

EVALUACIÓN DE CUATRO ESPECIES DE ABONOS VERDES SOBRE LA COSTRA
NEGRA DE LA PAPA *Rhizoctonia solani* Kühn EN IPIALES, NARIÑO.

ANYELO CAMILO ORTEGA
DIANA CAROLINA PORTILLO GÓMEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO

EVALUACIÓN DE CUATRO ESPECIES DE ABONOS VERDES SOBRE LA COSTRA
NEGRA DE LA PAPA *Rhizoctonia solani* Kühn EN IPIALES, NARIÑO.

ANYELO CAMILO ORTEGA
DIANA CAROLINA PORTILLO GÓMEZ

Director

Ph.D. CARLOS ARTURO BETANCOURTH GARCÍA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título

INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO

2021

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanada por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Carlos Arturo Betancourth García I.A. M.Sc. Ph.D.

Firma del Director del Trabajo de Grado

Claudia Elizabeth Salazar González I.A. M.Sc. Ph.D.

Firma del Jurado Delegado

Benjamín Alfredo Sañudo Sotelo I.A.

Firma del Jurad

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida y permitirnos culminar este proyecto.

A nuestros familiares, por su apoyo incondicional para alcanzar cada sueño en cada etapa de nuestras vidas.

A la Universidad de Nariño, destacando la facultad de Ciencias Agrícolas y en especial a nuestro programa de Ingeniería Agronómica, por transferir las bases del conocimiento claves para nuestra vida profesional.

Al Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal a través del proyecto Manejo de la costra negra de la papa *Rhizoctonia solani* en Nariño, con la Convocatoria 818 de Colciencias 2018, por hacernos parte de su equipo de trabajo y la financiación de la investigación.

A nuestro presidente Ph.D. Carlos Arturo Betancourth García, por la oportunidad de ingresar al campo de la investigación, por su tiempo en la elaboración, ejecución y asesoría en el transcurso del estudio.

A nuestros jurados Ph.D. Claudia Elizabeth Salazar Gonzales y I.A Benjamín Alfredo Sañudo Sotelo, por su acompañamiento en campo y en la virtualidad con sus valiosas y oportunas recomendaciones en la redacción y los análisis tanto estadístico como económico durante el desarrollo del presente trabajo.

Al I.A Carlos Arturo Flórez Casanova, por su colaboración, sugerencias, participación y atención durante la ejecución de toda la investigación.

Para todas y cada una de las personas que participaron en el proceso de investigación, con sus consejos y conocimientos, los cuales hicieron posible la culminación de este trabajo.

Infinitas gracias, Dios los siga bendiciendo.

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro guía y fortaleza en tiempos difíciles.

A nuestros padres, por su amor infinito, darnos su apoyo para culminar cada meta y por esas palabras de aliento y consejos que nos han guiado a ser mejores personas y profesionales.

A nuestros abuelos, por ser ejemplo de esfuerzo, trabajo y sabiduría además de ser una parte esencial de nuestra educación.

A nuestros hermanos, por ser compañeros de vida, compartir alegrías y tristezas y ser sus guías para los caminos que decidan emprender.

A nuestras familias, quienes hicieron parte de nuestra crianza y están para nosotros en cada dificultad.

A todas las personas que de una u otra manera nos brindaron su apoyo en cada momento que lo necesitamos.

Gracias por estar en nuestras vidas.

RESUMEN

La costra negra ocasionada por el hongo *Rhizoctonia solani*, ocasiona pérdidas económicas de hasta el 30%, y en Nariño se encuentra distribuida en todas las regiones cultivadoras de papa; por ello se requiere del estudio y evaluación de distintas maneras de manejo. Por tal razón se realizó el presente ensayo en Ipiales, Nariño, para evaluar la siembra y beneficio de las especies avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), mostaza (*Brassica alba* L.) y nabo forrajero (*Rhaphanus raphanistrum* L.), como abonos verdes, para el posterior establecimiento de papa Diacol Capiro bajo un diseño experimental de bloques al azar en cuatro repeticiones incluyendo también un tratamiento testigo, en parcelas de 4,00 por 4,86 metros. Se determinó una reducción de incidencia de la enfermedad aproximadamente un 52% con los abonos verdes respecto al testigo, e incremento del rendimiento comercial sobre las 6 toneladas por hectárea, especialmente con el aporte de la cebada, ofreciendo una rentabilidad del 41,9%.

Palabras clave: abonos verdes, incidencia, patógeno, severidad.

ABSTRACT

The black scab caused by the fungus *Rhizoctonia solani* causes economic losses of up to 30%, and in Nariño it is distributed in all potato-growing regions; therefore, the study and evaluation of different management methods is required. For this reason, this trial was carried out in Ipiales, Nariño, to evaluate the sowing and benefit of the species oats (*Avena sativa* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.), mustard (*Brassica alba* L.) and fodder turnip (*Rhaphanus raphanistrum* L.), as green manures, for the subsequent establishment of Diacol Capiro potato under an experimental design of randomized blocks in four repetitions, also including a control, in plots of 4.00 by 4.86 meters. A reduction in the incidence of the disease of approximately 52% will be prolonged with green manures compared to the control, and an increase in commercial yield of over 6 tons per hectare, especially with the contribution of barley, offering a profitability of 41.9%.

Keywords: green manures, incidence, pathogen, severity

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 7 |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| Localización | 14 |
| Establecimiento e incorporación de abonos verdes..... | 14 |
| Establecimiento y manejo del cultivo de papa | 15 |
| Variables evaluadas | 16 |
| Incidencia de la costra negra | 16 |
| Componentes de rendimiento..... | 16 |
| Análisis estadístico..... | 17 |
| Análisis económico | 18 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 19 |
| Incidencia de <i>R. solani</i> | 19 |
| Componentes de rendimiento:..... | 22 |
| Análisis económico: | 29 |
| CONCLUSIONES | 31 |
| BIBLIOGRAFÍA | 32 |

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de varianza del porcentaje de incidencia de la costra negra de (*Rhizoctonia solani*).

