

Aplicación periódica de bajas concentraciones de paclobutrazol y ácido salicílico en papa en invernadero*

Periodic application of low concentrations of paclobutrazol and salicylic acid in potatoes in greenhouse

Román Flores-López^{1§}, Ricardo Martínez-Gutiérrez¹, Humberto A. López-Delgado¹ y Maricela Marín-Casimiro¹

¹Sitio Experimental Metepec-INIFAP. Toluca-Zitácuaro. Carretera Vial Adolfo López Mateos, Col. San José Barbabosa, km 4.5. Zinacantepec, Estado. México. C. P. 51350. Tel: (722) 278.43 31). (rmtzzm@yahoo.mx; lopez.humberto@inifap.gob.mx; irammarin1989@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: floresmx@yahoo.com.mx.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el uso de bajas concentraciones de ácido salicílico y paclobutrazol en *Solanum tuberosum* (Cristal y clon 981824) en invernadero para el incremento de rendimiento y almidón en papa. Los experimentos se realizaron en 2012 en Zinacantepec, México. Los tratamientos consistieron en aspersión con AS: 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12} y 10^{-14} M, paclobutrazol: 1, 0.75, 0.5, 0.25 mg L⁻¹ y el testigo, arreglados en bloques completos al azar, se determinó altura, clorofila, IAF, peso fresco, número de tubérculos y contenido de almidón. En el clon 981824, las plantas testigo y las de AS (10^{-8} y 10^{-10}) presentaron mayor altura, mientras para Cristal fueron las de AS, testigo y paclobutrazol 0.25 mg L⁻¹. En clorofila e IAF no hubo diferencias significativas. En el clon 981824, el testigo presentó mayor peso fresco (148 g por planta), en cambio Cristal no presentó diferencias entre tratamientos. El número total de minitubérculos fue superior con paclobutrazol 0.5 mg L⁻¹ en ambos genotipos (Cristal: 12.93 y 981824: 23.3). Todos los tratamientos de paclobutrazol y de AS 10^{-8} , 10^{-10} y 10^{-14} presentaron mayor contenido de almidón con respecto al testigo en el clon 981824, mientras que en Cristal fueron: paclobutrazol 0.75 y 1.0 mg L⁻¹ con 241 y 231 mg g⁻¹ y 10^{-8} y 10^{-12} de AS con 165 y 173 mg g⁻¹. En conclusión el paclobutrazol disminuye la altura de las plantas y tanto este como el AS incrementan el contenido de almidón de tubérculo a las concentraciones indicadas.

Abstract

The objective of this research was to determine the use of low concentrations of salicylic acid and paclobutrazol in *Solanum tuberosum* (Crystal and clone 981824) in the greenhouse for increased performance and potato starch. The experiments were performed in 2012 in Zinacantepec, Mexico. Treatments consisted of spraying with AS: 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12} y 10^{-14} M, paclobutrazol: 1, 0.75, 0.5, 0.25 mg L⁻¹ and the control, arranged in a randomized complete blocks, determined height, chlorophyll, IAF, fresh weight, number of tubers and starch content. In clone 981824, the control plants and AS (10^{-8} and 10^{-10}) had higher, while for Cristal were AS, witness and paclobutrazol 0.25 mg L⁻¹. Chlorophyll and IAF there were no significant differences. In clone 981824, the witness had higher fresh weight (148 g per plant) instead Cristal showed no differences between treatments. The total number of minitubers was higher with paclobutrazol 0.5 mg L⁻¹ in both genotypes (Crystal: 12.93 and 981824: 23.3). All paclobutrazol treatments and AS 10^{-8} , 10^{-10} and 10^{-14} had higher starch content compared with the control in the clone 981824, while in Cristal were paclobutrazol 0.75 and 1.0 mg L⁻¹ to 241 and 231 mg g⁻¹, 10^{-8} and 10^{-12} of AS 165 and 173 mg g⁻¹. In conclusion paclobutrazol reduces plant height and both this and the AS increase the starch content of the tuber at the indicated concentrations.

* Recibido: febrero de 2016
Aceptado: mayo de 2016

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, invernadero, minitubérculos.

Keywords: *Solanum tuberosum*, greenhouse, minitubers.

Introducción

El empleo de reguladores del crecimiento en la agricultura se ha hecho con diversos fines; como promotores del crecimiento (giberelinas, citocininas y auxinas) e inhibidores o retardadores del crecimiento, el uso de estos últimos se hace entre otros propósitos para el amarre de frutos y control de la altura de los cultivos sin demerito en la producción Jankiewicz (2003). En papa se han evaluado *in vitro*, con fines de mantenimiento de germoplasma, como inductores de la tuberización y tolerancia a altas y bajas temperaturas, en invernadero el uso de ellos está orientado a limitar el crecimiento y desarrollo de la planta para facilitar las labores de cultivo e incrementar el número de tubérculos por planta y por metro cuadrado, es decir para favorecer el proceso de tuberización (Flores, 2009).

El proceso de tuberización está influenciado por fotoperiodo, temperatura, condiciones que regulan los niveles endógenos de los reguladores de crecimiento Mauk y Langille (1978), incremento de carbohidratos en el ápice del estolón, baja en la concentración de giberelinas Martínez *et al.* (2001) y un incremento de ácido absícico Xu *et al.* (1998). Las giberelinas actúan como inhibidor de la tuberización Krauss (1985), así, en condiciones de inducción de la tuberización el bajo aporte de nitrógeno altera el radio de hormonas ácido absícico: giberelinas, incrementó el ácido absícico y decreció la cantidad de giberelinas, lo que coincidió con el inicio de la tuberización Krauss y Marschner (1981). Los niveles endógenos de giberelinas en plantas de papa son altos en condiciones no inductivas (altas temperaturas y fotoperiodos largos) y decrecen bajo condiciones de inducción de la tuberización (Vreugdenhil and Sergeeva, 1999).

Existen varios inhibidores de crecimiento que se han empleado como agentes antagonicos de las giberelinas en condiciones no inductivas de la tuberización (altas temperaturas y fotoperiodos largos), como son: tetcyclasis, cycocel, paclobutrazol, uniconazol, alar, ancymidol y daminozida, algunos de los cuales incrementan la formación de tubérculos en condiciones de *in vitro* e invernadero (López *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 2006; Tekalign *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2011).

Introduction

The use of growth regulators in agriculture has been made for various purposes; as growth promoters (gibberellins, cytokinins and auxins) and inhibitors or growth retardants, use of the latter is made among other purposes for fruit set and control the height of crops without demerit in production Jankiewicz (2003). Potato have been evaluated *in vitro*, for maintenance of germplasm, as inducers of tuberisation and tolerance to high and low temperatures, greenhouse using them is aimed at limiting the growth and development of the plant to facilitate the work of culture and increase the number of tubers per plant and per square meter, i.e. to promote the process of tuberisation (Flores, 2009).

