

RESPONSES OF DIFFERENT LENTIL POPULATIONS TO BIOTIC STRESS (*Fusarium* WILT DISEASE)

RESPUESTA DE DIFERENTES POBLACIONES DE LENTEJA AL ESTRÉS BIÓTICO (MARCHITEZ POR *Fusarium*)

Sajjad Akhtar^{1*}, Mhuammad Ahsan¹, Muhammad Jawad-Asghar², Khalid Pervaiz-Akhtar², Ghulam Abbas²

¹Department of Plant Breeding and Genetics, University of Agriculture, Faisalabad. (akhtarsajjad21@gmail.com). ²Nuclear Institute for Agriculture and Biology (NIAB), Faisalabad, Pakistan.

ABSTRACT

Biotic stress (wilt) caused by *Fusarium oxysporium* is the most devastating soil born stress in lentil (*Lens culinaris* Medik) and breeding for host resistance is the best method to control wilt. Three distinct sets comprising of eight variable populations (segregating generations, their parents and standard varieties) of lentil (*Lens culinaris* Medik) were evaluated to observe their responses against *Fusarium* wilt of lentil in a nested design. This study was carried out at the Nuclear Institute for Agriculture and Biology (NIAB), at Faisalabad, Pakistan. The results revealed that the parents, standard varieties and plant progenies in segregating populations were developed through selection of single plants and showed resistance against *Fusarium* wilt disease. Among all sets, the populations of Set-2 and Set-3 were a good source of variation for resistance against *Fusarium* wilt disease, which may be evaluated and utilized for the selection of disease resistant plants. The mutated populations (A_M, B_M and AB_M) showed more resistance in comparison with recombinant populations thus implying that using induced mutation is effective for developing resistance in lentil. Such type of resistant breeding material can minimize the impact of this disease on lentil production and would be an aid to the lentil breeders in developing high yielding and disease resistant varieties.

Key word: *Fusarium oxysporium*, *Lens culinaris* Medik, disease scale, segregating generations.

INTRODUCTION

Some major hazards in the production of lentil (*Lens culinaris* Medik) include susceptibility to various fungal diseases such

RESUMEN

El estrés biótico (marchitez) causado por *Fusarium* es el estrés producido en el suelo más devastador de la lenteja (*Lens culinaris* Medik) y el mejoramiento para la resistencia del huésped es el mejor método para controlar la marchitez. Tres conjuntos diferenciados, cada uno de ocho poblaciones variables (generaciones segregantes, sus progenitores y variedades estándar) de lenteja (*Lens culinaris* Medik), se evaluaron para observar sus respuestas contra la marchitez por *Fusarium* de la lenteja en un diseño anidado. Este estudio se realizó en el Instituto Nuclear para la Agricultura y la Biología (NIAB), en Faisalabad, Pakistán. Los resultados revelaron que los progenitores, las variedades estándar y las progenies de plantas en poblaciones segregantes fueron desarrolladas por medio de la selección de plantas individuales, y mostraron resistencia contra la enfermedad de marchitez por *Fusarium*. Entre todos los conjuntos, las poblaciones del Conjunto-2 y el Conjunto-3 fueron una buena fuente de variación para la resistencia contra la enfermedad de marchitez por *Fusarium*, lo cual se puede evaluar y usar para la selección de plantas resistentes a enfermedades. Las poblaciones mutadas (A_M, B_M y AB_M) mostraron mayor resistencia en comparación con las poblaciones recombinantes, lo cual implica que el uso de la mutación inducida es efectiva para desarrollar resistencia en la lenteja. Este tipo de material con mejoramiento a resistencia puede minimizar el impacto de esta enfermedad en la producción de lentejas y sería una ayuda para que los mejoradores de lentejas desarrollen variedades con rendimiento alto y resistentes a las enfermedades.

Palabras clave: *Fusarium oxysporium*, *Lens culinaris* Medik, escala de enfermedad, generaciones segregantes.

INTRODUCCIÓN

Algunos de los riesgos mayores en la producción de lentejas (*Lens culinaris* Medik) incluyen la susceptibilidad a varias enfermedades

*Author for correspondence ❖ Autor responsable.