Tabla 2: Comparación de los tratamientos respecto a la afectación temprana.

Tabla 3: Comparación de los tratamientos respecto al enrollamiento foliar.

Tabla 4. Análisis de varianza de clasificación de los tubérculos de acuerdo al número y peso de tubérculos por planta.

Tabla 5. Comparación de los tratamientos respecto al porcentaje de número y peso de tubérculos grandes por planta.

Tabla 6. Comparación de los tratamientos respecto al porcentaje de número y peso de tubérculos medianos por planta.

Tabla 7. Análisis de varianza del rendimiento comercial

Tabla 8. Comparación de los tratamientos respecto al rendimiento comercial

Tabla 9. Análisis económico en relación al costo/beneficio de los tratamientos.

Tabla 10. Indicadores económicos de rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye una fuente valiosa de alimentación. A nivel mundial la papa ocupa el tercer lugar en importancia como producto alimenticio después del arroz y el trigo. De acuerdo al MADR, (2021), en Colombia, existen aproximadamente cien mil familias dedicadas a este cultivo, el cual constituye uno de los ejes fundamentales en la economía en varios departamentos destacándose Cundinamarca con un área de 36%, Boyacá 27%, Nariño 21% y Antioquia 5%, los cuales superan más del 80% de producción del tubérculo, con un aporte del 3,3% del PIB agropecuario. Nariño, a nivel nacional ocupa el tercer lugar en área sembrada con 25.789 ha, con una producción de 585.202 ton, para un rendimiento de 22,7 ton/ha (MADR, 2021). Entre los principales municipios productores del departamento están Túquerres con un rendimiento de 26 ton/ha, Pasto con 23.6 ton/ha e Ipiales con el 17.7 ton/ha (Agronet, 2020).

El manejo de este cultivo es mayormente un sistema productivo tradicional en el que prevalece el uso intensivo de fertilizantes, maquinaria y plaguicidas; dirigidos a asegurar el rendimiento, sin considerar el uso racional de los recursos naturales y la sostenibilidad del medio ambiente (Álvarez, 2015; Fedepapa, 2018). Los problemas fitosanitarios representan la principal limitante de producción; por la presencia de enfermedades, destacándose principalmente la gota, el tizón temprano y la rizoctoniasis (Álvarez, 2015).

Esta última afección causada por el hongo *Rhizoctonia solani* puede llegar a afectar todas las fases del cultivo desde la emergencia hasta la cosecha, dado que es un patógeno habitante del suelo y de amplia distribución en las zonas productoras del mundo, con una variedad de hospederos, capacidad saprofita y supervivencia, siendo considerado uno de los problemas más

graves para el cultivo, ya que disminuye los rendimientos y calidad de la papa hasta en un 50% (Fedepapa, 2016; Wilson *et al.*, 2008). Sus ataques pueden presentarse en fases tempranas del cultivo, en plantas infectadas tiende a producir la muerte de brotes por la formación de chancros, reducción del sistema radicular, formación de tubérculos deformes y daño en la parte basal del tallo en más del 90%. Sobre la superficie de los tubérculos maduros se presentan costras pequeñas oscuras llamadas esclerocios, las cuales están presentes en residuos de cosecha. Además, con las condiciones de humedad favorables infectan los brotes y tallos en estado de pre y post-emergencia con esto se reduce el rendimiento comercial y la calidad del tubérculo, causando mayores pérdidas económicas dentro de la cadena productiva (ICA, 2011; Porras *et al.*, 2005; Pozo, 2012).

Desde hace aproximadamente veinte años, la costra negra ha sido un factor biótico negativo y su principal manejo se realiza con la aplicación de fungicidas en la siembra y las primeras etapas de desarrollo de la papa, generando un 10% del costo total por hectárea (Fedepapa, 2018; MADR, 2019). Sin embargo, no es una medida efectiva, por el uso irracional de moléculas químicas que conducen a la aparición de individuos con características de resistencia cruzada a los inhibidores de la enzima succinato deshidrogenasa (SDH) (Mu *et al.*, 2017). Por otra parte, el uso continuo de estos productos genera reducciones en las poblaciones de hongos, provocando un desequilibrio en la microbiota benéfica del suelo (Farah *et al.*, 2008; Vaillant *et al.*, 2009). También se destaca la variabilidad genética del patógeno, con la formación de grupos de anastomóticos, que aumentan su agresividad y dificultan la obtención de genotipos con menor vulneración a la afección.

Por lo anterior, se ha incrementado una política de manejo integrado con énfasis en métodos culturales como lo es el uso abonos verdes, los cuales permitirán aumentar las poblaciones

microbianas heterótrofas, con posibilidades equilibrantes para reducir las poblaciones del hongo y las condiciones para su desarrollo, con el fin de aminorar las pérdidas producidas por esta enfermedad (Mielgo y Guzmán, 2008)

El establecimiento e incorporación de los abonos verdes beneficia la fertilidad natural de los suelos, principalmente las condiciones físicas, dado al aporte de biomasa la cual permite la formación de agregados, disminuyendo así la pérdida de nutrientes. Además, contribuye al incremento de la actividad microbiana la cual ejerce su acción antifúngica por la formación de las sustancias alelopáticas que al ser liberadas cumplen procesos de antagonismo sobre hongos patógenos habitantes del suelo entre ellos *R. solani* (Mielgo y Guzmán, 2008).

Los cultivos de la familia Brassicaceae (crucíferas), han sido utilizados como abonos verdes, por ser asociados en disminuir la incidencia de patógenos y plagas del suelo, que en pruebas biológicas específicas han mostrado una fuerte actividad contra un amplio rango de hongos (Mielgo y Guzmán, 2008; Molina y Bentura, 2009). Además, estas reducciones se deben a la producción de componentes de azufre volátiles en un proceso conocido como biofumigación (Larkin y Griffin, 2007).

