

**Respuesta de diez variedades de habichuela
(*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación con
Rhizobium spp. y fertilización con nitrógeno**

**José Alfonso Argumedo Araujo
Jhonny Guardia Datzer**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Respuesta de diez variedades de habichuela
(*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación con
Rhizobium spp. y fertilización con nitrógeno**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**José Alfonso Argumedo Araujo
Jhonny Guardia Datzler**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

Respuesta de diez variedades de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación con *Rhizobium* spp. y fertilización con nitrógeno

Presentado por:

José Alfonso Argumedo Araujo
Jhonny Guardia Datzer

Aprobado:

Jeffery Pack, D.P.M.
Asesor principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Carrera Ingeniería
Agronómica

Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Ulises Barahona, Ing.
Asesor

RESUMEN

Argumedo Araujo, J. A; Guardia Datzler, J. 2011. Respuesta de diez variedades de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación con *Rhizobium* y fertilización con nitrógeno. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 18 p.

La fertilización nitrogenada es uno de los mayores costos con los cuales se incurre en la producción de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.), por lo que a nivel mundial se han buscado alternativas de cómo disminuir ésta. Especies del genero *Rhizobium* fija nitrógeno (N) de la atmosfera y puede aportar mucho en la reducción de N sintético. Este estudio evaluó el uso de *Rhizobium* y dos dosis de N (100 y 50 kg/ha) en la producción de diez variedades de habichuela. Se usó un diseño BCA con un arreglo factorial de 2×10 (dos programas de fertilización e inoculación y diez variedades) y $2 \times 2 \times 3$ (dos niveles de inoculación, dos niveles de fertilizantes y tres variedades). Se evaluó la germinación y el rendimiento de cada variedad y la interacción entre los factores. Como es típico con habichuelas, las variedades enredaderas fueron más productivas que las arbustivas. La dosis estándar resultó en mayores rendimientos que la dosis reducida pero con inoculación.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada, Fijación simbiótica, viabilidad.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS.....	17

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos del ensayo 1 para la evaluación de tres variedades de habichuela con dos niveles de inoculación y dos niveles de fertilización	5
2. Descripción de los tratamientos del ensayo 2 para la evaluación de 10 variedades de habichuela con dos programas de fertilización e inoculación	5
3. Descripción de las características de las diez variedades.....	6
4. Descripción de la aplicación de fertilizante nitrogenado (expresado en porcentaje) según los días después de siembra de las diez variedades de habichuela.....	7
5. Porcentaje de viabilidad (papel toalla húmedo) y germinación en el campo de 10 variedades de habichuela.....	8
6. Efectos de las variedades, inoculación y fertilización en los rendimientos de tres variedades de habichuela. Zamorano, Honduras.....	9
7. Rendimientos de variedades de habichuela tipo arbustivas y enredaderas.....	10
8. Efecto de los tratamientos simples de variedad, inoculación y fertilización en el rendimiento de dos variedades arbustivas de habichuela. Zamorano, Honduras.....	10
9. Rendimiento por parcela y por hectárea de diez variedades de habichuela.....	11
10. Diferencias en rendimiento por efecto de los programas de fertilización evaluados. Zamorano, Honduras.....	12
11. Rendimiento promedio expresado por tipo de variedades de habichuela.....	12
12. Efectos de la variedad en el rendimiento de las variedades arbustivas (A) y de enredadera (B). Zamorano, Honduras.....	13
13. Efecto de los programas de fertilización en el rendimiento de variedades arbustivas (A) y de enredadera (B).....	13
Anexos	Página
1. Mapa del terreno a utilizar en Zona 2 y randomización de las UE en Zamorano, Honduras.....	17
2. Necesidades hídricas de la habichuela.....	18

1. INTRODUCCIÓN

Generalidades. La habichuela (*Phaseolus vulgaris*) es originaria de Mesoamérica y la zona Andina donde se encuentran los centros primarios de diversificación. Se consume como una hortaliza verde y se cosecha cuando la vaina y las semillas se encuentran en su etapa inmadura y con bajo contenido de fibra (Vallejo y Estrada, 2004).

