

Efecto de la aplicación de CPPU sobre el rendimiento, calidad de fruta y clorofila foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Blue Ribbon

Effect of the CPPU application on yield, fruit quality and leaf chlorophyll in 'Blue Ribbon' blueberry (Vaccinium corymbosum L.)

Vanessa Huerta-Mendoza^{1*}, Emilio Jorquera-Fontena²

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue validar el efecto de la citoquinina sintética CPPU sobre el rendimiento, calidad de fruta y clorofila foliar medido como valor SPAD en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar Blue Ribbon. En la temporada 2021-2022 se realizaron dos aplicaciones foliares en dosis comercial de 10 mL/L⁻¹ a los 3 y 12 días después de plena floración sobre 100 plantas de 2 años, establecidas en un huerto ubicado en la localidad de Pillanlelbún, Región de La Araucanía, Chile. Después de las aplicaciones, 48 plantas fueron seleccionadas al azar para compararlas contra 48 plantas sin el tratamiento. En el experimento, cada planta fue considerada una repetición. Los resultados de rendimiento mostraron que este fue un 60% mayor en las plantas tratadas que en las plantas control. El calibre y peso fresco de la fruta no difirió entre tratamientos, por lo que el aumento de fruta cosechada reflejó una mayor cuaja en las plantas tratadas. Los sólidos solubles y la firmeza de la fruta no fueron afectados por la aplicación del producto. El tratamiento con CPPU mejoró los valores SPAD a lo largo de la temporada, y esto sugiere una mejorada "capacidad fuente" de las hojas, lo que permitió mantener el peso, calibre, sólidos solubles y firmeza de la fruta con mayor carga frutal. Este estudio validó la aplicación de CPPU en plantas de arándano Blue Ribbon en su primer ciclo productivo.

Palabras clave: citoquinina, peso fresco, sólidos solubles, firmeza, fitorregulador, SPAD.

ABSTRACT

The aim of this study was to validate the effect of the synthetic cytokinin CPPU on yield, fruit quality and leaf chlorophyll as SPAD value in blueberry (Vaccinium corymbosum L.) cv. 'Blue Ribbon'. During the 2021-2022 growth season, foliar applications following a commercial dose of 10 mL L⁻¹, were done at 3 and 12 days after full bloom on 100 two-year-old plants established in an experimental orchard placed in Pillanlelbún, Región de La Araucanía, Chile. After applications, 48 plants were randomly selected and compared against 48 untreated control plants. In the experiment, each plant was considered as a replicate. Results showed that CPPU-treated plants yielded 60% more than control plants. In contrast, fresh weight and caliber of the berries did not differ by effect of CPPU, indicating that fruit set was enhanced in treated plants. Similarly, fruit soluble solids and firmness were unaffected by the CPPU applications. Along the season, plants subjected to applications also showed higher SPAD values than untreated plants, revealing an enhanced 'source capacity' of leaves, which allowed supporting higher fruit load. Our results validate the use of CPPU in young plants of 'Blue Ribbon' blueberry.

Keywords: cytokinin, fresh weight, soluble solids, firmness, phyto regulator, SPAD.

Introducción

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es una especie originaria de América del Norte cuyo fruto es mundialmente demandado tanto por sus

atributos organolépticos (sabor, textura, aroma, entre otros) como funcionales (abundancia de ácidos fenólicos, flavonoides y taninos) (Zapata *et al.*, 2016). La superficie mundial de arándano alcanza las 126.144 ha con una producción de 841.776 t

¹ Programa de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuícolas, Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile.

² Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuícolas, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile.

* Autor para correspondencia: vhuerta2018@alu.uct.cl

(FAOSTAT, 2020). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2019), la superficie cultivada con este frutal sigue en expansión y, por esta razón, el mercado tiende a demandar una mayor calidad del fruto.

Los atributos tecnológicos de calidad más relevantes en arándano son el peso fresco, calibre, sólidos solubles y firmeza, los cuales están determinados primeramente por la interacción entre el clima, cultivar y manejo agronómico (Jorquera-Fontena *et al.*, 2014). Entre los manejos anuales típicos en la producción de arándanos, encontramos la aplicación periódica de diversos bioestimulantes, los cuales promueven la eficiencia de los procesos fisiológicos naturales de las plantas favoreciendo el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Zapata *et al.*, 2020).

