

Llamkasun

Trabajemos




Inductores de resistencia sistémica y producción de tubérculos de papa en condiciones controladas



Systemic resistance inducers and potato tuber production under controlled conditions



Indutores de resistência sistémica e produção de tubérculos de batata em condições controladas

10.47797/llamkasun.v2i1.30 



ENSEÑANZA - INVESTIGACIÓN - INNOVACIÓN



ISSN: 2709 - 2275

ENERO JUNIO - 2021

Inductores de resistencia sistémica y producción de tubérculos de papa en condiciones controladas

Systemic resistance inducers and potato tuber production under controlled conditions

Indutores de resistência sistémica e produção de tubérculos de batata em condições controladas

Sergio Eduardo Contreras-Liza 
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Edison Goethe Palomares Andelmo 
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

RESUMEN

Objetivo: Determinar la influencia de inductores químicos de resistencia sistémica sobre la producción de tubérculos de papa en condiciones controladas. **Metodología:** Se realizó un experimento bajo un diseño completamente aleatorizado en una casa-malla en la localidad de Lunahuaná (Cañete), utilizando dos clones avanzados de papa y cuatro tratamientos inductores de resistencia sistémica más un control, en Lunahuaná, Cañete. Se usó la prueba de Scott-Knott para la comparación de promedios a un nivel de significación del 5%, mediante el programa Infostat. **Resultados:** No se hallaron diferencias estadísticas para peso y número tubérculos y en peso del follaje por efecto de los tratamientos inductores, ni diferencias en las interacciones entre los clones de papa y la aplicación de alguno de los tratamientos evaluados. **Conclusiones:** Ningún tratamiento con inductores químicos afectó significativamente la producción de tubérculos en dos clones avanzados de papa, por lo que se les puede considerar en un plan de manejo integrado de enfermedades en condiciones de invernadero.

Palabras Claves: resistencia, sistémica, ácido, salicílico, fosfito, potasio.

ABSTRACT

Objective: To determine the influence of systemic resistance chemical inducers on potato tuber production under controlled conditions. **Methodology:** It was carried out an experiment under a completely randomized design in a net-house in the town of Lunahuaná (Cañete), using two advanced potato clones and four inductor treatments of systemic resistance plus a control, in Lunahuaná, Cañete. The Scott-Knott test was used for comparison of averages at a 5% significance level, through the Infostat program. **Results:** No statistical differences were found for weight and number of tubers and in foliage weight due to the effect of the inductive treatments, nor differences in the interactions between potato clones and the application of any of the treatments evaluated. **Conclusions:** No chemical inducer treatment significantly affected tuber production in two advanced potato clones, so they can be considered in an integrated disease management plan under greenhouse conditions.

Keywords: resistance, systemic, acid, salicylic, phosphite, potassium.

RESUMO

Objetivo: Determinar a influência dos indutores químicos de resistência sistêmica na produção de tubérculos de batata em condições controladas. **Metodologia:** Foi realizada uma experiência sob um desenho completamente aleatório numa casa de rede na localidade de Lunahuaná (Cañete), utilizando dois clones avançados de batata e quatro tratamentos indutores de resistência sistêmica mais um controle, em Lunahuaná, Cañete. O teste Scott-Knott foi utilizado para comparar médias a um nível de significância de 5%, utilizando o programa Infostat. **Resultados:** Não foram encontradas diferenças estatísticas para o peso e número de tubérculos e no peso da folhagem devido ao efeito dos tratamentos de indução, nem diferenças nas interações entre os clones de batata e a aplicação de qualquer um dos tratamentos avaliados. **Conclusões:** Nenhum tratamento de indução química afectou significativamente a produção de tubérculos em dois clones avançados de batata, pelo que podem ser considerados num plano integrado de gestão de doenças em condições de estufa.

Palavras-chave: resistência, sistêmico, ácido, salicílico, fosfito, potássio.