Es un cultivo que se encuentra alrededor del mundo y se le conoce como habichuela vainita, judía, frijol agita y otros. Es una hortaliza de mucha importancia en regiones como Europa, Norteamérica, África y Latinoamérica.

BIOLOGÍA

Botánica. La habichuela es una planta anual que presenta dos tipos de crecimiento, determinado o arbustivo (variedades mejoradas para facilitar la cosecha) e indeterminado o rastrero. Las variedades de habichuela trepadoras que requieren de un tutor para crecer, también son indeterminadas. Tiene un periodo vegetativo aproximado de 60-90 días según la variedad y la altitud de la zona donde es sembrada (Casseres, 1981).

Las flores están agrupadas en inflorescencias axilares conocidas botánicamente como racimos. Presenta una morfología floral que facilita autopolinización debido a que es hermafrodita, y las anteras liberan polen simultáneamente cuando los estigmas están receptivos y la flor está cerrada (mecanismo conocido como cleistogamia). El fruto es una vaina indehisciente que contiene las semillas, las cuales no presentan albumen (Vallejo y Estrada, 2004)

NECESIDADES DEL CULTIVO

Siembra. Debe realizarse a una profundidad aproximada de 3-5 cm, dependiendo de la cantidad de agua que exista en el suelo (más profundo a menor humedad y viceversa). Las densidades de siembra dependen de la variedad de habichuela y su tipo de crecimiento (arbustivo o enredadera). Para plantas de tipo arbustivo, se pueden sembrar a doble hilera a un distanciamiento de 15 cm entre plantas al igual que la habichuela tipo enredadera, solo que está a una sola hilera.

Suelos. La habichuela puede ser establecida en suelos de textura liviana a pesada, que presentan una buena fertilidad y una retención de agua intermedia, debido a que esta no

tolera el exceso de humedad. El pH del suelo, debe oscilar entre un rango de 6-7 (Casseres, 1981).

Varietades. Las variedades arbustivas tienen un crecimiento determinado ya que han sido mejoradas para facilitar la cosecha y son de ciclo corto (60-70 días). Tienen un menor rendimiento en comparación con las variedades de tipo enredadera, que tienen un ciclo largo (70-95 días) y son de alto rendimiento, pero necesitan del tutoreo (Rodríguez y Hernández, 1994)

Plagas y enfermedades. Entre las principales enfermedades que la afectan, se encuentra el virus del mosaico común y el mosaico dorado amarillo, mildiu, bacteriosis, esclerotinia, roya, antracnosis, mancha angular y pudrición radicular. También atacan otras plagas como los nematodos (*Meloidogyne* spp.), gusanos masticadores, mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y los áfidos que afectan al cultivo (Saladín 1995). La principal plaga en donde se realizó el ensayo, es la *Empoasca*, la cual causa muchos daños en los cultivos.

Madurez y cosecha. La cosecha es aproximadamente a los 55-95 días después de la siembra, dependiendo de las variedades. Esta actividad se realiza cuando la vaina ha alcanzado su máximo tamaño y la semilla se encuentra de un menor tamaño, asegurando que la vaina no haya desarrollado todavía el contenido fibroso. Las vainas deben desprenderse cuidadosamente de la planta para no causarle daños. Cuando se cosechan habichuelas tiernas, éstas deben de llegar al mercado con no más de 24 horas y deben de estar en un lugar fresco, sin que las vainas estén en contacto con la humedad, ya que pueden adquirir enfermedades.

RHIZOBIUM

Importancia. El *Rhizobium* es una bacteria benéfica que forma una asociación simbiótica con la raíces de plantas en la familia Leguminosae, y tiene la capacidad de fijar nitrógeno y hacerlo disponible para la planta. A cambio la planta le provee de sus carbohidratos para la nutrición de la bacteria. Esta simbiosis permite que la planta pueda abastecerse de nitrógeno y desarrollarse bien aun cuando su contenido se encuentre bajo en el suelo. (Rosas y Reyes, 2002).

Especies. Las principales especies de *Rhizobium* que nodulan a la habichuela son *R. tropici*, *R. etli* y *R. leguminosarum*. Estas cepas efectivas son utilizadas en la mayoría de inoculantes para esta leguminosa (Rosas y Reyes, 2002).

