

EL QUITOMAX® INFLUYE EN LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULOS “SEMILLA” DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ROMANO

Quitomax® influences in the production of potato "seed" tubers (*Solanum tuberosum* L.) Romano variety

Eduardo Jerez Mompie✉, Donaldo Morales Guevara, José Dell'Amico Rodríguez y Alejandro Falcón Rodríguez

ABSTRACT. In the production chain of the potato, the production of “seed” tubers is insufficient, so the objective of the work was to evaluate the effect of Quitomax® in the production of seed potato tubers. The plantations was carried out in the years 2015, 2016 and 2017, by means of a random block design with three replicates and three treatments: a control without application and foliar application of two chitosan of different molar mass, it was applied at a rate of 300 mL ha⁻¹, at 30 and 50 days after planting (DAP). The harvest was evaluated at 75 DAP, but in year 2017, at 65 DAP too. All the plants corresponding to two furrows of each treatment were taken in each plot and the tubers were separated by size, weighed and counted. The number of stems and the number of tubers per plant were evaluated, in addition to estimating yield in t ha⁻¹. A double-ranking ANOVA were used to processing data and the Duncan's test to compare the means. No effects with respect to the control in the number of stems and the number of tubers were detected. The size and distribution of tuber ensured a greater amount of the same in the calibers used as seed in both chitosan, but this result was reached earlier than in the control, the yield was higher in plants sprayed with the bioproduct.

Key words: chitosan, growth, stems, propagules, yield

RESUMEN. En la cadena productiva de la papa la producción de tubérculos “semilla” resulta insuficiente por lo que varias alternativas pudieran emplearse para su incremento, así el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del Quitomax® en la producción de tubérculos “semilla” de papa. En plantaciones realizadas en los años 2015, 2016 y 2017, mediante un diseño de bloques al azar con tres réplicas y tres tratamientos: un control sin aplicación y aplicación foliar de dos quitosanas de diferente masa molar aplicadas a razón de 300 mL ha⁻¹, a los 30 y 50 días después de la plantación (DDP) se evaluó la cosecha a los 75 DDP y en el 2017, también a los 65 DDP. Se tomaron todas las plantas correspondientes a dos surcos de cada tratamiento en cada parcela y los tubérculos se separaron por tamaño y se pesaron y contaron. Se evaluó el número de tallos, el número de tubérculos por planta y se estimó el rendimiento en t ha⁻¹. Los datos se procesaron mediante un ANOVA doble y las medias se compararon por la prueba de Duncan. No se detectaron efectos en el número de tallos ni en el número de tubérculos con respecto al control, pero sí en la distribución por tamaño, en este sentido se logró una cantidad mayor de los mismos en los calibres adecuados para ser utilizados como propágulos con ambas quitosanas, y este resultado se alcanzó más temprano que en el testigo, el rendimiento resultó mayor en las plantas asperjadas con el bioproducto.

Palabras clave: crecimiento, propágulos, quitosano, rendimiento, tallos

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se ha desarrollado y ampliamente estudiado en todo el mundo, es considerado uno de los principales

alimentos para el ser humano a nivel mundial, superado solamente por el arroz, el trigo y el maíz (1).

El crecimiento y desarrollo, en general, de cualquier especie vegetal, es el resultado de la interacción entre fotosíntesis, respiración, transporte de asimilados, relaciones hídricas y nutrición mineral; que se traduce como el incremento irreversible en materia seca, volumen, longitud o área, como resultado de la división, expansión y diferenciación celular (2).

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

✉ ejerez@inca.edu.cu

Uno de los principales eslabones de la cadena productiva de la papa, lo constituye la producción o importación de las “semillas” que serán empleadas en las nuevas plantaciones, por lo que es tradicional en el país la obtención de “semilla” nacional a partir de la importada, aun cuando los rendimientos alcanzados en este sentido resultan bajos (3) y no satisfacen la demanda que se necesita para cubrir todas las áreas.

Por otra parte, el crecimiento acelerado de la agricultura ha favorecido la demanda de nuevos productos de origen natural, que permitan el incremento de las producciones agrícolas, beneficien el desarrollo de los cultivos y no sean factor de contaminación del medio ambiente, además de que se plantea que resulta necesaria la búsqueda de nuevas alternativas (4) que permitan hacer un uso más racional de los recursos, disminuir los costos de producción sin afectar la calidad y los rendimientos de los cultivos, lo que ha propiciado el incremento en el uso de bioestimulantes del crecimiento de uso agrícola.

