

Nota técnica:

Herencia de la resistencia al hongo *Rhizoctonia solani* en dos poblaciones de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela

Technical note:

Inheritance of resistance to the rice (*Oryza sativa* L.) fungus *Rhizoctonia solani* in two rice populations in Venezuela

Técnica nota:

Herança da resistência ao fungo *Rhizoctonia solani* em duas populações de arroz (*Oryza sativa* L.), na Venezuela

Reinaldo Cardona y Nelly Delgado

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Portuguesa),
Km 5 autopista Araure-Barquisimeto, estado Portuguesa. Apdo. 102
PO-3303.

Resumen

En los últimos años la producción de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela ha sido afectada negativamente por *Rhizoctonia solani*, causante del tizón de la vaina del arroz (TDV). Con el fin de investigar la herencia de la resistencia al hongo, se obtuvieron dos poblaciones experimentales al cruzar padres de arroz resistentes y susceptibles. Al comenzar la emergencia de la panícula se inocularon cuatro hojas aplicando micelio del hongo dentro del nudo de la vaina, colocándose luego en cámara de humedad durante una semana. De acuerdo con la zona afectada por la enfermedad, las plantas se agruparon según la escala de evaluación. Por la reacción fenotípica, ambas progenies mostraron herencia transgresiva, explicando el porque las poblaciones no se ajustaron a las leyes de la herencia mendeliana, observándose una proporción de 1 resistente: 1 susceptible. Por lo tanto la resistencia a *R. solani* estuvo influenciada por varios genes, considerándose que la resistencia fue cuantitativa.

Palabras clave: *Oryza sativa*, tizón de la vaina, resistencia cuantitativa.

Abstract

In the last years rice (*Oriza sativa* L.) production in Venezuela has been negatively affected by *Rhizoctonia solani* causing sheath blight of rice (ShB). In order to investigate the inheritance of resistance to the fungus, two experimental populations were obtained from parents of rice resistant and sensitive. At the beginning of the panicle emergence, four leaves with fungus mycelium were applied within knot of sheath, then being placed in humidity chamber for a week. According to the zone affected by the disease, plants were grouped using the assessment scale. The phenotypic reaction showed both progenies with transgressive inheritance, explaining why the populations did not conform to the laws of Mendelian inheritance; also a ratio of 1 resistant was observed: 1 sensitive. Therefore, *R. solani* resistance was influenced by several genes, considering that resistance was quantitative

Key words: *Oryza sativa*, sheath blight of rice, quantitative resistance.

Resumo

Nos últimos anos, a produção de arroz (*Oryza sativa* L.) na Venezuela tem sido afetada negativamente pela *Rhizoctonia solani*, causando ferrugem da bainha do arroz (TDV). A fim de investigar a herança da resistência ao fungo, foram obtidos dois pais experimentais através de populações resistentes e susceptíveis de arroz. No início da emergência da panícula aplicação do micélio do fungo em quatro folhas no nó interior da bainha, em seguida, sendo colocado na câmara de humidade durante uma semana inoculado. De acordo com a zona afectada pela doença, as plantas são agrupadas de acordo com a escala de avaliação. Para a reação fenotípica, ambos progénies mostraram herança transgressivo, explicando porque as pessoas não estão em conformidade com as leis da herança mendeliana, observando-se uma proporção de 1 resistente: 1 suscetíveis. Portanto resistência *R. solani* foi influenciado por vários genes, considerando que a resistência foi quantitativa.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, ferrugem da bainha, de resistência quantitativa.

Introducción

En Venezuela el arroz (*Oriza sativa* L.) se ubica entre los principales rubros del Estado, por ser una fuente calórica importante en la dieta diaria del venezolano y uno de los cultivos de mayor importancia en la agricultura, estimándose una superficie cosechada de 198.834 ha con un rendi-

Introduction

In Venezuela rice (*Oriza sativa* L.) is considered one of the main products of the country by its important caloric source in the daily diet of the Venezuelan, and one of the crop with higher importance in the agriculture, estimating a harvested surface of 198,834 ha with

miento promedio de 5.354 kg.ha⁻¹ para el 2014, mientras que el rendimiento promedio mundial fue de 4.600 kg.ha⁻¹ (FAO, 2015).

Al igual que en otros cultivos, las plagas representan una de las principales limitantes para el aumento de la productividad del arroz en los trópicos, por aumentar los costos de los insumos en el sembrado y restringir la expansión del cultivo a nuevas áreas. Entre las enfermedades que afectan a la planta de arroz se encuentra el tizón de la vaina (TDV), causada por el patógeno necrófito habitante del suelo *Rhizoctonia solani* Kühn, (teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* [Frank] Donk) (Moreano y Vivas, 2011; Wang *et al.*, 2015).