Justificación El uso intensivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de habichuela reduce la rentabilidad del cultivo por sus altos costos y efectos nocivos al medio ambiente al contaminar las fuentes de agua y alterar los hábitat de especies silvestres. El presente estudio fue realizado para determinar las ventajas del uso de inoculantes de *Rhizobium* como alternativa para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados manteniendo niveles de productividad rentables. Además, ya que la mayoría de los productores en Honduras utilizan la variedad Opus, en el presente estudio se evaluaron el rendimiento y adaptación

de otras variedades (tanto arbustivas como enredaderas) como alternativa para que los productores incrementen sus rendimientos. En este estudio se evaluó la viabilidad y germinación de campo y el rendimiento en diez variedades de habichuela bajo tratamientos de inoculación con *Rhizobium* y dosis de nitrógeno (100 y 50 kg/ha).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, en la sección de Horticultura (Zona 2), a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. Esta zona tiene una precipitación promedio anual de 1,100mm, una temperatura promedio anual de 24°C y una elevación de 800 msnm. El estudio se llevó a cabo en los meses de mayo a septiembre, durante el invierno. El suelo del lote experimental es de textura franco arcillosa y se encuentra compuesto por una capa pedregosa, con 1.5% de materia orgánica y se ha cultivado habichuela hace cuatro años.

Tratamientos y diseño experimental

Se condujeron dos ensayos:

1. Ensayo 1: Se evaluaron tres variedades (Opus, Carson y Gita), dos niveles de inoculación (con y sin *Rhizobium*) y dos dosis de N (50 y 100 kg/ha), usando un arreglo de bloques completamente al azar (BCA) (Cuadro 1).
2. Ensayo 2: Se evaluaron 10 variedades usando dos programas de fertilización/inoculación: el programa normal de 100 kg/ha de N y sin inoculación, y el programa especial de 50 kg/ha de N con inoculación, utilizando un arreglo de bloques completamente al azar (BCA) (Cuadro 2).

En los dos ensayos se utilizó el término de rendimiento corregido, el cual consiste en la germinación de cada parcela, la cual es extrapolada al 100% para simular una germinación completa en cada unidad experimental.

Cada unidad experimental tuvo un tamaño de 5 m de largo y 1.5 m de ancho dejando un espacio entre unidades experimentales de 0.5 m. La randomización de los tratamientos se encuentra en el Anexo 1.

Análisis estadístico Se analizaron los datos usando un análisis de varianza (ANDEVA) con el modelo GLM y la separación de medias por el método SNK ($P \leq 0.05$), con el programa estadístico SAS “Statistical Analysis System”. (SAS, 2007)

Cuadro 1. Los tratamientos del ensayo 1 para la evaluación de tres variedades de habichuela con dos niveles de inoculación y dos niveles de nitrógeno.

Variedad	Nitrógeno (kg/ha)	Rhizobium
Opus	50	Sí
Opus	50	No
Opus	100	Sí
Opus	100	No
Carson	50	Sí
Carson	50	No
Carson	100	Sí
Carson	100	No
Gita	50	Sí
Gita	50	No
Gita	100	Sí
Gita	100	No

Cuadro 2. Los tratamientos del ensayo 2 para la evaluación de 10 variedades de habichuela con dos programas de fertilización e inoculación.

Variedad	Programa
Opus	Normal
Opus	Especial
Gita	Normal
Gita	Especial
Carson	Normal
Carson	Especial
Kentucky Blue	Normal
Kentucky Blue	Especial
Italian Rose	Normal
Italian Rose	Especial
Yard Long Red Noodle	Normal
Yard Long Red Noodle	Especial
Purple King	Normal
Purple King	Especial
Purple Burgundy	Normal
Purple Burgundy	Especial
Gold Mine	Normal
Gold Mine	Especial
Dragon Tongue	Normal
Dragon Tongue	Especial

Preparación del suelo El suelo se preparó con dos pases de rastra pesada y liviana para disminuir los terrones y brindarle a la semilla una mejor superficie para germinar. Después se realizó un pase de acamadora a un espaciamiento de 1.5 m y con camas de 0.9 m de ancho.