Otras especies potenciales en reducir aproximadamente un 58% la incidencia de costra negra y tomadas como abonos verdes son las gramíneas, con un importante aporte de biomasa, además de materiales fibrosos, la cual permite estimular el desarrollo de una microbiota descomponedora compleja, con aportes importantes en la mineralización de la materia orgánica, formación de sustancias húmicas y contribución al incremento de poblaciones equilibrantes (Yossen *et al.*, 2011).

Por lo anterior, la presente investigación se realizó para adquirir información basada en soportes estadísticos sobre la eficacia de siembra de los abonos verdes en el manejo de costra negra causada por el patógeno *Rhizoctonia solani* e incrementar la producción del cultivo de

papa variedad Diacol Capiro, en el municipio de Ipiales, Nariño. Para ello se evaluaron las especies de avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*), mostaza (*Brassica alba*) y nabo forrajero (*Rhaphanus raphanistrum*), sobre la incidencia de *R. solani*, relacionando también el rendimiento comercial y económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se realizó en la vereda Urambud municipio de Ipiales, localizada a 0° 50,7` N 77° 39,1` W. Durante el segundo semestre agrícola de 2019 hasta el primero de 2020, en un lote con siembras históricas de papa durante dos semestres seguidos y con antecedentes de la presencia de costra negra en el último cultivo, evidenciado por el enrollamiento foliar en la etapa de floración de las plantas siendo una afectación del 18% (Betancourth, *et al.*, 2021).

Establecimiento e incorporación de abonos verdes

En el lote debidamente preparado con un área de 532.8 m², se trazaron cuatro bloques de 24 metros de largo y 4,80 metros de ancho, con separación entre ellos de un metro y en cada uno cinco parcelas, para establecer un diseño experimental en distribución de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos corresponden a un testigo y semilla de avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), mostaza (*Brassica alba* L.) y nabo forrajero (*Rhaphanus raphanistrum* L.), con una siembra al voleo y densidad de 50 kilos de semilla por hectárea para las crucíferas y 70 kilos por hectárea para las gramíneas. Además, se aplicó al voleo el fertilizante 10-30-10-3, con cantidad de 200 kilos por hectárea para cubrir con rastrillo.

Después de un mes se realizó una deshierba, más la aspersión del insecticida Dimetoato 1,5 ml por litro de agua para el control de insectos chupadores. En la etapa de espigamiento y antes de las gramíneas, como de floración total de las crucíferas se hizo el corte y picado de la biomasa aérea de los abonos verdes, con ayuda de una guadaña. Después de cinco días, en cada parcela se realizó la incorporación de la biomasa con herramienta manual profundizando los tejidos a 20 cm de la superficie y se dejó un período de cuarenta días para permitir su descomposición.

Establecimiento y manejo del cultivo de papa

En las 24 parcelas trazadas, se realizó la demarcación de las parcelas, conservando la misma distribución experimental en el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. En cada parcela se hizo la preparación de seis surcos de 4 metros de longitud y con separación de un metro. Posteriormente, se sembró papa, utilizando semilla Diacol Capiro de (40 a 60 gramos) y sembrando 11 tubérculos por surco a una distancia de 0,40 metros entre sitios. Para separación de bloques se dejó un surco de papa, además de dos surcos externos para evitar efectos de borde.

Al mes de la siembra, cuando se observó emergencia total de la papa, se realizó la fertilización con el abono químico 13-26-6 en cantidad de 500 kilos por hectárea. Posteriormente, en la etapa de formación de tallos aéreos, se realizó una segunda fertilización con 15-15-15 en la misma cantidad y distribuyendo el fertilizante sobre el surco, para luego efectuar el picado de las calles y un primer aporque. Después de un mes se cumplió con la labor de deshierbe manual y un nuevo aporque.

Para el control de *Phytophthora infestans* después de la emergencia total, se utilizó la rotación de Fosetil aluminio 3,0 g/l de agua, Propamocarb 2,0 cc/l de agua y Dimetomorf 2,0 g/l de

agua. Así mismo para el control de plagas como *Tecia solanivora* y *Premnotrypes vorax*, se empleó Tiametoxam + Lambdacialotrina 1,0 cc/l de agua, en rotación con Dimetoato 1,5 cc/l, Thiocyclam Hidrogenoxalato 1,5 cc/l de agua y Metomil 20 cc/l de agua.

Variables evaluadas

Para llevar a cabo la medición de las diferentes variables se tomaron los dos surcos centrales de cada parcela, para las siguientes evaluaciones:

- **Incidencia de la costra negra**

Fue evaluada en dos etapas del cultivo, emergencia total e inicio de tuberización en la cual se determinó:

- **Afectación temprana**

Pasados 30 días después de la siembra, al presentarse la emergencia total, se realizó una evaluación de las plantas emergidas, encontrando síntomas de la enfermedad como sitios con brotación tardía, muerte de brotes y lesiones en la base de los tallos.

- **Enrollamiento foliar:** En la etapa de tuberización, se identificaron las plantas que presentaron este síntoma en los cuatro tratamientos, en las cuales también se encontró chancros basales, mediante observaciones parciales (Tsrer, 2010).

- **Componentes de rendimiento**

Fueron evaluados en la etapa de cosecha, donde se realizó la recolección de los tubérculos por planta, dejando la producción por sitio, para realizar la evaluación según la siguiente escala, la cual consiste en cuatro ítems: 1) Producción alta, con presencia de tubérculos de tamaño grande y mediano; 2) Producción media, con reducción de

presencia de tubérculos grandes y medianos del 50% con respecto a la producción alta; 3) Producción baja, con reducción de la presencia de tubérculos grandes y medianos del 75% con referencia de la producción alta y presencia de tubérculos pequeños del 50%; 4) Producción muy baja, con presencia de tubérculos pequeños y deformes del 75%. Teniendo como base la escala anterior se realizó la selección de los tubérculos de acuerdo a la norma NTC 341, descrita por Buitrago *et al.*, (2003), la cual corresponde a las categorías grande (90-65 mm), mediana (64-45 mm) y pequeña (44-30 mm), obteniendo la producción de la siguiente manera:

- **Número de tubérculos por planta:** Se realizó la separación de los tubérculos grandes, medianos y pequeños por cada unidad experimental, determinando así la cantidad de los mismos de acuerdo a los sitios cosechados por repetición y posterior por tratamiento.
- **Peso de tubérculos por planta:** Se tomó el peso de cada categoría según la clasificación NTC 341, obteniendo el peso en kilogramos de los tubérculos por sitio cosechado y estimación por repetición de cada tratamiento.
- **Rendimiento comercial:** Se obtuvo la producción por hectárea de papa comercial en toneladas realizando la sumatoria del peso promedio de tubérculos grandes por planta más el peso promedio de tubérculos medianos por planta, y esto se extrapoló al número de plantas por hectárea de acuerdo a la densidad de siembra tradicional.