INTRODUCCIÓN

En la región Lima se cultivaron alrededor de 6 211 has de papa durante la campaña agrícola 2014 con un rendimiento medio de 23,7 t ha⁻¹, según datos de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015). La papa es una de las especies cultivadas más vulnerables a enfermedades virales, bacterianas y fungosas, por lo que se requieren costosas aplicaciones de pesticidas durante su cultivo para el control químico, práctica agronómica que afecta seriamente al ecosistema (FAO, 2008; Tsvetkov et al. 2017). Van der Zaag (2010) considera que la producción de papa ambientalmente sostenible requiere una menor dependencia de plaguicidas.

La resistencia sistémica es provocada por compuestos, que incluyen quitinas, ergosteroles, glucanos, lipopolisacáridos, proteínas, péptidos, ácido salicílico (SA) y esfingolípidos, según Lyon (2007). El efecto del SA exógeno depende de numerosos factores como la especie y la etapa de desarrollo de la planta, el modo de aplicación y la concentración y su nivel endógeno en una planta determinada (Horwath et al. 2007). Para Walters (2010),

la resistencia sistémica tiene el potencial de revolucionar el control de enfermedades en los cultivos, pero sigue siendo un tipo de protección no convencional para los cultivos.

El ácido salicílico (SA) es considerado un candidato para aplicaciones exógenas como activador de resistencia sistémica y la aspirina en particular, ha sido seleccionada como un producto de bajo costo y no fitotóxico (Delany et al. 1994). El tratamiento de tubérculos de papa por inmersión con soluciones de SA en concentraciones bajas indujo una reducción significativa en la incidencia de la pudrición blanda de *Erwinia* sp.; las heridas en los tubérculos fue el método de inoculación de SA más eficaz a una concentración de 0,0125% (López et al. 2001).

El fosfito de potasio se comercializa ampliamente para uso agrícola, ya sea como supresor de enfermedades (Rebollar-Alviter et al. 2007) o como fuente de P para la nutrición de los cultivos en medios donde éste puede ser oxidado a fosfato. Está bien establecido que el fosfito aumenta la resistencia a las enfermedades a través de un mecanismo que se conoce como resistencia sistémica adquirida (Yáñez-Juárez et al. 2018); aplicada vía foliar incrementa el

rendimiento y mejora la calidad en varios cultivos (Rickard, 2000).

Rojo & Delgado (2010) mostraron un efecto fisiológico del peróxido de hidrógeno a largo plazo en la inducción de tuberización in vitro, tolerancia a la baja temperatura, y propusieron una técnica para incrementar la producción de micro tubérculos en menor tiempo y a bajo costo. López Delgado et al. (2005) reportaron que el tratamiento exógeno con peróxido de hidrógeno aumentó el contenido de almidón de tubérculos cosechados en campo y que bajo condiciones de invernadero, el contenido de lignina también se incrementó.

Con la investigación se busca mostrar la eficacia de productos de bajo costo y de escaso impacto ambiental para la salud humana y para el ecosistema, entre los que destacan el ácido salicílico, fosfito de potasio, fosetyl aluminio y peróxido de hidrógeno, en la inducción de resistencia sistémica sin ocasionar una reducción en la producción de tubérculos en la papa, para determinar las posibilidades de usarlos en un plan de manejo integrado de la

producción y sanidad de los tubérculos de papa en condiciones de invernadero.

METODOLOGÍA

Localización del experimento

El trabajo se realizó durante la época de primavera en el distrito de Lunahuaná, Cañete, ubicado en la costa central del Perú a 480 msnm, coordenadas 12° 57' 36" S, 76° 8' 4" W, bajo condiciones de un invernadero (casa malla). Esta ubicación está clasificada como BWh por Köppen y Geiger. La temperatura promedio en Lunahuaná es 19,1 °C, la precipitación es 15 mm al año y la humedad relativa ambiental 71% (Climate-Data, 2020).

Material experimental y tratamientos

El material vegetal fue proporcionado por el Centro Internacional de la Papa (Lima), los clones avanzados fueron: CIP396311.1 ("Faustina") y CIP399101.1 ("Yasmine") con aptitud para procesamiento (Tabla 1).