Varietades Se sembraron diez variedades de habichuela: Opus, Gita, Yard Long Red Noodle, Purple Royal Burgundy, Italian Rose, Purple King, Dragon Tongue, Gold Mine, Kentucky Blue y Carson (Cuadro 3). El estudio duró aproximadamente 100 días desde el momento de la siembra hasta la última cosecha.

Cuadro 3. Características claves de diez variedades de habichuelas.

Varietad	Tipo	Ciclo de vida (días)	Color
Gita	Enredadera	78	Amarillo
Yard Long Red Noodle	Enredadera	85	Rojo
Purple King	Enredadera	75	Morado
Kentucky Blue	Enredadera	65	Verde
Opus	Arbustiva	65	Verde
Carson	Arbustiva	52	Amarillo
Purple Royal Burgundy	Arbustiva	55	Morado
Italian Rose	Arbustiva	70	Rojo
Dragon Tongue	Arbustiva	60	Amarillo
Goldmine	Arbustiva	55	Amarillo

Siembra Se sembraron las variedades en dos densidades según su tipo de crecimiento. Para las variedades arbustivas, se sembró a dos hileras en la cama a 15 cm entre plantas y 30 cm entre hileras. Para las variedades de enredadera, se utilizó una sola hilera a 15 cm entre plantas. Las variedades tipo enredadera se tutoraron para guiar al follaje. A la vez se determinó la viabilidad de la semilla de cada variedad y su germinación bajo condiciones de campo.

Riego Se regó el cultivo según las necesidades hídricas de este (Anexo 2). Se utilizó un sistema de riego por goteo con una cinta por cama con emisores ubicados cada 15 cm y un caudal de 0.6 L/hora, y fueron manejadas por personal de la Unidad de Horticultura en Zamorano, Honduras.

Fertilización Se fertilizó al cultivo con nitrógeno (urea), de acuerdo al ciclo de vida de las diferentes variedades (Cuadro 2). Se aplicó granularmente a la base de las plantas quincenalmente. No se aplicó ningún fertilizante con fósforo y potasio.

Cuadro 4. Programa de fertilización nitrogenado.

DDS ¹	Porcentaje	100 kg/ha (Dosis g de urea por parcela)	50 kg/ha (Dosis g de urea por parcela)
Purple Burgundy, Goldmine, Carson			
10	10	18.0	9
20	40	65.2	32.6
30	40	65.2	32.6
40	10	18.0	9
Dragon Tongue, Opus			
10	10	18.0	9
20	25	40.7	20.4
30	30	48.9	24.5
40	25	40.7	20.4
50	10	18.0	9
Kentucky Blue, Italian Rose, Purple King, Gita, Yard Long Red Noodle			
10	10	18.0	9
20	20	32.6	16.3
30	20	32.6	16.3
40	20	32.6	16.3
50	20	32.6	16.3
60	10	18.0	9

¹ DDS= días después de siembra.

Manejo del cultivo Se tutoró con estacas (cada 1.5 m) de bambú y cuerda, para guiar el follaje de las plantas tipo enredaderas. Se realizaron controles de malezas semanalmente de manera manual (a mano entre plantas o con azadón entre hileras) para evitar la competencia con el cultivo.

Cosecha Los rendimientos de habichuela se evaluaron cada semana a partir del día 55 después de la siembra. Se pesaron y se clasificaron los rendimientos de habichuela en total y comercial y se utilizaron los datos de pesos de habichuelas comerciales para el análisis.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad de las semillas de las variedades fue generalmente buena (>80%) excepto por las variedades Purple King, Kentucky Blue y Dragon Tongue con 55, 68 y 75% de germinación, respectivamente (Cuadro 5). La germinación bajo condiciones de campo de las variedades fue menor al porcentaje de viabilidad. Mientras que con Carson, Yard Long Red Noodle y Kentucky Blue el 90% de la semilla viable germinó, las variedades Opus, Dragon Tongue y Gold Mine tuvieron germinaciones de campo por debajo de 80% de la semilla viable, indicando una sensibilidad fuerte a las condiciones lluviosas en que se sembraron. La germinación de Purple King fue mayor a la de viabilidad, indicando condiciones más idóneas en el campo que en papel toalla húmeda para esta variedad. Sin embargo, su germinación sin importar las condiciones fue demasiado baja.