Análisis estadístico

Para los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza con el modelo matemático Bloques Completos al Azar (BCA), se analizó estadísticamente con una prueba de significancia o separación de medias. Para aquellas variables donde se determinó diferencia significativa, se

realizó una separación de medias de Tukey para determinar las diferencias entre tratamientos al 0,05 de probabilidad.

Análisis económico

Para determinar la viabilidad de aplicación de los cuatro abonos verdes además de la rentabilidad y el menor costo de inversión de los tratamientos con respecto al testigo, se realizó con el análisis de los costos de producción extrapolados para una hectárea siguiendo los pasos de la publicación de Perrin y colaboradores en 1976 tomado de CIMMYT (1998). Para el presupuesto parcial se tuvo en cuenta:

- Los costos variables y fijos de los abonos verdes y del cultivo de papa.
- El rendimiento obtenido en cada tratamiento en kg. ha⁻¹.
- Los ingresos totales, correspondientes al rendimiento (kg. ha⁻¹) por el precio histórico.
- Costo de la producción obtenida de la suma de los costos unitarios
- Cálculo del costo de producción esperada de cada tratamiento en kg, con ello se determinan los costos fijos y variables por unidad.
- Determinar el punto de equilibrio dividiendo el costo variable sobre el precio de venta (pesos) menos el costo de valor unitario (pesos).
- Cálculo de las unidades mínimas a producir, donde se multiplica el resultado anterior con el precio histórico del año 2021 (Fedepapa, 2021) y es dividido por 50 para determinar el número de bultos.
- Determinar el margen de contribución es la diferencia entre el volumen de venta de toda la producción en kg y los costos variables asumidos en la producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de *R. solani*.

Para las variables evaluadas de la Tabla 1 el análisis de varianza presentó diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al ataque de *Rhizoctonia solani*, causando daños en órganos tales como raíces y tallos, afectando así la emergencia, el crecimiento y desarrollo dando como resultado sitios perdidos, plantas débiles y una reducción considerable del número de tallos, además de un enrollamiento foliar en las etapas más avanzadas del cultivo (Fedepapa, 2016; Morales *et al.*, 2018; Wilson *et al.*, 2008).

Tabla 1. Análisis de varianza del porcentaje de incidencia de la costra negra de (*Rhizoctonia solani*).

| PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE LA COSTRA NEGRA (<i>Rhizoctonia solani</i>) | | | | |
|---|------|---------------------|----------------------|-------------|
| FUENTES DE VARIACIÓN | G. L | CUADRADOS MEDIOS | | F. TABULADA |
| | | Afectación temprana | Enrollamiento foliar | |
| BLOQUES | 3 | 8,31 | 1,36 | 3,49 |
| TRATAMIENTO | 4 | 28,79* | 35,34* | 3,2 |
| ERROR | 12 | 0,71 | 0,23 | |
| TOTAL | 19 | | | |
| *Diferencias significativas | | | | |
| NS Diferencias no significativas | | | | |

Afectación temprana:

La prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0,05$) determinó que avena (T1), cebada (T2), mostaza (T3) y nabo forrajero (T4) son estadísticamente iguales, en donde fue menor

incidencia a comparación del testigo (T5). En la Tabla 2 demuestra que avena tiene una reducción con respecto al testigo en un 5,94% mostaza 6,5%, nabo forrajero 6,55% y cebada 6,93% con respecto al testigo (T5) el cual se encuentra en un 12,43% de afectación. Esto indica el potencial del uso de abonos verdes para la reducción de costra negra de la papa en el suelo, por la acción de los restos vegetales incorporados al suelo en etapa de floración para las crucíferas y llenado de grano para las gramíneas, los cuales son transformados en otros más simples por los organismos presentes en el suelo (Mielgo y Guzmán, 2008). Adicional a esto el sitio de estudio, cuenta con un suelo liviano de textura franco arenosa y esta condición reduce la retención de humedad y disminuye la proliferación y colonización del hongo siendo este el ambiente óptimo para su reproducción (Tsor, 2010).

Tabla 2: Comparación de los tratamientos respecto a la afectación temprana.

| Test: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 1,89517 | | |
|--|--------------------|----------|
| <i>ERROR: 0,707 gl: 12</i> | | |
| TRATAMIENTO | MEDIAS | n |
| AVENA | 5,94 ^A | 4 |
| MOSTAZA | 6,5 ^A | 4 |
| NABO FORRAJERO | 6,55 ^A | 4 |
| CEBADA | 6,93 ^A | 4 |
| TESTIGO | 12,43 ^B | 4 |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0,05) | | |