Así, varias alternativas resultan necesarias adoptar, para garantizar incrementar los rendimientos en las áreas productoras de “semilla” a partir de la posibilidad del empleo de diferentes bioproductos, entre ellos el Quitomax® (oligosacárido proveniente de carapacho de crustáceos a base de polímeros de quitosano) con excelentes resultados en el incremento de los rendimientos en áreas dedicadas a la producción de papa para consumo (5), a la vez que el empleo de esta práctica tendría un enfoque más ecológico y amigable con el ambiente; es decir, disminuciones en el uso de productos químicos, otros productos también se han empleado para satisfacer las demandas nutricionales del cultivo de la papa (6).

Las oligosacarinas, en específico la quitosana, son carbohidratos complejos capaces de modelar el crecimiento y el desarrollo de las plantas a bajas concentraciones, por lo que el empleo de estos bioestimulantes permite hacer un uso más racional de los recursos, disminuir los costos de producción sin afectar la calidad y los rendimientos de los cultivos, además de incrementar la resistencia de las plantas a las condiciones de estrés hídrico, salino y altas temperaturas (7–11); aspectos estos últimos importantes a considerar en nuestras condiciones de producción.

Si bien el incremento de los rendimientos puede ser factible de alcanzar con el empleo de estos bioestimulantes, es necesario lograr una adecuada distribución del tamaño de los tubérculos hacia aquellos calibres más adecuados para ser empleados como propágulos, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de aplicaciones de Quitomax® en la producción de tubérculos “semilla”.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en Cuba, para lo cual se realizaron plantaciones de papa en la segunda quincena de enero del 2015 y 2017 y primera de febrero del 2016, empleando para ello semilla importada de la variedad Romano de procedencia holandesa, de calibre 35-45 mm, con un marco de plantación de 0,25 x 0,90 m, atendiendo al tamaño de los tubérculos y el suelo se corresponde con un Ferralítico Rojo Eútrico (12).

El experimento se desarrolló mediante un diseño de Bloques al Azar con tres réplicas y tres tratamientos: un testigo sin aplicación (Control) y la aplicación foliar de dos Quitosanas® de diferente masa molecular (Q1 de 66,4 Kd y Q2 de 124 Kd), obtenidas en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA, las que se aplicaron a razón de 300 mL ha⁻¹ de forma manual con mochila previamente calibrada para la cantidad de agua a emplear, en dos momentos del ciclo del cultivo, a los 30 días después de la plantación (DDP) y la otra a los 50 DDP.

El resto de las atenciones culturales se realizaron según lo recomendado en el Instructivo Técnico para el cultivo (13), mientras que el riego se realizó por aspersión, con una máquina de Pivote Central.

Para realizar la cosecha, el follaje de dos surcos fue eliminado, de forma manual, en cada parcela, a los 75 DDP y la recolección se realizó pasados los 10 días, de manera que los tubérculos maduraran para que no perdieran la piel en el momento de su manipulación. En la plantación del 2017, se hizo una cosecha también a los 65 DDP y se procedió de la misma manera que se describe anteriormente. Los tubérculos en cada cosecha se contaron y pesaron por tamaño (<28 mm, 28-35, 35-45, 45-55 y >55 mm) y se estimó el rendimiento en t ha⁻¹.

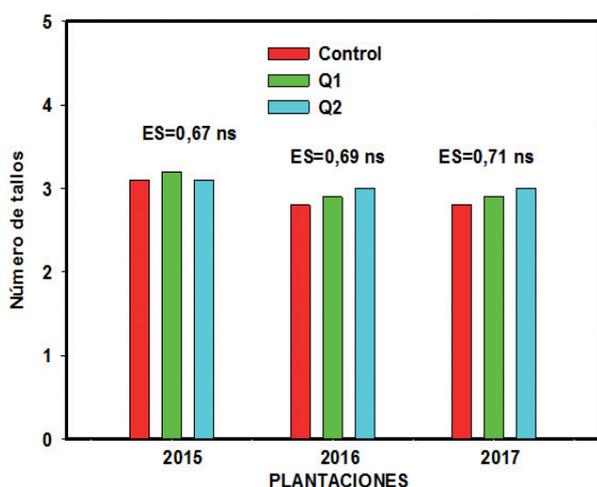
Durante el desarrollo de las plantaciones se registraron las temperaturas máxima, mínima y media y se procedió a calcular los promedios decenales de cada variable, presentándose los resultados en forma gráfica.