El TDV fue considerado por muchos años una enfermedad de poca importancia económica; sin embargo, a partir de la década de los 80 comenzaron a observarse incrementos en su incidencia y severidad, debido al uso de un sistema de producción caracterizado por altas densidades de siembra, abundante aplicación de fertilizantes nitrogenados y un monocultivo intensivo. Estas prácticas junto con la utilización de cultivares susceptibles, la naturaleza saprofita y el amplio rango de hospedantes del patógeno, han ayudado a la diseminación, establecimiento y persistencia del hongo en la mayoría de las áreas productoras de arroz (Nass *et al.*, 1995; González-Vera *et al.*, 2011).

En Venezuela, el TDV fue reportado por primera vez por Malaguti (1952), mientras que el agente causal de la enfermedad fue identificado como *R. solani*, ubicado en el grupo de anastomosis AG1-IA (Cedeño *et al.*, 1996).

an average yield of 5,354 kg.ha⁻¹ for 2014; meanwhile, the average Worldwide yield was 4,600 kg.ha⁻¹ (FAO, 2015).

As in other crops, pests represent one of the main limiting conditions for the increment of the productivity of rice in the tropics to increase the costs of the inputs, by increasing the input costs in the planting and restricting the expansion of the crop to new areas. Among the diseases that affect the rice plant is the blight sheath (BS) caused by the necrophyte *Rhizoctonia solani* Kühn, (teleomorph: *Thanatephorus cucumeris* [Frank] Donk) (Moreano and Vivas, 2011; Wang *et al.*, 2015).

Blight sheath was considered for many years as a disease with little economic importance; however, after the 80s increments on its incidence and severity were observed due to the use of a production system characterized by high sow densities, abundant application of nitrogen fertilizers and an intensive monoculture. These practices, along to the use of sensitive cultivars, saprophyte and the wide range of pathogen hosts have helped to the dissemination, establishments and persistence of the fungi in most of the producing areas of rice (Nass *et al.*, 1995; González-Vera *et al.*, 2011).

In Venezuela, BS was first reported by Malaguti (1952), while the causal agent was identified as *R. solani*, located in the anastomosis group AG1-IA (Cedeño *et al.*, 1996).

To control the disease culture practices have been used, among these the use of chemical products (Rodríguez *et al.*, 1999), but due to its environmental impact in the last years it has arisen concerns by the abuse of

Para controlar la enfermedad, se han usado principalmente prácticas culturales y entre ellas el uso de productos químicos (Rodríguez *et al.*, 1999), pero debido a su impacto ambiental se ha generado en los últimos años gran preocupación por el abuso de su aplicación en campos comerciales de arroz.

En Venezuela la información acerca de *R. solani*, así como el grado de resistencia en las variedades de arroz mejoradas en el país es escasa (Graterol *et al.*, 1996; González-Vera *et al.*, 2011). El uso de cultivares resistentes es prerequisite para la agricultura sustentable, por lo económico, biológicamente seguro, usualmente compatible con el control biológico, el no ser dañino para el ambiente y no representar un costo adicional para el agricultor. Es por ello, que el objetivo de este estudio fue determinar la herencia de la resistencia al hongo *R. solani* en dos poblaciones de arroz (*O. sativa* L.) en Venezuela.

Materiales y métodos

Las poblaciones experimentales de arroz obtenidas a partir de los parentales susceptibles y resistentes para la evaluación de la resistencia a *R. solani* mediante inoculaciones artificiales se realizó en el umbráculo ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Araure, estado Portuguesa, 9°36' N, 69°13' O, 200 msnm.

Como progenitores resistentes se seleccionaron los cultivares: Palmar y Jefferson y como susceptibles: Fonaiap 1 y Fonaiap 2000, realizándose los cruces Fonaiap 1 x Palmar y Fonaiap 2000

its application in commercial fields of rice.

In Venezuela, the information about *R. solani* is limited, as well as the resistance degree in the rice varieties improved in the country (Graterol *et al.*, 1996; González-Vera *et al.*, 2011). The use of resistant cultivars is a prerequisite for the sustainable agriculture because it is cheap and biologically safe, usually compatible to the biological control by not being harmful for the environment and not representing an additional cost for the farmer. Thus, the objective of this research was to determine the heritage of the resistance to the fungus *R. solani* in two rice (*O. sativa* L.) populations in Venezuela.

Materials and methods

The experimental populations of rice obtained after the sensitive and resistant progenies for the resistant evaluation to *R. solani* through artificial inoculations was done in the greenhouse located at the National Institute of Agricultural Research (INIA), Araure, Portuguesa state, 9°36' N, 69°13' W, 200 masl.