1.2 Enrollamiento foliar:

La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$) determinó que los tratamientos cebada (T2) con un 7,68%, mostaza (T3) 8,28% y avena (T1) 8,5% redujeron la afectación de costra negra causada por el patógeno *Rhizoctonia solani* con respecto al testigo conformando el mismo grupo estadístico; y el nabo forrajero (T4) con un 9,63% el cual también presentó diferencias significativas con el testigo (T5) que tiene una incidencia del 14,98%. Las especies utilizadas fueron gramíneas y crucíferas, las cuales presentan diferentes características funcionales y al ser utilizadas en una mezcla de cobertura vegetal promueven mayor diversidad microbiana, los cuales brindan servicios a los cultivos, como la supresión de enfermedades. La descomposición de estas especies es un factor fundamental porque permite incrementar las poblaciones heterótrofas antagonicas las cuales reducen las condiciones de humedad del suelo para el hongo (Vukicevich *et al.*, 2016). Además de la formación de algunas sustancias orgánicas intermedias que son tóxicas para otros organismos nocivos que afectan las plantas, esto permite reducir las poblaciones del patógeno, para disminuir las pérdidas causadas por esta enfermedad (Mielgo y Guzmán, 2008). Con los datos recopilados en campo para el análisis de esta variable se comprueba que la incidencia del patógeno y la disminución del mismo en los tratamientos con abonos verdes Tabla 3, es determinante para afirmar que la cebada es el mejor antagonista para el patógeno *Rhizoctonia solani* por consiguiente es el tratamiento donde menos sintomatología de la enfermedad se presentó en comparación con los demás. Con los datos recopilados en campo para el análisis de esta variable se comprueba que la incidencia del patógeno y la disminución del mismo en los tratamientos con abonos verdes Tabla 3, cabe destacar que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas con respecto al testigo, cebada, mostaza y avena comparten una letra en común lo que se significa que son estadísticamente superiores al obtener las medias más representativas y difieren con nabo que

es superior al testigo pero inferior a sus comparadores ya mencionados. Por lo tanto, se afirma que la cebada es el mejor antagonista para el patógeno *Rhizoctonia solani* siendo el tratamiento donde menos sintomatología de la enfermedad se presentó en comparación con los demás ya que presenta una media con menos influencia de la enfermedad, pero estadísticamente es igual a mostaza y avena.

Tabla 3: Comparación de los tratamientos respecto al enrollamiento foliar.

| Test: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 1,09 | | |
|--|--------------------|----------|
| <i>ERROR: 0,23 gl: 12</i> | | |
| TRATAMIENTO | MEDIAS | n |
| CEBADA | 7,68 ^A | 4 |
| MOSTAZA | 8,28 ^A | 4 |
| AVENA | 8,5 ^A | 4 |
| NABO FORRAJERO | 9,63 ^B | 4 |
| TESTIGO | 14,98 ^C | 4 |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0,05) | | |

Componentes de rendimiento:

Las variables evaluadas para el número y peso de las categorías de clasificación de tubérculos grandes y medianos, en el análisis de varianza, presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al testigo, por el contrario, los tubérculos pequeños no presentaron diferencias estadísticas respecto al testigo en todo el estudio (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza de clasificación de los tubérculos de acuerdo al número y peso de tubérculos por planta.

| NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA | | | | | |
|--|-------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| FUENTES DE VARIACIÓN | G. L | CUADRADOS MEDIOS | | | F. TABULADA |
| | | Tubérculos grandes | Tubérculos medianos | Tubérculos pequeños | |
| BLOQUES | 3 | 0,24 | 0,83 | 2,7 | 3,49 |
| TRATAMIENTO | 4 | 1,33* | 4,05* | 0,52NS | 3,2 |
| ERROR | 12 | 0,03 | 0,08 | 0,17 | |
| TOTAL | 19 | | | | |
| PESO EN KILO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA | | | | | |
| FUENTES DE VARIACIÓN | G.L | CUADRADOS MEDIOS | | | F. TABULADA |
| | | Tubérculos grandes | Tubérculos medianos | Tubérculos pequeños | |
| BLOQUES | 3 | 0,01 | 0,01 | 0,0015 | 3,49 |
| TRATAMIENTO | 4 | 0,04* | 0,01* | 0,00036NS | 3,2 |
| ERROR | 12 | 0,00049 | 0,00095 | 0,00019 | |
| TOTAL | 19 | | | | |
| *Diferencias significativas | | | | | |
| NS Diferencias no significativas | | | | | |

2.1 Número y peso de tubérculos grandes por planta:

La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$) señala para el número de tubérculos, los tratamientos cebada (T2), mostaza (T3), avena (T1) y nabo forrajero (T4) son estadísticamente iguales, además presentan diferencias significativas con el testigo (T5); con respecto al peso de los mismos, todos los abonos verdes fueron estadísticamente superiores al testigo (T5), el rendimiento del tratamiento con cebada (T2) presentó diferencias estadísticas con respecto a nabo forrajero (T4) y avena (T1) pero no con respecto a la mostaza (T3), la cual es estadísticamente similar a los ensayos (T4-T1), (Tabla 5). El tratamiento de (T2) cebada es el más sobresaliente de los tratamientos para la variable peso, ya que presenta diferencias significativas al testigo, nabo forrajero y avena pero no a mostaza la cual tampoco fue estadísticamente diferente a nabo forrajero y avena, estos resultados son una prueba fehaciente de la efectividad del uso de abonos verdes para inducir a una mitigación de la enfermedad llamada rizhooctoniasis que su principal efecto es la reducción de tubérculos, con el uso de los abonos verdes se garantiza un aumento considerable de tubérculos sanos y aptos para los diferentes usos de este producto.