Dentro de este grupo de sustancias, aquellas con acción hormonal como las citoquininas sintéticas han tenido éxito (Aremu *et al.*, 2020). Se han descrito variados efectos de las citoquininas sintéticas sobre los órganos que presentan mayores concentraciones de esta sustancia (Segura, 2000). Entre estos destacan la regulación y estimulación de la citocinesis y progresión del ciclo celular (Segura, 2000), y la promoción de la “capacidad sumidero” en el transporte de productos fotosintéticos hacia la fruta (Jordán y Casaretto, 2006). Dichos efectos han demostrado que mejora el rendimiento y calidad de fruta en diversos cultivos hortofrutícolas (Aremu *et al.*, 2020).

Una de las citoquininas sintéticas más ampliamente usadas en la producción de frutales es el CPPU (N-[2-cloro-4-piridil]-N'-fenilurea). La aplicación de CPPU involucra respuestas en la regulación de la cuaja, crecimiento y desarrollo del fruto, incluyendo arándanos (NeSmith, 2002; Retamales *et al.*, 2014). Si bien la aplicación de CPPU ha sido ampliamente validada en las variedades tradicionales de arándano, su efecto no ha sido testeado sobre cultivares nuevos recomendados para recambio varietal.

Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de CPPU sobre el rendimiento, calidad de fruta y clorofila foliar en arándano cv. Blue Ribbon, para validar su aplicación en huertos juveniles de recambio.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo y material vegetal

El ensayo fue realizado durante la temporada 2021-2022 en un huerto ubicado en el Módulo

de Frutales de la Unidad de Docencia Práctica Pillanlelbún, perteneciente a la Universidad Católica de Temuco (38°39'06,6" S 72°26'58,2" W), Región de La Araucanía, Chile. La unidad se encuentra en la zona agroclimática del Valle Central, que se caracteriza por presentar un clima templado con influencia mediterránea, topografía plana en una depresión intermedia en posición de terraza aluvial y un suelo derivado de cenizas volcánicas modernas (Andisol, serie Temuco) (Rouanett *et al.*, 1988).

El material vegetal correspondió a plantas de arándanos (*V. corymbosum*) cultivar Blue Ribbon en su primer ciclo reproductivo, establecidos en invierno de 2019 bajo un marco de plantación de 3 m entre hilera y 1 m sobre hilera. Las plantas fueron podadas en pleno receso invernal (julio 2021), mientras que los manejos anuales de fertilización, control de plagas y enfermedades siguieron los estándares de la agricultura convencional. Durante la temporada de riego (a partir del 15 de noviembre de 2021 hasta fines de marzo de 2022, aproximadamente), las plantas se regaron de acuerdo a la demanda y vía goteros, con una frecuencia de 2 a 3 días.

Tratamientos

La aplicación de CPPU se realizó sobre una hilera del huerto seleccionada al azar compuesta por 100 plantas. El producto fue aplicado con la ayuda de un pulverizador de espalda a los 3 y 12 días después de plena floración (DDPF) (9 de octubre de 2021 y 18 de octubre de 2021), según la dosis comercial recomendada de 10 mL L⁻¹ agua. El estado fenológico de plena floración fue considerado como el momento en el cual las flores presentaron un predominio de corola abierta en todas sus ramillas. Durante los días de aplicación, la velocidad del viento no superó los 5 km h⁻¹. A los 7 días después de la última aplicación, 48 plantas tratadas fueron seleccionadas al azar para compararlas contra 48 plantas no tratadas (control).

Determinación del rendimiento por planta

Dado que el fruto del arándano madura de forma asincrónica, la cosecha se realizó en cuatro fechas durante la temporada, comenzando el 21 de diciembre del 2021 y terminando el 20 de enero del 2022. El criterio utilizado para la cosecha fue

bayas con 100% de cobertura de color. En cada fecha de cosecha se obtuvo el peso total de fruta por planta mediante una balanza digital de campo. El rendimiento total de la temporada (g planta^{-1}) fue determinado a partir de la sumatoria de los pesos medidos en cada fecha.

