاده کند و درعین حال، مدیریت بیماری‌های گیاهی را نیز در این سیستم به خوبی به اجرا درآورد.
- ✓ استفاده درست از قارچ‌کش‌ها در سیستم کشاورزی حفاظتی را بداند.
- ✓ راه درست دستیابی به مزایای زیاد کشاورزی حفاظتی را با مدیریت مناسب بیماری‌های گیاهی پیدا کند.

مفهوم کشاورزی حفاظتی

کشاورزی حفاظتی روشی برای دستیابی به کشاورزی پایدار و سودمند است که در آن سه رکن اصلی شامل حداقل دست کاری خاک، نگهداری دائمی بقایای گیاهی در سطح خاک و تناوب زراعی باید اعمال شوند. در کشاورزی حفاظتی، مجموعه‌ای از تکنیک‌ها شامل نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک، تناوب زراعی، کاربرد کود سبز، کاهش تردد وسایل و ماشین‌های کشاورزی، استفاده از بسترها یا پشته‌های عریض، مدیریت تغذیه و حاصلخیزی، به کارگیری ادوات مناسب و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اهداف کشاورزی حفاظتی

از اهداف کشاورزی حفاظتی می‌توان به حفظ منابع پایه و پایداری تولید، کاهش تراکم خاک، صرفه‌جویی در زمان، نیروی کار و سوخت، کاهش عملیات زراعی و بهبود اقتصاد مزرعه، کاهش روان‌آب و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی، افزایش قابلیت نگهداری و نفوذ آب در خاک و کاهش تبخیر غیرمفید، نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک به جای سوزاندن آنها، حفظ مواد آلی در خاک و امکان افزایش آن، مدیریت حاصلخیزی خاک و کنترل علف‌های هرز، و تثبیت کردن بقایای گیاهی در خاک اشاره کرد.

اهمیت بیماری‌های گیاهی

بیماری‌های گیاهی هرساله قسمت مهمی از محصولات کشاورزی را از بین می‌برند. خسارت وارده از جانب عوامل خسارت‌زای گیاه‌پزشکی از جمله

آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، در کشورهای در حال توسعه حدود چهل درصد است که سهم عمده‌ای از آن مربوط به بیماری‌های گیاهی است. بیماری‌های گیاهی علاوه بر خسارت مستقیم و کمی که سبب کاهش محصول می‌شود، به‌صورت کیفی نیز روی بازارپسندی و اقتصاد محصول تاثیرگذار هستند. بنابراین، اتخاذ شیوه‌های درست و دقیق مدیریت بیماری‌های گیاهی جهت کاهش اثرات سوء آنها، از ضروریات است. بیماری گیاهی، اختلال در حالت طبیعی گیاه است که منجر به قطع یا تغییر عملکردهای حیاتی آن می‌شود. تمام گونه‌های گیاهان، در معرض بیماری هستند. وقوع و شیوع بیماری‌های گیاهی، بسته به وجود عوامل بیماری‌زا، شرایط محیطی، محصولات و گیاهان مختلف حساس، از فصلی به فصل دیگر متفاوت است.

مفهوم بیماری‌های گیاهی خاک‌زاد و بقایازاد

بیماری‌های گیاهی خاک‌زاد به بیماری‌هایی گفته می‌شود که عامل بروز آنها میکروارگانیسم‌هایی هستند که در خاک بقا داشته و جابه‌جا می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها بطور معمول با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوند و زمانی متوجه وجود آنها خواهیم شد که گیاه را تحت تاثیر قرار داده و بیمار کنند. به‌عنوان مثال، گونه‌های قارچ متعلق به جنس *Rhizoctonia* DC، از جمله بیمارگرهای خاک‌زاد هستند که در خاک‌های آلوده، موجب ایجاد بیماری در میزبان‌های گیاهی حساس می‌شوند.

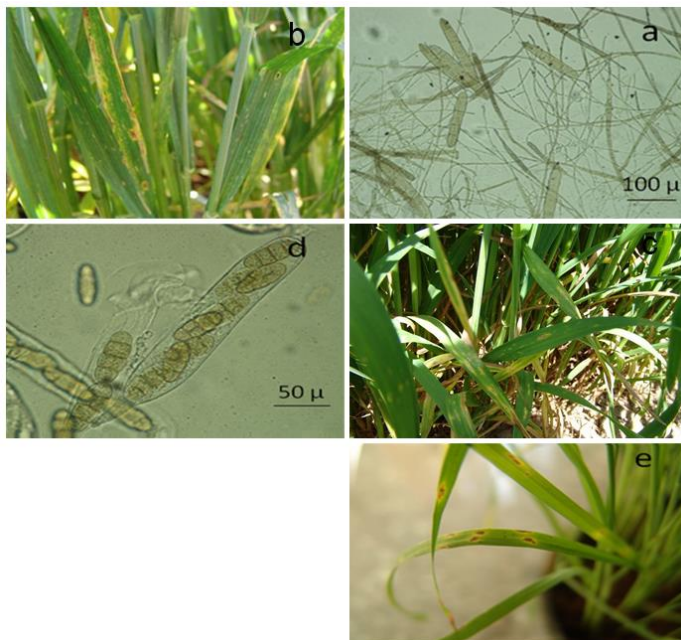
بیماری‌های گیاهی بقایازاد به آن دسته از بیماری‌هایی گفته می‌شود که در آنها عامل بیمارگر قادر به بقا و ماندگاری روی بقایای گیاهی در مزرعه

بوده، روی همین بقایا زمستان‌گذرانی می‌کند و قادر است در فصل زراعی آینده نیز موجب بیماری در گیاه حساس شود. به‌عنوان نمونه، قارچ عامل بیماری لکه خرمایی گندم، *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) (Drechsler)، جزو این گروه از بیمارگرها است (شکل ۱).

بیماری‌های گیاهی به‌عنوان یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی حفاظتی

در حالی که در فواید محیطی و مثبت کشاورزی حفاظتی جای هیچ سؤال و تردیدی وجود ندارد، اما نقش آن در مدیریت بیماری‌های گیاهی همچنان مورد بحث و بررسی زیاد است. ممنوعیت خاک‌ورزی و استفاده از آفت‌کش‌های زیان‌آور در کشاورزی حفاظتی، چالش‌های جدیدی را پیش روی کشاورزان در زمینه مدیریت بیماری‌های گیاهی قرار داده است. بنابراین، مشکلات آفات و بیماری‌ها به‌کرار به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور محدودکننده عملکرد برای کشاورزی حفاظتی مطرح بوده است.

نکته‌ای که در سامانه کشاورزی حفاظتی باید روی آن تمرکز شود این است که این نوع سیستم کشاورزی چگونه می‌تواند به‌نحوی تغییر یابد تا بتواند جای دهنده تاکتیک‌های مختلف کنترل بیماری‌ها باشد. کشاورزی حفاظتی برخلاف روش‌های کنترلی آفات که به‌صورت سنتی و در واکنش به ظهور آفت انجام می‌گرفتند، بر روش‌های اکولوژیک تاکید دارد و هدف آن نگاه داشتن جمعیت آفت و بیماری در زیر سطح زیان اقتصادی است. هدف نهایی این سیستم آن است که شرایط مزرعه بیشتر به سود رشد گیاه و به ضرر آفت و بیماری باشد.



شکل ۱- اندام‌های باردهی جنسی و غیرجنسی قارچ *Pyrenophora tritici-repentis* و علائم بیماری لکه خرمایی حاصل از آن. (a) کنیدیوم^۱ و کنیدیوفور^۲؛ (b) و (c) مزارع آلوده به بیماری؛ (d) آسک^۳ و آسکوسپورها^۴؛ (e) نشانه بیماری روی برگ گندم رقم بولانی بعد از مایه زنی گیاه با آسکوسپورها. اندام‌های جنسی قارچ پس از برداشت در بقایای کلش گندم تشکیل می‌شوند (عکس: مومنی، ح.).

-
- ¹ conidium
 - ² conidiophore
 - ³ ascus
 - ⁴ ascospores

در سیستم کشاورزی معمول، عملیات خاک‌ورزی برای کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها مناسب هستند، چراکه عوامل خسارت‌زای گیاهی را در معرض دشمنان طبیعی آنها قرار داده و یا با وارد آوردن خسارت فیزیکی، باعث از بین رفتن مستقیم آنها می‌شوند. همچنین، با دفن عوامل بیماری‌زا، مانع از گسترش بیماری می‌شوند. با این وجود، این موارد مانعی برای استفاده از کشاورزی حفاظتی نیستند، زیرا مزایای استفاده از این نوع کشاورزی به‌اندازه‌ای است که ما را وادار می‌سازد برای غلبه بر چالش‌های مدیریت بیماری، چاره‌ای در این خصوص بیاندیشیم. موفقیت در روش کشاورزی حفاظتی به کیفیت درک تصمیم‌های مدیریتی بستگی دارد. از کشاورزی حفاظتی می‌توان به‌عنوان یک روش مکمل کنترلی مدیریت بیماری‌های گیاهی استفاده کرد.

