

Eficacia en campo de dos fungicidas para el control del “mal del pie” de la judía (*Phaseolus vulgaris* L.) en La Bañeza (León)

M. P. CAMPELO, A. LORENZANA, M. F. MARCOS, M. ÁMEZ, J. A. BOTO, P. A. CASQUERO

Se estudia la eficacia de la aplicación de Carbendazima e Himexazol mediante pulverización directa en el cuello de plantas de judía grano (variedad local Pinta) en una parcela infestada por *Fusarium solani*. Se evalúan parámetros cualitativos (sintomatología, nodulación y aislamiento del hongo) y cuantitativos (desarrollo y peso radicular, número de vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento por planta). El empleo de fungicidas mejoró significativamente ($P < 0,05$) el desarrollo radicular. En las plantas que recibieron el tratamiento con Carbendazima se observa una reducción significativa ($P < 0,05$) en el aislamiento del hongo y un incremento altamente significativo ($P < 0,01$) en el número de vainas por planta y en el rendimiento por planta. Con los resultados obtenidos, se considera interesante la realización de ensayos complementarios en otros ambientes y con otras variedades.

M. P. CAMPELO, A. LORENZANA, M. F. MARCOS: Laboratorio de Diagnóstico de Plagas y Enfermedades Vegetales. Fundación Chicarro-Canseco-Banciella. E.S.T. Ingeniería Agraria. Universidad de León. Avda. Portugal 41. 24071 León.

M. ÁMEZ, J. A. BOTO, P. A. CASQUERO: E.S.T. Ingeniería Agraria. Universidad de León. Avda. Portugal 41. 24071 León.

Palabras clave: *Fusarium solani*, mal del pie. Carbendazima. Himexazol, síntomas, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La alubia (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa grano que tradicionalmente se cultiva en los regadíos de la provincia de León, ocupando una superficie de 4.000 ha (CASQUERO *et al.*, 2003) mayoritariamente en las comarcas agrarias de El Páramo, La Bañeza y Astorga, y con una producción próxima a las 7.000 t en el año 2004 (JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 2007). Los estudios realizados desde el año 1992 por el Departamento de Ingeniería Agraria de la Universidad de León permitieron diferenciar más de 50 variedades locales (REINOSO, 2001) y en el año 2005 el cultivo fue reconocido mediante la Indicación Geográfica Protegida (I.G.P.) “Alubia de La Bañeza-León” (ORDEN

AYG/1254/2005), figura de calidad que protege cuatro de las variedades locales más apreciadas (MAPA, 1984): Riñón menudo, Canela, Pinta y Plancheta.

Desde la creación en el año 2001 del Laboratorio de Diagnóstico de Plagas y Enfermedades Vegetales, fruto de un convenio entre la Fundación Chicarro-Canseco-Banciella y la Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria de la Universidad de León, se han venido recibiendo con frecuencia plantas de alubia mostrando síntomas del denominado “mal del pie”, causante de podredumbres localizadas en la raíz, el cuello y la base del tallo de las plantas (fig.1) y muerte de éstas en diferentes estados fenológicos y en todas las zonas productoras. El análisis de las muestras ha permitido consta-



Figura 1. Síntomas de “mal del pie” en plantas de alubia: presencia de micelio en el sistema radicular.

tar, al igual que otros autores han hecho para otras regiones españolas (TELLO *et al.*, 1985; BERRA y ARTEAGA, 1989 y ASENSIO, 1996), la incidencia del “complejo parasitario del pie de la judía”, integrado fundamentalmente por especies de los géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium*, capaces de colonizar las raíces de la planta y entre los que, según DAVET *et al.* (1980) y SINOBAS *et al.* (1994), pueden existir fenómenos de antagonismo y sinergismo. En los daños producidos por las micosis pueden influir otros factores, así, según VALENCIANO (2000) el ataque de la mosca de los sembrados (*Delia platura* Meigen), plaga endémica de las comarcas alubieras de León, provoca no sólo la pérdida de plantas y el debilitamiento de las recién nacidas, sino también el aumento de la sensibilidad a las enfermedades causadas por hongos de suelo.

Dentro del género *Fusarium* merece especial mención la especie *Fusarium solani*, cuyos aislados patógenos en judía constituyen la forma especializada *phaseoli*. Estos producen en las raíces necrosis rojizas que, especialmente en el caso de suelos compactos (MESSIAEN *et al.*, 1995), conllevan una reducción del vigor de las plantas, merma del rendimiento y senescencia prematura (SIPPELL y HALL, 1982), si bien, en algunos casos, las plantas llegan a sobrevivir por la

emisión de raíces adventicias por encima del límite de la lesión (BURKE y HALL, 1991). En la bibliografía se recoge que las plantas portadoras de nódulos (*Rhizobium*) son menos sensibles a *F. solani* f. sp. *phaseoli*, razón que hace pensar que el exceso de nitrógeno, que inhibe la nodulación, favorece el ataque de este hongo (MESSIAEN *et al.*, 1995).