Received: March, 2015. Approved: January, 2016.

Published as NOTE in *Agrociencia* 50: 367-373. 2016.

as *Ascochyta blight*, rust, wilt, collar rot, botrytis and stem rot which affect the production of lentil in Pakistan (Chaudhry *et al.*, 2008). Vascular wilt caused by *Fusarium oxysporium* is the most important disease of lentil in many lentil growing areas of Pakistan and worldwide. This wilt pathogen survives unfavorable conditions in the soil either as a dormant form (chlamydospores) or saprophytically that can remain viable for several years without a suitable host (Bayaa *et al.*, 1997; Erskine *et al.*, 2011; Pouralibaba *et al.*, 2015a). Wilt may cause 5-10 % yield losses but, sometimes, severe damage may cause a whole crop failure under favorable conditions for the disease development (Chaudhary and Amarjit, 2002; Sarwar *et al.*, 2014), especially in a warm spring and a dry and hot summer (Agarwal *et al.*, 1993; Sarwar *et al.*, 2014). The damage also depends upon the crop stage being affected and the severity of the pathogen strain (Taylor *et al.*, 2007). The disease occurs both at seedling and flowering stages. In early sown crops wilting may occur in November but the disease ceases during the cool months of December and January. In February, it starts to reappear and the maximum incidence of the disease occurs in March (Bashir and Malik, 1988). Under favorable conditions susceptible genotypes showed 100 % yield losses in Pakistan (Chaudhry *et al.*, 2008).

Breeding for host resistance is the most effective, efficient and environment friendly method (Sarwar *et al.*, 2014). Most of the commercial varieties in the field are susceptible to *Fusarium* wilt in Pakistan and work is in progress to screen resistant/tolerant genotypes (Chaudhry *et al.*, 2008). Therefore, the objective of this study was to evaluate the responses of different lentil populations to biotic stress (*Fusarium* wilt disease) in a wilt sick plot.

MATERIALS AND METHODS

Three distinct sets comprising eight variable populations (segregating generations, their parents and standard varieties) were evaluated at the Nuclear Institute for Agriculture and Biology (NIAB), Faisalabad, in a wilt sick plot developed with locally available *F. oxysporum* f. sp. *lentis* isolate. Each set comprised eight populations, viz. four segregating generations (recombinant, mutant and recombinant mutant), their two parents and two standard varieties (Table 1).

fúngicas como plagas de *Ascochyta* roya, marchitez, pudrición de collar, botrytis y pudrición de tallo, las cuales afectan la producción de lentejas en Pakistán (Chaudhry *et al.*, 2008). La marchitez vascular, causada por *Fusarium oxysporium*, es la enfermedad de lenteja más importante en muchas áreas productoras de Pakistán y del mundo. Este patógeno de la marchitez sobrevive condiciones poco favorables en el suelo, ya sea de forma latente (clamidosporas) o saprofítica, que pueden permanecer viables por varios años sin un huésped apropiado (Bayaa *et al.*, 1997; Erskine *et al.*, 2011; Pouralibaba *et al.*, 2015a). La marchitez puede causar pérdidas de 5 a 10 %, pero a veces un daño severo puede causar la pérdida de toda una cosecha bajo condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (Chaudhary y Amarjit, 2002; Sarwar *et al.*, 2014), en particular en una primavera cálida y en un verano seco y caluroso (Agarwal *et al.*, 1993; Sarwar *et al.*, 2014). El daño también depende de la etapa del cultivo que sea afectada, y de la severidad de la cepa del patógeno (Taylor *et al.*, 2007). La enfermedad ocurre en las etapas de plántula y de floración. En cultivos tempranos puede presentarse marchitez en noviembre, aunque la enfermedad cede en los meses frescos de diciembre y enero. En febrero, empieza a reaparecer y la mayor incidencia de la enfermedad ocurre en marzo (Bashir y Malik, 1988). Bajo condiciones favorables, genotipos susceptibles presentaron pérdidas en rendimiento de 100 % en Pakistán (Chaudhry *et al.*, 2008).