As resistant progenies were selected the cultivars Palmar and Jefferson, and the sensitive were Fonaiap 1 and Fonaiap 2000, with the crosses Fonaiap 1 x Palmar and Fonaiap 2000 x Jefferson. These progenies were selected according to the evaluations carried out by Delgado and Rodríguez (2005). The seeds of the cultivars were supplied by the improvement program for rice plants of INIA.

x Jefferson. Estos parentales fueron elegidos de acuerdo con las evaluaciones realizadas por Delgado y Rodríguez (2005). Las semillas de los cultivares utilizados fueron suministrados por el programa de mejoramiento de plantas de arroz del INIA.

La siembra de progenitores se realizó en materos de plástico contentivos de suelo previamente esterilizado dos veces en un autoclave por 30 min a 121°C y 15 psi de presión, colocándose cinco plántulas/matero/cultivar. Las plántulas se obtuvieron al sembrar las semillas de cada cultivar en cajas de Petri estéril contentivas de papel absorbente esterilizado y humedecidas con agua destilada estéril. Luego de la emergencia de la radícula, se procedió al trasplante al matero respectivo. Para asegurar la coincidencia de floración entre los progenitores se realizaron tres siembras continuas cada cinco días.

Las plantas se mantuvieron en observación y se realizaron las prácticas culturales para el mantenimiento del buen desarrollo y sanidad. Al llegar a la etapa de emergencia de la panícula, a las plantas seleccionadas como madres le fueron tomadas las macollas que presentaron una emergencia de 5 a 10 cm de la hoja bandera, se les eliminaron todas las hojas y las espiguillas ubicadas en el tercio superior e inferior, realizando la emasculación al día siguiente. Las macollas se identificaron con etiquetas indicando, el nombre del cultivar y la fecha de recolección y se conservaron en cilindros de plástico sumergidas en 15 cm de agua, cambiándose periódicamente.

The sowing of the progenies was done in plastic pots containing soil previously sterilized twice in a autoclave for 30 min at 121°C at 15 psi of pressure, putting five plants/pot/cultivar. The seedlings were obtained sowing the seeds of each cultivar in sterile Petri boxes with sterilized absorbing paper and damped with distilled sterile water. After the emergency of the radicle, it was proceeded to transplant it to the corresponding pot. Three continuous sowings were done every five days to assure the coincidence of flowering among the progenies.

The plants kept in observation and the cultural practices were performed for the maintenance of the development and hygiene. Clusters were taken out once in the emergency phase of the panicle to the selected plants, which presented an emergency from 5 to 10 cm of the flag leaf, and eliminating all the leaves and spikelets located in the upper and bottom third, doing the emasculation the next day. The clusters were identified with labels indicating the name of the cultivar and the collection date, and preserved in plastic cylinders immersed in water in 15 cm of water, changing it periodically.

The selected panicles as mothers were chosen to remove the anthers of the flowers before the anthesis avoiding the auto-fecundation. Once emasculated, the panicles were protected using a glaze-type paper bag to avoid the fecundation with unwanted pollen. Pollination was done when the anthesis in the masculine progenies occurred, writing down the name of the father cultivar and the

A las panículas seleccionadas como madres se les removieron las anteras de las flores antes de la antesis evitando la autofecundación. Una vez emasculadas, las panículas se protegieron con una bolsa de papel glasé para evitar la fecundación con polen no deseado. La polinización se realizó al ocurrir la antesis en el progenitor masculino, anotando el nombre del cultivar padre y la fecha de polinización. Después de la polinización, las panículas se cubrieron de nuevo con la bolsa de papel glasé por cinco días, tiempo en el cual el estigma dejó de ser receptivo y los tallos se mantuvieron en umbráculo hasta el desarrollo completo de la semilla. Al madurar la semilla, se recolectó y guardó en sobres, identificándose con el cruce y fecha de cosecha y se almacenaron en refrigeración hasta su utilización.

La siembra de las semillas F_1 se realizó de igual forma que fueron sembrados los progenitores. Una vez madurada la semilla se recolectaron en bolsas individuales identificadas con el cruce y fecha de cosecha y almacenadas en refrigeración hasta su uso, esta semilla constituyó la generación F_2 .

La evaluación de los cultivares de arroz por su reacción a *R. solani*, se hizo en umbráculo, determinándose el valor promedio del área afectada por la enfermedad en tres tallos seleccionados al azar por planta. Se utilizaron tres potes/progenitor con cuatro plantas cada uno, mientras que en la progenie, cada individuo se evaluó de manera independiente, colocando una planta por pote.

En este estudio se usó el aislamiento 101-18 del TDV, registrado, identificado y preservado en el labora-

pollination date. After the pollination, the panicles covered again with glaze-type paper for five days, time when the stigma stops being receptive and the stems kept in the threshold until the complete development of the seed. When the seed ripened, it was collected and stored in envelopes, identifying those with the cross and the harvest date and stored frozen until their use.