پس از اعمال کشاورزی حفاظتی، چه تغییری در وضعیت بیمارگرهای گیاهی ایجاد می‌شود؟

در سیستم کشاورزی حفاظتی، بسته به مناطق و شرایط آب و هوایی هر منطقه، تغییرات ایجاد شده در جمعیت بیمارگرهای گیاهی متفاوت است. نگهداری بقایای گیاهی این فرصت را برای بیمارگرهای بقایازاد فراهم می‌کند که حتی به‌هنگام آیش بودن زمین یا وجود محصول زراعی غیرمیزبان عامل بیمارگر، امکان بقا داشته و زنده بمانند. برخی از بیمارگرهای بقایازاد می‌توانند چندین سال در بقایای گیاهی دوام آورده و زنده بمانند. به‌عنوان مثال، قارچ *Fusarium pseudograminearum* O'Donnell & T. Aoki که عامل اصلی بیماری پوسیدگی طوقه در برخی

غلات از جمله گندم است، می‌تواند به‌صورت اندام قارچی به نام میسلیوم^۱ تا سه سال در بقایای گیاهی آلوده گندم زنده بماند. همچنین، قارچ *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker که عامل پوسیدگی معمولی ریشه غلات است، حداقل به مدت دو سال در بقایای گندم موجود در سطح خاک قدرت بقا دارد (شکل ۲).

در سیستم قدیمی شخم، به‌دلیل دفن بقایای گیاهی، امکان بقا و ماندگاری بیمارگرهای بقایازاد کاهش پیدا می‌کند. اما در سیستم کشاورزی حفاظتی به‌علت کاهش جابه‌جایی خاک، افزایش میزان رطوبت و کاهش نسبی دمای خاک، بسیاری از بیمارگرهای گیاهی شرایط را برای بقا مناسب دیده و بیماری در مزرعه باقی می‌ماند.

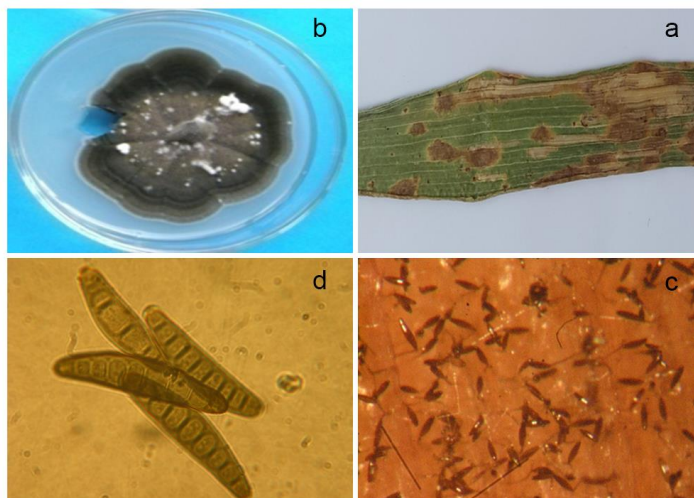
بنابراین، در شرایط آب و هوایی و خاک مناسب، کشاورزی حفاظتی باعث افزایش ظهور برخی از بیماری‌ها و کاهش برخی دیگر از بیماری‌ها می‌شود. انجام پاره‌ای از مطالعات نشان داده است که تعدادی از بیماری‌های غلات از جمله پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه، پوسیدگی طوقه، لکه خرمایی، پاخوره، لکه چشمی، پوسیدگی پی‌تیومی ریشه^۲، سپتوریوز برگ گندم^۳، نماتد زخم ریشه، لکه توری‌جو، سپتوریوز خوشه گندم و نیز بیماری ساق‌سیاه در گیاه کلزا، به‌دلیل اعمال روش کشاورزی حفاظتی در مزرعه افزایش پیدا می‌کنند. البته، با اتخاذ روش‌های مدیریتی مناسب می‌توان از

¹ mycelium

² Fruit and Root Pythium Rot

³ Septoria Leaf Spot

بروز این خسارت جلوگیری کرد. در عوض، بعضی از دیگر بیماری‌های غلات مانند نماتد سیستی^۱ و پوسیدگی معمولی ریشه، کاهش پیدا کرده‌اند.



شکل ۲- (a) برگ گندم با علائم بیماری لکه برگ (b) کلنی قارچ عامل بیماری؛ (c) تصویر تهیه شده توسط بینوکولر از تشکیل کنیدیوم‌های فراوان روی کنیدیوفورها؛ (d) نمایی میکروسکوپی از کنیدیوم‌های قارچ عامل بیماری. این قارچ عامل بیماری پوسیدگی معمولی ریشه نیز بوده و قادر است در بقایای گیاهی تا دو سال زنده بماند (عکس: مومنی، ح.).

سیستم کشاورزی حفاظتی، بیماری بلاست برنج را با تحت تاثیر قرار دادن میزان نیتروژن کاهش می‌دهد. در سیستم کشاورزی حفاظتی بدون مصرف

¹ Cyst nematode

² Biopolaris Leaf Spot Disease

نیتروژن، میزان بیماری بلاست کمتر از سیستم شخم متداول گزارش شده است. همچنین، کشاورزی حفاظتی نقش مهمی در ممانعت از عامل بیماری پوسیدگی ذغالی ذرت (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.) به‌خصوص در نواحی خشک دارد.

نوع عملیات خاک‌ورزی در میزان شیوع بیمارگرها در یک مزرعه بسیار موثر است. به‌عنوان مثال، طی یک مطالعه مشخص شده است که زمانی که هیچ‌گونه شخمی در مزرعه انجام نمی‌شود و بقایا در زمین نگاه داشته می‌شوند، میزان شیوع بیماری حدود ۳۲ درصد است و چنانچه بقایا از روی زمین جمع شوند، میزان بیماری حدود ۴/۷ درصد خواهد بود. اما، هنگامی که شخم فقط به‌صورت یک دیسک در مزرعه اعمال می‌شود، میزان بیماری حدود ۱۷-۱۲ درصد برآورد شده است. بنابراین، نوع خاک‌ورزی و نگهداری بقایا، در میزان شیوع بیماری بسیار تاثیرگذار است. طبق یک بررسی دیگر، میزان سفید شدن سنبله‌های گندم حاصل از عامل بیماری پوسیدگی طوقه، زمانی که از شخم استفاده نشده، کمترین مقدار را داشته است. میزان آب در دسترس گندم (در عمق ۱/۲ متری) در زمان کاشت و نیز زمان گل‌دهی در زمین‌هایی که شخم نخورده‌اند، بالاترین حد و در زمین‌هایی که شخم متداول در آنها اعمال شده است، پایین‌ترین حد را داشته است. تنش رطوبتی در حول و حوش زمان گل‌دهی، تأثیر بیماری‌زایی و تخریب‌کنندگی قارچ *F. pseudograminearum* روی سیستم آوندی گیاه را بدتر می‌کند و لذا به‌طرز کاملاً آشکاری، منجر به ظهور سنبله‌های سفیدرنگ گندم می‌شود. نکتهٔ قالب توجه در این است که اگرچه سیستم کشاورزی حفاظتی وقوع آلودگی بیماری پوسیدگی طوقه را

بیشتر می‌کند، اما میزان رطوبت و آب بیشتری را در خاک فراهم کرده و منجر به کاهش تنش در حین گل‌دهی می‌شود و به دنبال آن، میزان ظهور سنبله‌های سفید حاصل از بیماری پوسیدگی طوقه را کاهش می‌دهد.

مدیریت بیماری‌های گیاهی در سیستم کشاورزی حفاظتی - تناوب زراعی مناسب به عنوان یکی از ارکان اصلی

کشاورزی حفاظتی سیستمی مدیریتی است که در آن، بین برداشت و کشت مجدد حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک توسط بقایا پوشیده می‌شود، حاصلخیزی خاک به همراه تناوب زراعی مناسب افزایش پیدا می‌کند و به این ترتیب، مدیریت بیماری‌های گیاهی حاصل می‌شود.

استفاده از تناوب زراعی مناسب به کمک گیاهان غیر میزبان بیمارگر، باعث کاهش شدت بیماری شده و زمان کافی برای تجزیه بقایای گیاهی را فراهم می‌کند. چنانچه لگوم‌ها^۱ نیز در تناوب‌ها مورد استفاده قرار گیرند، میزان حاصلخیزی و نیتروژن خاک افزایش پیدا کرده و با بهبود سلامت عمومی گیاهان، به آنها اجازه داده می‌شود که حتی با وجود اثرات بیماری، استقرار مناسبی داشته باشند. آیش نیز می‌تواند در برخی موارد به بقایای گیاهی آلوده فرصت تجزیه دهد.

