

REACCION DE ALGUNAS CRUCIFERAS AL ATAQUE DE
Plasmodiophora Brassicae Woronin EN
MANIZALES, COLOMBIA (*)

Por Enrique Torres Torres

INTRODUCCION

La hernia, causada por el hongo *Plasmodiophora brassicae* Wor. es probablemente la enfermedad más limitante y destructora de los cultivos de crucíferas en las regiones en donde se presenta. Los síntomas consisten en tumores y deformaciones de la raíz principal y de las raíces secundarias, marchitamiento de las plántulas en semilleros, y enanismo de las plantas en el campo.

En 1969, el autor encontró un ataque severo de la enfermedad en una plantación cultivada continuamente con repollo durante los últimos 5 años, localizada en Manizales, en el Departamento de Caldas (15). En la literatura disponible no aparecen registros previos de la enfermedad en Colombia.

La hernia es una amenaza para los cultivadores de la región, pues las condiciones ambientales de temperatura moderada (16 a 20°C), ausencia de sequías prolongadas y suelos francos con un pH entre 5,5 y 6,0 son las óptimas para el establecimiento del patógeno y el desarrollo de la enfermedad. En California se presentó un caso de propagación de *P. brassicae* a partir de unas pocas plantas de col de bruselas a toda una plantación de más de 8 hectáreas en 2 años (Nance, 12). Es urgente acumular suficiente información sobre la enfermedad en nuestro medio, para hacerle frente a una posible diseminación del agente causal.

El presente trabajo tuvo como objetivos: 1) Determinar la reacción de algunas crucíferas al ataque de *P. brassicae*, bajo condiciones de laboratorio y de campo; 2) Establecer la forma de distribución del inóculo en el campo; y 3) Comparar la intensidad del ataque causado por infestación natural en relación con infestación artificial.

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de la profesora Carmen Llanos Molina, I.A., M.S., a quien el autor expresa su gratitud.

REVISION DE LITERATURA

Los Plasmodiophorales son fitoparásitos intracelulares obligados, con plasmodio holocárpico. El género *Plasmodiophora* comprende varias especies, la más importante de las cuales es *P. brassicae* que ataca exclusivamente plantas crucíferas. Woronin (24) determinó esta especie como el agente causal de la hernia, y elaboró el primer informe sobre la morfología y la fisiología del hongo en 1878.

Las esporas de reposo de *P. brassicae* germinan dando origen a zoosporas biflageladas, las cuales eventualmente penetran a las células de la raíz, en donde se desarrollan hasta alcanzar el estado de plasmodio multinucleado (Karling, 7).

La infección, cuyo efecto directo consiste en la hipertrofia de las células invadidas y de sus núcleos, se manifiesta a simple vista por la producción de tumores en la raíz principal, o en las raíces secundarias, o en todo el sistema radical; el número de raíces funcionales se reduce drásticamente (Figura 1). Los tejidos afectados se descomponen fácilmente, tanto por la acción de organismos saprófitos como por la degradación metabólica que se presenta simultáneamente con la esporogénesis (8, 23). Las plántulas atacadas muestran síntomas de marchitez, inicialmente transitorios y restringidos a las horas más calientes del día (compárense las Figuras 2 y 3), los cuales llegan a ser permanentes e irreversibles a medida que la infección progresa. Aunque algunas plantas producen raíces adventicias por encima de la zona invadida, y sobreviven, las hojas más viejas toman una coloración violácea intensa y el crecimiento se reduce considerablemente.

En su monografía sobre los Plasmodiophorales, Karling (7) anota que existencia de formas especiales de *P. brassicae* con patogenicidad específica sobre determinadas variedades botánicas u hortícolas era conocida desde 1910. No obstante, Honing aparece citado como el primero en insinuar en 1930 la posibilidad de especialización fisiológica en *P. brassicae* (1, 19). Walker (16) sugirió en 1939 que la virulencia de varias poblaciones del patógeno podría ser diferente, ya que algunas variedades de repollo no muy resistentes en el Canadá y en Europa mostraban alta resistencia en los Estados Unidos. En 1942 resultaron severamente atacadas en Inglaterra unas variedades de nabo resistentes en los Estados Unidos, con lo cual se demostró la existencia de razas patogénicas en *P. brassicae* (Walker, 17).

La resistencia del repollo a la hernia está regulada por varios genes recesivos, lo cual dificulta la obtención de variedades resistentes (Ayers, 1; Williams y Walker, 20). En 1958 fue lanzada al mercado la variedad de repollo Badger Shipper, la primera con resistencia a un rango amplio de las razas presentes en los Estados Unidos, y en 1963 se anunció la aparición de una nueva raza frente a la cual la variedad no tenía resistencia (Seaman et al., 14). A este res-



FIGURA 1.— Sistemas radicales de una planta de repollo atacada por *Plasmodiophora brassicae* Wor. (izquierda) y de una planta sana (derecha). Nótese los tumores y el reducido número de raicillas en la planta atacada.