The tuberisation process is influenced by photoperiod, temperature, conditions governing, low levels of endogenous growth regulators Mauk and Langille (1978), increased carbohydrate at the apex of stolons in the concentration of gibberellins Martínez *et al.* (2001) and abscisic acid increased Xu *et al.* (1998). Gibberellins acting as inhibitor tuberisation Krauss (1985) and in induction conditions tuberisation low contribution of altered nitrogen radius of abscisic acid hormones: gibberellins, increased the abscisic acid and decreased the amount of gibberellins, which it coincided with the start of the tuberisation Krauss and Marschner (1981). Endogenous levels of gibberellins in potato plants are high in non-inductive conditions (high temperatures and long photoperiod) and decrease under conditions of induction tuberisation (Vreugdenhil and Sergeeva, 1999).

Several growth inhibitors have been used as antagonistic agents gibberellins in non-inductive conditions tuberisation (high temperature and long photoperiods), such as: tetcyclasis, cycocel, paclobutrazol, uniconazole, alar, ancymidol and daminozide, some of the which increase the formation of tubers in conditions *in vitro* and greenhouse (López *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 2006; Tekalign *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2011).

The paclobutrazol inhibits the biosynthesis of gibberellins, by oxidation of ent-kaurene Dicks (1980) and blocks oxidative reactions between kaurenoic acid and kaurene.

El paclobutrazol inhibe la biosíntesis de las giberelinas, mediante la oxidación de ent-kaureno (Dicks, 1980) y bloquea las reacciones de oxidación entre el kaureno y el ácido kaurenoico. El restablecimiento del crecimiento de la planta con aplicación de giberelinas comprueba que este efecto se debe al paclobutrazol (Balamani y Poovaiah, 1985). Se ha demostrado que pretratamientos de paclobutrazol en camote incrementa su sistema antioxidante (Kuan-Hung, 2006). En papa, en condiciones de *in vitro* concentraciones de paclobutrazol de 0.001 mg L⁻¹ produjeron microtubérculos de mayor peso y diámetro que el testigo Kianmeher *et al.* (2012), así mismo, aplicaciones de cinetina de 2.5 mg L⁻¹ no tuvieron influencia significativa en la formación de tubérculos, sin embargo aplicaciones junto con paclobutrazol (0.001 mg L⁻¹) incrementaron significativamente la tuberización. Mientras que el paclobutrazol estimulo el inicio de la tuberización e inhibió el crecimiento (Simko, 1993).

Por otro lado, en invernadero disminuye la altura de la planta, la tasa de crecimiento del cultivo y reduce la partición de asimilados a hojas, tallos, raíces y estolones, incrementándola hacia los tubérculos (Flores *et al.*, 2011) y (Balamani y Poovaiah, 1985) provoca también, el incremento de clorofila a y b, aumenta el diámetro de raíces y hace más gruesa la capa de células del mesófilo en empalizada y tejido esponjoso (Tsegaw *et al.*, 2005); en condiciones de alta temperatura, mejora la productividad de tubérculos y reduce el crecimiento del tallo (Tekalign *et al.*, 2004).

Aplicaciones de 150 y 450 mg L⁻¹ de paclobutrazol incrementaron el número de minitubérculos en cultivos sin suelo (Lim *et al.*, 2004), mientras que Bandara y Tanino (1995), obtuvieron en invernadero en la variedad Norland casi el doble de tubérculos con una sola aplicación de paclobutrazol de 450 mg L⁻¹. Sin embargo, Flores (2011) mencionan que con 150 mg L⁻¹ de paclobutrazol o 20 mg L⁻¹ de uniconazol, se redujo la altura de las plantas sin afectar el número y biomasa de tubérculos. Sin embargo, también existen estudios donde puede existir un efecto negativo por la aplicación de paclobutrazol, se menciona que puede reducir la biomasa de la planta completa (Tekalign *et al.*, 2005) e incluso el rendimiento de minitubérculos (Hughes y Keith, 2003).

Por otro lado, el ácido salicílico (AS) tiene efectos pleiotrópicos, está involucrado directamente en el crecimiento de las plantas, termogénesis, inducción floral y en la asimilación de iones (Hayat *et al.*, 2007). Se ha mencionado como promotor del crecimiento al favorecer altura e incremento del diámetro del tallo en crisantemo y chile habanero (Guzmán *et al.*, 2012;

The restoration of growth of the plant with application of gibberellin found that this effect is due to paclobutrazol (Balamani and Poovaiah, 1985). It has been shown that pretreatments paclobutrazol in sweetpotato increases its antioxidant system (Kuan-Hung, 2006). In potatoes, *in vitro* conditions paclobutrazol concentrations of 0.001 mg L⁻¹ produced microtubers weight and diameter greater than the control Kianmeher *et al.* (2012), likewise, applications kinetin 2.5 mg L⁻¹ had no significant influence on the formation of tubers, however applications along with paclobutrazol (0.001 mg L⁻¹) significantly increased tuber. While the stimulus paclobutrazol tuber initiation and inhibited growth (Simko, 1993).

On the other hand, it lowers greenhouse plant height, growth rate and reduces crop partition assimilated to leaves, stems, roots and stolons, tubers increasing it to (Flores *et al.*, 2011); (Balamani and Poovaiah, 1985) also causes the increase of chlorophyll a and b, root diameter increases and becomes thicker layer palisade mesophyll cells and spongy tissue (Tsegaw *et al.*, 2005); at high temperature, improves productivity and reduces tuber stem growth (Tekalign *et al.*, 2004).

Applications 150 and 450 mg L⁻¹ paclobutrazol increased the number of minitubers in soilless (Lim *et al.*, 2004), while Bandara and Tanino (1995), obtained on greenhouse variety Norland almost twice tubers with a single application of 450 mg paclobutrazol L⁻¹. However, Flores (2011) mention that with 150 mg L⁻¹ paclobutrazol or 20 mg L⁻¹ uniconazole, the plant height is reduced without affecting the number of tubers and biomass. However, there are also studies where there may be an adverse effect by applying paclobutrazol, mentioned which can reduce the biomass of the entire plant (Tekalign *et al.*, 2005) and even the performance of minitubers (Hughes and Keith, 2003).

Furthermore, salicylic acid (AS) has pleiotropic effects, is directly involved in plant growth, thermogenesis, floral induction and assimilation ions (Hayat *et al.*, 2007). It mentioned as a growth promoter to promote increased height and stem diameter in chrysanthemum and habanero (Guzmán *et al.*, 2012; Villanueva *et al.*, 2009), it has been shown to increase biomass productivity and fruits in jalapeno (Sánchez *et al.*, 2011), likewise, studies show their participation in the induction of stress tolerance low temperatures, shocks high temperature and salinity in potato *in vitro* conditions and (Mora and López, 2006; Scoot *et al.*, 1999; Sajid and Aftab, 2012) and induces tolerance to some diseases such as late

Villanueva *et al.*, 2009), se ha demostrado que incrementa la biomasa y productividad de frutos en chile jalapeño (Sánchez *et al.*, 2011), así mismo, diversos estudios demuestran su participación en la inducción de tolerancia al estrés por bajas temperaturas, choques de alta temperatura y salinidad en papa en condiciones de *in vitro* (Mora y López, 2006; Scoot *et al.*, 1999; Sajid y Aftab, 2012) e inductor de tolerancia a algunas enfermedades como el tizón tardío de la papa, el síndrome de punta morada de la papa (Halim *et al.*, 2007; López *et al.*, 2013) y *Rizoctonia solani* (Hadi y Baladi, 2010), este último autor menciona que aplicaciones de 2 mM de AS incrementaron el número de tubérculos en plantas infectadas con el hongo. Debido a todas las propiedades mostradas el AS se considera una verdadera hormona vegetal involucrada en la defensa de las plantas y reacciones de inmunidad a estrés abiótico, contribuye a la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas (Rivas y Plasencia, 2011).