Por otro lado, la especie *Fusarium oxysporum* es también frecuentemente aislada en los estudios llevados a cabo para conocer la composición del complejo fúngico anteriormente mencionado, si bien su papel parasitario en el mismo no ha sido registrado de forma consistente y se le considera invasor secundario en diversos trabajos (TELLO *et al.*, 1990; SINOBAS *et al.*, 1994). Estudios realizados por ALVES y MONTEAGUDO (2001) indican la necesidad de que exista una vía de acceso a través de heridas en las raíces, producidas por agentes bióticos o abióticos, para que se produzca la infección. Estos mismos autores concluyen que la utilización del sistema de riego por aspersión reduce el riesgo de encharcamiento del suelo y, con ello, la posibilidad de asfixia radicular y la incidencia de esta patología. A pesar de lo anteriormente expuesto, se considera importante mencionar que VELASQUEZ-VALLE *et al.* (1996) y ALVES *et al.* (2002) describen la presencia de aislados especialmente agresivos de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* en El Barco de Ávila causantes de la que denominan “fusariosis vascular” consistente en la invasión del xilema de las plantas por parte del hongo, el desencadenamiento de una reacción de hipersensibilidad y la liberación de toxinas que inducen el colapso y la muerte de las plantas sensibles (GONZÁLEZ *et al.*, 2004).

En el año 2000, los estudios llevados a cabo por VALENCIANO en la provincia, concluyeron que en un porcentaje ligeramente superior al 50% de la superficie sembrada se empleaba semilla previamente desinfectada con una mezcla de insecticida y fungicida. En el mismo estudio se recoge que las materias activas más utilizadas en aquel momento eran, respectivamente, el Lindano, insecti-

cida activo frente a la mosca de los sembrados (GARCÍA-MARÍ *et al.*, 1994) y el Tiram, fungicida cuya eficacia frente a la “caída de plántulas” o *damping off* (patología producida por *Pythium* sp. y *Rhizoctonia solani*) ha sido descrita por GONZÁLEZ (2003) en ensayos de campo y de laboratorio.

En esa línea, el mismo autor, cita el uso de materias activas como la Carbedazima y el Himexazol para, mediante la desinfección de la semilla, favorecer la nascencia sin que se vea afectada por la flora fúngica patógena presente en el suelo. La eficacia del Himexazol en este sentido fue probada con éxito en ensayos realizados en parcelas de alubia en León (VALENCIANO *et al.*, 2006). Además, se ha podido comprobar que ambos productos son utilizados también por los cultivadores de judía periódicamente a lo largo del cultivo cuando observan rodales con síntomas claramente asociables a los descritos para el complejo parasitario mencionado.

El objetivo de este trabajo fue valorar la eficacia de la aplicación de las materias activas Carbendazima e Himexazol en una parcela de alubia afectada por el “complejo parasitario del pie de la judía”. Dicho complejo no es conocido en la zona en todo lo concerniente a sus componentes fúngicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Parcela experimental

El ensayo fue realizado en el año 2005 y se ubicó en una parcela perteneciente al municipio de Riego de la Vega (León), en la comarca de La Bañeza, por haberse recibido en la campaña precedente (2004) muestras de judía afectadas por “mal del pie” de las que se aisló de forma consistente *Fusarium solani*. Se tomaron muestras de suelos para el análisis de las propiedades fisicoquímicas, determinándose que la textura era franco-limosa (USDA), que el contenido de materia orgánica rondaba el 2% y el pH estaba en torno a 6, considerándose normales para este cultivo los contenidos en nutrientes.

En la primera semana del mes de junio el agricultor, socio productor de la I.G.P. “Alu-

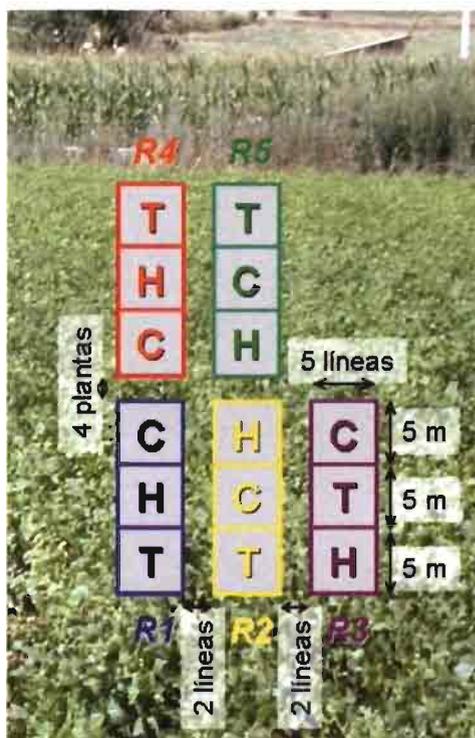


Figura 2. Diseño espacial de la parcela de ensayo. Tratamientos: C (Carbendazima), H (Himexazol) y T (Testigo). Repeticiones: R1 a R5.

bia de La Bañeza-León”, realizó la siembra sobre un terreno en llano utilizando sembradora neumática que dejaba el terreno alomado tras su paso. Se utilizó semilla proporcionada por la citada entidad sin ningún tratamiento de desinfección y de la variedad local Pinta (clase comercial Cranberry según SANTALLA *et al.*, 2001). A lo largo del cultivo se llevaron a cabo las labores habituales en la zona y los riegos para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas se realizaron por surcos.