El mejoramiento es el método más efectivo, eficiente y amable con el ambiente (Sarwar *et al.*, 2014). La mayoría de las variedades comerciales en el campo son susceptibles a la marchitez por *Fusarium* en Pakistán y hay trabajos en progreso para seleccionar genotipos resistentes/tolerantes (Chaudhry *et al.*, 2008). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas de diferentes poblaciones al estrés biótico (enfermedad de marchitez por *Fusarium*) en una parcela enferma con marchitez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tres conjuntos distintos de ocho poblaciones variables (generaciones segregantes generantes, sus progenitores y variedades estándar) se evaluaron en el Instituto Nuclear para la Agricultura y la Biología (NIAB), Faisalabad, en una parcela enferma de marchitez desarrollada con aislamientos disponibles localmente

Table 1. Lentil populations (each one identified along with some details of the genetic nature of their parents), their segregating generations and standard varieties in each one of eight-population sets used in a plot infected by *Fusarium* in Faisalabad, Pakistan.

Cuadro 1. Poblaciones de lenteja (cada una identificada junto con algunos detalles de la naturaleza genética de sus progenitores), sus generaciones segregantes y variedades estándar en cada uno de los conjuntos de población de ocho usados en una parcela infectada con *Fusarium* en Faisalabad, Pakistán.

Set No.	Population name	Symbols	Parental genetic nature
1	P ₁ *	A	§NL 03381
	P ₂	B	NL 96475B
	F ₃	AB _H	NL 03381 × NL 96475B
	M ₃ (P ₁)	A _M	NL 03381/100 Gy*
	M ₃ (P ₂)	B _M	NL 96475B/100 Gy
	F ₃ M ₂	AB _{HM}	NL 03381 × NL 96475B/100 Gy
	SV ₁	C	Punjab Masoor 2009
	SV ₂	D	Markaz 2009
2	P ₁	A	NL 03381
	P ₂	B	NL 66184
	F ₃	AB _H	NL 03381 × NL 66184
	M ₃ (P ₁)	A _M	NL 03381/100 Gy
	M ₃ (P ₂)	B _M	NL 66184/100 Gy
	F ₃ M ₂	AB _{HM}	NL 03381 × NL 66184/100 Gy
	SV ₁	C	Punjab Masoor 2009
	SV ₂	D	Markaz 2009
3	P ₁	A	NL 96475B
	P ₂	B	NL 66184
	F ₃	AB _H	NL 96475B × NL 66184
	M ₃ (P ₁)	A _M	NL 96475B /100 Gy
	M ₃ (P ₂)	B _M	NL 66184/100 Gy
	F ₃ M ₂	AB _{HM}	NL 96475B × NL 66184/100 Gy
	SV ₁	C	Punjab Masoor 2009
	SV ₂	D	Markaz 2009

P₁: Parent-1; P₂: Parent-2; F₃: Recombinant segregating generation; M₃(P₁): Mutant segregating generation of P₁; M₃(P₂): Mutant segregating generation of P₂; F₃M₂: Recombinant mutant segregating generation; SV₁: Standard variety-1; SV₂: Standard variety-2 ♦ P₁: Progenitor-1; P₂: Progenitor-2; F₃: Generación segregante recombinante; M₃(P₁): Generación segregante mutante de P₁; M₃(P₂): Generación segregante mutante de P₂; F₃M₂: Generación recombinante segregante mutante; SV₁: Variedad estándar-1; SV₂: Variedad estándar-2.

The experimental design was nested (hierarchical) and it was same for all sets (Akhtar *et al.*, 2015), in each population of true breeding genotypes (parents and standard varieties) and, similarly, in each population of segregating generations (recombinant, mutant and recombinant mutants), two rows of each genotype were taken as progenies and twenty plants of each progeny were sown in field. These plants were equally divided into two rows to obtain two observations (replicates) of a trait in ten plants of a progeny. These progenies were considered as treatments in the experiment. Each experimental unit was 1 m long keeping plant-to-plant and row-to-row distances of 10 and 30 cm, respectively. Sowing was done by dibbling two seeds per

de *F. oxysporum* f. sp. *lentis*. Cada conjunto estaba compuesto por ocho poblaciones: cuatro generaciones segregantes (recombinantes, mutantes y mutantes recombinantes), sus dos progenitores y dos variedades estándar (Cuadro 1).