Cuadro 5. Porcentaje de viabilidad (papel toalla húmedo) y germinación en el campo de 10 variedades de habichuela.

Variedad	Viabilidad (%)	Germinación (%)
Carson	90	85 ^a
Yard Long Red Noodle	84	81 ^a
Gita	90	75 ^{ab}
Purple Royal Burgundy	90	75 ^{ab}
Italian rose	83	70 ^{ab}
Purple King	55	65 ^{ab}
Opus	92	65 ^{ab}
Kentucky blue	68	65 ^{ab}
Dragon Tongue	75	55 ^b
Gold mine	81	50 ^b

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

Ensayo 1: Evaluación de tres variedades de habichuela bajo inoculación con *Rhizobium* y fertilización con nitrógeno.

Hubo diferencias significativas en rendimiento debido a los efectos simples de las variedades, inoculación y fertilización con N, pero no para las interacciones (Cuadro 6). La variedad Gita obtuvo rendimientos muy por encima de las variedades Opus y Carson, las cuales no tuvieron diferencias significativas entre ellas. Esto se debe a que Gita es una variedad de tipo enredadera, por lo que su ciclo productivo se extiende por mayor tiempo que las otras variedades.

La inoculación de las plantas resultó en rendimientos significativamente menores que el testigo, teniendo este una producción corregida de 8729 kg/ha muy por encima de aquellas plantas las cuales contenían la bacteria *Rhizobium* que obtuvieron 4813 kg/ha. Para la cantidad de nitrógeno, los rendimientos no fueron significativamente diferentes entre sí, pero el programas de 100 kg/ha de N tendió a tener mayores valores (casi 30% mejores rendimientos) (Cuadro 11)

Cuadro 6. Efectos de las variedades, inoculación y fertilización en los rendimientos de tres variedades de habichuela. Zamorano, Honduras

Variedad	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Gita	319 ^a	8133 ^a	11378 ^a
Opus	82 ^b	3510 ^b	5877 ^b
Carson	43 ^b	2596 ^b	3059 ^b
Valor p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Inoculación	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
No	189 ^a	6244 ^a	8729 ^a
Sí	106 ^b	3249 ^b	4813 ^b
Valor p	0.0158	0.0002	0.0033
Fertilización	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Normal	170 ^{ns}	5012 ^{ns}	7639 ^{ns}
Reducida	126	4481	5909
Valor p	0.1875	0.4751	0.1738

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

Normal: 100 kg/ha de nitrógeno

Reducida: 50 kg/ha de nitrógeno

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Se evaluaron las tres variedades según su tipo de crecimiento; Carson y Opus son arbustivos y Gita es una enredadera. La enredadera presentó un mayor rendimiento de habichuelas que el promedio de las dos arbustivas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimientos de variedades de habichuela tipo arbustivas y enredaderas.

Tipo	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Enredadera	319 ^a	8133 ^a	11378 ^a
Arbustiva	63 ^b	3053 ^b	4468 ^b
Valor p	<0.0001	<0.0001	<0.0001

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Dentro de las habichuelas arbustivas, Opus rindió significativamente más que Carson, pero no se observaron diferencias debidas a los tratamientos de inoculación o de fertilización (Cuadro 8). La excesiva precipitación pudo haber limitado la respuesta a la inoculación.

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos simples de variedad, inoculación y fertilización en el rendimiento de dos variedades arbustivas de habichuela. Zamorano, Honduras.

Variedad	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Opus	82 ^a	3510 ^a	5877 ^a
Carson	43 ^b	2596 ^b	3058 ^b
Valor p	0.0071	0.0785	0.0071
Inoculación	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
No	83 ^a	4034 ^a	5898 ^a
Sí	43 ^b	2073 ^b	3038 ^b
Valor p	0.0073	0.0006	0.0073
Fertilización	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Normal	66 ^{ns}	3156 ^{ns}	4705 ^{ns}
Reducida	59	2950	4231
Valor p	0.6332	0.6824	0.6333

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Ensayo 2: Evaluación de 10 variedades de habichuela bajo dos programas de fertilización e inoculación

En el ensayo 2 se presentaron diferencias significativas en las variedades y los programas de fertilización, pero no en la interacción variedades por fertilización. En el rendimiento de las 10 variedades de habichuela se observó que las variedades Gita y Yard Long Red

Noodle los rendimientos fueron superiores a las otras variedades. Las demás variedades no obtuvieron diferencias significativas entre ellas, siendo estos rendimientos por parcela muy inferiores, posiblemente debidos a la menor germinación registrada en el campo por condiciones de exceso de lluvias y daños causados por patógenos. (Cuadro 9)

Cuadro 9. Rendimiento por parcela y por hectárea de diez variedades de habichuela.