Los datos se procesaron mediante un ANOVA de clasificación doble, para lo cual se empleó el Programa estadístico Statgraphycs v.5.1 y los resultados se graficaron con el empleo del Programa Sigmaplot v.11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de tallos promedio por planta (Figura 1) resultó similar en las tres plantaciones realizadas, en ninguno de los años evaluados se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Hay que tener en cuenta que la aplicación del bioproducto (Quitomax®) se realizó después de 30 días de efectuada la plantación y la brotación ocurre mucho

antes (12-13 días después de la plantación), por lo que es de esperar que dichas aplicaciones no tengan ningún efecto sobre esta variable.



ES, error estándar de las medias; ns, no significativo

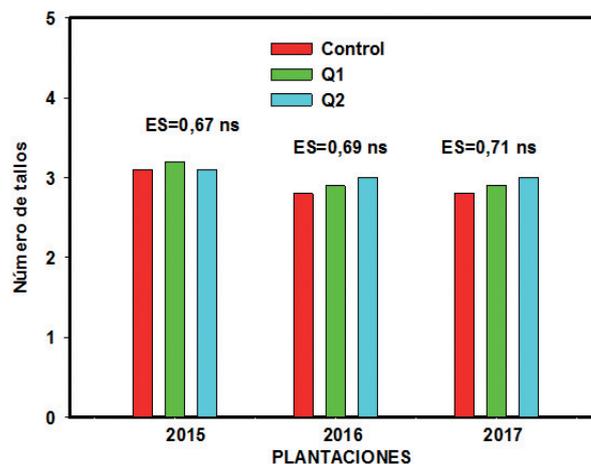
Figura 1. Número de tallos por planta en las tres plantaciones realizadas

Resultados similares fueron indicados anteriormente trabajando con otra variedad de papa (14), aunque se ha señalado que el efecto de esta variable por plantón es importante en el crecimiento y el rendimiento que alcancen las plantas de papa (8,15,16); por otro lado, el número de tallos, en caso de no haberse empleado algún agente estimulante para aumentar la brotación, estará en dependencia del tamaño que tenga el tubérculo semilla que se plante (17), así como también son importantes las diferencias que se puedan presentar entre variedades (18).

La formación de tubérculos en papa depende, entre otras cosas, de la disponibilidad de compuestos elaborados por la planta y de la habilidad de los tubérculos para acumularlos. Antes de la tuberización, los fotoasimilados se destinan principalmente para el desarrollo de las hojas, los tallos y las raíces; la fuerza de la demanda de las hojas es mayor que la de cualquier otro órgano. Con el inicio de la tuberización, esta tendencia cambia, pues a medida que los tubérculos crecen, su demanda de asimilados aumenta (19).

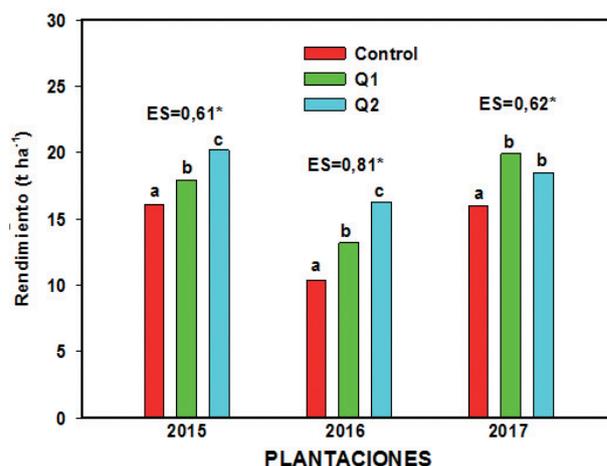
En la Figura 2 se presenta el número de tubérculos promedio por planta, variable que no se vio modificada por el efecto de los tratamientos al no encontrarse diferencias entre los mismos en cada plantación, aunque la cantidad de estos resultó menor en la plantación del 2016, con respecto a las otras dos.

En cuanto al rendimiento (Figura 3), se pudo comprobar que resultó mayor en las plantas que fueron asperjadas con Quitomax®, aunque hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos.



ES, error estándar de las medias; ns, no significativo

Figura 2. Número de tubérculos por planta en las tres plantaciones realizadas



ES, error estándar de las medias; *significación a $p \leq 0,05$; Letras diferentes encima de las barras significan diferencias significativas entre tratamientos

Figura 3. Rendimiento alcanzado por las plantas en las tres plantaciones realizadas

Los rendimientos resultaron menores en el 2016 al compararlos con la plantación del 2015, lo cual es una consecuencia de una plantación tardía realizada en este año como ya se había señalado, además de que estuvieron en correspondencia con el número de tubérculos, previamente analizado y en este sentido, se ha comprobado una alta correlación entre ambas variables, dado porque hay una alta dependencia de uno respecto al otro, independientemente que otros factores pueden incidir en el resultado (16,20).