Hasta el momento no se conoce que el AS intervenga de manera antagonista con la giberelinas; sin embargo, varios genes están bajo la regulación transcripcional de este, entre ellos los genes que intervienen en la síntesis de ácido jasmónico y etileno (Galis y Matsuoka, 2007). López y Scott (1996), indujeron la tuberización en papa en cultivos *in vitro* mediante el empleo de 7.5×10^{-4} de ácido acetil salicílico (ASA). Además se ha logrado la detención del crecimiento con el uso de ASA y CCC en plantas de papa *in vitro* (López *et al.*, 1998). Mientras en campo, aplicaciones de ASA incrementaron el rendimiento y mejoraron la calidad de los tubérculos para la industria (Nickell, 1991).

Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron de junio a noviembre de 2012 en invernaderos del INIFAP en Zinacantepec, México a 19° 17' 21" de latitud norte y 99° 42' 49" de longitud oeste a 2 640 msnm. La temperatura media al interior del invernadero fue de 14.9 °C con máximas de 36 y mínimas de -1.5 °C respectivamente.

Se emplearon macetas de 1 L de volumen, con una mezcla de perlita grado hortícola de 1 a 4 mm de diámetro y turba 1:1 v/v. Primero se estableció el experimento con el clon 981824 y posteriormente dos experimentos con la variedad Cristal, se utilizaron plantas de *in vitro* libres de virus. El diseño experimental fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y 24 macetas por repetición de las cuales

blight of potato, purple top syndrome potato (Halim *et al.*, 2007; López *et al.*, 2013) and *Rizoctonia solani* (Hadi and Baladi, 2010), the latter author mentions that applications of 2 mM of AS increased the number of tubers in plants infected with the fungus. Because of all the properties shown the AS is considered a true plant hormone involved in plant defense and immune reactions to abiotic stress, it contributes to the regulation of growth and development of plants (Rivas and Plasencia, 2011).

So far it is not known that the AS intervenes antagonistically with the gibberellins; however, several genes are under the transcriptional regulation of this, including genes involved in the synthesis of jasmonic acid and ethylene (Galis and Matsuoka, 2007). López and Scott (1996), induced in potato tuber crops *in vitro* by using 7.5×10^{-4} acetylsalicylic acid (ASA). It has also been achieved growth arrest using ASA and CCC in *in vitro* potato plants (López *et al.*, 1998). While in the field, ASA applications increased performance and improved quality of tubers for industry (Nickell, 1991).

Materials and methods

The experiments were conducted from June to November 2012 in greenhouses INIFAP in Zinacantepec, Mexico at 19° 17' 21" north latitude and 99° 42' 49" west longitude at 2 640 meters. The average temperature inside the greenhouse was 14.9 °C with a maximum of 36 and minimum of -1.5 °C respectively.

The pots volume of 1 L were used, with a horticultural grade perlite 1 to 4 mm in diameter and peat 1:1 v/v. First experiment were used clone 981824 and then two experiments with the variety Cristal was established *in vitro* plants free of virus. The experimental design was randomized complete block with four replications and 24 pots per repetition of which only ten plants were taken for data collection: for the experiment with clone 981824 only were taken: height, fresh weight, number and diameter tubers and starch content in tubers. In experiments with the variety Cristal was also taken, tubers dry weight of starch in tubers, SPAD readings and leaf area index (IAF). The amount of starch in minitubers was determined by the method described by Peña and Ortega (1991), chlorophyll content was evaluated by the method of Lichtenthaler and Wellburn (1983) and correlated with the SPAD units obtained with the meter Konica Minolta Chlorophyll plus 502 SPAD- according to (Rodríguez *et al.*, 1998).

sólo se tomaron diez plantas para la toma de datos: para el experimento con el clon 981824 sólo se tomaron: altura, peso fresco, número y diámetro de tubérculos y contenido de almidón en tubérculos. En los experimentos con la variedad Cristal se tomó además, peso seco de tubérculos, almidón en tubérculos, lecturas SPAD e índice de área foliar (IAF). La cantidad de almidón en los minitubérculos se determinó por el método descrito por Peña y Ortega (1991), el contenido de clorofila se evaluó por el método de Lichtenthaler y Wellburn (1983) y se correlaciono con las unidades SPAD obtenidas con el medidor de Konica Minolta Chlorophyll SPAD- 502 plus de acuerdo a (Rodríguez *et al.*, 1998).

Las lecturas de SPAD fueron tomadas en la primera hoja totalmente expandida, haciendo tres lecturas por planta en tres momentos diferentes, 22 días después de la primera aplicación. Asimismo, las lecturas de IAF fueron realizadas al día siguiente de la toma de las lecturas de SPAD, y fueron hechas con el Ceptometro Accupar, modelo LP-80 PAR/LAI.

Las plantas fueron irrigadas mediante goteros de 8 L h⁻¹ con distribuidor de cuatro salidas. Se programaron, dos riegos por día con un gasto de 66 ml por maceta en cada riego para un gasto máximo de 133 ml por maceta, con la solución de 160 N; 60 P; 250 K, 250 Ca; 75 Mg; 3 Fe; 0.5 Cu; 0.5 Mn y 0.5 B en mg L⁻¹ y el pH fue ajustado a 6 + -0.1 y 2 S cm⁻¹ de CE.

Los tratamientos con las diferentes concentraciones de ácido salicílico y paclobutrazol fueron aplicados dos veces por semana después de los 22 días del trasplante (DDT) hasta los 85 DDT por aspersion de 3.0 a 4.5 ml por planta de la solución, 75 a 110 ml por repetición, cuatro concentraciones de AS (10⁻⁸, 10⁻¹⁰, 10⁻¹² y 10⁻¹⁴M) y cuatro concentraciones de paclobutrazol (1, 0.75, 0.5, 0.25 mg L⁻¹), el testigo fue aplicado únicamente con agua.

Análisis estadístico

Se presentan los datos de la media de los dos experimentos de la variedad Cristal y tanto estos como los del clon 981824 se analizaron con el programa SAS versión 9.0 para ANAVA y diferenciación de medias de Tukey.

Resultados y discusión

En general respecto a la variable altura se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en los tres experimentos, en el clon 981824 las plantas de mayor

The SPAD readings were taken in the first fully expanded leaf, making three readings per plant at three different times, 22 days after the first application. In addition, IAF readings were made the day after taking SPAD readings, and were made with the Ceptometro Accupar, model LP-80 PAR/IAF.

The plants were irrigated by drip 8 L h⁻¹ with four outputs distributor. They were scheduled, two irrigations per day at a cost of 66 ml per pot in each irrigation to a maximum expenditure of 133 ml per pot, with the solution of 160 N; 60 P; 250 K, 250 Ca; 75 Mg; 3 Fe; 0.5 Cu; 0.5 Mn and 0.5 B in mg L⁻¹ and pH was adjusted to 6 + -0.1 and 2 mS cm⁻¹ of CE.