El diseño experimental fue anidado (jerárquico) y fue el mismo para todos los conjuntos (Akhtar *et al.*, 2015). En cada población de genotipos de mejoramiento (progenitores y variedades estándar) y, de forma semejante, en cada población de generaciones segregantes (recombinantes, mutantes y mutantes recombinantes), se tomaron dos hileras de cada genotipo como progenies y 20 plantas de cada progenie fueron sembradas en la parcela. Estas plantas a su vez, se dividieron en dos hileras para

hill at uniform depth. All other agronomic practices were kept uniform.

Fusarium wilt of lentil may occur from the seedling stage to the reproductive stage. However, seedling wilt can cause more yield losses. Thus, visual observations of disease symptoms were started after two weeks of seed germination and total number of wilt infected plants was noted till crop approached near physiological maturity in each plant progeny row for each population to calculate disease incidence by using the formula:

$$\text{Wilt incidence (\%)} = \frac{\text{Number of plants wilted}}{\text{Total number of plants}} \times 100$$

The level of resistance/susceptibility of each plant progeny row was determined by using the rating scale of Baya *et al.* (1997) and Stoilova and Chavdarov (2006), with some modifications (Table 2). Plants bearing damage due to *Fusarium* wilt in all progeny rows were uprooted and sent to laboratory to be analyzed, whereas the pathogens were isolated on gram meal agar medium to confirm that the disease was caused by *Fusarium oxysporium* f. sp. *lentis*.

RESULTS AND DISCUSSION

The plants within all populations had the capacity to withstand *Fusarium* wilt disease. No plant in any population showed susceptibility to the disease (Table 3), which showed that the parents, standard varieties and plant progenies in segregating populations were developed through selection of single plants showing resistance against *Fusarium* wilt disease. However, Stoilova and Chavdarov (2006) reported different results after screening 32 genotypes of lentil, out of which three were susceptible.

obtener dos observaciones (repeticiones) de una característica en diez plantas de una progenie. Estas progenies se consideraron tratamientos en el experimento. Cada unidad experimental tuvo 1 m de largo, con una distancia entre plantas y entre hileras de 10 y 30 cm, respectivamente. La siembra se realizó plantando dos semillas por montículo a una profundidad uniforme. Las demás prácticas agronómicas se mantuvieron uniformes.

La marchitez de la lenteja por *Fusarium* puede ocurrir desde la etapa de plántula hasta la etapa reproductiva. Sin embargo, la marchitez de la plántula puede causar mayores pérdidas de rendimiento. Por ello, las observaciones visuales de estos síntomas de la enfermedad se iniciaron después de dos semanas de la germinación de la semilla y se notó un número total de plantas infectadas con marchitez hasta que el cultivo se aproximó a la madurez fisiológica en cada hilera progenie de planta para cada población para calcular la incidencia de la enfermedad usando la fórmula:

$$\text{Incidencia de marchitez (\%)} = \frac{\text{Número de plantas marchitas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

El nivel de resistencia/susceptibilidad de cada hilera de progenie de planta se determinó con la escala de valores de Baya *et al.* (1997) y Stoilova y Chavdarov (2006), y algunas modificaciones (Cuadro 2). Algunas plantas con daños ocasionados por la marchitez por *Fusarium* en todas las hileras de progenie se arrancaron y enviaron al laboratorio para su análisis, mientras que los patógenos se aislaron en un medio de agar para confirmar que la enfermedad fue causada por *Fusarium oxysporium* f. sp. *lentis*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de todas las poblaciones tenían la capacidad de tolerar la enfermedad de marchitez por *Fusarium*. Ninguna planta de ninguna población presentó susceptibilidad a la enfermedad (Cuadro 3),

Table 2. Disease scale for determining level of resistance/susceptibility of each plant, progeny from every population, against *Fusarium* wilt.

Cuadro 2. Escala de la enfermedad para determinar el nivel de resistencia/susceptibilidad de cada planta, progenie de cada población, contra la marchitez por *Fusarium*.