La plantación del 2016, coincidió con temperaturas más elevadas en el momento de la tuberización y la misma tiene efectos morfogénicos en el crecimiento y desarrollo de la planta, interviene en la formación del tubérculo, ya que existe una interacción entre esta variable ambiental y la longitud del día denominada fotoperiodo.

Los efectos de la temperatura son cruciales al inicio del crecimiento temprano del tubérculo y, por consiguiente, del llenado del mismo. Las condiciones favorables para la tuberización y el incremento del tubérculo son días cortos y temperaturas nocturnas bajas, temperaturas entre 15-19 °C son óptimas para iniciar el crecimiento del tubérculo, 17 °C es un valor promedio para una buena producción de papa.

Bajo condiciones de días cortos la proporción del peso vegetativo en plantas de papa es 12 veces superior que con temperaturas altas, pero la producción de tubérculos es 19 veces mayor con temperaturas bajas (21).

Interesante resulta analizar la distribución porcentual, respecto al total que sigue el número de tubérculos por tamaño en cada uno de los tratamientos, el que se presenta en la Figura 4.

De acuerdo con los resultados, se destaca que el número de tubérculos en el tamaño de 35-45 mm fue mayor en comparación con el tamaño siguiente (45-55 mm) en la primera plantación, pues en el resto o resultó muy similar o fue inferior, por lo que en ese

momento de la cosecha ya los tubérculos han crecido lo suficiente para alcanzar tamaños mayores a los recomendados para ser empleados como propágulos. El empleo de aplicaciones foliares de Quitomax® no modificaron este resultado pues entre esos tratamientos las diferencias fueron mínimas, incluso con el tratamiento control, en que solo se manifestó alguna diferencia en la plantación del 2017.

En la plantación realizada ese año, se realizó una cosecha a los 65 y 75 días después de la plantación y los resultados en cuanto a la distribución por tamaño de los tubérculos se presentan en la Figura 5.

Lo significativo relacionado con la distribución de los tubérculos por tamaño, resultó que el mayor porcentaje se encontró en el rango que se considera de tamaño óptimo para la plantación (35-45 mm), el cual disminuye grandemente cuando la cosecha se realiza a los 75 DDP, pues muchos de estos tubérculos han alcanzado mayor peso y desde luego tamaño, desplazándose hacia los calibres superiores.