Tabla 5. Comparación de los tratamientos respecto al porcentaje de número y peso de tubérculos grandes por planta.

| Test número: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,36 | | | |
|---|-------------------------|--------------------------------------|----------|
| Test peso: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,05004 | | | |
| <i>ERROR NÚMERO: 0,26 gl: 12</i> | | <i>ERROR PESO: 0,0005 gl: 12</i> | |
| TRATAMIENTO | MEDIA NÚMERO | MEDIA PESO | n |

| | | | |
|---|-------------------|--------------------|---|
| TESTIGO | 2,82 ^A | 0,41 ^A | 4 |
| NABO FORRAJERO | 3,95 ^B | 0,59 ^B | 4 |
| AVENA | 3,99 ^B | 0,59 ^B | 4 |
| MOSTAZA | 4,07 ^B | 0,62 ^{BC} | 4 |
| CEBADA | 4,29 ^B | 0,66 ^C | 4 |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). | | | |

2.2 Número y peso de tubérculos medianos por planta:

La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$) indica que los tratamientos que mejor respondieron con respecto al número de tubérculos fueron nabo forrajero (T4) (3,95), cebada (T2) (4,29), y mostaza (T3) (4,07) con diferencias significativas para avena (T1) (3,99) y que a su vez todos los tratamientos son significativamente diferentes al testigo (T5) (2,82); de acuerdo al peso de los tubérculos señala que los tratamientos cebada (T2) (0,66 kg), avena (T1) (0,59 kg), nabo forrajero (T4) (0,59 kg) son estadísticamente iguales además presentan diferencias significativas con respecto al testigo (T5) (0,41 kg) que a su vez es similar al tratamiento mostaza (T3) (0,37 kg), (Tabla 6). El aumento de peso y número de los tubérculos para los tratamientos que están bajo la influencia de una actividad microbiana permite la reducción del patógeno, dado por acción de los abonos verdes los cuales ayudan a la recuperación de la microbiota del suelo ayudando al adecuado anclaje por parte de las plantas y en este caso realizando una alteración del ambiente donde los principales afectados son los hongos fitopatógenos produciendo el aumento de las variables evaluadas en este ítem. Todos los abonos muestran resultados favorables en comparación con su testigo ya que al no estar bajo ninguna influencia benéfica muestra el más bajo comportamiento, nabo forrajero, avena,

cebada son estadísticamente iguales esto quiere decir que en cualquier escenario que se utilizó algún abono verde de los ya mencionados los resultados serán iguales y favorables con la producción.

Tabla 6. Comparación de los tratamientos respecto al porcentaje de número y peso de tubérculos medianos por planta.

| Test número: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,61 | | | | |
|---|---------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
| Test peso: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,06963 | | | | |
| <i>ERROR NÚMERO: 0,075 gl: 12</i> | | <i>ERROR PESO: 0,0010 gl: 12</i> | | |
| TRATAMIENTO | MEDIA NÚMERO | TRATAMIENTO | MEDIA PESO | N |
| TESTIGO | 3,75 ^A | TESTIGO | 0,34 ^A | 4 |
| AVENA | 5,09 ^B | MOSTAZA | 0,37 ^{AB} | 4 |
| CEBADA | 5,94 ^C | NABO FORRAJERO | 0,42 ^B | 4 |
| MOSTAZA | 6,05 ^C | AVENA | 0,43 ^B | 4 |
| NABO FORRAJERO | 6,11 ^C | CEBADA | 0,44 ^B | 4 |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0,05). | | | | |

Los resultados obtenidos con respecto a la cantidad de tubérculos y peso de los mismos para las categorías de grande y mediano, presentaron diferencias significativas en comparación con el testigo (Tabla 4). El efecto positivo de los abonos verdes incrementó la producción tubérculos grandes con promedios que oscilan entre 3,95 a 4,29 para el número y para el peso con unas medias que se encuentran entre 0,59 y 0,66 kg de los tubérculos por planta con respecto al testigo (Tabla 5), los resultados indican que la cebada tiene el mejor efecto positivo

para el aumento de tubérculos en número y para el peso se encontró que mostaza y cebada ofrecen los mejores resultados, demostrando así un mejor comportamiento esto se debe a una mejor aporte de materia seca y la composición de metabolitos secundarios que al entrar en un proceso de descomposición tiene una acción antifúngica que afecta el ambiente óptimo de los hongos fitopatógenos los cuales ven restringida su actividad de infección.

Para el número de tubérculos medianos y peso (Tabla 6), se encontró que el testigo tiene el menor valor numérico y peso encontrando que obtiene una media de 3,75 de tubérculos por planta además de un promedio de 0,34 kg para peso con respecto a sus comparadores los cuales tienen magnitudes mayores que tienen medidas que varían entre 5,09 a 6,11 para número donde sobresale el ensayo con nabo forrajero y para peso 0,37 a 0,44 kg por planta en el cual de mejor comportamiento es cebada.

Esto se debe a una menor proporción el inóculo en el suelo por la acción antifúngica de gramíneas y crucíferas como abonos verdes, al ser utilizados para el control de la costra negra de la papa, como resultado de los compuestos volátiles liberados de la hoja y material de raíz, tras la incorporación del material vegetal al suelo, donde actúan los isotiocianatos (ITC), provenientes de la hidrólisis enzimática de los glucosinolatos (GSL), los cuales liberados en pruebas biológicas específicas han mostrado una fuerte actividad como biocontroladores de *R. solani* Kühn AG-3 (Molina y Bentura, 2009), confirmando el trabajo de (Kirkegaard y Desmarchelier, 1996) quienes trabajaron con (ITC) liberados de (GSL) provenientes de tejidos de plantas Brassicaceae. Otro aporte fue el de (Larkin y Griffin, 2007), quienes redujeron los niveles de inóculo de *Rhizoctonia solani* entre un 20% y 56%, mediante pruebas en invernadero con cultivos de brasicáceas y cebada.

2.3 Rendimiento comercial:

De acuerdo a la Tabla 7 existen diferencias significativas con ($\alpha=0,05$) entre los tratamientos para la variable rendimiento comercial en ton/ha. La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$), determinó diferencias estadísticas siendo los tratamientos cebada (T2), mostaza (T3), los ensayos de mejor comportamiento formando un grupo estadístico, los rendimientos para el tratamiento avena (T1) presentaron diferencias significativas con los tratamientos (2-3), pero no se presentó diferencias con respecto al tratamiento de nabo forrajero (T4), y este tampoco fue estadísticamente diferente a las dos tratamientos mencionados (T2-T3), finalmente el testigo (T5) presentó el rendimiento más bajo de la investigación.