El diseño del ensayo constaba de cinco repeticiones con un diseño en bloques al azar (fig. 2). Cada bloque tenía una anchura de cinco líneas de siembra, separadas 0,55 m entre ellas, y 15 m de largo, 5 m para cada uno de los tratamientos ensayados, dos con aplicaciones fungicidas y un testigo. Cada



Figura 3. Aplicación de fungicidas mediante pulverización directa sobre el cuello de las plantas.

unidad experimental constaba pues de un total de 210 plantas espaciadas dentro de la línea 0,12 m. Entre cada una de las repeticiones se dejaron como borde dos líneas de siembra.

Aplicación de fungicidas

Los formulados de las materias activas fungicidas Carbendazima e Himexazol utilizados fueron los que se presentan en el cuadro 1 y se aplicaron a mediados del mes de

julio, en el estado fenológico R5 (prefloración) (CIAT, 1987). Esta se realizó mediante pulverización directa sobre el cuello de las plantas, utilizando para ello una mochila pulverizadora (fig. 3) que incorporaba una boquilla de hendidura o abanico de 110°, cuyo uso está recomendado cuando se pretende distribuir el producto de forma homogénea sobre una superficie plana (BOTO y LÓPEZ, 1999).

Para realizar la aplicación en las cinco repeticiones de cada uno de los tratamientos se diluyeron en 8 l de agua la cantidad correspondiente de cada uno de las materias activas (4,8 g en el caso de la Carbendazima y 0,012 l para el Himezazol). De esta forma, la cantidad de materia activa aplicada a cada una de las plantas fue de $4,6 \times 10^{-3}$ g para las que llevaban el tratamiento con Carbendazima y $11,6 \times 10^{-6}$ l en el caso de las tratadas con Himexazol.

Muestreo de plantas para evaluar la sintomatología y la presencia de *Fusarium*

En la última semana del mes de julio, coincidiendo con la fase final del estado fenológico R8 (llenado de vainas) (CIAT, 1987) se realizó un primer muestreo en el que se recogieron de forma individualizada diez plantas al azar dentro de las tres líneas

Cuadro 1. Descripción de las materias activas ensayadas y de las dosis aplicadas.

	Carbendazima	Himexazol
Formulado	Carbendazima 50 % p/p WP (Polvo mojable)	Himexazol 36 % p/v SL (Solución concentrada)
Nombre comercial	BOTRIN MCB	TACHIGAREN LS
Nº. (Registro ⁽¹⁾)	(12.101)	(15.868)
Casa comercial	Industrias Afrasa S.A.	Comercial Química Massó S.A.
Actividad ⁽²⁾	Fungicida de amplio espectro para el control preventivo y curativo de antracnosis y fusarium en judía grano	Fungicida de aplicación al suelo para el control preventivo y curativo de <i>Aphanomyces</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp. y otros hongos de suelo en semilleros de hortalizas ⁽³⁾
Dosis aplicada ⁽²⁾	0,06 % (60 g/100 l)	0,15 % (0,15 l/100 l)

(1) MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 2007.

(2) DE LIÑÁN, 2004 y DE LIÑÁN, 2006.

(3) Según MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2007) está autorizada la aplicación en "judía sin vaina", "judía con vaina" y "judía verde".



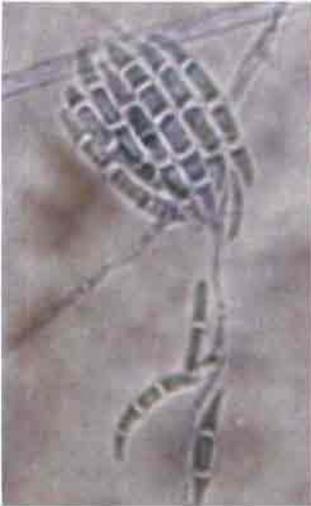
Figuras 4 y 5. Crecimiento de *Fusarium solani*: en medio de cultivo PDA (fig. 4) y en "cámara húmeda" (fig. 5).

de siembra interiores de cada unidad experimental que estaban contenidas en los 4 m centrales, es decir, 30 plantas de cada repetición. Las plantas fueron recogidas procurando la extracción íntegra del sistema radicular y se llevaron inmediatamente al laboratorio para proceder a su análisis.

Para cada una de las plantas se valoraron los síntomas observados en el hipocotilo, en el sistema radicular y en el sistema vascular mediante el uso de una escala numérica de severidad de daños adaptada de las utilizadas por McFADDEN *et al.* (1989) y por FILION *et al.* (2003). Así, para evaluar los síntomas en el hipocotilo se consideró "nivel 1" para las plantas sin síntomas, "nivel 2" para las que presentaban unas pocas puntaduras o áreas decoloradas difusas, "nivel 3" cuando se observaban lesiones necróticas, "nivel 4" si se apreciaba estrangulamiento en esta zona y "nivel 5" cuando la planta estaba muerta. Atendiendo a los síntomas en el sistema radicular las plantas se clasificaron en "nivel 1" cuando carecían de síntomas, "nivel 2" cuando el porcentaje de decoloración estaba comprendido entre 1% y 10%, "nivel 3" si este estaba entre el 11% y el 25%, "nivel 4" si estaba entre el 26% y el 50%, y "nivel 5" si superaba el 50%. Por último, por lo que respecta a los síntomas en el sistema vascular, estos fueron observados tras realizar un corte longitudinal en el hipocotilo y en el sistema radicular y se valoraron utilizando la misma escala que para los síntomas del sistema radicular. La aplicación de esta escala

numérica permitió el cálculo de un "índice de síntomas" realizando las correspondientes medias para cada tratamiento dentro de las diferentes repeticiones. Además se anotó, para cada planta, la presencia de nódulos de *Rhizobium*, el desarrollo radicular (midiendo la longitud tanto de la raíz principal como la de la secundaria más larga) y el peso del sistema radicular, tanto húmedo como seco (72 horas a 80 °C).