Foto Universidad de Caldas.

pecto, Lammerinck (10) afirma que la población de *P. brassicae* es heterogénea en cuanto a virulencia, y adaptable a las crucíferas que se cultivan en un momento dado, pudiendo presentarse nuevas razas con patogenicidad sobre las variedades que antes mostraban resistencia. Se han seleccionado variedades y líneas de repollo resistentes a las razas predominantes de New Hampshire y en la provincia de Quebec (2, 3). Según MacFarlane, la única crucífera que ha demostrado inmunidad al hongo es el alhelí (*Mathiola incana*) (Garrett, 6). En 1965 se estaban adelantando programas de mejoramiento de crucíferas por resistencia a la hernia en los Estados Unidos, Noruega y la Unión Soviética (Walker, 18). Debido a lo reciente de la aparición de *P. brassicae* en Colombia, no hay estudios sobre el comportamiento de las crucíferas frente al patógeno.

MATERIALES Y METODOS

Para determinar la reacción de las crucíferas se efectuaron 2 experimentos, uno en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas y otro en el lote en donde se presentó el brote de



FIGURA 2.— Vista parcial de una plantación de repollo var. Bolaverde, atacada por *Plasmiodictya brassicae* Wor., en las primeras horas de la mañana. Obsérvese la relativa lozanía de las plantas.

Foto Universidad de Caldas.

hernia. En el primero se estudiaron las variedades OS Cross, AS Cross, Ideal Market y Copenhagen Market de repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) (en el presente trabajo se hará referencia a las 3 primeras como ICA 3095, ICA 3093, e ICA 30103, respectivamente, correspondiendo estos números a aquellas bajo los cuales están registradas en el Programa de Hortalizas del Instituto Colombiano Agropecuario, (ICA), las variedades Snowball N., Snowball Y. y Gigante de Otoño de coliflor (*B. Oleracea* var. *botrytis*), la variedad Catskill de col de bruselas (*B. oleracea* var. *gemmifera*), la variedad Topper 45 de brócoli (*B. oleracea* var. *italica*), la variedad Florida de mostaza (*B. juncea*), una especie no identificada del género *Brassica* cultivada en Tibaitatá como "tallo", y el alhelí amarillo (*Mathiola incana*). En el campo se suprimió el alhelí amarillo por escasez de la semilla, y se adicionaron las variedades DS Cross, Red Acre y Charleston Wakefield de repollo.

Experimentos de laboratorio

Se compararon 3 condiciones de infestación del suelo con *P. brassicae*:

Infestación natural: Suelo del campo en donde se presentó inicialmente la enfermedad, tomado de una



FIGURA 3.— Vista parcial de una plantación de repollo var. Bolaverde, atacada por *Plasmiodiophora brassicae* Wor., al mediodía. Obsérvense los síntomas de marchitez.

Foto Universidad de Caldas.

zona en donde todas las plantas habían sido severamente afectadas;

Infestación artificial: Raíces de plantas de repollo con hernia, maceradas en licuadora por 3 minutos, se incorporaron en proporción volumétrica 1:10 a suelo del jardín de la Universidad de Caldas previamente esterilizado en autoclave por 2 horas; este proceso es análogo al usado por Reyes (13);

No: infestación: Suelo del jardín de la Universidad de Caldas, previamente esterilizado en autoclave por 2 horas.

Se utilizaron semilleros Eternit de 47 x 32 x 11 cms. Para cada condición de infestación del suelo se prepararon 3 semilleros. En cada semillero se acomodaron 4 variedades sembrando 10 semillas de cada una en 2 surcos paralelos de 16 cms. de largo. Después de la germinación se suministraron 4 horas diarias de luz suplementaria con un bombillo de 1.000 vatios suspendido a 70 cms. de las plantas. La humedad del suelo se mantuvo cercana a la capacidad de campo. La temperatura del cuarto osciló entre 17 y 24°C.

A los 35 días de la siembra se arrancaron cuidadosamente las plántulas y se evaluó la incidencia de la enfermedad. Crete y sus

colaboradores (4), Seaman y los suyos (14), y Lammerinck (9) han desarrollado esquemas de calificación muy semejantes entre sí, consistentes en ubicar las plantas probadas, según escalas definidas por la severidad del ataque del hongo, asignando a cada clase de la escala un factor de ponderación arbitrario por el cual se multiplica el número de plantas en la respectiva clase; para calcular el índice de enfermedad se divide la suma de esos productos por el total de plantas observadas. De entre los anteriores, al menos la escala y el índice de Crete (4) suministran datos que pueden ser sometidos a análisis de varianza y de concordancia. De todas las escalas mencionadas en la literatura, la de Catovic-Catani y Rich (2) es la única diseñada y usada cuando las lecturas se efectúan antes del trasplante al sitio definitivo, por lo cual se adoptó en esta investigación. Catovic-Catani y Rich (2) clasifican las plantas de acuerdo con la intensidad del ataque de hernia, presentan los resultados como el número de plantas en cada clase y omiten el cálculo de un índice analizable estadísticamente y el suministro de criterios para efectuar dicho cálculo. En consecuencia, los datos no se analizan estadísticamente debido a la carencia de un parámetro cuyo error estuviera distribuido normal e independientemente.