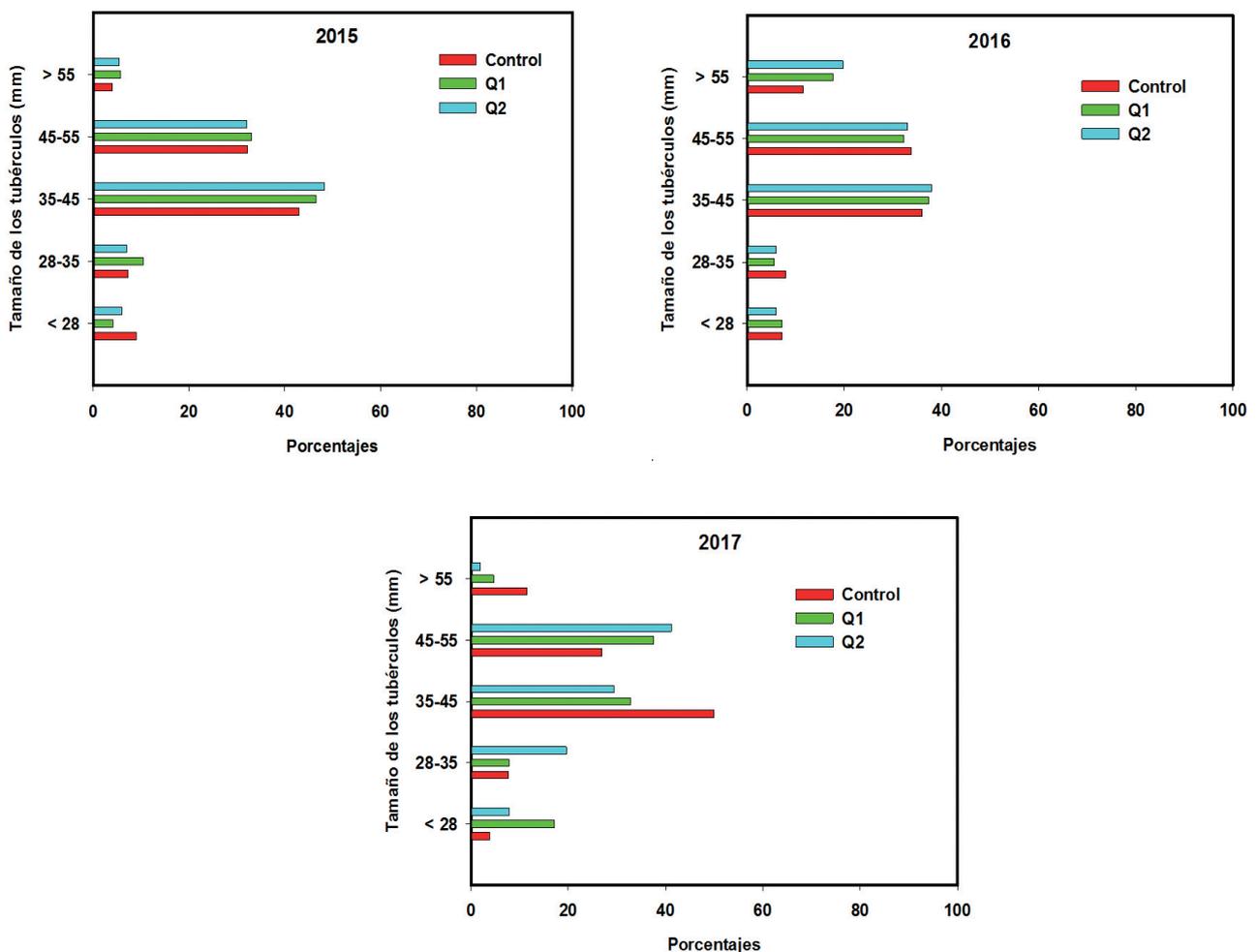


Figura 4. Distribución por calibre del número de tubérculos en las tres plantaciones realizadas

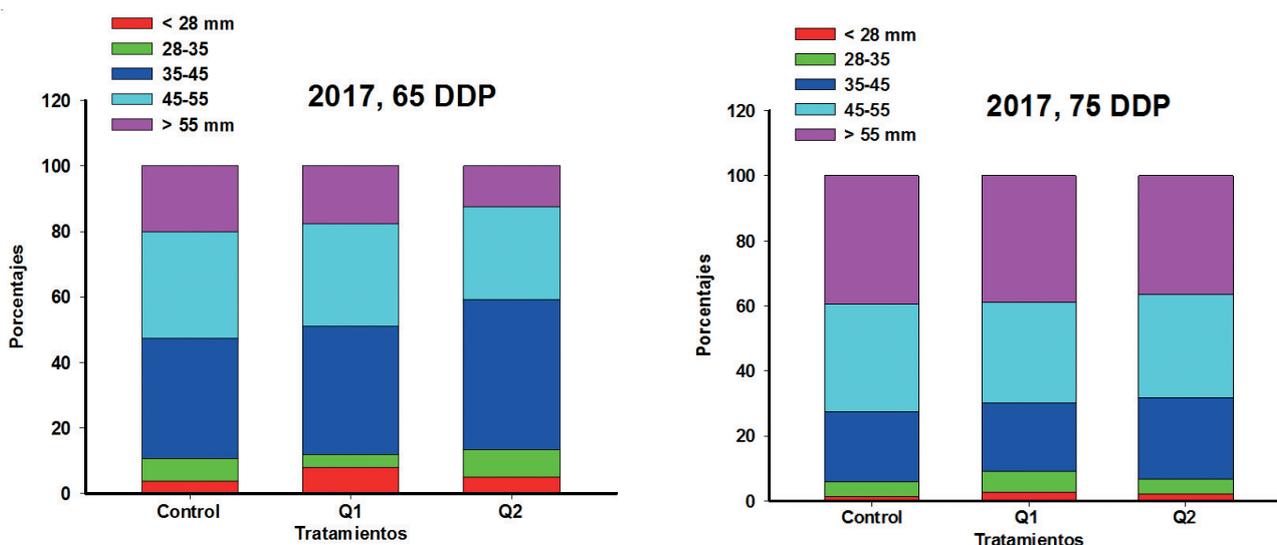


Figura 5. Comparación de la distribución por calibre del número de tubérculos a los 65 y 75 DDP en la plantación realizada en el 2017