در کشاورزی حفاظتی رکن یا اصل تناوب زراعی، به منظور کنترل آفات و بیماری‌ها صورت می‌گیرد. تناوب زراعی و افزایش تنوع زیستی، دو مکانیسم مهم هستند که در سیستم کشاورزی حفاظتی کمک شایان توجهی

¹ Legumes

در کنترل بیماری‌ها می‌کنند. حفظ تنوع بالا با حفظ ارقام زراعی بیشتر، منابع ژنتیکی بیشتری را در جهت ایجاد مقاومت به بیماری فراهم می‌کند. زمانی که جمعیت‌های میکروبی در خاک افزایش پیدا می‌کنند، قابلیت کنترل بیمارگرهای خاک نیز افزایش می‌یابد. سیستم کشاورزی حفاظتی بعد از یک دوره زمانی، به یک تعادل بیولوژیک جدید دست پیدا می‌کند. جمعیت بیمارگرها توسط جمعیت متنوعی از ارگانیسم‌های مفید خاک از جمله باکتری‌ها و قارچ‌های مفید، تحت کنترل قرار می‌گیرد.

افزایش فعالیت بیولوژیک و فراوانی میکروارگانیسم‌های مفید خاک در سیستم کشاورزی حفاظتی و اتخاذ سایر تکنولوژی‌های کشاورزی حفاظتی، در طول زمان منجر به کاهش کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی خواهد شد. در تناوب زراعی و کشت‌های همراه در کشاورزی حفاظتی، یکی از نکات کلیدی انتخاب گیاهان و حساسیت متفاوت آنها به بیماری‌های گیاهی، آفات و بیماری‌های منطقه است. استفاده از تنوع زراعی به منظور شکستن چرخه بیماری‌های گیاهی است. تناوب‌های زراعی غلات با لگوم‌ها، براسیکاها^۱ و گیاهان علوفه‌ای، از نظر مدیریت بیماری‌های گیاهی بسیار مناسب است. در سیستم کشاورزی حفاظتی، استفاده از سایر روش‌های کنترلی از جمله کنترل بیولوژیک، به همراه تناوب زراعی توصیه می‌شود. تنوع تناوب زراعی به همراه تنوع ترکیب زراعی، باعث افزایش میکروارگانیسم‌های خاک و موجب برهم زدن چرخه بیماری گیاهی می‌شود. یکی از فواید اصلی سیستم زراعی چندگانه^۲ (کشت بیش از یک

¹ Brassicas

² multiple cropping

گیاه در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی) می‌تواند مدیریت بیماری‌های گیاهی باشد.

دست‌کاری در جمعیت‌های میکروبی خاک با افزایش عوامل آنتاگونیستی^۱ بیمارگرها، به مدیریت بیماری کمک می‌کند. به‌عنوان مثال مشخص شده است که استفاده از گیاهان پوششی، به‌صورت بالقوه تعداد آنتاگونیست‌های عامل بیماری بادزدگی سنبله گندم (FHB) را کاهش می‌دهد و لذا پتانسیل این را دارد که به کنترل این پاتوژن کمک کند.

در کشور فرانسه، در سیستم کشاورزی حفاظتی زمانی که گندم بعد از ذرت کشت می‌شود، موجب شیوع قارچ *Fusarium graminearum* Schwabe (تولید کننده مایکوتوکسین^۲) می‌شود ولی با اتخاذ یک الگوی مناسب تناوب زراعی، زمانی که کشت قبل از گندم چغندرقد باشد، جلوی توسعه بیماری و تولید مایکوتوکسین گرفته می‌شود. همچنین طبق برخی بررسی‌های انجام شده در شرایط اقلیمی سرد و نظام تناوبی گندم-چغندرقد، اعمال تیمارهای کشاورزی حفاظتی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر جمعیت نماتدهای مهم پارازیت گیاهی نداشته است و خطر وقوع این عوامل بیماری‌زا را افزایش نمی‌دهد.

کشت شبدر قرمز بعد از جو بهاره، شدت بیماری‌های خاک‌زاد متعدد در سیب‌زمینی را که بعد از آن کشت می‌شود، به‌طرز معنی‌داری کاهش می‌دهد. نشان داده است که باکتری‌های جدا شده از خاک‌های کشاورزی حفاظتی بعد از شبدر قرمز، بازدارنده رشد این بیمارگرها هستند.

¹ antagonistic

² mycotoxins

تغییر عملیات خاک‌ورزی منجر به ایجاد تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود که به نوبه خود می‌تواند روی بیماری‌های گیاهی تأثیرگذار باشد. فاکتورهایی کلیدی مانند فعالیت بیمارگرها، حساسیت میزبانی، جمعیت سایر میکروارگانیسم‌های خاک و عوامل محیطی، در ظهور و توسعه بیماری‌های گیاهی تأثیرگذار هستند. در صورت عدم رعایت تناوب زراعی در سیستم کشاورزی حفاظتی، برخی از قارچ‌های بیمارگر ذرت مانند پوسیدگی خوشه ذرت با عامل *Diplodia* Fr. افزایش پیدا می‌کنند.

گیاهان از جمله غلات، پس از گل‌دهی به دلیل کمبود کربوهیدرات که در قسمت‌هایی از گیاه اتفاق می‌افتد، در معرض پوسیدگی ریشه و ساقه قرار می‌گیرند. کشاورزی حفاظتی از این تنش‌ها جلوگیری می‌کند. تنش آبی همراه با بیمارگرهای خاک‌زاد، موجب می‌شود تا در ذرت ریشه‌ها توسط قارچ‌های بیمارگر بهتر کلونیزه^۱ شوند. قارچ *Stenocarpella maydis* (Berk.) Sutton، باعث پوسیدگی ساقه و بلال ذرت می‌شود. این قارچ فقط در ذرت بیماری‌زا است و روی ذرت تکثیر پیدا می‌کند، لذا تصور می‌شود که کشت پی‌درپی ذرت باعث ازدیاد آن شود.

به نظر می‌رسد که در کشاورزی حفاظتی پوشش خاک باعث نگهداری بهتر رطوبت شده و تنش گیاه را کاهش می‌دهد. قارچ *Fusarium culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc. که عامل بیماری‌زا در گندم است، در هنگام تنش آبی بیشتر ریشه‌ها را کلونیزه و آلوده می‌کند. لذا، تناوب زراعی گندم-

¹ colonization

ذرت در کشور ما در برخی مناطق از جمله اردبیل و استان‌های شمالی کشور که بیماری‌های فوزاریومی ذرت (شکل ۳) شیوع دارند، تناوب مناسب و قابل توصیه‌ای نیست.



شکل ۳- علایم بیماری پوسیدگی فوزاریومی ذرت (عکس: مومنی، ح.).

توصیه می‌شود که در سایر مناطق جنوبی و خشک کشور که احتمال ظهور بیماری‌های مشترک اندک و ناچیز است، بقایای گیاهی ذرت برای کشت بعدی گندم در خاک باقی بمانند (شکل ۴)، زیرا در این شرایط احتمال ظهور بیماری کمتر است. ضمن اینکه با اعمال روش‌های مدیریت تلفیقی

مبتهی بر کشاورزی حفاظتی، می‌توان از شیوع بیماری‌های احتمالی در این مزارع در طول زمان جلوگیری کرد.



شکل ۴- حفظ بقایای ذرت در سطح خاک به‌عنوان مانعی برای تنش رطوبتی و ممانعت از ظهور بیماری‌ها در شرایط تنش رطوبتی و گرمایی (عکس: مومنی، ح.).

کشاورزی حفاظتی بویژه در تناوب زراعی، با تنوع جمعیت‌های قارچی و باکتریایی همراه است. تنوع بالای میکروب‌ها حائز اهمیت است، زیرا احتمال وجود ارگانسیم‌هایی که باعث تقویت رشد گیاه و مانع از ظهور بیماری‌ها می‌شوند را افزایش می‌دهد.

کاهش شخم و حفظ بقایا به‌همراه تنوع سیستم زراعی، موجب کاهش شیوع بیماری می‌شود. به‌عنوان مثال، توسعه بیماری پاخوره گندم به دلیل افزایش

باکتری‌های جنس *Pseudomonas Migula* آنتاگونیست قارچ، کاهش پیدا می‌کند. هر اندازه رطوبت خاک به دلیل اتخاذ سیستم کشاورزی حفاظتی بیشتر باشد، احتمال تنش رطوبتی گیاه کاهش پیدا می‌کند و به دنبال آن، از شدت بیماری حتی در حضور بیمارگر کاسته می‌شود.