De forma complementaria, de cada grupo de diez plantas extraídas se tomaron cinco al azar para llevar a cabo el análisis microbiológico para el aislamiento de los posibles hongos patógenos. Para ello, tras lavar el material vegetal, sumergirlo durante tres minutos en hipoclorito sódico al 1%, aclararlo posteriormente con agua destilada y dejarlo secar en el interior de la campana de flujo laminar, se sembraron por duplicado pequeños fragmentos de la zona cuello-raíz de cada planta en medio de cultivo de agar de patata glucosado (PDA), incubándose a 25 °C durante quince días (fig. 4). Simultáneamente, con el mismo fin, se dispusieron en condiciones de "cámara húmeda" trozos de material vegetal de la misma zona pero sin tratamiento de desinfección de cada una de las cinco plantas (fig. 5). Se identificaron las especies presentes mediante caracteres morfométricos siguiendo las obras de BARNETT Y HUNTER (1998) y ARX (1981) (figs. 6 y 7). Se obtuvo una valoración numérica de estos factores realizando, en cada caso, una media de los resultados en cada uno de los tratamientos de las distintas repeticio-



Figuras 6 y 7. Observaciones microscópicas de *Fusarium* sp.: macroconidios (fig. 6) y filidias largas y microconidios de *Fusarium solani* (fig. 7).

nes considerando el valor “1” cuando se detectaba la presencia de *Fusarium solani* y “0” cuando este hongo no se desarrollaba.

Toda esta información se recogió en estadillos (fig. 8) para facilitar el posterior tratamiento de los datos. Se anotó además la presencia de otros hongos.

Muestreo de plantas para evaluar el rendimiento

Para cuantificar el rendimiento productivo obtenido en cada uno de los tratamientos y poder comparar éste con el obtenido en las plantas sin tratar se realizó un segundo muestreo en la primera semana del mes de

VARIEDAD: PINTA		TRATAMIENTO: CARBENDAZIMA													REPETICIÓN: 5			CÓDIGO: P-5-C		FECHA: 29/07/05			
Nº.	Síntomas															Presencia nódulos			Desarrollo radicular		Peso		
	Hipocotilo					Sist. radicular					Sist. vascular					No	Sí Ligera	Sí Abund.	Raíz principal (mm)	Raíz secundaria (mm)	Siembra	Húmedo (g)	Seco (g)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5								
1			X				X				X					X			130	70		3.6	0.9
2	X					X					X					X			130	70		3.0	1.1
3			X				X					X				X			115	75		3.4	0.8
4	X						X				X					X			155	80		4.5	1.0
5	X					X					X					X			115	95		2.7	1.2
6			X				X					X				X			125	90	X	3.9	
7			X				X					X				X			105	112	X	3	
8	X					X					X					X			100	60	X	3.3	
9			X			X					X					X			125	95	X	3.1	
10			X			X					X					X			100	85	X	3.6	

Leyenda:
 Síntomas hipocotib:
 1: Sin síntomas; 2: Unas pocas parteaduras o áreas decoloradas difusas; 3: Se distinguen lesiones necróticas; 4: Estrangulamiento; 5: Muerte del semillero.
 Síntomas en sistema radicular y sistema vascular (corte longitudinal).
 1: Sin síntomas; 2: Decoloración 1-10%; 3: Decoloración 11-25%; 4: Decoloración 26-50%; 5: Decoloración > 50%.

Figura 8. Ejemplo de estadillo utilizado para el registro de parámetros utilizados para evaluar la sintomatología y la presencia de *Fusarium*.



Figura 9. Recuento del número de vainas obtenidas, para cada repetición, en las 30 plantas muestreadas de cada uno de los tratamientos.

septiembre, coincidiendo con el estado fenológico de R9 (maduración) (CIAT, 1987). Se recogieron de forma individualizada 30 plantas al azar dentro de los 4 m centrales de las 3 líneas de siembra interiores de cada unidad experimental, es decir, 90 plantas de cada repetición, y se llevaron al laboratorio donde se realizó un recuento del número de vainas totales (fig. 9), del número de semillas contenidas en diez vainas tomadas al azar en cada uno de estos grupos, y del peso seco de 100 semillas. A partir de estos pará-

metros pudieron calcularse los siguientes índices: número de vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento por planta, expresado este último en gramos.

Análisis de datos

Para evaluar estadísticamente los datos registrados se realizó un análisis de varianza y se procedió a realizar una comparación de medias cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, utilizando para ello la aplicación informática SAS (SAS Institute, 1990).