The sown of the seeds F_1 was done the same way the progenies were sown. Once ripened the seeds, these were collected in individual bags identified with the cross and harvest date and stored refrigerated until their use, this seed constituted the generation F_2 .

The evaluation of the rice cultivars by the reaction to *R. solani* was done in the greenhouse, determining the average value of the affected area by the disease in three stems selected at random per plant. Three jars/progenies were used with four plants each; while in the progenies each individual was evaluated independently, putting one plant per jar.

In this research the isolation 101-18 of the BS was used, which as registered, identified and preserved in the Phytopathology laboratory of INIA-Portuguesa. The multiplication of the inoculum was done in sterile Petri boxes containing 20 mL of sterilized and acidified potato dextrose agar (APDA), putting an sclerotium in the center of the box, when the sclerotium germinated it was let in environmental temperature (25-28°C) in the laboratory for five days; later, ten pieces of agar with fungi mycelium were selected and put in the same number of Petri boxes with APDA and left for eight

torio de Fitopatología del INIA-Portuguesa. La multiplicación del inóculo se hizo en cajas de Petri estériles contentivas de 20 mL de agar papa dextrosa esterilizado y acidificado (APDA), colocándose un esclerocio en el centro de la caja, al germinar el esclerocio se dejó crecer en ambiente (25-28°C) del laboratorio por cinco días, luego se tomaron 10 trozos de agar contentivo de micelio del hongo y se colocaron en igual número de caja de Petri con APDA y se dejaron por ocho días en un mesón en ambiente de laboratorio (25-28°C) hasta su utilización.

Para el caso de la progenie, en cada cruce se evaluarán 100 plantas. La inoculación se realizó en la fase de inicio de la ejerción de la panícula (R4), por haberse demostrado que la severidad de la infección de *R. solani*, fue mayor en esta etapa que en alguna otra. Las hojas se enumeraron del 1 al 5 comenzando de arriba hacia abajo, siendo la número 1 la hoja bandera. Se evaluaron las lesiones en la segunda, tercera, cuarta y quinta hoja por ser éstas las más indicadas para determinar la severidad de la infección en plantas individuales (Eizenga *et al.*, 2002).

Con la ayuda de un sacabocados previamente flameado, los tallos seleccionados se inocularon en el nudo dentro de la vaina, con discos de agar con micelio del hongo. Inmediatamente después de la inoculación las plantas se cubrieron con una bolsa plástica y se dejaron incubadas en cámara húmeda por una semana (Eizenga *et al.*, 2002). Luego de este tiempo, se retiró la bolsa, se midió el área total y afectada en cada una de las plantas, se determinó el porcentaje de área afectada por el TDV,

days in a table in the laboratory under environment conditions (25-28°C) until their use.

For the case of the progenies, 100 plants will be evaluated on each cross. The inoculation was done in the initiation phase of the panicle's exertion (R4), by having shown that the severity of the infection of *R. solani* was higher in this phase than in any other. The leaves were numbered from 1 to 5, starting from up to down, being number 1 the flag leaf. The damages in the second, third, fourth and fifth leaves were evaluated by being the most indicated to determine the severity of the infection in the individual plants (Eizenga *et al.*, 2002).

Using a punch, which was previously flamed, the selected stems were inoculated in the knot of the sheath with agar discs and micellium of the fungi. Immediately after the inoculation, the plants covered with a plastic bag and incubated in wet chamber for a week (Eizenga *et al.*, 2002). After this time, the bag was removed and measured the total and affected area of each of the plants, the percentage of the affected area was determined by the BS and later were grouped according to the scale from 0 to 9, where 0= without damage, 1= damages covering 10% of the foliar surface successively until 9 = damage covering all the foliar area (90 to 100% of the leaves). Plants with values from 0 to 4 were considered resistant and from 5 to 9 were considered sensitive.

The data obtained of the population was analyzed using descriptive statistical, the normality probability of Shapiro-Wilk and the adjustment test [Chi-squared (X^2)] for

para luego ser agrupadas según la escala 0 a 9 donde 0 = sin lesión, 1 = lesiones cubriendo el 10% de la superficie del área foliar y así sucesivamente hasta 9 = lesiones cubriendo toda el área foliar (90 a 100% de las hojas). Plantas con valores de 0 a 4 se consideraron resistentes y de 5 a 9 se consideraron susceptibles.

Los datos obtenidos de las poblaciones segregantes se analizaron utilizando estadística descriptiva, la probabilidad para normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de Bondad de Ajuste [Chi-cuadrado (X^2)] para dos clases fenotípicas (resistentes [R] : susceptibles [S]), con un grado de confianza de 5% y la siguiente hipótesis: Hipótesis nula: la población segrega en una proporción R1:S1. Hipótesis alternativa: la población no segrega en una proporción R1:S1.