Treatments with different concentrations of salicylic acid and paclobutrazol were applied twice a week after the 22 days of transplantation (DDT) to 85 DDT spray of 3.0 to 4.5 ml per plant solution 75 to 110 ml per replicate, four concentrations of AS (10⁻⁸, 10⁻¹⁰, 10⁻¹² and 10⁻¹⁴M) and four concentrations of paclobutrazol (1, 0.75, 0.5, 0.25 mg L⁻¹), the witness was applied only with water.

Statistical analysis

The average data of the two experiments and the variety Cristal these and the clone 981824 are presented were analyzed with SAS version 9.0 for ANOVA and Tukey differentiation.

Results and discussion

Overall height with respect to the variable significant differences between treatments in the three experiments, showed clone 981824 taller plants were those for the witness, the concentrations of 10⁻⁸ and 10⁻¹⁰ of AS, and lower height corresponded to treatments paclobutrazol, while the Cristal variety in the average of both experiments shows that plants taller were treatments with AS, the witness and those corresponding to the lower paclobutrazol concentration (0.25 mg L⁻¹) and equal to each other statistically, plants presenting lower height paclobutrazol treatments of 1, 0.75 and 0.5 mg L⁻¹ (Figure 1). Regarding AS, Galis and Matsuoka (2007) mention that there are no reports that it is antagonistic gibberellin; also it mentioned that favors height and stem diameter increase in chrysanthemum and habanero (Guzmán *et al.*, 2012; Villanueva *et al.*, 2009), which is not consistent with the results obtained in this work, since treatments with SA were in the range equal to the witness Cristal and clone 981824 plants had lower height than this.

altura fueron las correspondientes al testigo, las de las concentraciones 10^{-8} y 10^{-10} de AS, y las de menor altura correspondieron a los tratamientos de paclobutrazol, mientras en la variedad Cristal en el promedio de ambos experimentos se observa que las plantas de mayor altura fueron las de los tratamientos con AS, las del testigo y aquellas correspondientes a la menor concentración paclobutrazol (0.25 mg L^{-1}) e iguales estadísticamente entre sí, presentándose las plantas de menor altura en los tratamientos de paclobutrazol de 1, 0.75 y 0.5 mg L^{-1} (Figura 1). En relación a AS, Galis y Matsuoka (2007) mencionan que no existen informes de que sea antagonico de giberelinas; asimismo, se ha mencionado que favorece altura e incremento del diámetro del tallo en crisantemo y chile habanero (Guzmán *et al.*, 2012); Villanueva *et al.*, 2009), lo que no concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que los tratamientos con SA fueron en la variedad Cristal iguales al testigo y en el clon 981824 las plantas presentaron menor altura que este.

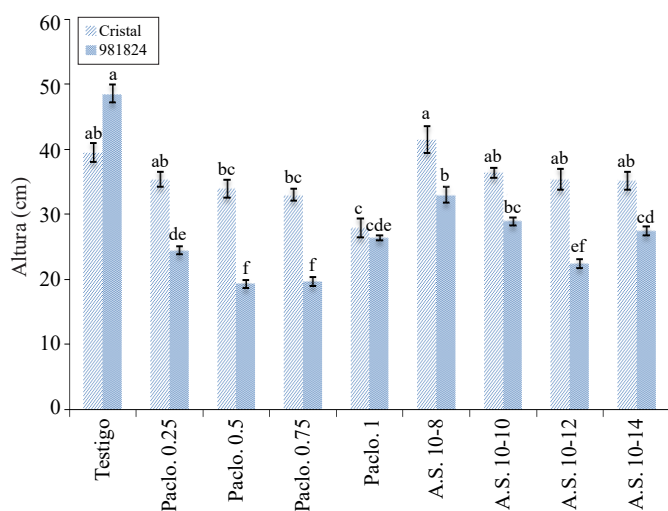


Figura 1. Altura promedio de plantas y comparación de medias con aplicaciones periódicas de Paclobutrazol y AS. En invernadero. Var. Cristal y clon 981824. Tukey $\alpha=0.05$. Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente.

Figure 1. Average plant height and mean comparison with regular applications of Paclobutrazol and AS. Under Cristal. Var. Cristal and 981824 clone. Tukey $\alpha=0.05$. Treatments with the same letter do not differ statistically.

Mientras el paclobutrazol se conoce como inhibidor de la síntesis de giberelinas, ya que se ha logrado el restablecimiento del crecimiento de la planta con aplicación de giberelinas, lo cual comprueba que el efecto de inhibición del crecimiento se debe al paclobutrazol, que inhibe su biosíntesis (Balamani y Poovaiah, 1985). Y Si bien existen diversos trabajos que concuerdan con lo aquí informado que es la detención de

While paclobutrazol known as synthesis inhibitor gibberellin as has been achieved restoring growth of the plant with application of gibberellins, which proves that the effect of growth inhibition is due to paclobutrazol, which inhibits biosynthesis (Balamani and Poovaiah, 1985). And while there are various jobs that match what is reported here growth arrest (Flores *et al.* 2011); Balamani and Poovaiah, 1985) there are no reports regarding the continuous application of low levels of this inhibitor.

However, the results could indicate that the continued application of it if possible accumulation causes of this inhibitor on the ground, causing growth arrest. Also, a single application of paclobutrazol of 1 mg L^{-1} at 15 days after transplantation in potato produces no growth arrest.

Chlorophyll concentration. The linear regression model to determine the relationship between chlorophyll and Spad readings presented an R^2 of 0.89, $\alpha=0.01$, so there is significant relationship between chlorophyll concentration and SPAD readings: total chlorophyll = $0.121882 + (2.86474) (\text{SPAD})$, by substituting in the formula the values of SPAD, the following results (Table 1) were: in the Cristal variety of plants with the highest values of chlorophyll corresponded to the treatments of 0.5, 0.75 of paclobutrazol and 10^{-8} of AS, 22 days after the first application and statistically equal to the control, while for the second sampling 55 DDA, only the concentration of 0.5 mg L^{-1} showed the highest value; however, it was equal to the witness, paclobutrazol remaining treatments and two concentrations of SA (10^{-12} and 10^{-14}), and the DDT 80 no significant differences between treatments. For this variable, the results were inconclusive and although some authors mention that the paclobutrazol increases the amount of chlorophyll Tsegaw *et al.* (2005) in this work do not get upset. The SA they not for two treatments (10^{-8} and 10^{-10}), in the second reading had the lowest values for chlorophyll in both experiments.

Regarding the IAF were taken two readings, the first 75 DDA and second before harvest, no significant difference between treatments was found; however, it occurs in both readings trend lower IAF (Figure 2) in the treatment of 1 mg L^{-1} paclobutrazol (Figure 2) higher leaf area index was presented in treatment plants of 0.75 mg L^{-1} , with no significant statistical difference; however, this index showed normal values above 3 units, which is enough to capture more than 99% of solar radiation.

crecimiento (Flores *et al.*, 2011; Balamani y Poovaiah, 1985) no existen reportes en relación a la aplicación continua de bajas concentraciones de este inhibidor.