RESULTADOS

Los resultados del análisis de varianza realizado para los caracteres cualitativos se muestran en el cuadro 2, en el que puede verse que tanto en la valoración de síntomas (en el hipocotilo, radicales y vasculares) como en la formación de nódulos no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, sí existen diferencias significativas ($P < 0,05$) en la cuantificación de la presencia de aislamientos de *Fusarium solani* en la siembra en medio de cultivo, obteniéndose menor número de placas con crecimiento de este hongo en el caso de

Cuadro 2. Análisis de varianza de los caracteres cualitativos.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios para los caracteres de planta					
		Síntomas en el hipocotilo	Síntomas en el sistema radicular	Síntomas en el sistema vascular	Presencia de nódulos	<i>Fusarium</i> en siembras en PDA	<i>Fusarium</i> en "cámara húmeda"
Repeticiones	4	0,12	0,38	0,05	0	0,1	0,1
Tratamientos	2	0,03	0,23	0,20	0	0,6*	0,1
Error	8	0,08	0,02	0,03	0	0,1	0,1
Coefficiente de variación		22,74	6,50	12,05	0	39,5	27,7
Media		1,23	2,30	1,47	0	0,8	0,9
Intervalo de variación		1-2,1	1,5-3	1,2-1,8	-	0-1	0-1

* Significante al 5%.

Cuadro 3. Comparación de medias de los caracteres cualitativos.

Tratamiento	Medias para los caracteres de planta					
	Síntomas en el hipocotilo	Síntomas en el sistema radicular	Síntomas en el sistema vascular	Presencia de nódulos	<i>Fusarium</i> en siembras en PDA	<i>Fusarium</i> en "cámara húmeda"
C	1,32	2,54	1,68	0	0,4 ^a	0,8
H	1,18	2,12	1,28	0	1,0 ^b	1,0
T	1,20	2,24	1,45	0	1,0 ^b	1,0

C: Carbendazima, H: Himexazol, T: Testigo, Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas, medias seguidas de distinta letra al menos significativamente diferentes (0,05).

material vegetal procedente de las plantas tratadas con Carbendazima, como se aprecia en el cuadro 3; en condiciones de "cámara húmeda", a pesar de que no se detectan diferencias significativas, sí que se observa menor desarrollo de *Fusarium solani* en las raíces de plantas tratadas con esta materia activa. Se aislaron además, tanto en medio de cultivo como en condiciones de "cámara húmeda", especies consideradas saprofitas y pertenecientes a los géneros *Penicillium*, *Alternaria* y *Rhizopus*.

Por lo que respecta a los parámetros cuantitativos, los resultados del análisis de

varianza realizado se muestran en el cuadro 4 y la comparación de medias en el cuadro 5. Como puede verse, dentro de estos parámetros cabe señalar los siguientes aspectos: el tamaño de la raíz principal es mayor significativamente ($P < 0,05$) en las plantas tratadas con Carbendazima e Himexazol que en las plantas testigo; se detectan diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en el peso seco de la raíz, que es igualmente mayor en las plantas tratadas con alguna de las dos materias fungicidas que en las plantas testigo. También se observan diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en rendimiento por planta y en el

Cuadro 4. Análisis de varianza de los caracteres cuantitativos.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios para los caracteres de planta						
		Desarrollo raíz principal (mm)	Desarrollo raíz secundaria (mm)	Peso húmedo de la raíz (g)	Peso seco de la raíz (g)	Número de vainas por Planta	Número de semillas por vaina	Rendimiento por planta (g)
Repeticiones	4	309,24	968,91	0,48	0,04	3,939	0,14	20,18
Tratamientos	2	453,75*	37,93	0,71+	0,14**	22,299**	0,29	117,32**
Error	8	64,21	218,46	0,17	0,01	2,285	0,16	12,33
Coefficiente de variación		7,00	17,90	11,94	11,91	19,71	13,07	24,47
Media		114,51	82,58	3,47	0,99	7,669	3,07	14,35
Intervalo de variación		93,0-139,9	55,8-118,5	2,5-4,6	0,6-1,3	107,0-372	19,0-38,0	4,1-22,9

** Significante al 1%; * Significante al 5%; +Significante al 10%.

Cuadro 5. Comparación de medias de los caracteres cuantitativos.

Medias para los caracteres de planta							
Tratamiento	Desarrollo raíz principal (mm)	Desarrollo raíz secundaria (mm)	Peso húmedo de la raíz (g)	Peso seco de la raíz (g)	Número de vainas por planta	Número de semillas por vaina	Rendimiento por planta (g)
C	115,70 ^a	79,64	3,80	1,10 ^a	10,106 ^a	3,32	19,94 ^a
H	123,38 ^a	85,10	3,54	1,08 ^a	6,534 ^b	2,84	11,56 ^b
T	104,44 ^b	83,00	3,06	0,80 ^b	6,368 ^b	3,04	11,54 ^b

C: Carbendazima, H: Himexazol, T: Testigo. Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas, medias seguidas de distinta letra al menos significativamente diferentes (0,05).

número de vainas por planta, componente considerado como el más importante en el incremento del rendimiento en judía (CONTI, 1985); en ambos casos, la mayor productividad se obtiene en las plantas tratadas con Carbendazima. Además, en estos dos parámetros se obtienen resultados ligeramente mejores en las plantas tratadas con Himexazol que en las que no recibieron tratamiento, si bien esta diferencia no es estadísticamente significativa. Tampoco hay significación estadística en el número de semillas por vaina, si bien, con la Carbendazima se obtuvo mejor comportamiento que en las plantas testigo o las que fueron pulverizadas con Himexazol.