Variedad	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Gita	316.77 ^a	8755 ^a	11313 ^a
Yard Long Red Noodle	314.49 ^a	7231 ^a	11232 ^a
Purple king	157.76 ^b	3959 ^b	6203 ^b
Opus	86.84 ^b	3700 ^b	5634 ^b
Dragon Tongue	65.47 ^b	2819 ^b	4676 ^b
Purple Royal Burgundy	55.54 ^b	2800 ^b	3967 ^b
Italian Rose	48.05 ^b	2647 ^b	3432 ^b
Carson	43.79 ^b	1695 ^b	3128 ^b
Gold Mine	31.1 ^b	1185 ^b	2222 ^b
Kentucky Blue	24.16 ^b	562 ^b	863 ^b
Valor p	<0.0001	<0.001	<0.001

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Se observaron diferencias muy marcadas en rendimiento a base de programa de fertilización, siendo muy superior el programa de fertilización con 100 kg/ha de N y sin inoculación (Cuadro 10). Las condiciones de lluvias excesivas durante el ensayo pudieron haber afectado la contribución del *Rhizobium* en el tratamiento de fertilización con 50 kg/ha de N con inoculación; ya que bajo estas condiciones las contribuciones de N a través de la fijación simbiótica de *Rhizobium*, pudo haber sido muy baja por lo que la disponibilidad de N para la planta resultaron inferiores al tratamiento normal. Bajo condiciones de Zamorano similares al ensayo, como ocurre en las épocas de lluvias de primera, la fertilización estándar (normal) produce una mayor productividad de las habichuelas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Diferencias en rendimiento por efecto de los programas de fertilización e inoculación evaluados. Zamorano, Honduras.

Programa	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Normal	141.1 ^a	4387 ^a	6730 ^a
Especial	87.7 ^b	2683 ^b	3804 ^b
Valor p	0.0223	0.0029	0.002

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

Normal: Fertilización de 100 kg/ha de Nitrógeno sin inoculación con *Rhizobium*

Especial: Fertilización de 50 kg/ha de Nitrógeno con inoculación con *Rhizobium*

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Para determinar si los rendimientos entre tipos de habichuela (enredadera vs arbustivos) difirieron, se agruparon de acuerdo a esto. Las variedades de enredaderas fueron significativamente más productivas que las arbustivas (Cuadro 11), lo cual es producto de su mayor ciclo de crecimiento y mayor número de nudos y entrenudos, por ende de racimos florales y número de vainas. El crecimiento indeterminado de las variedades de enredadera permite la producción de flores y vainas por un periodo mucho más largo que las arbustivas.

Cuadro 11. Rendimiento promedio expresado por tipo de variedades de habichuela.

Tipo	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Enredadera	203.3 ^a	5127 ^a	7260 ^a
Arbustiva	55.1 ^b	2474 ^b	3938 ^b
Valor p	<0.0001	0.0009	0.0061

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Dentro de las variedades arbustivas, Opus fue la más productiva bajo las condiciones de este ensayo pero solamente fue diferente a la variedad Gold Mine, la que presentó el rendimiento más bajo. Dentro de las variedades enredaderas, Kentucky Blue rindió significativamente menos que las demás variedades por lo que obtuvo una producción de 562 kg/ha muy por debajo de las demás variedades las cuales obtuvieron rendimientos similares entre sí (Cuadro 12 B).

Los efectos de tratamientos de fertilización e inoculación según el tipo de crecimiento de las variedades, fueron mayores bajo la fertilización normal (sin inoculación) en las variedades arbustivas pero no en las de enredaderas aunque la tendencia numérica fue igual (Cuadro 13).