تأثیر غیر مستقیم کشاورزی حفاظتی روی کاهش توسعه بیمارگرهای گیاهی

نگهداری بقایای غلات، وقوع برخی بیماری‌ها را به دلیل تناوب زراعی با حبوبات، کاهش می‌دهد. آلودگی برگ‌های نوعی لوبیا توسط بیماری لکه برگ‌ی قهوه‌ای (با عامل *Pleiochaeta setosa* (Kirchn.) S. Hughes) در غرب استرالیا، زمانی که بقایای غلات در زمین حفظ شدند در مقایسه با زمانی که بقایا از بین برده شدند، با کاهش همراه بود. نگهداری بقایای غلات مانع از این می‌شود که اسپورهای عامل خاک‌زاد *P. setosa* بیماری بتوانند همراه با آب باران، به قسمت‌های بالایی اندام‌های گیاه دسترسی پیدا کنند. در سیستم کشاورزی حفاظتی، میزان وقوع بیماری ویروسی در حبوبات با حفظ بقایای غلات کاهش پیدا می‌کند. طبق بررسی‌های انجام شده، در جایی که کلش گندم در سطح خاک پخش شده است، وقوع نهایی ویروس موزایک خیار (CMV) به میزان ۲۵ تا ۴۰ درصد کاهش داشته است.

حفظ بقایای گندم در مزرعه، وقوع بیماری ویروس زردی غربی چغندر (BWYV) را به نصف کاهش داده است. هر دو ویروس CMV و BWYV توسط شته‌های ناقل منتقل می‌شوند و هنگامی که بقایای گندم در زمین باقی

بمانند، تعداد شته‌ها کمتر خواهد بود. نگهداری کلش‌های غلات می‌تواند مانع از نشستن ناقلین شته‌ای این ویروس‌ها شود و این امر، کاهش بیماری را به‌دنبال خواهد داشت.

طی یک بررسی تحقیقاتی، وضعیت مشابهی در خصوص کاهش وقوع ویروس کوتولگی زرد جو (BYDV) در گندم و جو در سیستم کشاورزی حفاظتی مشاهده شده است. مشخص شده است که نگهداری کلش غلات نسبت به سیستم متداول شخم قدیمی بدون نگهداری بقایا، ۲۱ درصد افزایش عملکرد داشته است. این افزایش، به‌دلیل کاهش ۴۸ درصدی تعداد شته‌ها و ۷۱ درصد کاهش در وقوع بیماری BYDV در سیستم کشاورزی حفاظتی در مقایسه با شخم متداول بوده است.

امکان کشت زودتر در کشاورزی حفاظتی و نقش آن در مدیریت بیماری

نگهداری بقایا در سطح خاک در کشاورزی حفاظتی، باعث افزایش رطوبت سطحی در زمان کاشت شده و با توسعه پنجره زمانی کشت، امکان کشت زودتر را به‌خصوص در فصول خشک فراهم می‌سازد. کشت زودتر می‌تواند کارایی مصرف آب گیاه را بهبود بخشیده و در نهایت موجب افزایش عملکرد شود؛ اما در عین حال می‌تواند وقوع برخی بیماری‌ها را افزایش دهد. در برخی از مناطق، به‌دلیل هوای گرم‌تر در اوایل پاییز که مناسب فعالیت شته‌ها یا کنه‌های ناقل است، کشت زود هنگام می‌تواند خطر ظهور برخی بیماری‌ها از جمله ویروس کوتولگی زرد جو (BYDV) و ویروس موزاییک خطی گندم (WSMV) در غلات را بیشتر کند.

علاوه بر این، کاشت زود هنگام می تواند در بعضی مناطق منجر به افزایش سطوح زنگ زرد (*Puccinia striiformis* Westend.) شود؛ چرا که دمای بالاتر اوایل پاییز، در مراحل اولیه گیاه برای تکمیل چرخه زندگی قارچ مناسب است. هرچند که بطور معمول، کشت دیر هنگام به دلیل کاهش خطر از جانب این بیمارگرها، توصیه نمی شود؛ زیرا مشخص شده است که کاهش عملکرد حاصل از کشت دیر هنگام اغلب سنگین تر از خسارت بیماری است و کشاورزان معمولاً برای مدیریت بیماری در کشت های زود هنگام راه حل هایی دارند.

عمق مناسب کشت در کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن روی بیماری ها

در مناطق شمالی کشور، اغلب به دلیل بارندگی های مناسب ذخیره رطوبت کافی است و مشکل خشکی کمتر وجود دارد. در مواردی که در پاییز شرایط خشک وجود داشته باشد، کشاورزان گاهی اوقات ممکن است عمق کاشت را در گیاهی مانند گندم افزایش دهند تا بتوانند استفاده بهینه تری از رطوبت داشته باشند. کشت عمیق تر در غلات، میان گره زیر طوقه را طویل تر کرده و این امر حساسیت به بیماری پوسیدگی معمولی ریشه را افزایش می دهد. زمانی که به دلیل انجام سیستم کشاورزی حفاظتی رطوبت مناسبی در خاک وجود دارد، نیازی به کشت عمیق تر که بروز بیماری بیشتری را به دنبال خواهد داشت نیست و این از مزایای کشاورزی حفاظتی حتی در مناطق خشک و کم باران محسوب می شود.

تعیین خطر بیماری قبل از کشت در کشاورزی حفاظتی و تاثیر طولانی مدت آن روی کنترل بیماری‌های خاک‌زاد در مناطق مختلف

یکی از دستاوردهای مدیریتی جدید به‌منظور کنترل بیماری‌های گیاهان زراعی در سیستم کشاورزی حفاظتی، تعیین خطر بیماری قبل از کشت است. هرچند پذیرش سیستم کشاورزی حفاظتی همراه با افزایش وقوع برخی از بیماری‌هاست، اما محققین استراتژی‌های نوآورانه‌ای را توسعه داده‌اند که به کشاورزان کمک می‌کند تا خسارت‌ها را به حداقل برسانند. این استراتژی‌ها شامل آزمایش میزان بیمارگرها قبل از کاشت جهت تعیین سطوح خطر بیماری، اتخاذ نوآوری‌های تکنولوژیک و جدید در کشت، اصلاح ارقام متحمل و بهبود کارایی قارچ‌کش‌ها می‌باشند. در برخی از کشورها از جمله استرالیا، یک تست کمی بر پایه DNA از خاک به نام PREDICTA B وجود دارد که به کشاورزان غله‌کار کمک می‌کند. در این تست، احتمال خطر بیماری‌های خاک‌زاد با اندازه‌گیری سطوح بیمارگر قبل از کشت پیش‌بینی می‌شود. بدین ترتیب، کشاورزان می‌توانند ارقام را قبل از کشت تغییر داده یا برنامه کشت را در جایی که خطر کاهش محصول بالاست به‌نحوی تنظیم و بهینه کنند. این سرویس در سال ۱۹۹۷ با تأکید اولیه روی بیمارگرهای خاک‌زاد گندم و جو آغاز شد. از آن زمان به بعد، دامنه بیمارگرهای تحت پوشش سیستم، به‌تدریج افزایش و گسترش پیدا کرده، بیمارگرهای بقایازاد را نیز شامل شده است و در حال حاضر، دامنه وسیع‌تری از گیاهان زراعی از جمله حبوبات و دانه‌های روغنی را نیز در بر می‌گیرد. تست PREDICTA B به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا بتوانند

در سیستم‌های کشاورزی خود خطر بیماری‌های مختلف را با توجه به منطقه کشت، به صورت کمی تشخیص دهند. مزیت کلیدی این ارزیابی‌های بر پایه DNA، توانایی آنها برای کمی کردن دامنه وسیعی از بیمارگرهای خاک‌زاد و بقایازاد است که روی غلات و حبوبات تاثیر گذار هستند. نتایج این سیستم به صورت یک پارچه روی نقشه آمده، مناطق با خطر بالا برای بیماری‌های مختلف قبل از کشت روی نقشه مشخص می‌شوند و به این ترتیب، کشاورزان آگاه می‌شوند.

این نتایج در طول زمان، اثرات تغییر در عملیات خاک‌ورزی را روی میزان شیوع بیمارگرها نشان می‌دهد. به عنوان مثال، اثر استفاده از ارقام مقاوم غلات به نماتد سیستمی غلات و تناوب با گیاهان غیر میزبان در سیستم کشاورزی حفاظتی روی میزان عامل بیماری‌زای نماتد در خاک بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸، نشان داده است که در سال ۲۰۱۸ به شدت بیماری کاهش پیدا کرده است.

استفاده مداوم از این سیستم، نحوه پراکنش و گسترش بیمارگرهای گیاهی را در کشاورزی حفاظتی نشان می‌دهد. استفاده مستمر کشاورزان و محققان از این سیستم، آگاهی ما نسبت به خطرات بیمارگرهای خاک‌زاد و بقایازاد را در تمام مناطق مورد بررسی افزایش می‌دهد. این تکنولوژی همچنین به محققان این امکان را می‌دهد که اثر عملیات زراعی را روی بیمارگرهای چندگانه خاک‌زاد و بقایازاد آزمایش کنند، تحقیقی که پیش از این بسیار پیچیده به نظر می‌رسید.