Resultados y discusión

En el presente trabajo las dos progenies segregantes mostraron variabilidad fenotípica por las diferencias en las épocas de floración y altura de plantas, entre otras características. Además, el método de inoculación e incubación (Eizenga *et al.*, 2002; Delgado *et al.*, 2004; González-Vera *et al.*, 2011) mostró ser seguro, al no ocurrir escape, evidenciado al manifestarse los síntomas del TDV entre 24 y 48 días después de la inoculación, ocurriendo diferentes grados de severidad, permitiendo la agrupación de la descendencia (F_2) de acuerdo al porcentaje del área afectada, indispensable para la determinación del modo de herencia de la resistencia a *R. solani* en cultivares de arroz.

two phenotypic phases (resistant [R]: sensitive [S]), with an accuracy degree of 5% and the following hypothesis: null hypothesis: the population segregates in a portion R1:S1. Alternative hypothesis: the population does not segregate a proportion R1:S1.

Results and discussion

In the current research the two segregating progenies showed phenotypic variability by the differences in the flowering season and height of the plants, among other characteristics. Additionally, the inoculation and incubation method (Eizenga *et al.*, 2002; Delgado *et al.*, 2004; González-Vera *et al.*, 2011) showed to be safer, since there was not any scape, observing the symptoms of the BS from 24 to 48 days after the inoculation, occurring different severity degrees and allowing the grouping of the offspring (F_2) according to the percentage of the affected area, which was necessary for determining the inheritance of the resistant to *R. solani* in rice cultivars.

The conditions to carry out this research were selected since the tests performed in *R. solani* in experimental plots (Che *et al.*, 2003) using different methods of artificial inoculation (Marchetti *et al.*, 1996; Pan *et al.*, 1999), for determining cultivars with reduced sensitiveness to BS have shown inconsistent results even among plants of the same cultivar, replications, years and from one location to another (Pinson *et al.*, 2005). Also, the researches performed in thresholds showed more accuracy than the field essays (Araujo *et al.*,

Las condiciones para realizar el presente trabajo se seleccionó debido a que ha sido señalado que las pruebas realizadas con *R. solani* en parcelas experimentales (Che *et al.*, 2003) utilizando diferentes métodos de inoculación artificial (Marchetti *et al.*, 1996; Pan *et al.*, 1999), para determinar cultivares con susceptibilidad reducida al TDV, mostraron resultados inconsistentes, incluso entre plantas del mismo cultivar, repeticiones, año a año y de una localidad a otra (Pinson *et al.*, 2005). Además, los estudios realizados en umbráculo demostraron mayor precisión que los ensayos en campo (Araujo *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2009); así como condiciones más uniformes (Pinson *et al.*, 2005).

Los progenitores mostraron un porcentaje de área afectada entre un 11 y 67%, resultando resistentes, de acuerdo a la escala de evaluación, Palmar (11%) y Jefferson (32%), mientras que los cultivares Fonaiap 1 (60%) y Fonaiap 2000 (67%) resultaron susceptibles, coincidiendo con lo señalado por Delgado y Rodríguez (2005). La variación fenotípica a la reacción al TDV entre los progenitores, medida por la diferencia del área afectada, fue de 49% entre los cultivares Palmar y Fonaiap 1 y de 35% entre los progenitores Jefferson y Fonaiap 2000. Además, la variación fenotípica entre los progenitores resistentes, medida por la diferencia del área afectada fue de 21%, mientras que entre los progenitores susceptibles fue de 7%.

En la población F_2 producto del cruce entre Palmar x Fonaiap 1, el porcentaje de área afectada mostró una media de 47,5; una desviación muestral $\pm 17,54$; una varianza muestral de

2007; Liu *et al.*, 2009); as well as more uniform conditions (Pinson *et al.*, 2005).

The progenies showed a percentage of the affected area from 11 to 67%, resulting resistant according to the evaluation scale, Palmar (11%) and Jefferson (32%); while cultivars Fonaiap 1 (60%) and Fonaiap 2000 (67%) resulted sensitive, agreeing to Delgado and Rodríguez (2005). The phenotypic variation to the reaction to BS among the progenies measured by the difference of the affected area was of 49% among the cultivars Palmar and Fonaiap 1 and 35% among the progenies Jefferson and Fonaiap 2000. Additionally, the phenotypic variation among the resistant progenies measured by the difference of the affected area was of 21%; while in the sensitive progenies was of 7%.

Population F_2 product from the cross between Palmar x Fonaiap 1 and the percentage of the affected area showed a mean of 47.5; a sampling deviation ± 17.54 ; a sampling variance of 307.80; a minimum value of 8% and maximum of 91% and mean 50, being the variation to the reaction in this population of 83%. Meanwhile, Jefferson x Fonaiap 2000 cross showed a mean of 48.62%; sampling deviation ± 13.55 ; sampling variance of 183.48; minimum value 12%, maximum value of 80% and mean 50, with a reaction variation of 68%.