Tanto en el trabajo de laboratorio como en el campo se evaluó el grado de patogenicidad de acuerdo con la siguiente escala:
Clase A: Plantas aparentemente sanas;

Clase B: Plantas con tumores de grosor inferior al doble de la raíz en donde se presentan;

Clase C: Plantas con tumores de grosor igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Experimentos de campo

El lote donde se efectuó el trabajo de campo tenía las siguientes características: materia orgánica: 3,5%; pH: 5,5; fósforo: 59,2 ppm; potasio: 0,22 m.e./100 grs.; aluminio: 0,20 m.e./100 gr.

Las variedades se sembraron en parcelas de 2,00 x 1,25 mts. Cada parcela comprendía 11 surcos de 1,25 mts. de largo distanciados entre sí 15 cms. En cada surco se sembraron 24 semillas a 5 cms. de distancia. Cada variedad se sembró al menos en dos parcelas tomadas al azar. Dependiendo de la disponibilidad de semilla, algunas variedades se sembraron en 3 ó 4 parcelas. El índice de la enfermedad se evaluó a los 50 días de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimentos de Laboratorio

De acuerdo con los datos que aparecen en la Tabla I, las 86 plantas provenientes de suelo con infestación natural y las 84 de suelo con infestación artificial, presentaron reacciones A, B y C, mientras

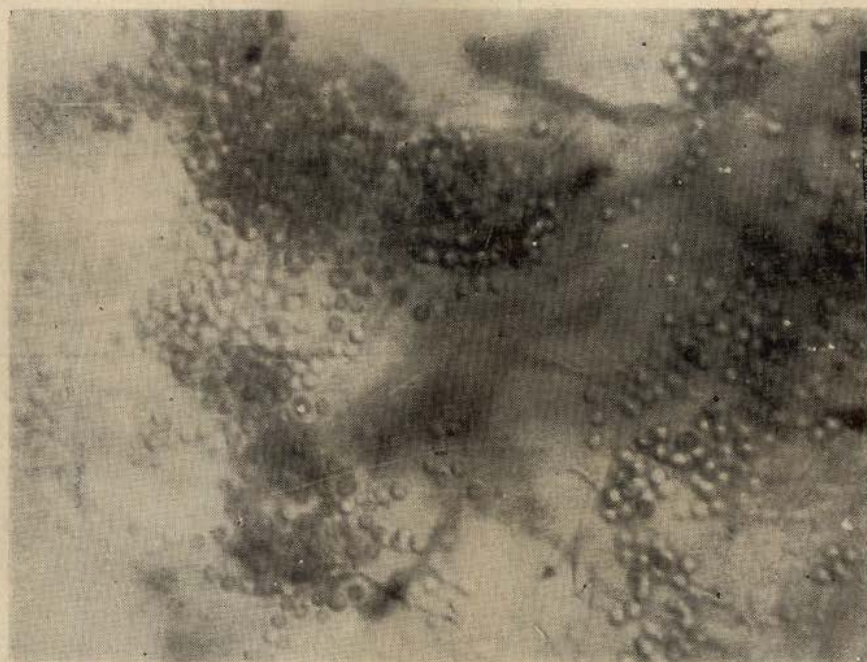


FIGURA 4.— Corte de la raíz de una planta de repollo atacada por *Plasmodiophora brassicae* Wor., el agente causal de la hernia de las crucíferas. Obsérvese la abundancia de esporas del hongo encerradas en las células del susceptible (sin tinción; aproximadamente 500X).

Foto Universidad de Caldas.

que las 106 plantas del suelo esterilizado en autoclave permanecieron sanas (Clase A). Por otra parte, en corte de raíces de plantas enfermas se observan las células llenas de las esporas de reposo típicas del hongo (Figura 4).

Analizando los porcentajes de plantas afectadas (Tabla II) se nota que la infestación artificial ocasionó ataques severos (Clase C) en una porción mayor de la población (44,0%) que la infestación natural (25,5%). La misma observación es cierta para repollo, coliflor, brócoli y col de bruselas. En ningún caso la enfermedad fue más prevalente en suelo infestado naturalmente en comparación con el suelo infestado artificialmente. Si se tiene en cuenta que las condiciones ambientales fueren iguales para los dos tipos de infestación, puede presumirse que la mayor severidad inducida por la infestación artificial obedece a una mayor cantidad de inóculo viable.

La Tabla III se elaboró considerando el total de plantas afectadas en mayor o menor grado sin tener en cuenta la forma de infestación del suelo. De su análisis se deduce que el alhelí mostró inmuni-

— T A B L A I —

Reacción de algunas crucíferas al *Plasmiodiophora brassicae* Wor. (razas no determinadas) bajo condiciones de laboratorio.

Planta y variedad	Número de plantas/clase de reacción (*)								
	Infestación natural			Infestación artificial			No infestación		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Alhelí	6	0	0	6	0	0	10	0	0
Coliflor									
Snowball Y	9	0	0	10	0	0	10	0	0
Snowball M	9	0	0	7	1	0	10	0	0
Gigante de Otoño	2	4	0	1	2	1	9	0	0
Repollo									
Copenhagen Market	7	0	0	3	0	2	10	0	0
Registro ICA 3095	4	1	0	2	1	0	8	0	0
Registro ICA 3096	6	0	0	0	0	5	4	0	0
Registro ICA 30103	0	1	8	1	0	5	8	0	0
Col de bruselas									
Catskill	2	4	0	4	3	3	9	0	0
Mostaza									
Florida	2	0	6	2	2	6	9	0	0
Tallo	0	0	6	1	0	8	10	0	0
Brócoli									
Topper 45	0	7	2	0	1	7	9	0	0
Total	47	17	22	37	10	37	106	0	0

(*) Clase A: Plantas aparentemente sanas.