کشت بین ردیفی در کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن روی بیماری‌های گیاهی

کشت بین ردیفی یک نوآوری به‌نسبت جدید در کشاورزی حفاظتی محسوب می‌شود و کار با بقایای گیاهی را بهبود می‌بخشد. قارچ *F. pseudograminearum* یک بیمارگر بقایازاد است، بنابراین در کشاورزی حفاظتی اینوکولوم^۱ در ردیف‌های کاشت قبلی تجمع پیدا می‌کند. طی یک بررسی مشخص شده است که با کشت بین ردیفی، بطور میانگین میزان وقوع آلودگی این قارچ ۴۵ درصد و میزان شدت بیماری ۵۱ درصد کاهش داشته است. طبق آزمایشات انجام شده، کشت بین ردیفی در فصول زراعی مختلف، منجر به کاهش ۲۷ درصدی سرسفیدی و افزایش شش درصدی عملکرد در گندم نان و گندم دوروم^۲ شده است.

ارزش عمده کشت بین ردیفی، کاهش میزان اینوکولوم قارچ ایجاد شده در تناوب کشت غلات با حبوبات یا دانه‌های روغنی است. این حالت در کشت مکرر غلات حاصل نمی‌شود، زیرا اینوکولوم مدت زمان طولانی در فضاها بین ردیفی امکان بقا دارد. کشت بین ردیفی جزء مفیدی از سیستم مدیریت تلفیقی بیماری پوسیدگی طوقه گندم است. البته برای حصول نتیجه مطلوب، همزمان با کشت بین ردیفی تناوب با گیاهان غیر میزبان باید رعایت شود. طبق برخی بررسی‌های انجام شده، تناوب غلات با دانه‌های روغنی غیر میزبان و لگوم‌ها در مقایسه با کشت پی‌درپی غلات، آلودگی

¹ inoculum

² Durum

پوسیدگی طوقه را به میزان ۳/۴ تا ۴۱/۳ درصد کاهش داده و موجب افزایش عملکرد گندم به میزان ۰/۲۴ تا ۰/۸۹ تن در هکتار شده است. یک ترتیب زراعی مناسب برای کشاورزی حفاظتی می تواند به صورتی که در ادامه به آن اشاره شده است، باشد. ابتدا کشت گیاهان زراعی قطع کننده چرخه بیماری شامل دانه های روغنی یا لگوم ها که در بین ردیف های گندم قبلی کاشته می شوند که لازم است دست نخورده باقی بمانند؛ سپس کشت گیاه زراعی بعدی یعنی گندم بطور مستقیم روی ردیف های گیاه فصل زراعی قبلی یعنی دانه های روغنی یا لگوم ها، که این موضوع یک فاصله چهار ساله بین گیاه زراعی گندم روی همان ردیف را تضمین کرده و موجب کاهش وقوع بیماری پوسیدگی طوقه در گندم می شود.

بیماری پاخوره (TAKE-ALL)، که توسط قارچ *Gaeumannomyces graminis tritici* J. Walker (Ggt) ایجاد می شود، با کشت بین ردیفی محصول و رعایت تناوب، از شدت کمتری برخوردار خواهد بود. زمانی که فاصله بذر کاشته شده با منبع اینوکولوم افزایش پیدا کند، میزان بیماری پاخوره کمتر خواهد شد.

بطور خلاصه، کشت بین ردیفی با استفاده از کشت محصولات غیر میزبان در تناوب با گندم، می تواند تأثیر بیمارگرهایی چون *F. pseudograminearum* و *G. graminis tritici* را همراه با سیستم کشاورزی حفاظتی در جایی که اینوکولوم اغلب محدود به ردیف های غلات قبلی است، محدود کند.

استفاده بهینه از ادوات کشت بذر در کشاورزی حفاظتی و تأثیر مثبت آن روی مدیریت بیماری‌های خاک‌زاد

ادوات کارنده که خاک را به‌منظور کشت می‌شکافند، تأثیر معنی‌داری روی شدت بیماری پوسیدگی رایزوکتونایی ریشه غلات دارند. چنانچه به‌هم زدن خاک زیر عمق کاشت بذر با استفاده از کارنده‌ای نوک‌تیز و زاویه‌دار انجام شود، موجب برهم خوردن شبکه هیفی قارچ رایزوکتونیا در سطح خاک شده، به ریشه‌های گیاه کمک می‌کند تا از آلودگی اولیه فرار کنند و به‌این‌ترتیب، اثر بیماری را کاهش می‌دهد. زمانی که کارنده‌های دیسک‌مانند استفاده می‌شوند، شیوع رایزوکتونیا بطور معمول بیشتر است.



شکل ۵- استقرار یک بخش جارو مانند در جلوی یک دیسک کارنده (برگرفته از Simpfendorfer et al., 2019).

طبق برخی مطالعات اولیه، استقرار یک بخش جاروماند (شکل ۵) در جلوی یک دیسک کارنده، حفره‌ای به عمق ۲-۳ سانتی‌متر در خاک ایجاد کرده و موجب دور ماندن اینوکلوم رایزوکتونیاز ردیف‌های کاشت بذری می‌شود. با این عمل، بدون وجود بخش‌های کچل در مزرعه که نشانه بیماری رایزوکتونایی است، گیاه به‌خوبی مستقر می‌شود. مشخص شده است که در یک زمین آلوده به بیماری پوسیدگی طوقه گندم، کاشت با استفاده از ادوات کارنده نوک‌تیز و زاویه‌دار در مقایسه با یک کارنده دیسکی، موجب استقرار بهتر گیاه، تراکم بالاتر پنجه‌ها و عملکرد بهتر می‌شود.



شکل ۶- برداشتن کلس غلات از ردیف کاشت به کمک یک پاک‌کننده ردیفی در جلوی یک دیسک کارنده (برگرفته از *Simpfendorfer et al.*, 2019).

این مزایا به دلیل اثرات حفرکننده کارنده است که موجب زدودن اینوکولوم قارچ *F. pseudograminearum* از شیارهای بذر می شود. برداشتن کلش غلات از ردیف کاشت به کمک یک پاک کننده ردیفی نصب شده در جلوی یک دیسک کارنده (شکل ۶)، وقوع قارچ *F. pseudograminearum* را به میزان ۳/۷ درصد و میزان سرسفیدی خوشه ها را به میزان ۱۳/۶ درصد کاهش می دهد، اما منجر به افزایش عملکرد نمی شود.

بهبود کارایی عملکرد قارچ کش در کشاورزی حفاظتی موجب مدیریت موثر بیماری ها می شود

یکی از مواردی که منجر به بهبود عملکرد قارچ کش ها می شود، کاربرد هدف مند قارچ کش برای بیماری هدف است. طبق برآوردهای صورت گرفته، مشخص شده است که فقط حدود ۰/۳ درصد از این آفت کش های زیاد مصرف شده، در تماس مستقیم با آفات و بیماری های هدف قرار می گیرند؛ لذا اثرات مضر آنها روی هوا، آب، خاک و آلودگی های غذایی ناشی از آنها بر کسی پوشیده نیست. بنابراین، استفاده هدف مند و به موقع از این مواد شیمیایی، یکی از اهداف کشاورزی حفاظتی است.

آلودگی گندم به بیماری پوسیدگی طوقه، در زیر زمین و بستر پنجه های آلوده گندم اتفاق می افتد، لذا کاربرد هوایی قارچ کش زیاد تاثیر گذار نیست. تحقیقات نشان داده است که کاربرد هدف مند در پایه پنجه های گندم با استفاده از نازل های بین ردیفی زاویه دار (شکل ۷)، موجب بهبود عملکرد و کاهش بیماری شده است. کاربرد قارچ کش در ۵۰ سانتی متر

بالای کانوپی^۱ گیاه زراعی، هیچ گونه بهبود عملکردی را به دنبال نداشته است. کاربرد هدفمند قارچ کش در پایه گیاهان گندم بیمار، جایی که بیماری در آنجا وجود دارد، ضمن دسترسی بهتر قارچ کش به عامل بیماری، در بهبود عملکرد نیز تأثیر بسزایی داشته است. در مدیریت مبتنی بر کشاورزی حفاظتی، لازم است با اتخاذ استراتژی‌های مناسب سم‌پاشی، به نحوی عمل کرد که حداکثر کارایی از جانب مصرف سموم عاید کشاورز شود.



شکل ۷- کاربرد هدفمند قارچ کش در پایه پنجه‌های گندم با استفاده از نازل‌های بین ردیفی زاویه‌دار (برگرفته از *Simpfendorfer et al.*, 2019).