Tabla 7. Análisis de varianza del rendimiento comercial.

| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | |
|----------------------|------|--------|---------|--------------|----------|
| F. V | G. L | S.C | C.M | F. CALCULADA | F. TABLA |
| BLOQUES | 3 | 33,29 | 11,10 | 10,51* | 3,49 |
| TRATAMIENTO | 4 | 109,21 | 27,30 | 25,85* | 3,26 |
| ERROR | 12 | 12,68 | 1,05633 | | |
| TOTAL | 19 | 155,17 | | | |

Tabla 8. Comparación de los tratamientos respecto al rendimiento comercial.

| | | |
|------------------------------------|---------------|----------|
| Test: Tukey Alfa= 0,05 DMS= | | |
| 2,31646 | | |
| <i>ERROR: 1.0563 gl: 12</i> | | |
| TRATAMIENTO | MEDIAS | n |

| | | |
|--|---------------------|---|
| TESTIGO | 17,31 ^A | 4 |
| AVENA | 20,61 ^B | 4 |
| NABO FORRAJERO | 22,51 ^{BC} | 4 |
| MOSTAZA | 23,36 ^C | 4 |
| CEBADA | 23,61 ^C | 4 |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0,05) | | |

Los resultados en relación al rendimiento de los tubérculos dan certeza del incremento en la productividad comercial por su alto aporte de biomasa aérea, con respecto al testigo Tabla 8, donde los tratamientos de cebada y mostaza fueron mayores en 6 ton. ha⁻¹ 5 ton. ha⁻¹ para nabo forrajero y 3 ton. ha⁻¹ para el tratamiento con avena. Llevando estos resultados en comparación al rendimiento nacional, se resalta a cebada y mostaza los cuales obtienen resultados superiores de 1.81 ton. ha⁻¹ y 1.56 ton. ha⁻¹ respectivamente con respecto al promedio nacional en rendimiento en Colombia, siendo el reflejo de un manejo tradicional del cultivo de papa en el país (MADR, 2021).

Análisis económico:

Se realizó el análisis de cada tratamiento, puesto que todos presentaron diferencias significativas con respecto al testigo, indicando así los efectos positivos contra la costra negra (*Rhizoctonia solani*), adicional a ello el beneficio de cada abono verde para la obtención de mayor rendimiento y menor costo de inversión.

Tabla 9. Análisis económico en relación al costo/beneficio de los tratamientos.

| EVALUACIÓN FINANCIERA | | | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|
| TRATAMIENTO | EGRESO TOTAL | INGRESO TOTAL | UTILIDAD | RENTABILIDAD EN % | COSTO/BENEFICIO |
| CEBADA | \$ 13.076.969 | \$ 18.557.460 | \$ 5.480.491 | 41,91 | 1,42 |
| MOSTAZA | \$ 13.856.969 | \$ 18.360.960 | \$ 4.503.991 | 32,50 | 1,33 |
| NABO FORRAJERO | \$ 13.706.969 | \$ 17.692.860 | \$ 3.985.891 | 29,08 | 1,29 |
| AVENA | \$ 13.356.969 | \$ 16.199.460 | \$ 2.842.491 | 21,28 | 1,21 |
| TESTIGO | \$ 12.756.969 | \$ 13.605.660 | \$ 848.691 | 6,65 | 1,07 |

Tabla 10. Indicadores económicos de rentabilidad.

| TRATAMIENTO | PRECIO Kg | DENSIDAD DE SIEMBRA | MEDIAS (Ton/Ha) | T.I.R | Nº DE CICLOS | V.A.N | T.I.O % |
|--|------------------|----------------------------|------------------------|--------------|---------------------|---------------|----------------|
| CEBADA | \$ 2.000 | 60 Kg/Ha | 23,61 | 14% | 3 | \$ 2.748.774 | 4,05 |
| MOSTAZA | \$ 30.000 | 30 Kg/Ha | 23,36 | 1% | 3 | -\$ 767.108 | 4,05 |
| NABO FORRAJERO | \$ 25.000 | 30 Kg/Ha | 22,51 | 9% | 4 | \$ 1.836.955 | 5,4 |
| AVENA | \$ 5.000 | 80 Kg/Ha | 20,61 | 4% | 5 | \$ 234.214 | 6,75 |
| TESTIGO | n.a | n.a | 17,31 | 2% | 12 | -\$ 1.456.953 | 16,2 |
| n.a = no aplica | | | | | | | |
| Tasa de Interés de un CDT en Bancolombia 1,35% en 180 días | | | | | | | |

Al implementar abonos verdes como estrategia de manejo para costra negra demostró el alto beneficio de estas especies las cuales disminuyeron los costos de manejo a la vez que aumentaron los rendimientos en cada uno de los tratamientos bajo la influencia de abonos verdes, como cebada el cual es el mejor tratamiento para la mitigación del hongo *Rhizoctonia solani*, siendo el más bajo costo de instalación el cual es de \$320.000, seguido de avena con \$600.000 pesos, nabo forrajero \$950.000 pesos y cierra mostaza con un costo de \$1.100.000 pesos, el ensayo con cebada también sobresale con los ingresos netos más altos los cuales corresponden a \$18.557.460 en comparación con los demás ensayos y el testigo, que se encuentran en un rango de \$ 18.360.960 a \$ 13.605.660 , además cebada tiene la utilidad más viable que se encuentra en \$ 5.480.491 siendo superior a sus comparadores y más viable para los papicultores. Según García, Treto y Álvarez (2000), las investigaciones sobre el uso del abono verde se han intensificado en los últimos tiempos, en particular en Cuba, se ha demostrado la factibilidad de esta práctica en cultivos como el arroz, la papa, la calabaza y otros donde gracias a ellos incrementa los rendimientos.

CONCLUSIONES

- Se concluye que, al incorporar los abonos verdes, estos disminuyen el porcentaje de incidencia en un promedio de 6,48 en las etapas tempranas, siendo esta una alternativa para el manejo de *R. solani* en papa.
- Los abonos verdes más eficientes en reducir el enrollamiento foliar son cebada (T2), mostaza (T3) y avena (T1), los cuales presentan menor incidencia y severidad en un rango de 7,68 a 8,5 de afectación por la costra negra.