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

— T A B L A II —

Efectividad de 2 tipos de infestación del suelo con *Plasmodiophora brassicae* Wor. (razas no determinadas).

Planta	Porcentaje de plantas/clase de reacción (*)					
	Infestación natural (**)			Infestación artificial (***)		
	A	B	C	A	B	C
Alhelí	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Coliflor	83,4	16,5	0,0	81,7	13,6	4,4
Repollo	59,2	7,4	29,6	31,5	5,2	63,0
Col de brusclas	33,4	66,5	0,0	40,0	30,0	30,0
Mostaza	25,0	0,0	75,0	20,0	20,0	60,0
Tallo	0,0	0,0	100,0	11,1	0,0	88,8
Brócoli	0,0	77,7	22,2	0,0	12,5	87,5
En conjunto				43,9	11,9	44,0

(*) Clase A: Plantas aparentemente sanas

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

(**) Suelo de un lote en donde se presentó la hernia

(***) Por incorporación de raíces de plantas enfermas a suelo previamente esterilizado en autoclave, en proporción volumétrica 1:10.

— T A B L A III —

Comparación de 7 crucíferas por su reacción al *Plasmodiophora brassicae* Wor. (razas no determinadas) bajo condiciones de laboratorio.

Planta	Número de plantas ensayadas	Porcentaje de plantas por clase de reacción (*)		
		A	B	C
Alhelí	12	100,0	0,0	0,0
Coliflor	46	82,4	15,1	2,1
Repollo	46	47,9	6,3	43,4
Col de Bruselas	16	37,4	43,7	18,7
Mostaza	18	22,2	11,1	66,6
Tallo	15	6,6	0,0	93,4
Brócoli	17	0,0	47,0	53,0

(*) Clase A: Plantas aparentemente sanas.

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

dad al hongo, y que la incidencia de hernia en coliflor fue escasa, mientras que el repollo y la col de bruselas fueron regularmente afectados, y la mostaza, el tallo y el brócoli mostraron la máxima susceptibilidad.

Entre las 4 variedades de repollos probadas, el registro ICA 3095 y la variedad Copenhagen Market resultaron menos afectados que el registro ICA 30103, el cual exhibió la más alta susceptibilidad según se observa en la Tabla IV. La inconsistencia de los datos para el registro ICA 3096 (54,4% de plantas sanas y 45,4% de plantas con tumores grandes) se deriva de que en suelo con infestación natural todas las plantas permanecieron sanas, mientras que en suelo con infestación artificial todas mostraron los síntomas más severos (ver Tabla I), lo cual se atribuye a una mayor concentración de inóculo en el suelo con infestación artificial.

De las 3 variedades de coliflor ensayadas, Snowball Y no fue atacada, y Snowball M fue levemente afectada por el patógeno en un 5,8% de su población. Gigante de Otoño sufrió la más alta incidencia de hernia (70% de las plantas afectadas, aunque sólo 10% en forma severa).

— T A B L A IV —

Comparación de algunas variedades de repollo y de coliflor por su reacción al *Plasmodiospora brassicae* Wor. (razas no determinadas) bajo condiciones de laboratorio.

Planta y variedad	Porcentaje de plantas/clase de reacción (*)		
	A	B	C
Repollo			
Copenhagen Market	83,3	0,0	16,6
Registro ICA 3095	75,0	25,0	0,0
Registro ICA 3096	54,4	0,0	45,4
Registro ICA 30103	6,6	6,6	86,6
Coliflor			
Snowball Y	100,0	0,0	0,0
Snowball M	94,0	5,8	0,0
Gigante de Otoño	30,0	60,0	10,0

*) Clase A: Plantas aparentemente sanas.

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Las plántulas del registro ICA 30103 atacadas de hernia crecieron más rápidamente que las sanas (compárense las Figuras 5 y 6 con la 7). Este efecto coincide con lo observado en cultivo de tejidos de repollos infectados con *P. brassicae* los cuales duplicaron su peso en 3 días, en tanto que cultivos sanos de tamaño comparable demoraron 5 días para obtener el mismo incremento (22). Este estímulo en el crecimiento parece estar asociado con un exceso de ribosomas, mitocondrios, retículo endotelial, ácido deoxiribonucleico (ADN), ácido ribonucleico (ARN) e histonas en las células invadidas por *P. brassicae* en comparación con células sanas, de lo cual resulta un mayor contenido de almidón en las células infectadas. Esta aceleración en el crecimiento termina cuando las células invadidas no son capaces de sostener más el parasitismo del hongo, y éste consume el almidón acumulado en la planta (8, 21, 22, 23). Los resultados sugieren aplicaciones útiles del hongo en relación con las crucíferas cuya parte aprovechable sea el follaje (col, mostaza para ensaladas).