For the segregating population Palmar x Fonaiap 1, 42 resistant plants were observed and 58 sensitive plants, with an accuracy degree of 5%; thus, the null hypothesis was accepted since the measured value (2.56) was lower than the tabulated value (3.84). Therefore, the segregating population

307,80; un valor mínimo de 8% un valor máximo de 91% y mediana 50, siendo la variación a la reacción en esta población de 83%. Mientras que para el cruce Jefferson x Fonaiap 2000, mostró una media de 48,62%; desviación muestral $\pm 13,55$; varianza muestral de 183,48; valor mínimo 12%, un valor máximo de 80% y mediana 50, con una variación a la reacción de 68%.

Para la población segregante Palmar x Fonaiap 1 se observaron 42 plantas resistentes y 58 plantas susceptibles, resultando con un grado de confianza del 5%, por lo que se aceptó la hipótesis nula debido a que el valor calculado (2,56) fue menor que el valor tabulado (3,84). Por lo tanto, la población segregante se ajustó a una proporción 1 resistente:1 susceptible (1:1).

Para la población segregante Jefferson x Fonaiap 2000 se observaron 57 plantas resistentes y 43 plantas susceptibles, determinándose con una probabilidad del 5%, que el valor calculado (1,96) fue menor que el valor tabulado (3,841), aceptándose la hipótesis nula; por lo tanto la población segregante se ajustó a una proporción 1:1 resistente: susceptible.

La población F_2 obtenida del cruce Palmar x Fonaiap 1 mostró, de acuerdo a la formula de probabilidad para normalidad de Shapiro-Wilk, que la reacción fenotípica de la población segregante al hongo *R. solani* presentó una variación continua con un valor de $W = 0,9862$ y $PW = 0,4084$, siendo el valor W mayor que el valor PW , por lo tanto se ajustó a una distribución normal (figura 1).

De acuerdo a la formula de probabilidad de Shapiro-Wilk, la población

adjusted to a 1:1 proportion, 1 resistant: 1 sensitive.

For the segregating population Jefferson x Fonaiap 2000, 57 plants resistant and 43 sensitive plants were observed, determining with 5% of accuracy that the measured value (1.96) was lower than the tabulated value (3.84), accepting the null hypothesis; thus, the segregating population adjusted to a 1:1 proportion resistant: sensitive.

F_2 population obtained from the cross Palmar x Fonaiap 1 showed, according to the Shapiro-Wilk probability formula for normality that the phenotypic reaction of the segregating population to *R. solani* fungus presents a continuous variation with a value of $W = 0.9862$ and $PW = 0.4084$, being W higher than PW ; thus, it adjusted to a normal distribution (figure 1).

According to Shapiro-Wilk probability formula, the F_2 population of Jefferson x Fonaiap 2000 cross showed that the phenotypic reaction to the segregating population to *R. solani* fungus presented continuous variation with a value of $W = 0.9757$ and $PW = 0.1052$, showing that the value W was higher than the value PW ; hence, it adjusted to a normal distribution (figure 2).

In the progenies F_2 in both evaluated populations was observed a continuous variation in the phenotypic reaction product of the artificial inoculation of *R. solani* fungus. Additionally, both populations showed transgressive segregation, determined in the offspring by the phenotypic reaction that showed more resistant and sensitive individuals than the

F₂ del cruce Jefferson x Fonaiap 2000 mostró, que la reacción fenotípica de la población segregante al hongo *R. solani* presentó una variación continua con un valor de W= 0,9757 y un valor de PW= 0,1052, mostrando que el valor W fue mayor que el valor PW; por lo tanto se ajustó a una distribución normal (figura 2).

En las progenies F₂ en ambas poblaciones evaluadas se observó una variación continua en la reacción fenotípica producto de la inoculación artificial del hongo *R. solani*. Además, ambas poblaciones mostraron segregación transgresiva, determinada en la descendencia por la reacción fenotípica que mostró individuos más resistentes o más susceptibles que los respectivos parentales (Russell, 2013). En consecuencia la herencia transgresiva es considerada el efecto principal producto de la acción complementaria de genes presentes en ambos progenitores, siendo esta una característica cuantitativa condicionada por varios genes.

En este mismo sentido, ha sido determinada la ausencia de resistencia completa en arroz a *R. solani* (Mew *et al.*, 2004), considerándose que la resistencia en arroz al hongo fue multigénica, siendo difícil evaluar el efecto individual de los genes que confirieron esta resistencia (Che *et al.*, 2003).

