



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Estrategias para el Manejo de las Enfermedades de las Plantas

Desde el comienzo de la agricultura, las generaciones de agricultores han evolucionado prácticas para combatir las diversas plagas sufridas por sus cultivos. Después de nuestro descubrimiento de las causas de las enfermedades de plantas en los principios del siglo diecinueve, nuestra comprensión creciente de las interacciones del patógeno y hospedante nos ha permitido desarrollar un amplio conjunto de medidas para el control de enfermedades específicas.

De esta base de conocimiento acumulado, podemos destilar algunos principios generales del control de las enfermedades que nos puede ayudar a dirigir el manejo de nuevos problemas sobre cualquier cultivo en cualquier ambiente. Un conjunto de principios de este tipo, articulado por primera vez por H. H. Whetzel en 1929 y modificado un poco por diversos autores a través de los años, se ha adoptado ampliamente y enseñado a generaciones de estudiantes de fitopatología por todo el mundo. Estos "principios tradicionales", como ellos se conocen, eran planteados por un comité de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, 1968

.Principios Tradicionales del Control de las Enfermedades de las Plantas

Evasión -- evite la enfermedad seleccionando una temporada o un sitio donde no se encuentra el inóculo o donde el ambiente no es favorable para infección.

Exclusión -- evite la introducción de inóculo.

Erradicación -- elimine, destruya, o inactive el inóculo.

Protección -- evite infección por medio de un tóxico o alguna otra barrera a la infección.

Resistencia -- use cultivares que son tolerantes o resistentes a infección.

Terapia -- cure las plantas ya infectadas.



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Mientras estos principios son tan válidos hoy como lo fueron en 1929, dentro de un marco de conceptos modernos del manejo de las enfermedades de plantas, ellos tienen algunas deficiencias críticas. Ante todo, estos principios son declarados en términos absolutos (p. ej., "evitar", "excluir" y "eliminar") que implican una meta de cero enfermedad. "El control" de las enfermedades de plantas en este sentido no es práctico y en la mayoría de los casos ni siquiera es posible. En efecto, no tenemos que eliminar una enfermedad; solamente necesitamos reducir su progreso y mantener el desarrollo bajo un nivel aceptable. En vez de controlar la enfermedad, tenemos que pensar desde el punto de vista de manejar la enfermedad.

Una segunda deficiencia es que los principios tradicionales del control de enfermedades no toman en consideración la dinámica de las enfermedades de las plantas, es decir, los cambios en la incidencia y severidad de la enfermedad en el tiempo y espacio. Además, considerando que las enfermedades difieren en su dinámica, estos principios no indican la eficacia relativa de las diversas tácticas para el control de una enfermedad particular. Ellos también no indican como las diferentes medidas de control actúan recíprocamente en sus efectos en la dinámica de enfermedad. Necesitamos algunos medios de evaluar cuantitativamente los efectos de diversos medios de control, de forma individual y en combinación, con el progreso de enfermedad.

Finalmente, los principios tradicionales del control de las enfermedades tienden a enfatizar las tácticas sin adaptarlas en una estrategia comprensiva adecuada.

¿Significa esto que deberíamos abandonar los principios tradicionales? ¡Claro que no! Simplemente, tenemos que adaptarlos en una estrategia comprensiva apropiada con base en principios epidemiológicos.

Estrategias versus Tácticas

Pedirle a un grupo de expertos del manejo de plagas que den las estrategias más importantes para el control de las enfermedades de plantas, y es seguro que se encontrarán desacuerdos. Generalmente el problema es de semántica más bien que de desacuerdo fundamental sobre los medios importantes de control de enfermedad. Las definiciones de



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

diccionario para los dos términos son similares, pero por lo general, una estrategia es un plan comprensivo para realizar una meta dada, mientras que las tácticas son los medios específicos para hacer efectiva la estrategia. De la misma manera que las metas y objetivos que ellos se destinan a lograr, las estrategias y tácticas tienden a ocurrir en jerarquías. (Ejemplo) Lo que es una "estrategia" a un de nivel de enfoque podría llamarse una "táctica" a otro nivel.