FIGURA 5.— Desarrollo de las plántulas de repollo del registro ICA 30103 en suelo infestado artificialmente con *Plasmodiophora brassicae* Wor., el agente causal de la hernia de las crucíferas, a los 35 días de la siembra.

Foto Universidad de Caldas.

Experimentos de campo

Los resultados obtenidos en las diferentes parcelas de la mayoría de las variedades discrepan notoriamente entre sí (Tabla V). Estas discrepancias deben interpretarse como evidencia de que el inóculo de *P. brassicae* no ha alcanzado todavía concentraciones uniformemente infecciosas en el campo.

Reuniendo la información obtenida para cada una de las crucíferas estudiadas se elaboró la Tabla VI. La cantidad relativa de plantas que escaparon al ataque del patógeno es máxima para brócoli (44,1%) y disminuye progresivamente para las demás especies hasta llegar a 3,1% en la mostaza. No hay diferencias apreciables entre las 6 crucíferas según la porción de plantas que exhiben la reacción C ($20\% \pm 3,1$).

El comportamiento de las variedades de repollo y coliflor se aprecia en la Tabla VII en donde aparece el porcentaje de plantas en cada una de las 3 clases de reacción. Se aprecian diferencias tanto en la columna A (plantas que permanecieron sanas) como en la co-



FIGURA 6.— Desarrollo de las plántulas de repollo de registro ICA 30103 en suelo infestado naturalmente con *Plasmiodiophora brassicae* Wor., el agente causal de la hernia de las crucíferas, a los 35 días de la siembra.

Foto Universidad de Caldas.

iumna C (plantas con ataque severo de hernia): el 54,4% de las plantas del registro ICA 3096 permaneció libre de la enfermedad, y sólo el 8,8% mostró los síntomas más severos; en las variedades Red Acre, DS Cross y Charleston Wakefield escaparon a la enfermedad el 47,3, el 46,0 y 35,3% de las plantas, y sufrieron daños severos al 4,8 el 9,6 y el 15,8%, respectivamente; Copenhagen Market y el registro ICA 3095 fueron medianamente afectados; la mayor incidencia de hernia se presentó en el registro ICA 30103 donde sólo 0,2% de la población permaneció libre de la enfermedad, y 31,8% resultó con síntomas severos. Las variedades de coliflor no mostraron diferencias notables; la menos afectada fue Snowball M con 47,7% de las plantas sanas, y la más atacada fue Snowball Y con sólo el 24,7% de plantas sanas.

De la investigación en conjunto

Comparando los resultados de laboratorio con los de campo resulta evidente que las concentraciones del inóculo de *P. brassicae* obtenidas incorporando raíces de plantas enfermas a suelo no infestado son superiores a las disponibles actualmente en el campo. Por consiguiente pueden esperarse aumentos en la intensidad de los



FIGURA 7.— Desarrollo de las plántulas de repollo del Registro ICA 30103 en suelo libre de *Plasmodiophora brassicae* Wor., el agente causal de la hernia de las crucíferas, a los 35 días de la siembra.

Foto Universidad de Caldas.

ataques en el campo a medida que el inóculo del hongo se haga más abundante. Para limitar esa abundancia del hongo se recomienda reemplazar los cultivos de crucíferas en los lotes afectados con cultivos no susceptibles por períodos no menores de 7 años (Garrett, 6).

Las especies y variedades de crucíferas ensayadas se comportaron diferentemente en el campo y en el laboratorio (compárense las Tablas III y IV con las Tablas VI y VII), y esa diferencia persistió aún entre parcelas de una misma variedad en el campo (ver Tabla V). Parece correcto asumir que tal inconsistencia obedece a la distribución desigual del inóculo de *P. brassicae* en el suelo (ver ubicación de las parcelas en el campo y ocurrencia de la hernia). Debe considerarse la posibilidad de que en Manizales, estén presentes 2 o más razas del patógeno, y que el inóculo de *P. brassicae* sea abundante y esté uniformemente distribuido en el terreno, pero que la fracción correspondiente a cada raza esté distribuida desigual y erráticamente y sea relativamente escasa.

A pesar de la distribución irregular del inóculo, las crucíferas probadas presentaron diferencias destacadas. Así, la coliflor, el repollo y la col de bruselas escaparon en mayor proporción al ataque

— T A B L A V —

Reacción de algunas crucíferas al *Plasmodiophora brassicae* Wor. (razas no determinadas) bajo condiciones de campo.