Tabla 1

Características de los clones de papa en evaluación

Número CIP ¹	Color de piel	Color de pulpa	Forma tubérculo	Prof. de ojos	PVY	PVX	Tolerancia
396311.1	rojo	crema	oblongo largo	Superficial	ER	ER	Calor

399101.1 crema crema oblongo Superficial R S Sequía

¹ Centro Internacional de la Papa

Se utilizaron macetas de un galón de capacidad y como sustrato, arena y vermicompost (50% v/v) en las que se sembraron los tubérculos de ambos clones. Los tratamientos utilizados como inductores de resistencia, fueron los siguientes (tabla 2):

Tabla 2

Tratamientos experimentales utilizados como inductores químicos

	Tratamientos en evaluación	Dosis
T ₀	Control	-
T ₁	Fosetyl-Aluminio	5 g L ⁻¹
T ₂	Fosfito de potasio	5 g L ⁻¹
T ₃	Ácido acetilsalicílico	100 mg L ⁻¹
T ₄	Peróxido de Hidrógeno	10 mL L ⁻¹

Las dosis de fosetyl aluminio y fosfito de potasio, fueron las recomendadas por el fabricante de dichos productos en cultivos de papa y tomate. En cuanto a la dosis de aplicación del ácido acetyl salicílico, fué considerada la referencia de Mundo (2004) y para la concentración del peróxido de hidrógeno, la referencia de López Delgado et al. (2005). Las dosis de los productos

fueron ajustadas a la concentración de molar cada compuesto por litro de agua.

Procedimientos

Las macetas fueron distribuidas al azar siguiendo un diseño completamente aleatorizado bajo arreglo factorial. Luego de ser llenadas hasta la mitad de su contenido, las macetas fueron etiquetadas con cada tratamiento en ambos clones de papa. A los 15 días de la emergencia de las plantas, fueron aplicadas con los tratamientos en forma de pulverización con agua filtrada a las dosis indicadas en la tabla 2. Se realizaron en total tres aplicaciones (15, 30 y 45 días después de la emergencia) durante el periodo vegetativo de las plantas, que duró 100 días. En la cosecha se evaluó el peso seco del follaje a la cosecha, así como el peso y número de los tubérculos por planta. Se tomaron los datos promedios de 6 plantas por cada tratamiento y en cada clon de papa. Los datos para peso de tubérculos por planta fueron transformados a raíz cuadrada. Se usó la prueba de Scott-Knott para la comparación de promedios de tratamientos a un nivel de significación del 5%, y el

programa Infostat (Balzarini et al., 2014) para el procesamiento de datos al nivel de significación del 5%.

RESULTADOS

En lo referente al uso de inductores de resistencia en el cultivo de papa bajo condiciones de invernadero, los resultados muestran que no se hallaron diferencias estadísticas en cuanto a la influencia de los tratamientos inductores con respecto al peso de follaje por planta y al peso y número de tubérculos por planta, indicando ello que, a las dosis y frecuencia de aplicación utilizadas, no afectaron notoriamente la producción de tubérculos en dichas condiciones. No se presentaron interacciones significativas entre el efecto de los tratamientos inductores y los clones de papa en las variables estudiadas. Existieron diferencias significativas entre los efectos principales de los clones de papa respecto al número y peso de los tubérculos por planta, evidenciando una respuesta diferente de cada genotipo para estos dos caracteres (Tabla 3).

Tabla 3

Análisis de Variancia para el efecto de los tratamientos inductores sobre la producción de tubérculos de dos clones de papa en condiciones controladas

Fuentes de Variación	Cuadrados Medios		
	Peso Seco Follaje	Número tubérculos	Peso tubérculos
Clones	0,0400 ^{ns}	0,97*	36 873*
Tratamientos	0,0050 ^{ns}	0,19 ^{ns}	575 ^{ns}
Clones*Tratamientos	0,0175 ^{ns}	0,07 ^{ns}	575 ^{ns}
Error	0,0475	0,34	370
R ²	0,14	0,32	0,81
%CV	14,78	32,47	28,8

R², coeficiente de determinación. %CV, coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje, ns valor no significativo, * valor significativo, $p < 0,05$

Asimismo, no se hallaron diferencias significativas para peso de follaje y el peso y número de tubérculos por planta bajo el efecto de los tratamientos inductores a las dosis utilizadas (tabla 4).