El punto importante para recordar es que incontables compromisos humanos, sean operaciones militares, campañas políticas, juegos de fútbol o cualquier otro tipo de esfuerzo organizado, han fracasado, a pesar de las tácticas perfectas, por la falta de una estrategia sana. Cualquier empeño que requiere una serie de tareas conectadas para su terminación también requiera algún tipo de plan comprensivo. Cada tarea individual, por más que hábilmente ejecutada o cuan exitoso su resultado, no habrá progreso hacia el objetivo final a menos que tenga una relación coherente con todas las otras tareas necesarias

La Base Epidemiológica del Manejo de las Enfermedades

Las epifitias pueden clasificarse en dos tipos básicos, monocíclicas y policíclicas, dependiendo del número de ciclos de infección por el ciclo de cultivo.

Las etapas tempranas de una epidemia monocíclica pueden describirse bastante bien por un modelo lineal, mientras que las etapas tempranas de una epidemia policíclica pueden describirse con un modelo exponencial. Debido a que nuestra meta es mantener los niveles de enfermedad mucho menor al 100%, no hay necesidad ajustar los modelos para acercarse al límite superior y podemos usar los modelos simples lineales y exponenciales para planificar estrategias:

Modelo Monocíclico

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ x = QRt \end{array}$$

Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Modelo Policíclico

$$x = x_0 e^{rt}$$

$\begin{matrix} 1 & & 2 & 3 \\ \downarrow & & \downarrow \downarrow & \\ & & r & t \end{matrix}$

Examinando estos modelos, podemos ver que en ambos hay tres maneras en que podemos reducir x a cualquier punto de la epidemia:

Reducir el inóculo inicial (Q en el modelo monocíclico y x_0 en el modelo policíclico).
(Realmente x_0 es la incidencia inicial de enfermedad, que es proporcional al inóculo inicial.)

Reducir la tasa de infección (R en el modelo monocíclico y r en el modelo policíclico)

Reducir la duración de la epidemia (el tiempo, t , al final de la epidemia)

Estas, entonces, pueden utilizarse como tres estrategias principales para manejar las fitoepidemias y podemos organizar nuestras tácticas de control dentro de una o más de estas estrategias comprensivas. Además, por medio del modelo podemos evaluar el impacto cuantitativo de cada estrategia, no solamente por sí mismo, pero en su interacción con otros.

El modelo monocíclico

Según la ecuación arriba, es claro que en una epidemia monocíclica Q , R y t tienen igual peso en su efecto sobre x . Una reducción en el inóculo inicial o la tasa de infección resultará en una reducción en el nivel de enfermedad por la misma proporción a cualquier tiempo, t , durante toda la epidemia. Si t puede reducirse (por ejemplo, acortando la temporada), la enfermedad se reducirá proporcionalmente.



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

El modelo policíclico

Si r es muy alta, el efecto aparente de reducir x_0 es demorar la epidemia.

Si r es muy alta, x_0 debe reducirse a niveles bajísimos para tener un efecto significativo en la epidemia.

Reduciendo r tiene un efecto relativamente mayor sobre la epidemia que reduciendo x_0 .

Reduciendo x_0 tiene sentido estratégico sólo si r es bajo o si r ha sido reducido también.

Es más fácil comprender (¡y recordar!) estos conceptos si realmente seleccionamos valores para x_0 y r y graficamos el resultado. Esto puede hacerse fácilmente con una calculadora que tenga una función exponencial.

Claramente el desarrollo de una estrategia sana de manejo de enfermedad requiere un conocimiento adecuado de la biología del patógeno y el hospedante para seleccionar el modelo epidemiológico apropiado. Esto también requiere valores estimados (por lo menos aproximados) de los parámetros del modelo y la magnitud del impacto de cada táctica específica sobre el inóculo inicial o la tasa aparente de infección. El fallo en adoptar tal enfoque cuantitativo puede causar algunos errores embarazosos o aún muy costosos.

Los Principios Tradicionales Re-examinados

Para hacer el brinco conceptual desde el control de enfermedad al manejo de enfermedad, los principios tradicionales pueden modificarse para adaptarlos como tácticas dentro de cada una de las tres estrategias principales del manejo de enfermedad y por cambiar ligeramente la redacción para reflejar el impacto cuantitativo de la acción más bien que un efecto absoluto

Tácticas para la Reducción del Inóculo Inicial

Evasión -- reducir el nivel de enfermedad seleccionando una temporada o un sitio donde la cantidad del inóculo es baja o donde el ambiente es desfavorable para la infección

Exclusión -- reducir la cantidad del inóculo inicial introducido de fuentes externas



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Erradicación -- reducir la producción del inóculo inicial por destruir o inactivar las fuentes del inóculo inicial (saneamiento, remoción de depósitos de inóculo, remoción de huéspedes alternos, etc.)