DISCUSIÓN

En la bibliografía se recogen las dificultades que presenta el control químico frente al hongo *Fusarium solani* (McFADDEN y HALL, 1987), especialmente en parcelas de alubia con antecedentes de "mal del pie". Según estos autores, cuando la aplicación de fungicidas consigue resultados satisfactorios es por que ésta se realiza en fases tempranas, teniendo en cuenta que según SIPPELL y HALL (1982) *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* produce un mayor estrés en las plantas tras la floración. Por ello, siguiendo estas indicaciones, las aplicaciones de Carbendazima e Himexazol en el presente estudio fueron hechas en prefloración.

En relación a la valoración de los síntomas observados en el hipocotilo, sistema radicular y sistema vascular cabe destacar que no existieron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, pudiendo deberse esto a que los síntomas se originaran antes de realizar las aplicaciones fungicidas. Sin embargo, se pudo ver una ligera reducción en la manifestación de los síntomas respecto al testigo en el caso de las plantas tratadas con Himexazol, si bien no se redujo el aislamiento de *Fusarium* en material vegetal y no hubo diferencias significativas en ninguno de los parámetros de rendimiento. En los ensayos realizados con esta misma materia activa por McFADDEN y HALL (1987) se obtuvieron resultados análogos, ya que, a pesar de que para ellos el fungicida redujo los síntomas en el hipocotilo, el rendimiento respecto al testigo no se vio afectado significativamente. Por otro lado, en las plantas tratadas con Carbendazima los síntomas fueron mayores que en las testigo y en las tratadas con Himexazol, mientras que se redujo el aislamiento de *Fusarium solani* significativamente en medio de cultivo un 60% y en "cámara húmeda" un 20%; además, se vieron incrementados todos los parámetros de rendimiento, siendo altamente significativo este aumento en el componente más importante del rendimiento según CONTI (1985), es decir, el número de vainas por planta, en un 58,7%, y en el rendimiento por planta, en un 72,8%, lo que respondería a las expectativas de los agricultores.

La reducción señalada en el porcentaje de aislamiento del hongo en muestras de material vegetal podría ser debido en parte a que, como explica DE LIÑÁN (2003), la Carbendazima impide el crecimiento del micelio del hongo y, aunque permite la germinación de esporas, detiene el desarrollo del tubo germinativo induciendo irregularidades en la división celular y dando lugar a células anormales que provocan la muerte del hongo. Este mismo autor describe que, sin embargo, el Himexazol tiene una actividad fungistática, aspecto este también descrito en los estudios de McFADDEN y HALL (1987).

En ninguna de las plantas recogidas en el primer muestreo se detectó la presencia de nódulos en las raíces. Constatada la presencia de *Fusarium solani* en la parcela ensayada merece la pena reseñar que CORRIVEAO y CARROLL observaron en el año 1984 cómo plantas de soja afectadas por *Fusarium oxysporum* presentaban un menor número de nódulos que las plantas sanas. A pesar de esto, BUONASSISI *et al.* (1986) demostraron que la capacidad de nodulación y la inhibición del crecimiento de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* por distintas cepas de *Rhizobium* no está correlacionada; estos autores sugieren la posibilidad de controlar este patógeno mediante la inoculación de semillas con cepas de *Rhizobium* con elevado antagonismo.

Por lo que respecta a los caracteres cuantitativos relativos al desarrollo radicular es importante destacar que los valores más altos tanto de longitud de la raíz principal como de la mayor secundaria se obtienen en las plantas que fueron tratadas con Himexazol, lo que concuerda con la atribución a esta materia activa de un marcado efecto como promotor del enraizamiento realizada por DE LIÑÁN (2003). Se considera interesante mencionar además que existen estudios que relacionan la estructura radicular con la resistencia frente al ataque de los hongos causantes del "mal de pie", y así en los ensayos de ROMÁN-AVILES *et al.* (2004) se detecta un comportamiento mediocre de los genotipos ensayados pertenecientes a la clase comercial Cranberry, a la que se adscribe la varie-

dad Pinta. En cualquier caso, el uso de cualquiera de los fungicidas ensayados proporciona valores de peso seco de la raíz significativamente mayores que los obtenidos en plantas testigo.

Por último, en cuanto a los parámetros de rendimiento, quizá los más relevantes en este estudio encaminado a determinar la eficacia de dos materias activas frente a *Fusarium solani*, y como se ha expuesto anteriormente, con la Carbendazima se obtuvieron los resultados significativamente más favorables. Es importante comentar que la comparación de producción realizada por SIPPEL y HALL (1982) entre plantas de alubias blancas sanas y plantas inoculadas con 500 conidios de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* por gramo de sustrato detectó una reducción del 29,1% en el caso de rendimiento por planta. Dado que, según los datos expuestos en este trabajo, la aplicación de la Carbendazima permite obtener diferencias mayores respecto al testigo que el porcentaje anterior, habría que considerar, además de que se trata de otra variedad, la posible acción de esta materia activa sobre otros patógenos que pudieran haber estado interactuando y que no hubieran sido detectados en los análisis llevados a cabo.