Tabla 4

Efecto de los tratamientos inductores sobre la producción de tubérculos en dos clones de papa bajo condiciones controladas

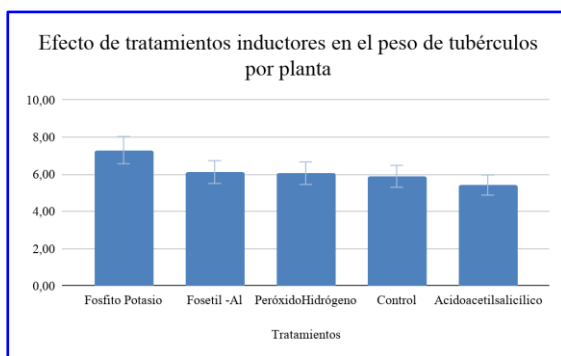
Tratamientos	PFollaje gr/planta	NTubers gr/planta	PTubers gr/planta
Acidoacetilsalicílico	0,87 ^a	1,70 ^a	5,42 ^a
Fosfito de Potasio	0,87 ^a	2,06 ^a	7,30 ^a
Fosetyl-Aluminio	0,85 ^a	1,70 ^a	6,12 ^a
Peróxido Hidrógeno	0,85 ^a	1,84 ^a	6,06 ^a
Control	0,82 ^a	1,61 ^a	5,89 ^a
Error Estándar	0,05	0,24	0,72

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Scott-Knott $p > 0,05$. Los datos de peso de tubérculos por planta (PTubers) están transformados a raíz cuadrada.

En la figura 1 se puede observar el efecto de los cuatro inductores de resistencia sistémica sobre la producción de tubérculos, no advirtiéndose diferencias notorias. Los valores están transformados y corresponden a la media de los dos clones de papa.

Figura 1

Efecto de inductores de resistencia sobre el peso de tubérculos por planta (g planta, datos transformados a raíz cuadrada) de dos clones avanzados de papa.



DISCUSIÓN

Los resultados de numerosas investigaciones realizadas durante las dos últimas décadas han demostrado que ciertos compuestos químicos juegan un papel importante en varios aspectos de las respuestas de defensa posteriores al ataque de un patógeno (Walters, 2010). Estas incluyen entre otras, la activación de la

muerte celular, la expresión de proteínas PR, así como la inducción de la resistencia local y sistémica a enfermedades (Hayad & Ahmad, 2007). Resulta interesante, por lo tanto, seguir explorando las vías de señalización de estas moléculas en el contexto de la resistencia a enfermedades en los cultivos. Asimismo, es necesario evaluar el efecto de dosis y frecuencias de aplicación, ya que se requiere una especificidad para su acción en la inducción de defensas en las plantas, considerando que la energía desarrollada para la resistencia sistémica, puede ocasionar una reducción en la producción, por un mecanismo fisiológico de compensación (Van Loon, 2008). En la presente investigación ninguno de los inductores de resistencia sistémica a las dosis utilizadas, ocasionaron una merma significativa en la producción de tubérculos ni en el peso del follaje en dos clones de papa, considerándose a estos compuestos como una alternativa para utilizarlos en un plan de manejo de la sanidad del cultivo de papa en condiciones de invernadero.

CONCLUSIONES

No se hallaron diferencias estadísticas para peso y número tubérculos y en peso del

follaje por efecto de los tratamientos inductores, ni diferencias en las interacciones entre los clones de papa y la aplicación de alguno de los tratamientos evaluados.

Ningún tratamiento con inductores químicos afectó significativamente la producción de tubérculos en dos clones avanzados de papa, por lo que se les puede considerar en un plan de manejo integrado de enfermedades en condiciones de invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2014). Infostat. Manual del Usuario. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Climate Data (2020). Lunahuana, Clima. Climate-Data.org. Extraído el 16 de octubre, 2020 <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/lima/lunahuana-290869/>

Delaney, T.P., Uknes, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney, T., Gut-Rella, M., Kessmann H., & Ward, E. (1994). A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science* 266: 1247–1250.