Cuadro 12. Efectos de la variedad en el rendimiento de las variedades arbustivas y de enredadera. Zamorano, Honduras.

Variedad	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Arbustivas			
Opus	87 ^a	3700 ^a	6203 ^a
Dragon Tongue	65 ^{ab}	2800 ^{ab}	4676 ^{ab}
Purple Royal Burgundy	56 ^{ab}	2819 ^{ab}	3967 ^{ab}
Italian Rose	48 ^{ab}	1695 ^b	3432 ^{ab}
Carson	44 ^{ab}	2647 ^{ab}	3128 ^{ab}
Gold Mine	31 ^b	1184.8 ^b	2222 ^b
Valor p	0.029	<0.0001	0.0029
Enredadera			
Gita	317 ^a	7131 ^{ab}	11313 ^a
Yard Long Red Noodle	314 ^a	8755 ^{ab}	11232 ^a
Purple King	158 ^{ab}	3959 ^{bc}	5634 ^{ab}
Kentucky Blue	24 ^b	562 ^c	863 ^b
Valor p	0.0105	0.003	0.0105

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

Cuadro 13. Efecto de los programas de fertilización e inoculación en el rendimiento de variedades arbustivas y de enredadera

Programa	Parcela (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha Corregido)
Arbustivas			
Normal	79 ^a	3475 ^a	5631 ^a
Especial	31 ^b	1473 ^b	2245 ^b
Valor p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Enredadera			
Normal	235 ^{ns}	5756 ^{ns}	8377 ^{ns}
Especial	172	4497	6144
Valor p	0.2701	0.3245	0.2701

*Los promedios en las columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

Normal: Fertilización de 100 kg/ha de Nitrógeno sin inoculación con *Rhizobium*

Especial: Fertilización de 50 kg/ha de Nitrógeno con inoculación con *Rhizobium*

kg/ha corregido: representa el rendimiento ajustado a base de una germinación completa de las plantas en la parcela

4. CONCLUSIONES

- Las condiciones climáticas afectaron de gran manera la germinación de la semilla, al compararla con la viabilidad causando una reducción en la producción total de cada variedad.
- A la vez el inoculante *Rhizobium* no tuvo ningún efecto en las plantas y pudo haber sido producto de la cantidad de nitrógeno que existía en el suelo con la siembra.
- En general, como anticipado, las variedades indeterminadas fueron mucho más productivas que las determinadas.

5. RECOMENDACIONES

- Repetir el estudio con dosis más bajas de N para no impedir la nodulación de *Rhizobium* con las habichuelas y en diferentes épocas del año para consideraciones climáticas.
- Hacer pruebas de cómo reaccionan las variedades cuando estas son inoculadas con la bacteria *Rhizobium* y no son fertilizadas con nitrógeno para observar las respuestas de estas y observar si tienen el mismo crecimiento y productividad que al tener una fertilización normal.
- Realizar análisis de nodulación y confirmación del establecimiento de la relación simbiótica (visualizar arbusculos) para evaluar la eficacia de inoculación y evaluar las cepas utilizadas y la manera de inoculación utilizada.

6. LITERATURA CITADA

Casseres, E. 1981. Producción de hortalizas. 3° ed. San José, Costa Rica. IICA. 387 p.

Rodriguez, R y R. Hernandez.1994. Agricultura sostenible inventario tecnológico. Nueva San Salvador, El Salvador. IICA. 234 p.

Rosas, J. y B. Reyes. 2002. Rhizobium Biofertilizante para el frijol común. Zamorano, Honduras. Boletín Informativo. p. 2

Saladín, F. 1995. Cultivo de Habichuela (en línea). Santo Domingo, Republica Dominicana. Consultado el 4 de Junio del 2011.

Disponible en: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/habichuela.pdf>

Vallejo, F y E. Estrada. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Cali, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 345 p.

Anexo 2. Necesidades hídricas de la habichuela (Adaptado de Saladín, 1995).

Decanos	Días del cultivo	Milímetros
1	0 a 10	19.35
2	11 a 20	37.57
3	21 a 30	48.81
4	31 a 40	43.65
5	41 a 50	40.5
6	51 a 60	35.77
7	61 a 70	10.7
8	71 a 80	9.7