De acuerdo a la reacción fenotípica producto de la inoculación con *R. solani*, se determinó la existencia de herencia transgresiva en ambas progenies segregantes evaluadas, explicando el porqué en ambas poblaciones se observó una segregación no ajustadas a las leyes de herencia de

corresponding progenies (Russell, 2013). Consequently, the transgressive inheritance is considered the main effect product of the complementary action of genes present in both progenies, being a quantitative trait conditioned by different genes.

In this sense, the absence of complete resistance in rice to *R. solani* (Mew *et al.*, 2004) has been determined, considering that the resistant in rice to the fungus was multigene, being difficult to evaluate the individual effect of the genes that grant this resistant (Che *et al.*, 2003).

According to the phenotypic reaction of the inoculation with *R. solani*, it was determined the existence of transgressive inheritance in both segregating progenies evaluated, explaining the reason that in both populations was observed a segregation that was not adjusted to the Mendel inheritance laws, being the determined proportion 1 resistant: 1 sensitive (1:1); thus, the resistance to BS in both segregating evaluated populations was conditioned by different genes, where each gene had a small effect on the final phenotypic expression of resistance, being this the sum of the individual effects; hence, the inheritance of the resistance in rice cultivars of *R. solani* is considered quantitative; however, it must be considered the research with advanced lines with evaluated segregating populations to determine the contribution of each progenies to the resistance of *R. solani*.

Conclusions

In both populations the tendency was similar and the transgressive

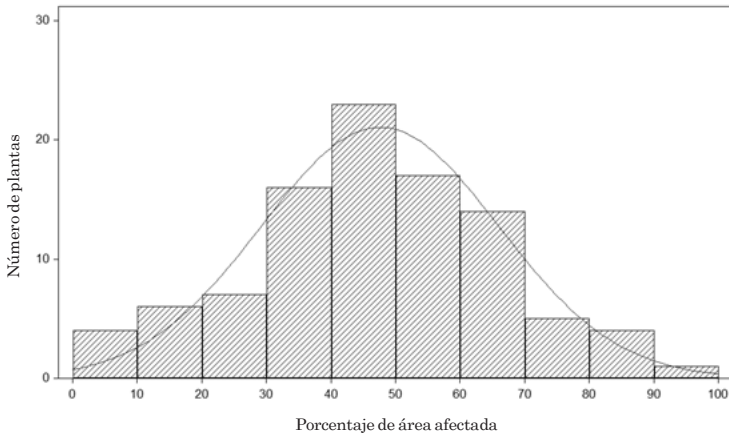


Figura 1. Distribución modal del porcentaje de área afectada por el hongo *R. solani* en la población segregante F₂ Palmar x Fonaiaip 1.

Figure 1. Modal distribution of the percentage of the affected area by the fungus *R. solani* in the segregating population F₂ Palmar x Fonaiaip 1.

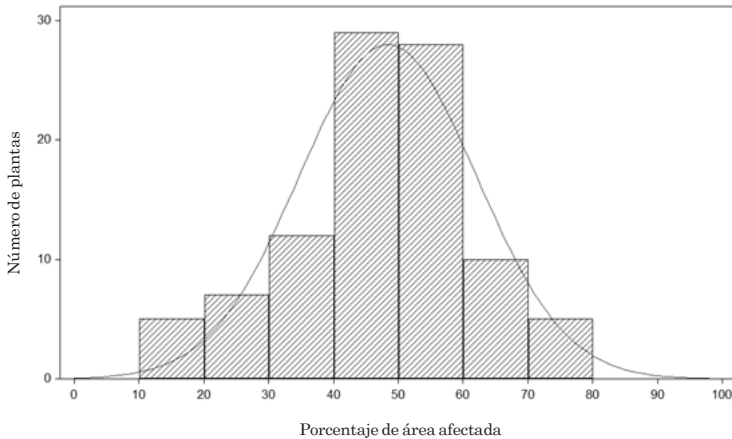


Figura 2. Distribución modal del porcentaje de área afectada por el hongo *R. solani* en la población segregante F₂ Jefferson x Fonaiaip 2000.

Figure 2. Modal distribution of the percentage of the affected area by the fungus *R. solani* in the segregating population F₂ Jefferson x Fonaiaip 2000.

Mendel, siendo la proporción determinada 1 resistente: 1 susceptible (1:1); por esto la resistencia al TDV en ambas poblaciones segregantes evaluadas fue condicionada por varios genes, donde cada gen tuvo un efecto pequeño sobre la expresión fenotípica final de resistencia, siendo ésta la suma de los efectos individuales, por lo que el modo de herencia de la resistencia en cultivares de arroz a *R. solani* es considerada cuantitativa; sin embargo, se debe considerar el estudio con líneas avanzadas con las poblaciones segregantes evaluadas, para determinar el aporte de cada progenitor a la resistencia a *R. solani*.