Protección -- reducir el nivel de infección inicial por medio de un tóxico u otra barrera a la infección

Resistencia -- usar las variedades resistentes a la infección, particularmente la infección inicial

Terapia -- usar termoterapia, quimoterapia y/o cultivo de meristemas para producir semilla certificada o material certificado de propagación vegetativa

Tácticas para la Reducción de la Tasa de Infección

Evasión -- reducir la tasa de producción del inóculo, la tasa de infección o la tasa de desarrollo del patógeno seleccionando una temporada o un sitio donde el ambiente no es favorable

Exclusión -- reducir la introducción del inóculo de fuentes externas durante el curso de la epidemia

Erradicación -- reducir la tasa de producción del inóculo durante el curso de la epidemia por destruir o inactivar las fuentes del inóculo (remoción de las plantas infectadas)

Protección -- reducir la tasa de infección por medio de un tóxico o alguna otra barrera a la infección

Resistencia -- usar variedades que puedan reducir la tasa de producción del inóculo, la tasa de infección o la tasa de desarrollo del patógeno

Terapia -- curar las plantas ya infectadas o reducir la producción del inóculo

Tácticas para la Reducción de la Duración de la Epidemia

Prevención -- sembrar variedades precoces o sembrar en una temporada que favorezca la maduración rápida del cultivo



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Exclusión -- demorar la introducción del inóculo de fuentes externas por medio de cuarentenas

Una Jerarquía de Objetivos

Los objetivos tienden a ocurrir en jerarquías. Para cubrirse, el objetivo más general tendrá varios sub-objetivos que deben exitosamente cubrirse primero. Cada uno de estos sub-objetivos puede también tener sub-objetivos y así sucesivamente, en una jerarquía que puede consistir de varios niveles de objetivos.

Por ejemplo, supongamos que nuestro objetivo general (la meta) es reducir las pérdidas ocasionadas por **el tizón tardío de la papa en un campo particular**. Podríamos elaborar una jerarquía de objetivos como se indica a continuación:

Objetivo primario (Meta): Reducir las pérdidas ocasionadas por el tizón tardío de la papa

Objetivo secundario: Reducir el nivel de infección del follaje

Objetivo terciario: Reducir el nivel de inóculo inicial

-Objetivo cuaternario: Rotar las papas con otro cultivo

-Objetivo cuaternario: Quitar las papas voluntarias

-Objetivo cuaternario: Sembrar semilla certificada

-Objetivo cuaternario: Quitar las pilas de papas desechadas

Objetivo terciario: Reducir la tasa de desarrollo de la enfermedad

-Objetivo cuaternario: Sembrar variedades parcialmente resistentes

-Objetivo cuaternario: Sembrar barreras vivas para aislar campos adyacentes de papas

-Objetivo cuaternario: Aplicar fungicidas cuando sea necesario

Objetivo terciario: Reducir la duración de la epidemia

-Objetivo cuaternario: Sembrar una variedad precoz



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

-Objetivo secundario: Reducir el nivel de infección de los tubérculos

Objetivo terciario: Reducir la cantidad de inóculo que puede infectar los tubérculos

-Objetivo cuaternario: Controlar la epidemia foliar

-Objetivo cuaternario: Aporcar las hileras para mantener los tubérculos profundos

-Objetivo cuaternario: Matar las plantas y dejarlas secar antes de la cosecha

Objetivo terciario: Reducir la tasa de desarrollo de la enfermedad

-Objetivo cuaternario: Quitar la humedad de la superficie de las papas antes del almacenaje

-Objetivo cuaternario: Poner las papas en el almacenaje frío lo más pronto posible

Objetivo terciario: Reducir la duración de la epidemia en los tubérculos almacenados

-Objetivo cuaternario: Vender cualquier papa potencialmente infectada lo más pronto posible

Note que esta es simplemente una pequeña parte dentro de una jerarquía llena de objetivos. Lo que nosotros, como fitopatólogos o especialistas de control de plagas, podríamos establecer como objetivo general simplemente sería un objetivo intermediario para el productor, que tiene que manejar otras plagas y el cultivo y preocuparse por la productividad de la finca entera. Al otro extremo de la escala, debajo de algunos de nuestros objetivos cuaternarios podríamos crear un quinto nivel y quizás aún un sexto nivel. Por ejemplo, "Aplicar fungicidas cuando sea necesario" requeriría alguna determinación de la susceptibilidad de la variedad que hubiéramos sembrado, una evaluación del inóculo disponible, y una evaluación de las condiciones ambientales, quizás requiriendo el uso de un modelo de pronóstico.