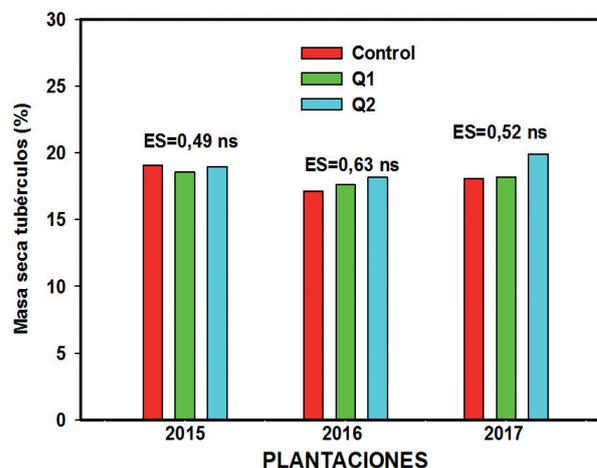
Este comportamiento en la distribución, asegura que a los 65 DDP se cuente con un número importante de tubérculos que pueden ser empleados como propágulos para la nueva plantación, sin tener que esperar a los 75 días como está establecido y esto resulta de un valor práctico importante, pues por una parte se cuenta con un mayor número de tubérculos que desde luego permitirá la plantación de un área mayor y por otra, se puede cosechar antes de que aparezcan plagas y enfermedades que limiten la calidad y cantidad de la producción.

No existen resultados en la producción de semilla en cuanto a la clasificación de los tubérculos, una vez que las plantas han sido asperjadas con quitosana, pues su influencia se ha evaluado para conocer las respuestas de las plantas, en relación con su crecimiento y el rendimiento en sentido general.

Por otra parte, las Quitosanas han contado con mucho interés de aplicación en la agricultura debido a su excelente biocompatibilidad, biodegradabilidad y bioactividad (7,9), al igual que otros bioproductos.

La calidad de los tubérculos obtenidos valorada a través del porcentaje de masa seca en los mismos (Figura 6) no se vio modificada por el efecto de los tratamientos, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los mismos en ninguna de las plantaciones realizadas. Sólo resultó de interés que los valores más bajos se encontraron en la plantación del año 2016, por debajo de 18 % en dos tratamientos, lo cual coincide con el momento en que se alcanzaron los rendimientos más bajos.

Este comportamiento es una clara respuesta del rendimiento alcanzado en esa plantación, en la que debe haberse afectado la translocación de asimilados producidos en el follaje hacia el resto de la planta, aunque al parecer la potencia de la demanda (tubérculos) también resultó baja, hay que tener presente que en este aspecto las condiciones climáticas imperantes juegan un papel fundamental.



ES, error estándar de las medias; ns, no significativo

Figura 6. Porcentaje de materia seca en tubérculos en las tres plantaciones realizadas

En la Figura 7 se presenta las temperaturas máxima, mínima y media durante el desarrollo de los experimentos.