Planta y Variedad	Repetición	Número de plantas	Porcentaje de plantas/ clase de reacción (*)		
			A	B	C
Brócoli					
Topper 45	I	145	40,6	39,3	20,00
“ ”	II	59	52,2	28,8	18,6
Col de bruselas					
Catskill	I	140	69,2	24,2	6,4
”	II	123	18,6	34,9	46,3
”	III	115	29,5	53,9	16,5
Coliflor					
Snowball M	I	102	26,4	29,4	44,1
” ”	II	75	69,3	28,0	2,6
” ”	III	91	53,8	38,4	7,6
Gigante de Otoño	I	117	34,1	29,9	35,9
” ” ”	II	64	50,0	40,6	9,3
” ” ”	III	52	36,5	61,5	1,9
” ” ”	IV	85	9,4	54,1	36,4
Snowball Y	I	59	35,5	56,0	8,4
” ”	II	184	13,5	53,8	32,6
” ”	III	101	38,6	45,5	15,8
Repollo					
Registro ICA 3096	I	93	73,1	26,8	0,0
” ” ”	II	96	39,5	52,0	8,3
” ” ”	III	81	50,6	29,6	19,7

— T A B L A V — (Continuación)

Planta y Variedad	Repe- tición	Número de plantas	Porcentaje de plantas/ clase de reacción (*)		
			A	B	C
Red Acre	I	93	44,0	44,0	11,8
" "	II	137	49,6	50,4	0,0
DS Cross	I	52	42,3	50,0	7,6
" "	II	48	50,0	39,5	10,4
Charlston Wakefld.	I	93	35,4	52,6	11,8
" "	II	122	35,2	45,9	18,8
Copenhagen Market	I	109	49,5	30,2	20,1
" "	II	119	16,8	68,9	14,2
" "	III	121	14,0	57,8	28,1
Registro ICA 3095	I	100	20,0	49,0	31,0
" " "	II	117	12,8	64,1	23,0
" " "	III	89	22,4	68,5	9,0
Registro ICA 30103	I	87	1,1	82,7	16,0
" " "	II	169	0,0	40,8	59,1
" " "	III	183	0,0	85,7	14,2
Tallo	I	149	42,9	0,0	57,0
"	II	177	12,4	77,9	9,6
"	III	124	0,0	100,0	0,0
Mestaza					
Florida	I	189	0,0	58,2	41,7
"	II	158	0,0	81,6	18,3
"	III	184	11,9	84,2	3,8
"	IV	181	0,0	93,9	6,0

(*) Clase A: Plantas aparentemente sanas.

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

— T A B L A VI —

Comparación de 6 crucíferas por su reacción al *Plasmediophora brassicae*
Wor. (razas no determinadas) bajo condiciones de campo.

Planta	Número de plantas ensayadas	Porcentaje de plantas por clase de reacción (*)		
		A	B	C
Brócoli	204	44,1	36,2	19,6
Col de bruselas	378	40,7	36,7	22,5
Coliflor	930	33,5	43,3	23,1
Repollo	1.909	27,5	53,7	18,7
Tallo	450	19,1	58,2	22,6
Mostaza	712	3,1	79,2	17,6
En Conjunto	4.583	25,9	53,8	20,1

(*) Clase A: Plantas aparentemente sanas.

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

del patógeno, y sufrieron daños severos en un porcentaje menor que la mostaza y el tallo. Los resultados nos permiten asociar este escape a la enfermedad con la resistencia genética.

Analizando el fenómeno según el concepto de potencial de inóculo definido por Garret (6) como:

“La energía de crecimiento de un parásito disponible para la infección de un hospedante en la superficie del órgano hospedante que va a ser infectado”,

puede considerarse que el hongo necesita un potencial mayor, entendido como una mayor cantidad de esporas para causar infecciones en coliflor, repollo y col de bruselas que en mostaza y tallo; dentro de las variedades de repollo serían necesarias cantidades más abun-

— T A B L A VII —

Comparación de algunas variedades de repollo y de coliflor por su reacción al *Plasmodiophora brassicae* Wor. (razas no determinadas) bajo condiciones de campo.

Planta y variedad	Porcentaje de plantas por clase de reacción (*)		
	A	B	C
Repollo			
Registro ICA 3096	54,4	36,6	8,8
Red Acre	47,3	47,8	4,8
DS Cross	46,0	45,0	9,0
Charleston Wakefield	35,3	48,8	15,8
Copenhagen Market	26,0	53,0	20,9
Registro ICA 3095	17,9	60,4	21,5
Registro ICA 30103	0,2	67,8	31,8
Coliflor			
Snowball M	47,7	32,0	20,1
Gigante de Otoño	31,1	43,7	25,1
Snowball Y	24,7	51,7	23,5

(*) Clase A: Plantas aparentemente sanas.

Clase B: Plantas con tumores de diámetro inferior al doble del de la raíz en donde se presentan.

Clase C: Plantas con tumores de diámetro igual o superior al doble del de la raíz en donde se presentan.

dantes del inóculo para infectar a Red Acre o a DS Cross que al registro ICA 30103; una interpretación semejante ha sido propuesta por Heald para la interacción *Tilletia caries*: trigo (Garrett, 6).

Dada la relativa escasez y la distribución desuniforme del inóculo de *P. brassicae*, las probabilidades de que ocurra infección y de que ésta llegue a sus expresiones más severas serán mayores para las especies o variedades que demanden un potencial de inóculo más bajo. Los resultados obtenidos con brócoli (la planta más afectada en el laboratorio y la más libre de hernia en el campo) pueden de-

berse a concentraciones de inóculo adecuadas en el primer caso pero demasiado bajas en las parcelas correspondientes a esta especie, pues aún las plantas con exigencias mínimas en cuanto a concentración de inóculo escapan a la enfermedad cuando el patógeno no alcanza ese mínimo.