Serial number	Disease incidence (%)	Response
1	0.0	Highly resistant (HR)
2	0.1-15.0	Resistant (R)
3	15.1-25.0	Moderately resistant (MR)/ Tolerant (T)
4	25.1-50.0	Susceptible (S)
5	>50	Highly susceptible (HS)

Table 3. Response of different lentil populations to *Fusarium* wilt disease and percent disease infection.**Cuadro 3. Respuesta de diferentes poblaciones de lentejas a la enfermedad de marchitez por *Fusarium* y porcentaje de infección de la enfermedad.**

Population name	Set-1		Set-2		Set-3	
	%DI*	Disease response	%DI	Disease response	%DI	Disease response
*P ₁ (A)	5.0	R	0.0	HR	5.0	R
P ₂ (B)	5.0	R	0.0	HR	0.0	HR
F ₃ (AB _H)	25.0	T	0.0	HR	0.0	HR
M ₃ (A _M)	0.0	HR	0.0	HR	0.0	HR
M ₃ (B _M)	5.0	R	0.0	HR	0.0	HR
F ₃ M ₂ (AB _{HM})	5.0	R	0.0	HR	0.0	HR
SV-1 (C)	5.0	R	25.0	T	5.0	R
SV-2 (D)	15.0	R	10.0	R	5.0	R

%DI: Percent of disease incidence ❖ %DI: Porcentaje de incidencia de la enfermedad.

In Set-1, the mutant population of parent A *i.e.* M₃ (A_M) was found highly resistant to *Fusarium* wilt, since it showed least or even no effect of *F. oxysporium*. Parental populations P₁ (A) and P₂ (B), segregating populations M₃ (B_M) and F₃M₂ (AB_M) and Standard varieties SV-1 (C) and SV-2 (D) showed resistance against *Fusarium* wilt, that is, the disease affected few plants. The plants within recombinant population F₃ (AB_H) tolerated wilt disease, which means that a high number of plants wilted in this population (Table 3), as compared to the standard varieties.

In Set-2, the parents 'A' and 'B' and all segregating populations, *i.e.* AB_H, A_M, B_M and AB_M, were highly resistant with no wilted plant found in these populations. Such populations may be used as a reliable source of resistance against *F. oxysporium* in lentil. The standard variety 'D' showed resistant behavior, whereas standard variety 'C' was tolerant to wilt disease (Table 3). In Set-3, the parent 'B' and all segregating populations (AB_H, A_M, B_M and AB_M) were highly resistant, whereas Parent 'A' along with both standard varieties had resistance to *F. oxysporium* (Table 3).

Among all sets, the populations of Set-2 and Set-3 were a good source of variation for lentil resistance against *Fusarium* wilt disease (Table 4) as shown by the number of plants which survived. This may be evaluated and utilized for the selection of disease resistant plants as reported by Baya *et al.* (1997), who found similar variability for resistance against *Fusarium* wilt disease.

lo cual mostró que los progenitores, las variedades estándar y progenies de plantas en poblaciones segregantes fueron desarrolladas a través de la selección de plantas individuales que muestran resistencia contra la enfermedad de marchitez por *Fusarium*. Sin embargo, Stoilova y Chavdarov (2006) reportaron resultados diferentes luego de evaluar 32 genotipos de lenteja, de los cuales tres fueron susceptibles.

En el Conjunto-1, la población mutante del progenitor A *i.e.* M₃ (A_M) tuvo resistencia alta a la marchitez por *Fusarium*, ya que mostró efectos menores o incluso nulos de *F. oxysporium*. Las poblaciones progenitoras P₁ (A) y P₂ (B), las poblaciones segregantes M₃ (B_M) y F₃M₂ (AB_M) y las variedades estándar SV-1 (C) y SV-2 (D) mostraron resistencia contra la marchitez por *Fusarium*, es decir, la enfermedad afectó a pocas plantas. Las plantas dentro de la población recombinante F₃ (AB_H) toleraron la enfermedad de marchitez, esto es, un número alto de plantas en esta población se marchitaron (Cuadro 3), en comparación con las variedades estándar.