Conclusiones

En ambas poblaciones la tendencia fue semejante y se manifestó la herencia transgresiva a la respuesta a la inoculación y las dos poblaciones evaluadas mostraron una distribución continúa. Debido a que la respuesta a la inoculación en las dos poblaciones evaluadas mostraron una distribución continúa.

El modo de herencia de la resistencia en las plantas de arroz se considera cuantitativa, es decir poligénica.

Literatura citada

- Araujo, L., A. Prabhu and G. Da Silva. 2007. Field and greenhouse inoculation methods for assessment of sheath blight resistance in rice. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 7:221-224.
- Cedeño, L., H. Nass, C. Carrero, R. Cardona, H. Rodríguez y L. Alemán. 1996. *Rhizoctonia solani* AGI-IA causa principal del añublo de la vaina en arroz. *Fitopatología Venezolana* 9:6-9.
- Che, K., O. Zhan, O. Xing, Z. Wang, D. Jin, D. He and B. Wang. 2003. Tagging and mapping of rice sheath blight resistant gene. *Theoretical and Applied Genetics* 106:293-297.
- Delgado, N. and H. Rodríguez. 2005. Creating a rice population resistant to *Rhizoctonia solani* Kühn. In: *Population improvement: A way of exploiting the rice genetic resources of Latin America*. Chapter 14. E.P. Guimarães (Ed.). 350 p.
- Delgado, N., H. Rodríguez y M. Ramón. 2004. Evaluación de métodos de inoculación de *Rhizoctonia solani* sobre germoplasma de arroz en campo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 21:374-384.
- Eizenga, G., F. Lee and N. Rutger. 2002. Screening *Oryza* species plants for rice sheath blight resistance. *Plant Disease* 86:808-812.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2015. Incluir ek titulo del documento y luego la direccion electronica. <http://www.apps.fao.org>. Consultado en noviembre de 2015.
- Graterol, E., O. Borges, H. Nass y A. Salih. 1996. Herencia transgresiva para la resistencia a *Rhizoctonia* spp. en poblaciones segregantes de arroz (*Oryza sativa* L.) *Revista de Investigación Agrícola DANAC* 1:1-9.
- González-Vera, A., E. Graterol, B. Borges y F. Hernández. 2011. Métodos de evaluación y reacción de cultivares para resistencia al añublo de la vaina del arroz causado por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA. *Bioagro* 23(1):3-12.
- Liu, G., Y. Jia, F. Correa-Victoria, G. Prado, K. Yeater, A. McClung and J. Correll. 2009. Mapping quantitative trait loci responsible for resistance to sheath

End of english version

- blight in rice. *Phytopathology* 99:1078-1084.
- Malaguti, G. 1952. Mancha de la hoja envainadora del arroz causada por *Rhizoctonia solani*. *Agronomía Tropical*. II:41-53.
- Marchetti, M., A. McClung, B. Webb and C. Bollich. 1996. Registration of B82-761 long-grain rice germplasm resistant to blast and sheath blight. *Crop Science* 36:815.
- Mew, T., H. Leung, S. Savary, C. Vera Cruz and J. Leach. 2004. Looking ahead in rice disease research and management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23:103-127.
- Moreano, N. y L. Vivas L. 2011. Incidencia y severidad de *Rhizoctonia* sp. en 10 cultivares de arroz en condiciones de invernadero. *Revista de la Universidad de Guayaquil* 110:13-18.
- Nass, H., L. Cedeño, C. Carrero, R. Cardona, H. Rodríguez y L. Alemán. 1995. *Rhizoctonia solani* AG1-1A importante patógeno del arroz (*Oryza sativa*) en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 1:142-143.
- Pan, X., M. Rush, X. Sha, O. Xie, S. Liscombe, S. Stelina and J. Oard. 1999. Major gene nonallelic sheath blight resistance from the rice cultivars Jasmine 85 and Teqing. *Crop Science* 39:338-346.
- Pinson, S., F. Capdevielle and J. Oard. 2005. Confirming QTLs and finding additional loci conditioning sheath blight resistance in rice using recombinant inbred lines. *Crop Science* 45:503-510.
- Rodríguez, H., H. Nass, R. Cardona y L. Alemán. 1999. Alternativas para controlar el añublo de la vaina causado por *Rhizoctonia solani* en arroz. *Fitopatología Venezolana* 12:18-21
- Russhell, G. 2013. Plant breeding for pest and disease resistance: Studies in the agricultural and food sciences. Edition Butterworth-Heinemann. 368 p.
- Wang, L., L.M. Liu, Y.X. Hou, L. Li and S.W. Huang. 2015. Pathotypic and genetic diversity in the population of *Rhizoctonia solani* AG1-1A causing rice sheath blight in China. *Plant Pathology* 64:718-728.