¹ canopy

استفاده از نوار مایع قارچ‌کش در ردیف‌های کشت، برای کنترل بیماری ریزوکتونیا بسیار مؤثر است. ریزوکتونیا، نوعی بیماری غلات در مناطق کم باران است. مدیریت تلفیقی بیماری، شامل کشت زود هنگام، استفاده از تناوب زراعی با گیاهان غیر میزبان بیماری، سیستم کارنده مناسب و در نهایت استفاده از قارچ‌کش‌های مناسب، می‌تواند اثرات پوسیدگی ریشه ریزوکتونیایی را کاهش دهد. استفاده مناسب از قارچ‌کش‌ها به صورت نواری (شکل ۸) در ردیف‌های کشت، باعث محافظت بذور در برابر عامل بیماری در مراحل اولیه خواهد شد.



شکل ۸- استفاده مناسب از قارچ‌کش‌ها به صورت نواری، در رو (a) و زیر (b) بذور در ردیف‌های کشت (برگرفته از *Simpfendorfer et al.*, 2019).

علاوه بر این، در کشاورزی حفاظتی استفاده از قارچ‌کش‌هایی با نقطه اثر متفاوت، در مدیریت بیماری‌ها بسیار مؤثر است. پیش از این، از

قارچ‌کش‌هایی که در اصطلاح بازدارنده‌های دی‌متیلاسیون^۱ یا DMIs و جزو گروه تریازول‌ها^۲ بوده‌اند، استفاده می‌شد. اکنون، به دلیل مقاومت‌های ایجاد شده، از قارچ‌کش‌های جدید استرویلوبین^۳ با عنوان QOL و نیز بازدارنده‌های سوکسینات دهیدروژناز^۴ یا SDHIs استفاده بیشتری می‌شود.

استفاده از مدل‌های پیش‌آگاهی بیماری در کشاورزی حفاظتی، نقش مهمی در مدیریت بیماری و بقایای گیاهی دارد

برای برخی از بیماری‌ها، مدل‌های موثق و قابل اعتمادی برای مصرف بهینه و به‌هنگام قارچ‌کش‌ها وجود دارند. مانند مدل Black spot manager برای مدیریت بلایت آسکوکایتا^۵ در نخود که در استرالیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل، زمانی را که بیشتر اسپورها (تقریباً ۶۰ درصد) از بقایای مزارع نخود رها شده و خطر آلودگی به سطوح پایین کاهش پیدا کرده است، محاسبه می‌کند. براین اساس، کشاورزان می‌توانند تصمیم بگیرند که یا کشت نخود را تا زمانی که منطقه آنها به عنوان منطقه‌ای کم‌خطر تلقی شود به تأخیر اندازند، و یا در صورت کشت بر ریسک بالای ظهور بیماری واقف بوده و باید با اجرای یک برنامه کاربرد قارچ‌کش بتوانند شدت بیماری بلایت آسکوکایتا را کاهش دهند.

برای پیش‌بینی زمان رسیدگی آسکوسپورهای قارچ *Leptosphaeria maculans* (Sowerby) P.Karst. روی بقایای کلزای باقی‌مانده از کشت

¹ Demethylation inhibitors

² triazoles

³ Strobilurin

⁴ Succinate Dehydrogenase Inhibitors

⁵ Aschochyta Blight

قبلی، مدل مشابهی وجود دارد که بر اساس شرایط آب و هوایی ایجاد شده است. هدف مدل، بهبود مدیریت بیماری ساق سیاه کلزا از جمله تعیین زمان درست استفاده از قارچ کش است و در سال ۲۰۱۸ منتشر شده است.

اصلاح ارقام برای تحمل به بیماری‌های خاک‌زاد و بقایازاد در کشاورزی حفاظتی لازم است

برای رسیدن به موفقیت در سیستم کشاورزی حفاظتی با وجود بیمارگرهای مختلف، نیاز به وجود ارقام متحمل یا مقاوم است. برای بعضی از بیمارگرها از جمله عامل پوسیدگی طوقه گندم، ژن‌های اصلی مقاومت وجود ندارند، اما ارقام گندم از نظر میزان تحمل به بیماری با یکدیگر متفاوتند و باید از ارقامی استفاده شود که تحمل بیشتری به بیماری دارند. در این زمینه تحقیقات زیادی انجام نشده است. استفاده از ارقامی که سیستم ریشه‌ای قوی‌تری دارند، ضمن مقاومت در برابر خشکی‌های انتهایی فصل، تحمل گیاه به بیماری را تا حدودی افزایش خواهند داد. از این رو، لازم است بیماری‌های هر منطقه که در کشاورزی حفاظتی مشکل‌ساز هستند شناسایی و ارقام متحمل مورد استفاده قرار گیرند.

تأثیر خاک‌های بازدارنده بیماری^۱ در کشاورزی حفاظتی

تغییرات ایجاد شده در تنوع و ساختار جمعیت‌های میکروبی، تأثیرات مهمی روی سیستم‌های کشاورزی خواهد داشت. احتمال اینکه خاک دارای تنوع

¹ Disease suppressive soil

میکروبی بالا میکروفلوری^۱ بالا و قوی داشته باشد، بسیار است که این امر موجب بهبود رشد گیاه و مانع از بروز بیماری‌ها می‌شود. در کشاورزی حفاظتی، بقایای گیاهی موجب می‌شوند تا بیومس^۲ میکروبی در عمق ۱۵-۵ سانتی‌متری خاک باقی مانده و منجر به بقای بیمارگر شود. فعالیت بالای میکروبی خاک، باعث ایجاد رقابت و لذا فعالیت و بقای بالای بیمارگر می‌شود. در چنین خاک‌هایی، به تدریج میزان آنتاگونیست‌ها زیاد شده و موجب تشکیل خاک‌های بازدارنده بیماری می‌شود. در کشاورزی حفاظتی برای این منظور، نیاز به مدیریت صحیح خاک و گیاه است.

بقا و پخش اینوکولوم بیمارگر تا حدی تحت تأثیر فشردگی خاک است. در طی شخم متداول، تشکیل یک لایه سخت^۳ (شکل ۹) که به دنبال شخم عمیق به وجود می‌آید، می‌تواند هم فضای محیطی مناسبی ایجاد کرده و هم عمق پخش پروپاگول‌های^۴ قارچی را تغییر دهد. نحوه و میزان نفوذ آب مکانیسمی است که میکروارگانیسم‌های موجود در خاک می‌توانند با توجه به آن، در محیط ریشه پخش شوند. ایجاد مانع در برابر جریان آب می‌تواند منجر به افزایش تراکم اینوکولوم در بالای سطح لایه سخت خاک توسط گونه‌های بیماری‌زای آب‌دوستی مانند پی تیوم و فایتوفتورا^۵ شود.

برعکس، شرایط خشکی که در زیر لایه سخت غالب است، برای فعالیت بیمارگرهایی مانند فوزاریوم‌ها که دارای یک مزیت اکولوژیک رقابتی در

¹ Microflora

² Biomass

³ Hard pan

⁴ propagules

⁵ Phytophthora

مقایسه با سایر میکروفلور موجود در خاک در فشار اسمزی پایین هستند، مناسب است.



شکل ۹- ایجاد لایه سخت به دلیل انجام شخم متداول در مزرعه‌ای واقع در استان گلستان که موجب سختی و عدم تبادل آب می‌شود. در این مزرعه به دلیل کیفیت نامناسب خاک ظهور بیماری‌های مختلف اتفاق می‌افتد (عکس: مومنی، ح.).

طی سیستم کشاورزی حفاظتی، وجود رطوبت کافی در محیط ریشه باعث جوانه‌زنی سریع بذر شده و از خطر پوسیدگی بذر توسط برخی از عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌شود. در ضمن، کشاورزی حفاظتی باعث هوادهی بهتر و تخلخل محیط ریشه می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- به دلیل وجود رطوبت کافی و تخلخل کافی خاک، گیاه بر روی بقایای غلات به خوبی مستقر شده و فاقد آلودگی به بیماری است (عکس: مومنی، ح.).

شرایط غیر هوازی و بدون هوا، با کاهش میزان متابولیسم و رشد سلول، موجب از دست رفتن یک پارچگی دیواره سلولی می شوند؛ در این شرایط ترشحات ریشه بیشتر شده و منجر به جوانه زنی بیمارگر و نفوذ آن در گیاه می شود. بنابراین، هوادهی مناسب محیط ریشه که در کشاورزی حفاظتی انجام می گیرد، مانع از ظهور بیشتر بیمارگرها می شود. چنانچه گیاهان در معرض کمبود اکسیژن قرار گیرند، حساسیت به حمله بیمارگر بیشتر می شود. در کشاورزی حفاظتی دمای هوا در سطح خاک نیز بالاتر است. خسارت به ریشه در دمای پایین خاک طی اتخاذ سیستم کشاورزی با شخم متداول اتفاق می افتد.