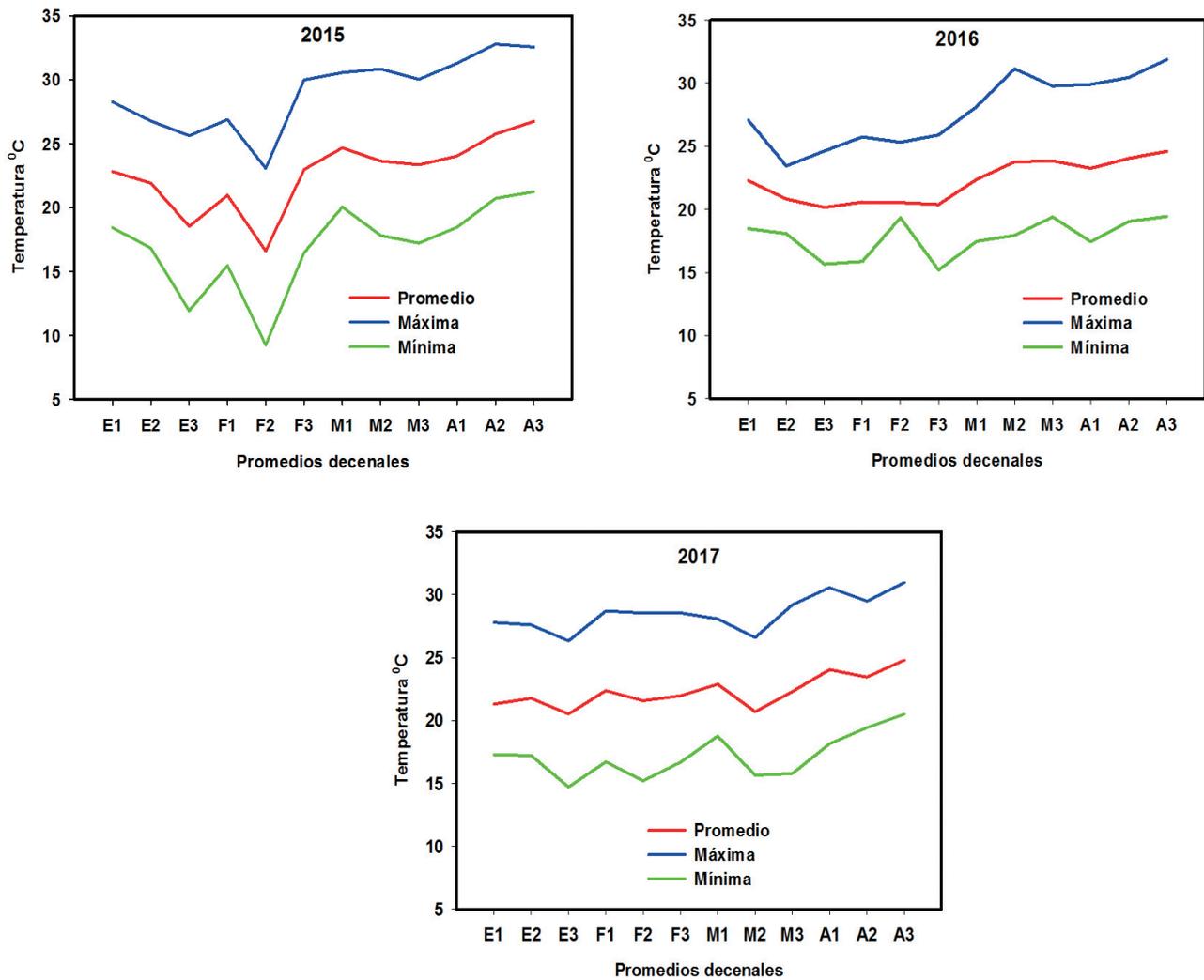


Figura 7. Temperaturas máxima, mínima y promedio en las tres plantaciones realizadas

Se puede observar que en el 2015 se presentaron temperaturas bajas en el periodo del establecimiento de la plantación, al igual que en la del 2017, lo cual no ocurrió en el 2016, en donde incluso en ese momento, las mínimas manifestaron un incremento que alcanzó casi los 20 °C.

En este sentido se ha señalado a las temperaturas y al fotoperiodo como los elementos del clima más importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de la papa (22) y en este caso en específico, las temperaturas medias estuvieron por encima del rango óptimo establecido (23) tampoco favoreció a un mejor desarrollo de la plantación que les permita alcanzar rendimientos elevados, como sucedió en la plantación llevada a cabo en el 2016, pues las temperaturas elevadas retrasan la formación de tubérculos (24). Por otra parte, la producción de masa seca y su movilidad dentro de la planta, en dependencia de los sitios de demanda, también dependen del comportamiento de las temperaturas (25).

En trabajos desarrollados en Cuba (21) coinciden con otros autores al plantear que bajo similares condiciones del comportamiento de las temperaturas, el ciclo del cultivo se acorta, por lo que algunos procesos fisiológicos se producen de forma acelerada, lo cual tiene un efecto negativo en los rendimientos, sobre todo en la plantación del 2016.

Por otra parte se ha corroborado que de las múltiples interacciones entre los elementos del clima y las plantas de papa, depende en gran medida la producción en general de la plantación (26).