Sin embargo, los resultados pudiesen indicar que la aplicación continua del mismo si ocasiona la posible acumulación de este inhibidor en la planta, lo que provoca la detención de crecimiento. Asimismo, una sola aplicación de paclobutrazol de 1 mg L⁻¹ a los 15 días después del trasplante en papa, no produce ninguna detención del crecimiento.

Concentración de clorofila. El modelo de regresión lineal para determinar la relación entre clorofila y lecturas Spad presentó una R² de 0.89, $\alpha=0.01$, por lo que existe relación significativa entre la concentración de clorofila y las lecturas de SPAD: $\text{clorofila total} = 0,121882 + (2.86474) (\text{SPAD})$, al sustituir en la formula los valores de SPAD, se tuvieron los siguientes resultados (Cuadro 1): en la variedad Cristal las plantas con los mayores valores de clorofila correspondieron a los tratamientos de 0.5, 0.75 de paclobutrazol y 10⁻⁸ de AS, a los 22 días después de la primera aplicación e iguales al testigo estadísticamente, mientras que para el segundo muestreo 55 DDA, solo la concentración de 0.5 mg L⁻¹ presentó el valor más alto; sin embargo, fue igual al testigo, a los tratamientos con paclobutrazol restantes y a dos de las concentraciones de SA (10⁻¹² y 10⁻¹⁴), y a los 80 DDT no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Para esta variable los resultados no fueron concluyentes y aunque algunos autores mencionas que el paclobutrazol incrementa la cantidad de clorofila Tsegaw *et al.* (2005) en este trabajo no la altero. No así para SA que dos tratamientos (10⁻⁸ y 10⁻¹⁰), en la segunda lectura presentaron los menores valores para clorofila en ambos experimentos.

Cuadro 1. Contenido de Clorofila (en plantas de papa a los 22, 52 y 80 DDA en la variedad Cristal con ácido salicílico y paclobutrazol. Tukey $\alpha=0.05$. tratamientos con la misma letra no diferente estadísticamente.

Table 1. Contents of Chlorophyll (in potato plants at 22, 52 and 80 DAA in the Cristal variety with salicylic acid and paclobutrazol. Tukey $\alpha=0.05$. Treatments with the same letter do not differ statistically.

Tratamiento	Tukey	Clorofila ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)				
		MEDIA 22 DDA	Tukey	MEDIA 52 DDA	Tukey	MEDIA 80 DDA
Testigo	ab	151.22	ab	151.3	a	145.76
Paclo. 0.25	ab	152.69	ab	154.33	a	151.79
Paclo. 0.5	a	155.4	a	153	a	151.55
Paclo. 0.75	a	154.33	ab	155.51	a	152.9
Paclo. 1.00	ab	150.6	ab	152.59	a	152.9
A. S. 10 ⁻⁸	a	154.61	b	146.58	a	149.82
A. S. 10 ⁻¹⁰	b	144.99	b	146.44	a	145.77
A. S. 10 ⁻¹²	ab	149.96	ab	153.25	a	149.4
A. S. 10 ⁻¹⁴	ab	149.57	ab	154.43	a	151.39
CV		5.946		5.393		4.849

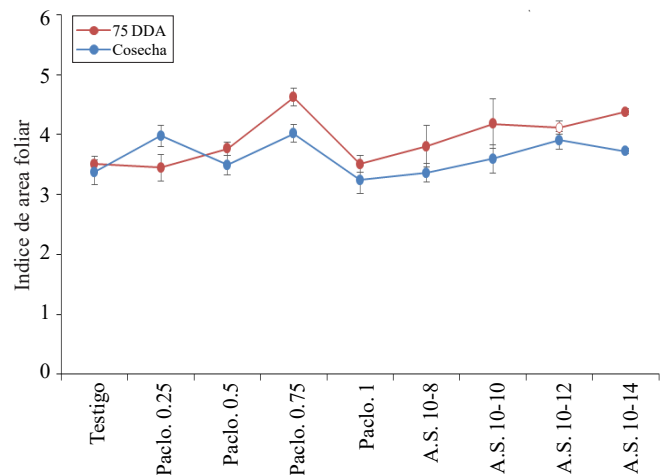


Figura 2. Índice de área foliar en la variedad Cristal a los 75 días después de la primera aplicación de los tratamientos. Paclo= paclobutrazol; AS= ácido salicílico.

Figure 2. Leaf area index in the range Cristal 75 days after the first application of treatments. Paclo= paclobutrazol; AS= salicylic acid.

These results contrast with mentioned by Flores *et al.* (2011), who detected a decrease relative to the control IAF up 54% using 250 mg L⁻¹ of paclobutrazol in one application.

The fresh weight of tubers if was affected by treatments in clone 981824, but not in the variety Cristal, which showed no significant difference between treatments, while the clone 981824 the control treatment with 137.48 g was statistically equal to plants paclobutrazol treatments 0.25 mg L⁻¹ and salicylic acid 10⁻⁸ higher, 18 to 31.5%, the other treatments with paclobutrazol and SA, which decreased the fresh weight of tubers (Table 2).

En relación al IAF se tomaron dos lecturas, la primera a los 75 DDA y la segunda antes de la cosecha, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo, se presenta en ambas lecturas la tendencia de un menor IAF (Figura 2) en el tratamiento de 1 mg L⁻¹ de paclobutrazol. (Figura 2) el mayor índice de área foliar se presentó en plantas del tratamiento de 0.75 mg L⁻¹, sin diferencia estadística significativa; sin embargo, este índice presentó valores normales por encima de 3 unidades, lo que es suficiente para captar más 99% de radiación solar.

Estos resultados contrastan con lo mencionado por Flores *et al.* (2011), quienes detectaron una disminución del IAF con respecto al testigo de hasta 54% con el uso de 250 mg L⁻¹ de paclobutrazol en una sola aplicación.

El peso fresco de los tubérculos si se vio afectado por los tratamientos en el clon 981824, no así en la variedad Cristal, la cual no mostró diferencia significativa entre tratamientos, mientras que en el clon 981824 el tratamiento testigo con 137.48 g fue estadísticamente igual a plantas de los tratamientos de Paclobutrazol 0.25 mg L⁻¹ y ácido salicílico 10⁻⁸ y mayor, de 18 a 31.5%, al resto de los tratamientos con Paclobutrazol y SA, los cuales disminuyeron el peso fresco de tubérculos (Cuadro 2).

In general can be observed in clone 981824 in some treatments was presented reduced fresh weight of tuber with paclobutrazol. Reports in the literature differ and therefore no results found supporters here, as reports where biomass is not affected or is less according to the concentration used (Flores *et al.*, 2011; Balamani and Poovaiah, 1985).