A modo de conclusión de este ensayo puede decirse que con la aplicación de Carbendazima se vio incrementado el número de vainas por planta (considerado éste el componente del rendimiento que más influye en el mismo) y el rendimiento por planta, reduciéndose de forma significativa las pérdidas productivas que produce la infección por *Fusarium*. Este control químico es importante para paliar los daños en variedades locales de judía protegidas por la I.G.P. "Alubia de La Bañeza-León" de importancia económica en la región y en las que no se plantea la introducción de resistencia genética.

A la vista de estos resultados se considera interesante ampliar este estudio mediante ensayos complementarios en otros ambientes y con otras variedades que permitan confirmar la eficacia de la aplicación de Carbendazima. Además, sería interesante completar

la identificación de los hongos asociados al “mal del pie” y su importancia relativa en las zonas productoras de alubia en la provincia de León.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido parcialmente financiado por la Diputación de León.

ABSTRACT

CAMPELO M. P., A. LORENZANA, M. F. MARCOS, M. ÁMEZ, J. A. BOTO, P. A. CASQUERO. 2007. Effectiveness in field of two fungicides for the control of root rot of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in La Bañeza (León). *Bol. San. Veg. Plagas*, **33**: 297-308.

The effectiveness of the application of Carbendazim and Hymexazol by means of direct pulverization in the neck of plants of bean plants (“Pinta” landrace) is studied in a field infested by *Fusarium solani*. Qualitative parameters (symptomatology, nodules and fungal isolation) and quantitative (root develop and weight, pods per plant, seed number per pod and yield per plant) are evaluated. Fungicide applications improve significantly ($P<0,05$) the root growth. It is observed significant reduction ($P<0,05$) in fungal isolation and a highly significant increase ($P<0,01$) in pods per plant and yield per plant in plants treated with Carbendazim. Realization of complementary assays in other places and with other varieties is considered interesting because of the results obtained.

Key words: *Fusarium solani*, root rot, Carbendazim, Hymexazol, symptoms, yield.

REFERENCIAS

- ALVES, F. M. y MONTEAGUDO, A. B., 2001: La fusariosis de la judía. *Revista Agricultura*, **828**: 447-451.
- ALVES, F. M., CORDEIRO, L., SAYAGUÉS, J. M., MARTÍN, R., GARCÍA, P., CRESPO, M. C., DÍAZ, J. M. y ESLAVA, A. P. 2002. Pathogenicity and race characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* isolates from Spain and Greece. *Plant Pathology*, **51**: 605-611.
- ARX, J. A. VON. 1981 (3^{ed.} Ed.). The genera of fungi sporulating in pure culture, Strauss & Cramer GmbH. Vaduz, Alemania, 424 pp.
- ASENSIO, C. 1996. La judía I. En: El cultivo de las leguminosas grano en Castilla y León. Franco, F. y Ramos, A. (Coords.). Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura. Valladolid, España, 295-318.
- BARNETT, H. L. y HUNTER, B. B. 1998 (4^{th.} Ed.). Illustrated genera of imperfect fungi, The American Phytopathological Society. Minnesota, United States, 218 pp.
- BERRA, D. y ARTEAGA, G., 1989: El complejo parasitario del pie de la judía en el País Vasco. *Cuadernos de fitopatología*, **2**: 53-57.
- BOTO, J. A. y LÓPEZ, F. J. 1999. La aplicación de fitosanitarios y fertilizantes. Universidad de León. León, España, 294 pp.
- BOUNASSISI, A. J., COPEMAN, R. J., PEPIN, H. S. y EATON, G. W. 1986. Effect of *Rhizobium* spp. on *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, **8**: 140-146.
- BURKE, D. W. y HALL, R. 1991. *Fusarium* root rot. En: Compendium of bean diseases. Hall, R. (Ed.). The American Phytopathological Society. Minnesota, Estados Unidos, 9-10.
- CASQUERO, P. A., BUITRAGO, D., VALENCIANO, J. B., REINOSO, B. y BOTO, J. A. 2003. Características físicas de grano en variedades de judía de León y en variedades importadas. En: III Seminario de la Judía de la Península Ibérica. *Actas de la Asociación Española de Leguminosas*, **2**: 109-114.
- CIAT. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 56 pp.
- CONTI, L. 1997. Conclusive results of a selection programme for obtaining a dwarf bean (*Phaseolus vulgaris*) resistant to some viruses and characterized by agronomical qualities. *Genet. Agr.*, **39**: 51-63.
- CORRIVEAU, J. L. y CARRÓLL, R. B. 1984. Reduced nodule number of soybean associated with water stress caused by fusarium wilt and tillage. *Canadian Journal of Plant Pathology*, **6**: 221-223.
- DAVET, P., RAVISÉ, A. y BAROUDY, C. 1980. La microflore fongique des racines du haricot au Liban. *Ann. Phytopathol.*, **12** (3): 235-252.
- DE LIÑÁN, C. 2003 (3^{a.} Ed.). Farmacología vegetal. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España. 1270 pp.
- DE LIÑÁN, C. 2004 (21^{a.} Ed.). Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales 2005. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España. 744 pp.
- DE LIÑÁN, C. 2006 (23^{a.} Ed.). Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales 2007. Ediciones Agrotécnicas S. L. Madrid, España. 752 pp.
- FILION, M., ST-ARNAUD, M. y HABAJI-HARE, S. H. 2003. Quantification of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in mycorrhizal bean plants and surrounding mycorrhizosphere soil using Real-Time Polymerase Chain