وضعیت میکروارگانیسم‌ها در خاک‌های بازدارنده بیماری در کشاورزی حفاظتی

به‌عنوان یک قانون کلی، قارچ‌ها و باکتری‌های ایجاد کننده بیماری در خاک منطقه ریشه درصد بسیار کمی از تعداد کل گونه‌ها را تشکیل می‌دهند. لذا، در بسیاری از مواقع میکروفلور غیر بیماری‌زایی که اطراف ریشه زندگی می‌کنند، بر جمعیت بیماری‌زا غلبه می‌کنند، اما بررسی‌ها و مطالعات، بیشتر روی گونه‌هایی که خسارت‌زا هستند انجام گرفته است تا گونه‌های کم‌خطری که خسارتی ایجاد نکرده و حتی مفید هستند.

کشاورزی حفاظتی موجب تغییر ماده آلی و میکروبی در لایه سطحی خاک می‌شود. بقایای گیاهی در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متری، موجب زمستان‌گذرانی عامل بیماری شده و منبع انرژی برای بیمارگر قبل و در حین آلودگی میزبان هستند. هرچند وجود بقایا باید منجر به افزایش بیماری‌های خاک‌زاد در فصل زراعی بعدی شوند، اما همیشه این اتفاق نمی‌افتد، چراکه مکانیسم‌های کنترل بیماری از جمله تناوب زراعی، ارقام مقاوم و در مواردی پایین بودن سطح بیمارگر، مانع از بروز این اتفاق می‌شوند.

در محیط ریشه آنتاگونیست‌های مفیدی وجود دارند. بیشترین تراکم جمعیت‌های میکروبی فعال در خاک در اطراف ریشه بوده و شامل باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها^۱، قارچ‌ها، تک‌سلولی‌های جانوری^۲ و جلبک‌ها هستند. باکتری‌ها از نظر بیومس، فعالیت متابولیک و تعداد، فراوان‌ترین

¹ Actinomycetes

² Protozoa

هستند که هم مفید و هم مضر بوده و در اطراف ریشه تأثیر مهمی روی عملکرد گیاه دارند.

کشاورزی حفاظتی جمعیت‌های مفید و مضر خاک را تغییر می‌دهد. در سیستم متداول شخم، جمعیت‌های بزرگی از رایزوباکتری‌های ساپروفیت^۱ با خاصیت ممانعت‌کنندگی رشد روی ریشه‌ها یافت شده‌اند و وقوع آنها همراه با رشد ضعیف گیاه بوده است. هر چند این ارگانیسم‌ها بطور مستقیم بیمارگر نیستند، اما به‌نظر می‌رسد برخی از این باکتری‌ها که بیشتر به جنس سودوموناس^۲ تعلق دارند، می‌توانند قدرت گیاه را کم کرده، طول ریشه را کاهش داده و حساسیت گیاه به بیمارگرهای قارچی را افزایش دهند. میکوریزها نیز با الگوی مشابهی می‌توانند مانع رشد شوند، هم به‌صورت مستقیم زیرا قارچ با میزبان برای کسب کربن رقابت می‌کند و هم به‌صورت غیر مستقیم زیرا با سایر رایزوباکتری‌های مفید رقابت می‌کند.

برعکس این موضوع، جمعیت‌هایی از میکروارگانیسم‌های مفید از جمله PGPRهای^۳ آزادی، موجودات همزی مانند رایزوبیوم^۴، اکتینومیست‌های به‌خصوص و میکوریزهای موسوم به VAM^۵ در اطراف محیط ریشه یافت شده‌اند. بنابراین، کلونیزه شدن ریشه نه تنها توسط بیمارگرهای گیاهی و میکروارگانیسم‌های مضر اتفاق می‌افتد، بلکه در سیستم‌های کشاورزی

¹ saprophyte

² Pseudomonas

³ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

⁴ Rhizobium

⁵ Vesicular -Arbuscular Mycorrhiza

حفاظتی میکوریزهای VAM مفید و PGPRها نیز ریشه را به صورت رقابتی تحت تاثیر قرار می دهند و بسیار مفید هستند.

کلونیزه شدن توسط میکوریزهای VAM در شرایط میزان بالای مواد آلی و کشاورزی حفاظتی تشدید شده و برای رشد گیاه مفید است. گیاه این اثر مفید را از طریق راه های مختلفی چون مقاومت به خشکی، جذب بهتر مواد غذایی به دلیل حلاکت بیشتر عناصر غذایی و تشدید مقاومت به بیماری های قارچی ریشه، نشان می دهد.

مشخص شده است که گیاهان دارای میکوریزهای VAM در مقایسه با گیاهان فاقد VAM، دارای سطوح بالاتری از باکتری های آنتاگونیست نسبت به بیمارگرهای قارچی هستند. همچنین مشخص شده است که رایزوباکتری های همراه با VAM در ممانعت مستقیم در برابر بیمارگرهای قارچی مشارکت دارند. رایزوباکتری های آزادزی نیز رشد گیاه را بطور مستقیم از طریق تولید هورمون های گیاهی، تثبیت نیتروژن و حلاکت بیشتر عناصر، و یا به صورت غیرمستقیم از طریق کنترل بیماری های گیاهی بهبود می بخشند. برخی از جنس های باکتری ها در خاک های بازدارنده که موجب بهبود رشد گیاه می شوند، شامل *Arthrobacter* Conn & Dimmick، *Azospirillum* Tarrand et al.، *Azotobacter* Beijerinck، *Enterobacter* Burkholderia Yabuuchi et al.، *Bacillus* Cohn، *Rhizobium* Frank، *Pseudomonas* Hormaeche & Edwards، *Streptomyces* Waksman، *Serratia* Bizio، *Bradyrhizobium* Jordan و *Xanthomonas* Dowson & Henrici هستند.

خاک‌های بازدارنده بیماری، خاک‌های خاصی هستند که مانع استقرار، بقا یا فعالیت بیماری‌زایی ارگانسیم‌های بیماری‌زا می‌شوند و لذا خصوصیت بازدارندگی بیماری را دارند. خاک‌های بازدارنده قارچ یکی از مظاهر خاک‌های بازدارنده بیماری هستند. اسپوره‌های قارچی، در این خاک‌ها وارد یک فاز استراحت شده و تا زمانی که ترشحات ریشه میزبان باعث تحریک جوانه‌زنی شود، در حالت ایستا باقی می‌مانند. خاک‌های سنگین می‌توانند این حالت ایستایی قارچ را شدیدتر از خاک‌های سبک ایجاد کنند. مشخص شده است که شدیدترین وضع این حالت بازدارندگی رشد قارچ‌ها، در خاک‌هایی است که میزان مواد آلی و فعالیت میکروبی بالایی دارند. باکتری‌های خاک بطور مستقیم، عامل اصلی این ایستایی رشد قارچی هستند. به‌دنبال اتخاذ سیستم کشاورزی حفاظتی که موجب افزایش مواد آلی می‌شود، شرایط مناسب برای توسعه خاک‌های بازدارنده رشد قارچ فراهم می‌شود.

در سیستم‌های کشاورزی متداول، هنوز برای القای بازدارندگی در خاک‌ها اغلب مکمل‌های آلی و کودی اضافه می‌شوند و اعتقاد بر این است که این موضوع، قدرت رقابت میکروارگانسیم‌های مفید خاک در منطقه ریشه را تقویت و تحریک می‌کند. در سیستم کشاورزی حفاظتی، این تحریک حضور میکروارگانسیم‌های مفید، با حفظ بقایای گیاهی و بدون افزودن مکمل‌ها اتفاق می‌افتد.

در خاک‌های دارای فقر آهن، باکتری‌های تولید کننده سیدروفور^۱ با قابلیت بالای جذب آهن، از فعالیت برخی از بیمارگرهای گیاهی ممانعت می‌کنند،

¹ siderophore

چراکه آهن مورد نیاز بیمارگرها را جذب و مانع فعالیت و تکثیر آنها می‌شوند. علاوه بر این، PGPRهای معینی می‌توانند با تولید متابولیت‌های ضد بیمارگر موجب القای مقاومت سیستمیک گیاه به ارگاناسم‌های ایجاد کننده بیماری شوند. در این مواقع، گیاهان نسبت به دامنه‌ای از ارگاناسم‌های بیمارگر گیاهی مصون می‌شوند. بنابراین، در خاک‌های بازدارنده بیماری، مجموعه‌ای از عوامل بازدارنده میکروبی و مکاناسم‌های غیر زنده دخیل هستند و عمل ترکیبی آنها میزان تاثیرگذاری را بیشتر خواهد کرد.

میزان بیمارگر با کشت پی‌درپی یک گیاه افزایش پیدا می‌کند. تولید و ترشح ترکیبات آنتی‌بیوتیک به وسیله گیاهان مختلف، جمعیت‌های میکروبی خاک را اصلاح می‌کند و در جایی که این ترکیبات خصوصیات ضد قارچی بر علیه بیمارگرهای قارچی داشته باشند، موجب افزایش عملکرد نیز می‌شوند. مشخص شده است که باکتری‌های ممانعت کننده رایزوسفر¹، مختص هر گیاه است. لذا، ترکیب کشاورزی حفاظتی و تناوب، موجب شدت یافتن استقرار جمعیت‌های فلور ریشه بطور مستقیم و غیر مستقیم شده و از توسعه بیمارگرها در محیط ریشه ممانعت می‌کند.