Aunque ninguna variedad probada en el campo es resistente a *P. brassicae* puede posturarse, como consecuencia de este escape cuantitativo a la enfermedad, que las variedades de Catskill de col de Bruselas, Snowball M y Snowball Y de coliflor y Red Acre, DS Cross y Charleston Wakefield de repollo permanecerán sanas en una alta proporción si predominan concentraciones bajas del inóculo, mientras que las variedades Topper 45 de brócoli, Florida de mostaza, Gigante de Otoño de coliflor y Copenhagen Market de repollo, los registros ICA 3095, 3096 y 30103 de repollo y el tallo serán altamente afectados a niveles relativamente inferiores de concentración de inóculo. En virtud de esta circunstancia el registro ICA 30103 de repollo, el tallo y la variedad Florida de mostaza parecen adecuados para detectar poblaciones del patógeno por debajo de niveles epidémicos para la coliflor, la col de bruselas y otras variedades de repollo.

Los anteriores planteamientos sugeridos por los resultados de esta investigación, pueden ser probados inoculando plántulas de diferentes variedades con suspensiones de esporas cuantitativamente exactas a diferentes niveles de concentración, según los procedimientos utilizados por Lammerinck (11), Seaman et al. (14), Williams (19) y Crete y Chiang (3), y evaluado con precisión el grado de infección. El autor realizó ensayos de tinción de raíces sanas e infectadas con azul de algodón al 0,005% en ácido acético del 50%, del cual afirman Channon y sus colaboradores (5) que es más adecuado que el acetozarmin al 1% usado por MacFarlane (Garrett, 6) para detectar infecciones de *P. brassicae* en pelos radicales, con resultados inconsistentes, por lo cual se hace necesario explorar técnicas de evaluación cuantitativa y precisa de la enfermedad.

Para estudiar la posible mezcla de razas de *P. brassicae* se recomienda determinar las zonas presentes en Manzales así como multiplicar el inóculo producido en cada una de las variedades propuestas como de infección menos probable sobre esa misma variedad hasta obtener el suficiente número de esporas para infestar suelo en concentraciones no inferiores a 108 esporas/cc. de suelo (Williams, 19) y evaluar en esas condiciones de infestación la reacción de la respectiva variedad.

CONCLUSIONES

Hubo diferencias cuantitativas en el ataque del patógeno a las especies y variedades probadas. El alhelí resultó inmune; las variedades Catskill de col de bruselas, Snowball M y Snowball Y de coliflor, y Red Acre, DS Cross y Charleston Wakefield de repollo fue-

ron menos afectadas que las variedades Florida de mostaza, Topper 45 de brócoli, Gigante de Otoño de coliflor y Copenhagen Market de repollo, los registros ICA 3095, 3096 y 30103 de repollo y el tallo. Se propone que estas diferencias se adscriban a desigualdades en el potencial de inóculo (según Garret, 6) que *P. brassicae* requiere para infectar las diversas variedades, siendo el potencial requerido directamente proporcional a la cantidad de plantas que escapan a la enfermedad.

El grado de ataque de hernia fue mayor y más uniforme en suelo infestado artificialmente incorporando raíces maceradas de plantas enfermas a suelo no infestado, que en suelo naturalmente contaminado de *P. brassicae*. La intensidad de la enfermedad en el campo fue irregular, debido a la disparidad en la distribución del inóculo del hongo.

Las plántulas de repollo del registro ICA 30103 infectadas con *P. brassicae* crecieron más aceleradamente que las plántulas sanas. Es conveniente determinar la utilidad del efecto estimulante del hongo sobre el crecimiento de crucíferas tales como col y mostaza para ensaladas, cuya parte aprovechable son las hojas.

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo para evaluar en el campo y en el laboratorio la intensidad del ataque de la hernia, causada por *Plasmiodiophora brassicae* Wor., sobre algunas variedades de repollo, coliflor, mostaza y col de bruselas, y sobre "tallo" (*Brassica* sp.) y alhelí (*Mathiola incana*). La enfermedad se encontró recientemente por primera vez en Colombia.

El alhelí fue inmune al ataque del hongo. Ninguna variedad mostró resistencia genética al patógeno, pero las variedades Catskill de col de bruselas, Snowball M y Snowball Y de coliflor, y Red Acre, DS Cross y Charleston Wakefield de repollo fueron cuantitativamente menos afectadas por la hernia. Se sugiere estudiar en detalle la naturaleza de este comportamiento.

Las variedades Florida de mostaza, el tallo, y el registro ICA 30103 de repollo fueron severamente afectados por el patógeno en todas las condiciones ensayadas, por lo cual se recomienda usarlas como plantas indicadoras de la presencia de cantidades subinfecciosas de inóculo de *P. brassicae*.

No se obtuvieron ataques uniformes de hernia debido a que el inóculo del hongo está distribuido irregularmente en el suelo.

Se observó un efecto estimulante de la enfermedad sobre el desarrollo de las plantas de repollo del registro ICA 30103. Se recomienda buscar aplicaciones útiles de este efecto en otras crucíferas.

REACTION OF SOME CRUCIFERS TO THE ATTACK OF
PLASMODIOPHORA BRASSICAE WORONIN IN
MANIZALES, COLOMBIA.