Dempsey, D.A., Shah, J. & Klessig, D.F. (1999). Salicylic acid and disease resistance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 18:547-575.

Eguren, F. (2012). Eficiencia y rendimientos en la agricultura peruana. *La revista Agraria* 141: 11-13.

FAO (2008). Gestión de las plagas y enfermedades. Secretaria del año internacional de la Papa. International Year of the Potato celebrated in 2008. FAO: Roma

Hayat, S & Ahmad, A. (2007). *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. Springer: The Netherlands.

Horvath, E., Szalai, G., Janda, T. (2007). Induction of Abiotic Stress Tolerance by Salicylic Acid Signaling. *J Plant Growth Regul*, 26, 290–300

López-Delgado, H., Zavaleta Mancera, H.A., Mora-Herrera, M.E., Vázquez-Rivera, M., Flores-Gutiérrez, F.X., & Scott, I. (2005). Hydrogen peroxide increases potato tuber and stem starch content, stem diameter, and stem lignin content. *Am. J. Potato Res.* 82: 279-285

Lopez, M., Lopez-Lopez, M., Marti, R., Zamora, J., Lopez-Sanchez J., & Beltra, R. (2001). Effect of

- acetylsalicylic acid on soft rot produced by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in potato tubers under greenhouse conditions. *Potato Research* 44, 197-206
- Lyon, G. (2007). Agents that can elicit induced resistance. In: Walters D.R., Newton A.C., Lyon G.D., eds. *Induced resistance for plant defense. A sustainable approach to crop protection.* Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- MINAGRI. (2015). *Intenciones de siembra 2015-2016.* DGESEP. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima. Julio 2015.
- Mundo, S.C. (2004). *Efecto de la Aplicación Foliar de Ácidos Salicílico y Benzoico en la Producción de Papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Gigant.* (Tesis pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, Mexico.
- Reymond, P. & Farmer, E. (1998). Jasmonate and salicylate as global signals for defense gene expression. *Current Opinion in Plant Biology*, 1:404–411.
- Rebollar-Alviter, A.; Madden, L. V.; Ellis, M. A. (2007). Pre- and post-infection activity of azoxystrobin, pyraclostrobin, mefenoxam, and phosphite against leather rot of strawberry, caused by *Phytophthora cactorum*. *Plant Disease* 91, 559-564.
- Ricard, D. A. (2000). Review of phosphorus acid and its salts as fertilizer materials. *J. Plant Nutr.* 23: 161-180.
- Rojo, S. S. & Delgado, H. A. (2010). Peróxido de hidrógeno como inductor de tuberización in vitro en plantas de papa. *Interciencia*, 35(3), 213-216.
- Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K., Patel, H. S., Malena, D. A., Gajiwala, P. H., & Zayed, A. (2017). Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. *Science*, 356(6345), 1395-1397.
- Van der Zaag, P. 2010. Toward sustainable potato production: experience with alternative methods of pest and disease control on a commercial potato farm. *American Journal of Potato Research*, 87(5), 428-433.
- Van Loon, L.C. (2008). Manipulating the Plant's Innate Immune System by Inducing Resistance. *Phytoparasitica* 36:2-4.

Yáñez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A.,
Ayala-Tafoya, F., Partida-
Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz,
T. D. J., & Medina-López, R. (2018).
Los fosfitos como alternativa para el
manejo de problemas
fitopatológicos. *Revista mexicana de
fitopatología*, 36(1), 79-94.

Walters, D.R. (2010). Induced resistance:
destined to remain on the sidelines of
crop protection? *Phytoparasitica*, 38,
1–4,
[http://dx.doi.org/10.1007/s12600-
009-0067-y](http://dx.doi.org/10.1007/s12600-009-0067-y)

Contacto

Sergio Eduardo Contreras-Liza

scontreras@unjfsc.edu.pe