چالش‌های مرتبط با مدیریت بیماری‌های گیاهی در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی

در این خصوص اثر تغییرات اقلیمی، مشکلات پیرامون علف‌های هرز و تراکم گیاهی و نیز تکامل جمعیت بیمارگرهای گیاهی مد نظر قرار می‌گیرد.

¹ rhizosphere

تغییرات اقلیمی

پذیرش کشاورزی حفاظتی برای کشاورزانی که با تغییرات اقلیمی از جمله افزایش دما، افزایش میزان CO₂، تغییرات بالای بارش و افزایش دوره‌های خشک‌سالی مواجه خواهند شد، حیاتی است. تولید گیاهان بیشتر وابسته به آب ذخیره شده در خاک خواهد بود که با اتخاذ شیوه کشاورزی حفاظتی، به دست خواهد آمد. تأثیر بالقوه تغییرات اقلیمی روی دامنه وسیعی از بیماری‌های گیاهان زراعی، به صورت مدل‌هایی در مطالعات متعدد ارایه شده است. بر طبق این مطالعات، اهمیت بیماری‌های نکروتروفیک¹ گندم از قبیل لکه خرمایی، سپتوریوز برگ گندم و سپتوریوز سنبه گندم احتمالاً با تغییرات اقلیمی کاهش پیدا خواهد کرد. این بیماری‌ها اغلب بیماری‌هایی بقایازاد هستند و با اتخاذ سیستم کشاورزی حفاظتی، اینوکولوم قارچی این بیماری‌ها برای ایجاد بیماری در فصل زراعی آینده بسیار موثر است. به نظر می‌رسد که آلودگی‌های پوسیدگی طوقه با تغییرات اقلیمی افزایش پیدا کند. تغییرات بارندگی و افزایش خشک‌سالی، مدت زمان ماندگاری بیمارگرهای بقایازاد را در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی افزایش می‌دهند، زیرا میزان تجزیه بقایا را کاهش می‌دهند. احتمالاً، این شرایط میزان بلوغ اسپور و رها شدن آن از بقایا برای بیمارگرهای بقایازاد نکروتروف مانند *Pyrenophora* spp. و *Aschochyta* spp. را تغییر خواهد داد و ممکن است استراتژی‌های مدیریتی فعلی و پیشنهادها را نیز قدری تغییر دهد.

¹ necrotrophic

علف‌های هرز به‌عنوان میزبان‌های واسط برای بیمارگرهای گیاهی

کشاورزی حفاظتی برای مدیریت علف‌های هرز، وابسته به کاربرد علف‌کش‌ها است که منجر به مقاومت به علف‌کش‌ها می‌شود. این مقاومت باعث ماندگاری بیماری‌هایی که میزبان‌های آنها علف‌های هرز هستند نیز می‌شود. تأثیر علف‌های هرز روی بیماری در برخی موارد مانند علف‌های هرز گراس^۱ و بیماری پوسیدگی طوقه گندم قابل توجه است، زیرا میزبان‌های قارچ عامل این بیماری، می‌توانند ۱۵ گونهٔ علفی را شامل شوند. این علف‌ها رطوبت خاک را نیز کاهش می‌دهند. حتی در زمان آیش، رقابت با گیاهان اصلی برای رطوبت وجود دارد که باعث زیاد شدن تنش در حین پر شدن دانهٔ گندم شده و میزان سفیدشدن سنبله‌های گندم در گیاهان آلوده به بیماری را تشدید می‌کند.

مقاومت به قارچ‌کش‌ها

برای این منظور، باید مدیریت تلفیقی بیماری^۲ یا IDM مدنظر قرار گیرد و مدیریت شیمیایی فقط بایستی یک جز از این مدیریت باشد. اتخاذ مدیریت تلفیقی فشار و اتکا روی قارچ‌کش‌ها را به‌عنوان تنها ابزار مدیریتی کاهش داده و توسعهٔ مقاومت به این ترکیبات را به تأخیر می‌اندازد.

¹ Grass weeds

² Integrated Disease Management

شکستن ژن‌های مقاومت میزبان توسط بیمارگرهای قارچی

قارچ *L. maculans* در کلزا که عامل ساق سیاه است، پتانسیل زیادی برای تکامل دارد و کشت وسیع یک وارته^۱ در یک منطقه باعث خواهد شد تا بعد از مدت سه سال، گیاه مقاومت خود را از دست بدهد. تناوب و تنوع کشت کلزا با ژن‌های مقاومت متفاوت، فشار وارد شده از طرف عامل بیماری را به حداقل می‌رساند. پایش سالیانه فراوانی آلل‌های غیربیماری‌زا در جمعیت‌های مختلف قارچ *L. maculans*، امکان پیش‌بینی اینکه کدام ارقام در فصول کشت بعدی از نظر مقاومت به بیماری موفق‌تر عمل خواهند کرد را فراهم می‌سازد.

بطور کلی، می‌توان گفت که به‌دلیل مزایای فراوان کشاورزی حفاظتی، کشاورزان روزبه‌روز علاقه بیشتری به استفاده از این نوع کشاورزی نشان می‌دهند. هرچند در خصوص مدیریت بیماری‌های گیاهی همواره با چالش‌هایی مواجه هستند، اما به‌دلیل اتخاذ روش‌های نوین مدیریت بیماری‌ها در این نوع سیستم کشاورزی، اغلب این چالش مدیریت می‌شوند.

¹ variety

فهرست منابع

- ۱- اسدی، ا. و صادقی، س. (۱۳۹۹) خاکهای سالم با کشاورزی حفاظتی. انتشارات ویراست، ۱۴۸ ص.
- ۲- مومنی، ح.، کاظمی، ه. و براری، ح. (۱۳۹۷) بررسی اهمیت بیماری پوسیدگی جیبرلایی بلال ذرت و تعیین گروه‌های بیمارزایی و مولکولی قارچ *Fusarium graminearum* در تناوب گندم-ذرت. گزارش نهایی پروژه، شماره فروست: ۵۳۹۶۵، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، ۴۱ ص.
- 3- Ahrazem, O., Rubio-Moraga, A., Castillo-Lopez, R., Trapero Mozos, A. & Gomez-Gomez, L. (2010) *Crocus sativus* pathogens and defence response. Functional Plant Science and Biotechnology, 4(2), 81–90.
- 4- Craven, M. & Nel, A.A. (2017) Effect of conservation agriculture associated crop rotation systems on root and crown rot severity and respective soil-borne pathogens of maize (*Zea mays* L.) in the Highveld area of South Africa. South African Journal of Plant and Soil, 34(2), 87–95. <https://doi.org/10.1080/02571862.2016.1213322>.
- 5- Dusserre, J., Raveloson, H., Michellon, R., Gozé, E., Auzoux, S. & Sester, M. (2017) Conservation agriculture cropping systems reduce blast disease in upland rice by affecting plant nitrogen nutrition. Field Crops Research, 204, 208–221. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.024>.
- 6- Page, K., Dang, Y. & Dalal, R. (2013) Impacts of conservation tillage on soil quality, including soil-borne crop diseases, with a focus on semi-arid grain cropping systems. Australasian Plant Pathology, 42, 363–377. <http://doi.org/10.1007/s13313-013-0198-y>.
- 7- Page, K.L., Dang, Y.P. & Dalal, R.C. (2020) The Ability of Conservation Agriculture to Conserve Soil Organic Carbon and the Subsequent Impact on Soil Physical, Chemical, and Biological Properties and Yield. Frontiers

- in Sustainable Food Systems, 4, 31.
<http://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>.
- 8- Ataei, P., Sadighi, H., Chizari, M. & Abbasi, E. (2019) In-depth content analysis of conservation agriculture training programs in Iran based on sustainability dimensions. Environment, Development and Sustainability, 22(2), 7215–7237.
<https://doi.org/10.1007/s10668-019-00484-4>.
 - 9- Simpfendorfer, S., McKay, A. & Ophel-Keller, K. (2019) New approaches to crop disease management in conservation agriculture. Pp 173–188. In: Pratley, J. & Kirkegaard, J. (Eds.). “*Australian Agriculture in 2020: From Conservation to Automation*” (Agronomy Australia and Charles Sturt University: Wagga Wagga).
 - 10- Sturz, A.V., Carter, M.R. & Johnston, H.W. (1997) A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. Soil & Tillage Research, 41(3–4), 169–189. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(96\)01095-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(96)01095-1).



**Ministry of Jihad-e Agriculture
Agricultural Research, Education & Extension Organization
Iranian Research Institute of Plant Protection**

Plant Disease Management in Conservation Agriculture

**Hassan Momeni
Homayoon Kazemi
Iranian Research Institute of Plant Protection**

Registration No.

59713

2021