As for the number of minitubers in both genotypes were no differences between treatments were observed in tubers over 15 mm in diameter; however, considering the total tubers if there is significant difference between treatments in both genotypes; for variety Cristal treatment with more minitubers it was that of paclobutrazol 0.5 mg L⁻¹ with 12.9 tubers per plant, and was statistically equal treatment of 0.25 and 0.75 mg L⁻¹ of paclobutrazol and concentrations AS of 10⁻¹² and 10⁻¹⁴, while the witness present 11.25 minitubers per plant, and treatment with the lowest number of them was AS to 10⁻¹⁰ M, while in clone 981824 results were inconclusive because the treatment with the highest number of tubers was with 0.25 mg L⁻¹ and was equal to both the witness and the other treatments except for AS of 10⁻⁸ M with present only 16.9 tubers per plant (Table 3). There are contradictory statements regarding paclobutrazol, if it favors tuber Tekalign *et al.* (2005) mention that may cause decreased performance, Flores *et al.* (2011) confirmed to mention that some of the concentrations

Cuadro 2. Efecto en el Peso fresco de tubérculos producidos en invernadero, variedad Cristal y clon 981824 por acción del paclobutrazol y ácido salicílico. Tukey $\alpha=0.05$.

Table 2. Effect on the fresh weight of tubers produced in greenhouses, variety Cristal and clone 981824 per share of paclobutrazol and salicylic acid. Tukey $\alpha=0.05$.

Tratamiento	Exp. Cristal		Exp. 981824	
	Tukey	Media P. Frs.	Tukey	Media P. Frs.
Testigo	a	104.16	a	137.48
Pacl. 0.25	a	99.32	ab	118.25
Pacl. 0.50	a	109.25	bcd	108.65
Pacl. 0.75	a	113.54	bcd	104.61
Pacl. 1.00	a	98.83	d	94.17
A. S. 10 ⁻⁸	a	101.12	ab	120.88
A. S. 10 ⁻¹⁰	a	102.59	bc	111.78
A. S. 10 ⁻¹²	a	108.8	cd	101.3
A. S. 10 ⁻¹⁴	a	107.6	bcd	105.33
CV		15.778		34.447

En general se puede observar en el clon 981824 que en algunos tratamientos se presentó reducción de peso fresco de tubérculo con Paclobutrazol. Los informes en

studied from 200 to 250 mg L⁻¹ decrease biomass tubercle, while at concentrations of 150 mg L⁻¹ no significant difference with the control without paclobutrazol in this sense.

la literatura difieren y tanto hay resultados que apoyan lo aquí encontrado, como informes donde la biomasa no se ve afectada o incluso es menor de acuerdo a la concentración empleada (Flores *et al.*, 2011); Balamani y Poovaiah, 1985).

En cuanto al número de minitubérculos en ambos genotipos no se observaron diferencias entre tratamientos en tubérculos mayores de 15 mm de diámetro; sin embargo, si se consideran los tubérculos totales si existe diferencia significativa entre tratamientos en ambos genotipos; para la variedad Cristal el tratamiento con mayor número de minitubérculos fue el de paclobutrazol 0.5 mg L⁻¹ con 12.9 tubérculos por planta, y fue igual estadísticamente a los tratamientos de 0.25 y 0.75 mg L⁻¹ de Paclobutrazol y a los de las concentraciones de AS de 10⁻¹² y 10⁻¹⁴, mientras el testigo presentó 11.25 minitubérculos por planta, y el tratamiento con el menor número de ellos fue el de AS a 10⁻¹⁰ M, mientras en el clon 981824 los resultados no fueron concluyentes, pues el tratamiento con mayor número de tubérculos fue con 0.25 mg L⁻¹ y fue igual tanto al testigo, así como al resto de los tratamientos a excepción de AS 10⁻⁸ M que presentó sólo 16.9 tubérculos por planta (Cuadro 3). Existen afirmaciones contradictorias en relación respecto al Paclobutrazol, si favorece la tuberización, Tekalign *et al.* (2005), mencionan que puede provocar disminución de rendimiento, Flores *et al.* (2011) lo confirman al mencionar que algunas de las concentraciones en estudio de 200 a 250 mg L⁻¹ disminuyen la biomasa de tubérculo, mientras que a concentraciones de 150 mg L⁻¹ no hay diferencia significativa con el testigo sin Paclobutrazol en este sentido.

Also Tekalign *et al.* (2005) mention that can enhance productivity of tubers in high temperature conditions. In both AS, there are no references to the moment the effect of low concentrations as about 10⁻¹² minituber production; however, Benavides *et al.* (2005) mentions that applications AS of 10⁻⁴ and 10⁻⁶ increased the number of tubers per plant but not production or the average weight per tuber. In relation to the different response in both genotypes, it could present because the Cristal variety produces fewer tubers and is intermediate, while clone 981824 is late and has a potential for increased production. This confirms that genetic variability between genotypes can give a different response to different growing conditions.

Starch content. It is observed in clone 981824, in general, a tendency to accumulate in larger tuber starch content in treatment compared with the control, as seen in (Figure 3). All treatments with paclobutrazol starch showed higher values than the control, while with AS of four concentrations tested three of them were slightly higher than the control.

Also, in the Cristal variety the results were similar to experiment with clone 981824, since according to the analysis of variance and differentiation test Tukey (Table 4), there are differences between treatments $\alpha= 0.0001$ detected that two of treatments paclobutrazol 1 and 0.75 mg L⁻¹ the highest concentrations of starch, with 241.92 and 231.24 mg g⁻¹ fresh weight, respectively, while the concentrations of 0.5 and 0.25 mg L⁻¹ starch content in tubers

Cuadro 3. Efecto en el número de tubérculos producidos en invernadero, variedad Cristal y clon 981824 por efecto del paclobutrazol y ácido salicílico. Tukey $\alpha= 0.05$. TT= tubérculos totales; T>15 mm= tubérculos mayores de 15 mm de diámetro.

Table 3. Effect on the number of tubers produced in greenhouses, variety Cristal and clone 981824 for effect of paclobutrazol and salicylic acid. Tukey $\alpha= 0.05$. TT= total tubers; T> 15 mm= tubers over 15 mm diameter.

Tratamiento	Tukey	Exp. Cristal			Exp. 981824			
		Media TT	Tukey	Media T>15 mm	Media TT	Tukey	Media T>15 mm	
Testigo	bc	11.2581	a	8.4086	ab	20.4	a	12.85
Pacl. 0.25	abc	11.6316	a	9.0526	a	23.3	a	14.5
Pacl. 0.50	a	12.9302	a	9.5698	ab	22.35	a	13.4
Pacl. 0.75	ab	12.0625	a	9.2396	ab	21.3	a	12.45
Pacl. 1.00	bc	10.9684	a	8.9789	ab	18.3	a	12.5
A. S. 10 ⁻⁸	bc	10.4471	a	8.5294	b	16.9	a	12.25
A. S. 10 ⁻¹⁰	c	10.2895	a	8.6184	ab	19	a	13.05
A. S. 10 ⁻¹²	abc	11.383	a	9.234	ab	21.3	a	14.55
A. S. 10 ⁻¹⁴	abc	11.6787	a	9.0217	ab	19.35	a	12.45
CV		31.299		30.819		29.182		24.558

Asimismo, Tekalign *et al.* (2005), mencionan que puede favorecer la productividad de tubérculos en condiciones de alta temperatura. En tanto para AS, no existen referencias hasta el momento del efecto de concentraciones bajas como 10^{-12} sobre la producción de minitubérculos; sin embargo, Benavides *et al.* (2005) menciona que aplicaciones de AS de 10^{-4} y 10^{-6} incrementó el número de tubérculos por planta pero no la producción ni el peso promedio por tubérculo. En relación a la respuesta diferente en ambos genotipos, se pudo presentar debido a que la variedad cristal produce menos tubérculos y es intermedia, mientras que el clon 981824 es tardío y tiene un potencial de producción mayor. Lo anterior confirma que la variabilidad genética entre genotipos puede dar una respuesta diferente frente a diferentes condiciones de cultivo.