En el Conjunto-2, los progenitores 'A' y 'B' y todas las poblaciones segregantes, es decir, AB_H, A_M, B_M y AB_M, presentaron alta resistencia y no hubo plantas marchitas en estas poblaciones. Tales poblaciones se pueden usar como una fuente confiable de resistencia contra *F. oxysporium* en lentejas. La variedad estándar 'D' tuvo un comportamiento resistente, mientras que la variedad estándar 'C' fue tolerante a la enfermedad de marchitez (Cuadro 3). En el Conjunto-3, el progenitor 'B' y todas las poblaciones segregantes (AB_H, A_M, B_M y AB_M)

Our research revealed that in all sets, the parents, standard varieties and plant progenies in segregating populations showed capacity to withstand *Fusarium* wilt disease. All mutated populations from all sets (A_M , B_M and AB_M) showed resistant behavior as compared to recombinant population AB_H (Table 3). Moreover, A_M population appeared to be highly resistant to *Fusarium* wilt disease in all sets. Such type of resistant breeding material can minimize the impact of this disease on lentil production. The results of our research also indicated the worth of induced mutation in developing resistant genotypes. This is similar to Taylor *et al.* (2007) and Pouralibaba *et al.* (2015a), who suggested that the most effective, economical and environment friendly method to control the disease is using resistant cultivars. Besides, Pouralibaba *et al.* (2015a, b) showed an interaction between pathogen and host genotypes, which should be considered for planning breeding and the pathotypes should be studied before setting up a breeding programs in order to select the resistant cultivars.

CONCLUSIONS

The breeding populations (parents, standard varieties and segregating generations) within Set-

presentaron resistencia alta, mientras que el Progenitor 'A', junto con ambas variedades estándar resistieron el *F. oxysporium* (Cuadro 3).

Entre todos los conjuntos, las poblaciones del Conjunto-2 y el Conjunto-3 fueron una buena fuente de variación para la resistencia de lentejas a la enfermedad de marchitez por *Fusarium* (Cuadro 4), según lo observado por el número de plantas que sobrevivieron. Esto puede ser evaluado y usado para la selección de plantas resistentes a la enfermedad, según lo reportado por Baya *et al.* (1997), que encontraron una variabilidad similar para la resistencia contra la enfermedad de marchitez por *Fusarium*.

Nuestra investigación reveló que en todos los conjuntos, las variedades estándar y progenies de plantas en poblaciones segregantes presentaron una capacidad de tolerar la enfermedad de marchitez por *Fusarium*. Todas las poblaciones mutadas de todos los conjuntos (A_M , B_M y AB_M) tuvieron un comportamiento resistente en comparación con la población recombinante AB_H (Cuadro 3). Además, la población A_M pareció altamente resistente a la enfermedad de marchitez por *Fusarium* en todos los conjuntos. Tal clase de material de mejoramiento resistente puede minimizar el impacto de esta enfermedad en la producción de lentejas. Los resultados de nuestra

Table 4. Progeny wise response expressed as the frequency that lentil populations were scored into the disease rating scale for *Fusarium* wilt in all sets.

Cuadro 4. La respuesta de la progenie expresado como la frecuencia que las poblaciones de lentejas entraron en la escala de marchitez por *Fusarium* en todos los conjuntos.

Disease Response	Set No.	Progenies								Total
		P ₁ (A)	P ₂ (B)	F ₃ (AB _H)	M ₃ (A _M)	M ₃ (B _M)	F ₃ M ₂ (AB _{HM})	SV-1 (C)	SV-2 (D)	
Highly resistant	1	1	1	1	2	1	2	1	-	9
	2	2	2	2	2	2	2	-	-	12
	3	1	2	2	2	2	2	1	1	13
Resistant	1	1	1	-	-	1	-	1	2	6
	2	-	-	-	-	-	-	1	2	3
	3	1	-	-	-	-	-	1	1	3
Tolerant	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Susceptible	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Highly susceptible	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total										48

2 and Set-3 might be used as sources of resistance against *Fusarium* wilt of lentil in breeding programs. The mutated populations (A_M , B_M and AB_M) showed more resistance, as compared to recombinant populations, thus implying that the use of induced mutation is effective for developing resistance in lentil. Resistant plants of lentil may be the beginning of an integrated disease management program in lentil crop.