- El rendimiento comercial fue mayor en 6 ton/ha con la aplicación de cebada (T2), mostaza (T3) y 5 ton/ha para nabo forrajero (T4).
- La cebada (T2), es el tratamiento recomendado para el manejo de la costra negra de la papa, por tener una rentabilidad aproximada del 42%, dejando una utilidad cercana a los 5.500.000 para el agricultor, frente a los otros abonos verdes.

BIBLIOGRAFÍA

Agronet (2020). Área, Producción, Rendimiento y Participación Municipal en el Departamento por Cultivo. Boletín mensual regional, Nariño. En: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>

Álvarez, D. (2015). Actividad biocida aceite esencial de *Lippia origiganoide* H.B.A. sobre algunos fitopatógenos de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis de maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. 1 p.

Betancourth, C.; Sañudo, B.; Flores, C.Gonzales, C. (2021). Manejo integrado de la costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani* Kuhn) en el departamento de Nariño. Información Tecnológica 32(2):165-174. <https://doi:10.4067/S0718-07642021000200165>.

Buitrago, G.; López, A.; Coronado, A.; Osorno, F. (2003). Determination of physical characteristics and mechanical properties of potatoes cultivated in Columbia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 8(1): 2. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000100015>

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.

Farah, N.; Chaudhary, A.; Nadeem, A.; Irfan, U. AND Iftikhar, A. (2008). Influence of inoculum levels of *Rhizoctonia solani* and susceptibility on new potato germplasm. *Pakistan Journal of Botany*. 40 (5): 2199 – 2209.

Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA). (2016). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa (Uso racional de agroquímicos). En: www.fedepapa.com. 30-36 p.; consulta: febrero 2020.

Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA). (2018). Boletín mensual regional, Nariño. En: <http://fedepapa.com/Boletines/REGIONALES/BOLETINREGIONALNARI%20C3%91O3.pdf>. 2 p.; consulta febrero 2020.

Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA). (2021). Histórico de precios. En: <https://fedepapa.com/historico-precios-de-la-papa/>

García, M., Treto, E. y Álvarez, M. (2000). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba. Obtenido de los bonos verdes: Una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232232002.pdf>.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena* y *S. phureja*). Medidas para la temporada invernal. En: <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac-197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-;-.aspx> 22-23 p.;

Kirkegaard, J. y Desmarchelier, J. (1996). In vitro suppression of fungal root pathogens of cereals by Brassica tissues. *Plant pathology* 45: 593-603

Larkin, P. y Griffin, T. (2007). Control de las enfermedades de la papa transmitidas por el suelo utilizando abonos verdes de *Brassica*. *Protección de cultivos* 26(7): 1067-1077.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.004>

Larkin, P. y Griffin, T. y Honeycutt, W. (2010). Rotation and cover crops effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. *Plant Disease*, 94(12): 1491–1502. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-10-0172>

Mielgo, A. y Guzmán, G. (2008). Buenas Prácticas en Producción Ecológica. Uso de Abonos Verdes. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 1: 12-13. http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/bppe/Uso_de_Abonos_Verdes_tcm7-187426.pdf 12,13 p. consulta: marzo 2020.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2021). Cadena de la papa. En: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Molina, L., Bentura, J. (2009). Efecto inhibitorio in vitro de cinco isotiocianatos sobre *Rhizoctonia solani* Kühn AG-3. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 1: 37-38. <https://doi.org/10.22490/21456453.1965>

Morales. R., García. M., Montejo. L., López. A., Calderón. R., Santo. O., Calderón M., Calderón. J. y Elsa García. E. (2018). Evaluación de la integración de métodos para el control

de la costra negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA). Programa de consorcio de Investigación Agropecuaria 1-5. <http://www.cytacunoc.gt/wp-content/uploads/2019/05/Evaluacion-de-la-integraci%C3%B3n-de-metodos-para-el-control-de-la-costra-negra-1.pdf>

Mu, W., Wang, Z., Bi, Y., Ni, X., Hou, Y., Zhang, S., & Liu, X. (2017). Sensitivity determination and resistance risk assessment of *Rhizoctonia solani* to SDHI fungicide thifluzamide. *The Annals of Applied Biology*, 170(2), 240–250. <https://doi.org/10.1111/aab.12334>

Porras, P., Navia, S. y Gonzalez, M. (2005). Generalidades del cultivo de la papa en Colombia. p. 11-75. En: Guía para el cultivo de papa. Bogotá.

Pozo, V. (2012). Evaluación de dos fungicidas para el control de *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum*). Tesis de grado. Facultad de industrias agropecuarias y ciencias ambientales. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Carchi. 22 p.

Tsrer, L. (2010). Biology, Epidemiology and Management of *Rhizoctonia solani* on Potato. *Journal of Phytopathology*, 158(10): 649-658. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01671.x>

Vaillant, D., Romeu, C., Ramos, E., Gonzalez, M., Ramirez, R. y Gonzalez, J. (2009). Efecto inhibitorio *in vitro* de cinco monoterpenos de aceites esenciales sobre un aislado de *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Fitosanidad*. 13 (3): 197-200.

Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torrez, J. y Hart, M. (2016). Cover crops yo increase soilmicrobial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 48 <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0385-7>

Wilson, P., Ketola, O., Ahvenniemi, P., Lehtonen, M. y Valkonen, J. (2008). Dynamics of soil borne *Rhizoctonia solani* in the presence of *Trichoderma harzianum*: effects on stem canker, black scurf and progeny tubers of potato. *Pathology* 57 (1): 152-161.1

Yossen, V., Rojo, R., Barrera, V., Chiessa, G., Zumelzu, G., Cozzi, J., Kobayashi, K., & Gasoni, L. (2011). Effect of green manure and biocontrol agents on potato crop in Cordoba, Argentina. *Journal of Plant Pathology*, 93(3), 713–717.