Contenido de almidón. Se observa en el clon 981824, en general, una tendencia a acumular en tubérculo mayor contenido de almidón en los tratamientos con respecto al testigo, como se puede apreciar en la (Figura 3). Todos los tratamientos con paclobutrazol presentaron valores superiores de almidón que el testigo, mientras que con AS de las cuatro concentraciones evaluadas tres de ellas fueron ligeramente superiores al testigo.

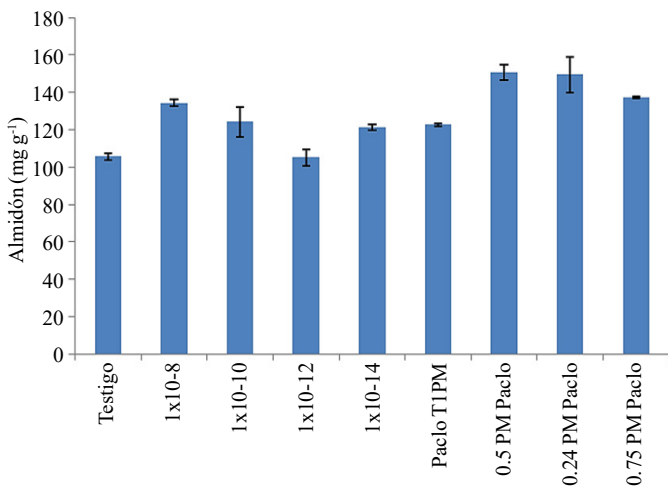


Figura 3. Concentración de almidón en tubérculo con ácido salicílico y paclobutrazol en papa, clon 981824.

Figure 3. Concentration of starch in the tuber with salicylic acid and paclobutrazol in potato clone 981824.

Asimismo, en la variedad Cristal los resultados fueron similares al experimento con el clon 981824, ya que de acuerdo al análisis de varianza y prueba de diferenciación de medias de Tukey (Cuadro 4), existen diferencias

was similar to that detected in tubers of control treatment, these results agree with those mentioned by Balamani and Poovaiah (1985) who claim that the paclobutrazol decreased the contribution of assimilates to stems, leaves, roots and stolons, increasing it to the tubers and Tsegaw *et al.* (2005) mention that increases paclobutrazol starch synthesis in cells of the marrow stem cells and cortical stem and root. Salicylic acid treatments 10^{-8} and 10^{-12} were also superior to the control in the tuber starch content, with 173.96 and 165.26 mg g⁻¹ fresh weight, respectively. While treatments 10^{-10} and 10^{-14} were statistically equal to the control. These results are consistent with results obtained by Nickell (1991), who with ASA applications under field conditions increased yield and improved quality of tubers for industry.

Cuadro 4. Diferencia de medias del contenido de almidón en tubérculos de la variedad Cristal en respuesta a aplicaciones periódicas de paclobutrazol y ácido salicílico.

Table 4. Mean Difference starch content in tubers of the variety Cristal in response to periodic applications of paclobutrazol and salicylic acid.

Tukey	Media mg g ⁻¹ p. fresco	Tratamiento
a	241.92	PACL 0.75
a	231.24	PACL 1.0
b	173.96	S. A. 10^{-12}
c b	165.26	S. A. 10^{-8}
c b d	153.64	S. A. 10^{-10}
e d	140.28	Testigo
e d	125.74	PACL 0.5
e	116.65	PACL 0.25
e	116.17	S. A. 10^{-14}

Tratamientos con la misma letra no son significativas. Tukey $\alpha=0.05$.

Conclusions

Low and regular spray applications of paclobutrazol potato inhibit plant growth, increase chlorophyll content and starch accumulation favor, with a tendency to increase the number of tubers at low concentrations.

entre tratamientos $\alpha = 0.0001$ detectándose que dos de los tratamientos con paclobutrazol 1 y 0.75 mg L⁻¹ presentaron las mayores concentraciones de almidón, con 241.92 y 231.24 mg g⁻¹ de peso fresco, respectivamente, mientras que con las concentraciones de 0.5 y 0.25 mg L⁻¹ el contenido de almidón en los tubérculos fue igual al detectado en tubérculos del tratamiento testigo, estos resultados concuerdan con lo mencionado por Balamani y Poovaiah (1985) quienes afirman que el paclobutrazol disminuye el aporte de asimilados hacia tallos, hojas, raíz y estolones, incrementándolo hacia los tubérculos y Tsegaw *et al.* (2005) mencionan que el paclobutrazol incrementa la síntesis de almidón en las células de la medula del tallo y células corticales de tallo y raíz. Los tratamientos de ácido salicílico de 10⁻⁸ y 10⁻¹², también fueron superiores al testigo en el contenido de almidón en tubérculo, con 173.96 y 165.26 mg g⁻¹ de peso fresco, respectivamente. Mientras los tratamientos con 10⁻¹⁰ y 10⁻¹⁴ fueron iguales estadísticamente al testigo. Estos resultados concuerdan con resultados obtenidos por Nickell (1991), quien con aplicaciones de ASA en condiciones de campo incrementó el rendimiento y mejoraron la calidad de los tubérculos para la industria.

Conclusiones

Aplicaciones bajas y periódicas de paclobutrazol por aspersión en papa inhiben el crecimiento de la planta, incrementan el contenido de clorofila y favorecen la acumulación de almidón, con una tendencia a incrementar el número de tubérculos en las concentraciones bajas.

Aplicaciones bajas y periódicas de ácido salicílico tienden a favorecer la acumulación de almidón en el tubérculo sin afectar el crecimiento de la planta y producción de minitubérculos.

Literatura citada

Balamani, V. and Poovaiah, W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by Paclobutrazol. *Am. Potato J.* 62:363-369.

Bandara, S. and Tanino, K. 1995. Paclobutrazol enhances minituber production in Norland potatoes. *J. Plant Growth Regulation.* 14(3):151-155.

Benavides, A.; Morales, S.; Ramírez, H.; Fuentes, O. y Mendoza, R. 2005. Aplicación de inductores de tolerancia en plantas de papa. http://abenmen.com/a/papa_inductores.pdf.

Low and regular applications of salicylic acid tend to favor the accumulation of starch in the tuber without affecting plant growth and production of minitubers.