LITERATURE CITED

- Agarwal S., C. K. Singh, and S. S. Lal. 1993. Plant protection of lentil in India. *Lentil in South Asia*. ICARDA. Aleppo. pp: 147-165.
- Akhtar S., M. Ahsan, M. J. Asghar, G. Abbas, F. Ahmad, and M. Rizwan. 2015. Comparison of hybridization and induced mutation as sources of creating genetic variability for various traits in lentil (*Lens culinaris* medik.). *Sabao J. Breed. Genet.* 47: 394-405.
- Bayaa B., W. Erskine, and M. Singh. 1997. Screening lentil for resistance to *Fusarium* wilt methodology and sources of resistance. *Euphytica*. 98: 69-74.
- Bashir M., and B. A. Malik. 1988. Diseases of major pulse crops in Pakistan. A review. *Int. J. Pest Management* 34: 309-314.
- Chaudhary, M. A., M. B. Ilyas, I. U. Hassan, and M. Ghazanfar. 2008. Sources of resistance from lentil international *Fusarium* wilt nursery 2006-7. *Pak. J. Phytopathol.* 20: 122-124.
- Chaudhary R. G., and K. Amarjit. 2002. Wilt disease as a cause of shift from lentil cultivation in Sangod Tehsil of Kota, Rajasthan. *Ind. J. Pulses Res.* 15: 193-194.
- Erskine W., A. Sarker, and S. Kumar. 2011. Crops that feed the world 3. Investing in lentil improvement toward a food secure world. *Food Security* 3: 127-139.
- Pouralibaba H. R., D. Rubiales, and S. Fondevilla. 2015a. Identification of pathotypes in *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Eur. J. Plant Pathol.* DOI 10.1007/s10658-015-0793-6
- Pouralibaba H. R., D. Rubiales, and S. Fondevilla. 2015b. Identification of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* in Spanish lentil germplasm. *Eur. J. Plant Pathol.* 143: 399-405.
- Sarwar G., M., J. Asghar, G. Abbas, and K. P. Akhtar. 2014. Effect of *Fusarium* wilt disease on seed yield of advance lentil genotypes. *Pak. J. Agric. Sci.* 51: 147-152.
- investigación también indicaron el valor de la mutación inducida en el desarrollo de genotipos resistentes. Esto es similar a Taylor *et al.* (2007) y a Pouralibaba *et al.* (2015a), quienes sugirieron que el método más efectivo, económico, y amigable con el medio ambiente para controlar la enfermedad es usar cultivares resistentes. Además, Pouralibaba *et al.* (2015a, b) mostraron una interacción entre genotipos del patógeno y del huésped, que debe ser considerada para planificar el mejoramiento y los tipos de patógenos se deben estudiar antes de iniciar un programa de mejoramiento para seleccionar los cultivares resistentes.

CONCLUSIONES

Las poblaciones de mejoramiento (progenitores, variedades estándar y generaciones segregantes) dentro del Conjunto-2 y Conjunto-3 pueden ser usadas como fuentes de resistencia a la marchitez por *Fusarium* de la lenteja en programas de mejoramiento. Las poblaciones mutadas (A_M , B_M y AB_M) mostraron más resistencia, en comparación con las poblaciones recombinantes, lo que implica que el uso de la mutación inducida es efectiva para desarrollar resistencia en la lenteja. Las plantas de lentejas resistentes pueden ser el inicio de un programa de manejo de enfermedades en el cultivo de lenteja.

—Fin de la versión en español—



- Stoilova T., and P. Chavdarov. 2006. Evaluation of lentil germplasm for disease resistance to *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*). *J. Central Eur. Agric.* 7: 121-126.
- Taylor P., K. Lindbeck, W. Chen, and R. Ford. 2007. Lentil diseases. In: Yadav S. S., D. L., McNeil, and P. C. Stevenson (eds). *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*. Springer, Netherlands. pp: 291-313.