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Note también que hay muchas maneras válidas para estructurar una jerarquía de objetivos para cubrir una meta determinada, aun comenzando con los mismos objetivos más bajos. La naturaleza del plan para organizar los objetivos depende de las predisposiciones del proyectista y mientras que algunos planes pueden ser mejores que otros para realizar la meta, los otros no necesariamente son erróneos.

Ejemplo: Producción de semilla del poroto

Varios patógenos importantes del poroto, incluyendo *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (el agente causal del tizón de halo), *Xanthomonas phaseoli* (el patógeno del tizón común) y *Colletotrichum lagenarium* (el hongo responsable de la antracnosis) son transmitidos mediante la semilla. Las recomendaciones para el control de estas enfermedades, por lo tanto, siempre incluyen la reducción de infección de semilla mediante algún tipo de programa de "semilla sana".

La semilla para la mayoría de la producción de poroto en los Estados Unidos se produce en áreas semi-áridas del Noroeste Pacífico, donde hay muy poco desarrollo de estos importantes patógenos llevados en la semilla. En la mayoría de los años, la semilla producida en estas áreas tiene una incidencia bajísima de infección.

Sin embargo, en las áreas centrales y del norte de los Estados Unidos donde se produce el frijol, el tiempo durante la mayoría de los veranos es por lo menos moderadamente favorable para el desarrollo de epidemias de estas enfermedades. Sembrando sólo semilla de las áreas semi-áridas, los productores de frijol en el resto del país pueden escapar infección significativa. Sin embargo, supongamos que por razones de economía y política los productores orientales deciden establecer su propio programa local de producción de semilla certificada de frijol. Ellos saben, por supuesto, que probablemente tendrán alguna infección de semilla, pero ellos pueden invertir un poco más en proteger con fungicidas y bactericidas el cultivo de semilla que es rentable con el cultivo del frijol comestible. Además,



Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

las nuevas tecnologías en los programas de certificación permiten la detección de niveles muy bajos de infección de semilla.

A pesar del uso frecuente del término "semilla libre de enfermedades", cero infección es imposible y por lo tanto en cualquier programa de certificación de semilla es necesario establecer un nivel aceptable de infección de semilla. Sin tocar el tema del error de muestreo y la sensibilidad del ensayo de semilla que, por supuesto, son consideraciones importantes, podremos calcular la infección máxima permisible de semilla muy aproximada usando nuestro conocimiento de la epidemiología de la(s) enfermedad(es) en cuestión.

Comenzamos calculando hacia atrás desde la cosecha, donde tenemos que decidir qué nivel de enfermedad podemos permitir al final de la temporada. Comúnmente esto se basa en criterios económicos y modelos de pérdidas. Supongamos en este ejemplo que hemos determinado que en el caso de tizón de halo la incidencia final de enfermedad permisible es 25% de las plantas infectada.

Luego tenemos que decidir cuál de los modelos epidemiológicos usaremos y debido a que el tizón de halo claramente es policíclico, seleccionamos el modelo logístico. Ahora tenemos que estimar la tasa aparente de infección del tizón de halo en las condiciones a la que los frijoles probablemente estarán expuestos. (Idealmente haríamos varias estimaciones de r , cada una en condiciones ambientales diferentes, para calcular el nivel aceptable de infección de semilla en la gama entera de condiciones que esperamos en el campo.) Esto se puede hacer conduciendo una serie de ensayos de campo o buscando algunos datos publicados sobre el progreso de la enfermedad. El resto es simplemente una cuestión de ajustar el valor estimado de r , la incidencia final de enfermedad y la duración de la temporada al modelo exponencial simple y resolverlo para la incidencia inicial de enfermedad.

Curso de posgrado: Manejo Integrado de enfermedades

Lo que llega a ser obvio en este caso es que el nivel permisible máximo de incidencia inicial de enfermedad es tan bajo que prácticamente no es logable sólo por la selección de semilla. De hecho, la mejor táctica sería comprar semilla producida en las áreas semi-áridas donde el nivel de la infección de semilla es, de hecho, extremadamente bajo. Muchos productores orientales de frijoles podrían haber ahorrado sumas grandes de dinero haciendo estos cálculos simples.