- Reaction and direct isolations on selective media. *Phytopathology*, **93** (2): 229-235.
- GARCÍA-MARÍ, F., COSTA, J. y FERRAGUT, F. 1994. Las plagas agrícolas. M. V. Phytoma España. Valencia, España. 376 pp.
- GONZÁLEZ, A. J. 2003. Desinfección de semilla de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo granja asturiana con antifúngicos y antibacterianos. *Bol. San. Veg. Plagas*, **29**: 461-470.
- GONZÁLEZ, A. J., MENDOZA, C. y TELLO, J. 2004. Microorganismos patógenos transmitidos por semilla de judía tipo Granja Asturiana. Saneamiento de semilla. SERIDA – KKK Ediciones. Oviedo, España. 160 pp.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. 2007. <<http://www.jcyl.es>>. (Consulta 28/02/07).
- MAPA. 1984. Una fuente de proteínas. Alubias, garbanzos y lentejas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 240 pp.
- MCFADDEN, R., HALL, R. y PHILLIPS, L. G. 1989. Relation of initial inoculum density to severity of fusarium root rot of white bean in commercial fields. *Canadian Journal of Plant Pathology*, **11**: 122-126.
- MESSIAEN, C. M., BLANCARD, D., ROUXEL, F. y LAFON, R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 576 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2007: <<http://www.mapa.es>>. (Consulta 28/02/07).
- ORDEN AYG/1254/2005, de 27 de septiembre, por la que se protege transitoriamente la Indicación Geográfica Protegida Alubia de La Bañeza-León, se aprueba su Reglamento, se crea su Consejo Regulador y se designa su órgano de control. *B. O. C. y L.*, **191**: 16826-16833.
- REINOSO, B. 2001. Prospección, caracterización y evaluación de variedades locales de judía grano (*Phaseolus vulgaris* L.) de la provincia de León. Tesis Doctoral. Universidad de León. León, España. 285 pp.
- ROMAN-AVILÉS, B., SNAPP, S. S. y KELLI, J. D. 2004. Assessing root traits associated with root rot resistance in common bean. *Field Crops Research*, **86**: 147-156.
- SANTALLA, M., DE RON, A. M. y VOYSEST, O. 2001. European bean market casses. En: Catalogue of bean genetic resources. Amurrio, E.; Santalla, M. y De Ron, A.M. (Eds.). PHASELIEU. Misión Biológica de Galicia (CSIC). Pontevedra, España. 77-94.
- SAS INSTITUTE. 1990 (4th Ed.). SAS/STAT user's guide. Version 6, Vols. 1 and 2. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- SINOBAS, J., IGLESIAS, C. y GARCÍA, A. 1994. Prospección de las micosis en los invernaderos de Villa del Prado (Madrid) y su incidencia en el cultivo de judía (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, **20**: 889-898.
- SIPPELL, D. W. y HALL, R. 1982. Effects of *Fusarium solani phaseoli*, *Pythium ultimum*, and *F. oxysporum* on yield components of white bean. *Canadian Journal of Plant Pathology*, **4**: 54-58.
- TELLO, J. C., GONZÁLEZ, A. J., VARES, F. y FUELLO, M. A. 1990. Espermatoflora de las judías (*Phaseolus vulgaris* L.) para siembra de Asturias. *ITEA*, **86V** (2): 67-74.
- TELLO, J. C., LACASA, A. y MOLINA, R. 1985. Una nota fitopatológica sobre el complejo parasitario del pie de la judía (*Phaseolus vulgaris* L.). *Información Técnica Económica Agraria*, **61**: 57-69.
- VALENCIANO, J. B. 2000. Utilización de pesticidas para la desinfección y la protección de la alubia (*Phaseolus vulgaris* L.) previamente a la realización de la siembra en la provincia de León durante el año 1999. *Bol. San. Veg. Plagas*, **26**: 513-519.
- VALENCIANO, J. B., CASQUERO, P. A., BOTO, J. A., MARCELO, V. 2006. Evaluation of the occurrence of root rots on bean plants (*Phaseolus vulgaris*) using different sowing methods and with different techniques of pesticide application. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, **34**: 291-298.
- VELASQUEZ-VALLE, R., SCHWARTZ, H. F. y DÍAZ-MINGUEZ, J. M. 1997. Pathogenicity and race characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* isolates from Spain to *Phaseolus vulgaris*. *Plant Disease*, **81** (3): 312.

(Recepción: 29 marzo 2007)

(Aceptación: 18 mayo 2007)