SUMMARY

This research was carried out to evaluate in the field and in the laboratory the incidence of clubroot, caused by **Plasmodiophora brassicae** Wor., on some varieties of cabbage, cauliflower, mustard and Brusel sprout, and on tallo (**Brassica** sp.) and common stock (**Ma-thiola incana**). The disease has been recently found for the first time in Colombia.

Common stock was immune to the fungus. No variety showed genetic resistance to the pathogen, but brussele sprout Catskill, cauliflower Snowball M and Snowball Y, and cabbage Red Acre, DS Cross and Charleston Wakefield were quantitatively less affected by clubroot. The nature of this reaction should be further studied.

Mustard Florida, tallo, and cabbage ICA 30103 were severely injured by the pathogen under all conditions, whereby it seems advisable to use them to detect the presence of subinfectious quantities of inoculum of **P. brassicae**.

No uniform attacks were obtained due to the erratic distribution of the inoculum in the soil.

The disease stimulated the rate of development of cabbage ICA 30103. The usefulness of this effect on other crucifers should be explored.

BIBLIOGRAFIA

1. AYERS, G. W.— Races of **Plasmodiophora brassicae**. *Cann. J. Bot.* 35: 923-932. 1957.
2. CATOVIC-CATANI, S. and RICH, A. E.— Testing crucifers for resistance to clubroot in New Hampshire. *Plant Dis. Rep.* 48: 47-50. 1964.
3. CRETE, R. and CHIANG, M. S.— Screening tests of crucifers for resistance to clubroot in organic soils of Quebec. *Plant Dis. Rep.* 51: 991-992. 1967.
4. ————. LALIBERTE, J. et JASMIN, J. J.— Lutte chimique contre la hernie, **Plasmodiophora brassicae** Wor. des crucifers on sols mineral at organique. *Can J. Plant Sci.* 43:349-354. 1963.

5. CHANON, A. FLINT, G. and HINTON, R.A.L.— A quantitative laboratory method for inoculating cabbage seeding with **Plasmodiophora brassicae** Wor. Ann. Appl. Biol. 54:71. 1964.
6. GARRETT, S. D.— Biology of root-infecting fungi. London. Cambridge University Press, 1956. 202 p.
7. KARLING, J. S.— The Plasmodiophorales New York, s. e., 1942.
8. KEEN, N. T. and WILLIAMS, P. H.— Synthesis and degradation of starch and lipide following infection of cabbage by **Plasmodiophora brassicae**. Phytopathology 59: 778-785. 1969.
9. LAMMERINCK, J.— Pathological specialization of **Plasmodiophora brassicae** Wor. in New Zealand. New Zeal. J. Agr. Res. 7:37-41. 1964.
10. ————. A survey of pathogenic races of clubroot in the South Island of New Zealand. New Zeal. J. Agr. Res. 8:667-671. 1965.
11. ————. The inheritance of clubroot resistance in **Brassica napus** L. New Zeal. J. Agr. Res. 10:109-115. 1967.
12. NANCE, NELLIE W., (Comp.). Some new and important plant disease occurrences and development in the United States in 1955. Plant. Dis. Rep. Suppl. 241:224. 1956.
13. REYES, A. A.— Detection of **Plasmodiophora brassicae** races 2 and 6 in Ontario. Plant Dis. Rep. 53: 223: 225. 1969.
14. SEAMAN, W. L., WALKER, J. C. and LARSON, R. H.— A new race of **Plasmodiophora brassicae** affecting Badger Shipper cabbage. Phytopathology 53: 1426-1429. 1963.
15. TORRES, E.— Brote epidémico de la hernia del repollo. El Espectador, Bogotá. Sept. 14. 1969: 10D.
16. WALKER, J. C.— Resistance to clubroot in varieties of turnip and rutabaga. J. Agr. Res. 59: 815-827. 1939.
17. ————. Physiologic races of **Plasmodiophora brassicae**. Phytopathology 32: 18. 1942.
18. ————. Disease resistance in the vegetable crops. Bot. Rev. 31: 331-380. 1965.
19. WILLIAMS, P. H.— A system for the determination of races of **Plasmodiophora brassicae** that infect cabbage and rutabaga. Phytopathology 56: 624-626. 1966.
20. ———— and WALKER, J. C.— Races of clubroot in North America. Plant Dis. Rep. 47-608-611. 1963.

21. ———— and YUKAWA, Y. B.— Ultrastructural studies of the host parasite relations of *Plasmodiophora brassicae*. *Phytopathology* 57: 682-687. 1967.
22. ————, REDDY, M. N. and STRANDBERG, J. O.— Growth of noninfected and *Plasmodiophora brassicae* infected cabbage callus in culture. *Can J. Bot.* 47: 1217-1221. 1969.
23. ———— et al.— Metabolite synthesis and degradation during clubroot development in cabbage hypocotyls. *Phytopathology* 58: 921-928. 1968.
24. WORONIN, M. S.— *Plasmodiophora brassicae* Urheber der Kophpflanz-Hernie. *Jb. Wies. Bot.* 2:548-574. 1878. (Traducida al Inglés por C. Chupp; publicada por The American Phytopathological Society como *Phytopathological Classics* No. 4, 1934).