CONCLUSIONES

Se comprobó que las aplicaciones foliares de ambas quitosanas incrementaron los rendimientos y la distribución de los tubérculos hacia los calibres con un tamaño adecuado para ser empleados como "semilla", estos resultados se alcanzan en un tiempo menor en las plantas tratadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Devaux A, Kromann P, Ortiz O. Potatoes for Sustainable Global Food Security. *Potato Research*. 2014;57(3-4):185-99. doi:10.1007/s11540-014-9265-1
2. Franke AC, Haverkort AJ, Steyn J M. Climate Change and Potato Production in Contrasting South African Agro-Ecosystems 2. Assessing Risks and Opportunities of Adaptation Strategies. *Potato Research*. 2013;56(1):51-66. doi:10.1007/s11540-013-9229-x
3. MINAG. Informe para la reunión de balance de la campaña de papa 2014-2015. Cuba: Ministerio de la Agricultura; 2015 Jun p. 60.
4. Terry AE, Ruiz PJ, Tejeda PT, Reynaldo EI, Carrillo SY, Morales M HA. Interacción de bioproductos como alternativas para la producción horticultura cubana. *Tecnociencia Chihuahua*. 2014;8(3):163-74.
5. Morales GD, Hernández LT, Jerez ME, Falcón RA, Dell Amico JR. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 2015;36(3):133-43.
6. Castillo C, Huenchuleo M J, Michaud A, Solano J. Micorrización en un cultivo de papa adicionado del biofertilizante Twin-N establecido en un Andisol de la Región de La Araucanía. *Idesia (Arica)*. 2016;34(1):39-45. doi:10.4067/S0718-34292016000100005
7. Cabrera JC, Wégria G, Onderwater RCA, González G, Nápoles MC, Falcón-Rodríguez AB, et al. Practical Use of Oligosaccharins in Agriculture. *Acta Horticulturae*. 2013;1009:195-212. doi:10.17660/ActaHortic.2013.1009.24
8. Rodríguez RRC, Figueredo V J, González SOP. Influencia de la quitosana en tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) var: "Amalia". *Centro Agrícola*. 2013;40(2).
9. Katiyar D, Hemantaranjan A, Singh B. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian Journal of Plant Physiology*. 2015;20(1):1-9. doi:10.1007/s40502-015-0139-6
10. Van Toan N, Hanh TT. Application of chitosan solutions for rice production in Vietnam. *African Journal of Biotechnology*. 2013;12(4):382-4. doi:10.5897/AJB12.2884
11. Martínez GL, Reyes GY, Falcón RA, Nápoles G MC, Núñez V MC. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cultivos Tropicales*. 2016;37(3):165-71. doi:10.13140/RG.2.1.1077.0165
12. Hernández JA, Pérez JM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
13. Deroncelé R, Salomón J, Manso F, Linares J, Santo R, Roque R, et al. Guía técnica para la producción de papa en Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Liliana; 2000. 42 p.
14. Jerez ME, Martín MR. Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) Spunta. *Cultivos Tropicales*. 2012;33(4):53-8.
15. Torres GS, Cabrera MJL, Hernández AM, Portela DY, García FE. El número de tallos por plantón afecta el crecimiento y rendimiento de la papa variedad Cal White. *Centro Agrícola*. 2012;39(1):11-6.
16. Rojas ML P, Seminario CJF. Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*. 2014;5(4):165-75.
17. Almeida FM, Arzuaga SJ. Effects of different plant spacings and seed tuber sizes on some morpho-productive characteristics of potato in Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*. 2016;37(2):88-95. doi:10.13140/rg.2.1.1452.1842
18. López ME, Zavaleta SC, Gastelo BM, Siccha RR, Cáceda TJ. Rendimiento Comparativo De Cuatro Variedades Nuevas De Solanum Tuberosum L. "papa" En El Anexo Chaquicocha, Distrito Tayabamba, Pataz, La Libertad. *Arnaldoa*. 2015;20(1):155-70.
19. Jerez ME, Martín MR, Morales GD. Comportamiento de la acumulación y distribución de masa seca en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 2015;36(4):70-6.
20. Pulido MS, Contrera GE, Perea JM. Estudio de los componentes del rendimiento: tamaño de tubérculos y número de tubérculos por planta en cuatro variedades de papa andígena (*Solanum tuberosum* spp. Andígena). *Biología en Agronomía*. 2014;4(1):7-16.
21. Martín MR, Jeréz ME. Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(1):93-7.
22. Molahlehi L, Steyn JM, Haverkort A J. Potato Crop Response to Genotype and Environment in a Subtropical Highland Agro-ecology. *Potato Research*. 2013;56(3):237-58. doi:10.1007/s11540-013-9241-1
23. Rykaczewska K. The Effect of High Temperature Occurring in Subsequent Stages of Plant Development on Potato Yield and Tuber Physiological Defects. *American Journal of Potato Research*. 2015;92(3):339-49. doi:10.1007/s12230-015-9436-x
24. Rodríguez P L. Ecofisiología del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2011;4(1):97-108. doi:10.17584/rcch.2010v4i1.1229
25. Haverkort A J, Franke A C, Engelbrecht F A, Steyn J M. Climate Change and Potato Production in Contrasting South African Agro-ecosystems 1. Effects on Land and Water Use Efficiencies. *Potato Research*. 2013;56(1):31-50. doi:10.1007/s11540-013-9230-4
26. Kharshiing E, Sinha SP. Plant Productivity: Can Photoreceptors Light the Way? *Journal of Plant Growth Regulation*. 2015;34(1):206-14. doi:10.1007/s00344-014-9454-9

Recibido: 15 de noviembre de 2017

Aceptado: 13 de junio de 2018