End of the English version



- Dicks, W. 1980. Recent developments in the use of plant growth retardants. *In: Clifford, D. R. and Lenton, J. R. (Ed.) recent developments in the use of plant growth retardants. Monograf. 4. British Plant Growth Regul. Group, Wantage, UK. 1-14 pp.*
- Flores, R.; Sánchez, F.; Rodríguez, E.; Mora, R.; Colinas, T. y Lozoya, H. 2011. Paclobutrazol, Uniconazol y Cycocel en la producción de tubérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico. *Rev. Chapingo.* 2:173-182.
- Galis, I. and Matsuoka, K. 2007. Transcriptomic analysis of salicylic acid-responsive genes in tobacco BY-2 cells. *In: Hayat, S. and Ahmad, A. (Eds.). Salicylic acid - a plant hormone. Springer, Dordrecht. The Netherlands. 371-396 pp.*
- Guzman, A.; Borges, L.; Pinzón, L.; Ruiz, E. y Zúñiga, J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agron. Mesoam.* 23(2):247-257.
- Hadi, M. and Baladi, G. 2010. The effect of salicylic acid on the reduction of *Rizoctonia solani* damage in tubers of Marfona potato cultivar. *American- Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.* 7(4):492-496.
- Halim, V.; Eschen, L.; Altmann, S.; Birschwilks, M.; Scheel, D. and Rosahl, S. 2007. Salicylic acid is important for basal defense of *Solanum tuberosum* against *Phytophthora infestans*. *Molecular Plant-Microbe Interactions.* 20(11):1346-1352.
- Hayat, B. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: Biosynthesis, metabolism and physiological role in plants (Chapter 1). *In: Hayat, S. and Ahmad, A. (Eds.). Salicylic acid-a plant hormone. Springer, Dordrecht. The Netherlands. 1-14 pp.*
- Hughes, R. and Keith, N.F. 2003. Effect of Paclobutrazol treatments on growth and tuber yields in greenhouse - grown Shepody seed potatoes. *Acta Hort.* (619):271-277.
- Jankiewicz, S. L. 2003. Retardadores y otros inhibidores sintéticos del crecimiento y sustancias que modifican el desarrollo en plantas. *In: Jankiewicz, S. L. (Ed.). Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Propiedades y acción. Universidad Autónoma de Chapingo. Ed. Mundiprensa. 241-256 pp.*
- Kianmeher, B.; Otrushy, M.; Parsa, M.; Mohallati, N. M. and Moradi, K. 2012. Effect of plant growth regulation during *in vitro* phase on potato minituber production. *Int. J. Agric. Sci.* 4(15):1060-1067.
- Kuan, L.; Chao, T.; Shih, H.; Long, C. and Hsiao, L. 2006. Paclobutrazol pre-treatment enhanced flooding tolerance of sweet potato. *J. Plant Physiol.* 163:750-760.
- Krauss, A. 1985. Interaction of nitrogen nutrition, phytohormones in tuberization potato physiology. *Academic, Pres, London.* 209-231.
- Krauss, A. and Marschner, H. 1991. Influence of nitrogen nutrition, daylength and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid in potato plants.
- Lichtenthaler, K. and Wellburn, R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a y b of leaf extracts in different solvents. *V. Biochem. Soc. Trans.* 11:591-592.

- Lim, T.; Yoon, C.; Choi, S. and Dithal, P. 2004. Application of gibberellic acid and Paclobutrazol for efficient production of potato (*Solanum tuberosum* L.) minitubers and their dormancy breaking under soilless culture system. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 45(4):189-193.
- López, H. and Scott, I. 1996. Induction of *in vitro* tuberization of potato microplants by acetylsalicylic acid. *J. Plant Physiol.* 151:74-78.
- López, H. A.; Jimenez, M. and Scott, I. 1998. Storage of potato microplants *in vitro* in the presence of acetylsalicylic acid. *Plant Cell. Tissue Organ Culture.* 54:145-152.
- López, H. A.; Mora, M.; Martínez, R. and Sánchez, S. 2013. Short and long term effects of salicylic acid and protection to phytoplasma-associated stress in potato plants. *In: Hayat et al. (Eds.). Salicylic acid.* Springer Science + Business media Dordrecht.
- Simko, I. 1993. Effects of kinetin, paclobutrazol and their interactions on the microtuberization of potato stem segments cultured *in vitro* in the light. *Plant Growth Regulation.* 12:23-27.
- Martínez, F.; García, N. L.; Bou, J. and Prat, S. 2001. The interaction of gibberellins and photoperiod in the control of potato tuberization. *J. Plant Growth Regulation.* 20(4):377-386.
- Mauk, C. and Langille, A. 1978. Cis-Zeatin riboside in the potato plant: its identification and changes in endogenous levels as influenced by temperature and photoperiod. *Plant Physiol.* 62:438-442.
- Mora, M. E. y López, H. A. 2006. Tolerancia a baja temperatura inducida por ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en microplantas de papa. *Rev. Fitotec. Mex.* 29. (2):81-85.
- Nickell, L. 1991. Aspirin and sulfonilamide improve processed potato quality. *Proceedings 18th annual meeting.* Plant Growth Regulators Society of America. 115-120.
- Peña, B. and Ortega, L. 1991. Nonstructural carbohydrate partitioning in *Phaseolus vulgaris* after vegetative growth. *J. Sci. Food Agric.* 55:563-577.
- Rodríguez, M. N.; Alcántar, G.; Aguilar, A.; Etchevers, D. y Santizo, A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Rev. Terra.* 16(2):135-141.
- Rodríguez, M.; Bou, J. and Prat, S. 2006. Seasonal control of tuberization in potato: conserved elements with the flowering response. *Ann. Rev. Plant Biol.* 57:151-180.
- Rivas, M. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defense: its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 62(10):3321-3338.
- Sajid, Z. and Aftab, F. 2012. Salicylic acid in amelioration of salt tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.) under *in vitro* conditions. *Pak. J. Bot.* 44:37-42.
- Sánchez, E.; Barrera, R.; Muñoz, E.; Ojeda, L. D. y Álvaro, A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17(1):63-68.
- Scott, I.; López, H. and Foyer, C. 1999. Salicylic acid and hydrogen peroxide in abiotic stress signaling in plants. *Phyton Plant Physiol.* 39(3):13-17.
- Tekalign, T. and Hammes, S. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to Paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. *Plant Growth Regulation.* 43:227-236.
- Tekalign, T. and Hammes, S. 2005. Growth and biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by Paclobutrazol. *Plant Growth Regulation.* 45(1):37-46.
- Tsegaw, T.; Hammes, S. and Robbertse, J. 2005. Paclobutrazol-induced leaf, stem, and root anatomical modification in potato. *Hortscience.* 40(5):1343-1346.
- Villanueva, E.; Alcántar, G.; Sánchez, P.; Soria, M. y Larqué, A. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetil sulfoxido en la floración de [*chrysanthemum morifolium* (ramat) kitamura] en Yucatán. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15(2):23-31.
- Vreugdenhil, D. 2004. Comparing potato tuberization and sprouting opposite phenomena? *Amer. J. Potato Res.* 81:275-280.
- Vreugdenhil, D. and Sergeeva, L. 1999. Gibberellins and tuberization in potato. *Potato Res.* 42:471-481.
- Xu, X.; Van Lammeren, M. A.; Vermeer, E. and Vreugdenhil, D. 1998. The role of gibberellin, abscisic acid, and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. *Plant Physiol.* 117:575-584.