Parámetros tecnológicos de calidad de fruta

Los parámetros tecnológicos de calidad de fruta se determinaron en cada fecha de cosecha, a partir de 16 muestras compuestas por tratamiento, cada una de ellas proveniente de tres plantas y con un peso aproximado de 70 g. Después de la obtención de las muestras fueron trasladadas rápidamente al laboratorio para ser almacenadas a 4 °C durante 18-24 h. Al cabo de ese tiempo, se determinó: 1) calibre (mm) y peso fresco (g) de la fruta, con el uso de un pie de metro digital ($\pm 0,01$ mm) y balanza analítica ($\pm 0,01$ mg), respectivamente; 2) sólidos solubles totales (° Brix), mediante un refractómetro digital (ATAGO, Japón), y 3) firmeza de fruto, utilizando un presionómetro digital FHT-803 (ICSA, España) que mide la fuerza (N) de resistencia que ejerce la fruta al rompimiento.

Determinación indirecta del contenido de clorofila foliar

Se evaluó el contenido de clorofila foliar de manera indirecta utilizando un clorofilómetro portátil MC 100 (Apogee instruments, EE UU.), el cual entrega valores SPAD (Soil Plant Analysis Development, Minolta), que son determinados, a su vez, midiendo las transmisiones de la luz a 650 nm y 940 nm (Hoel y Solhaug, 1998). Las lecturas se realizaron 7 veces durante la temporada sobre dos hojas ubicadas en el tercio medio de una ramilla previamente marcada y seleccionada al azar en cada una de las plantas. Para considerar la variabilidad del valor SPAD en la hoja, se hicieron dos lecturas por hoja y los valores se promediaron posteriormente. Las lecturas se realizaron cerca del mediodía solar (entre las 12:00 y 14:00 h) en días despejados (Hoel y Solhaug, 1998).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un diseño aleatorizado, con dos tratamientos (con aplicación y sin aplicación) y un tamaño de población de 96

unidades experimentales. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico JAMOMI versión 2.3.16. En primera instancia se realizó una prueba de normalidad Shapiro-Wilks. Cuando no se cumplieron los principios de normalidad, se hizo una transformación de base de un logaritmo natural. Las variables que mediante transformación logarítmica no presentaron normalidad, se evaluaron posteriormente con una prueba U Mann-Whitney. Para las variables normales se aplicó T-Student considerando un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron que el rendimiento de los tratamientos difirió significativamente para la temporada, lo cual fue impulsado, fundamentalmente, por las diferencias observadas en la segunda y cuarta fecha de cosecha (Figura 1). Para la temporada, la aplicación de CPPU provocó un aumento de 60% en comparación con las plantas no tratadas. A partir de estos resultados, el rendimiento por hectárea puede ser estimado en unos 1.132 kg para el tratamiento control y unos 1.811 kg para el tratamiento con aplicación, revelando, además, el potencial productivo del cultivar utilizado. Estos resultados coinciden con los de NeSmith (2002), quien reportó un aumento promedio de 66% en el rendimiento de arándano Tifblue, en dos temporadas consecutivas aplicando CPPU a 17 DDPF. Este autor atribuyó el incremento a una respuesta positiva de la aplicación sobre el mayor número y peso de bayas por planta, principalmente. Resultados similares fueron obtenidos posteriormente por Retamales *et al.* (2014) en el cv. Duke. Sin embargo, ellos expusieron que las diferencias en el rendimiento dependieron tanto del estado fenológico en el cual se aplicó CPPU como del número de aplicaciones del producto. De esta manera, observaron que aplicaciones a 3 y 17 DDPF mejoraron el rendimiento por un efecto positivo sobre la cuaja (mayor número de bayas presentes), mientras que una sola aplicación a 17 DDPF mejoró el rendimiento por un aumento de calibre y peso de la baya.

Debido a que los resultados de este estudio evidenciaron que el peso individual y calibre de fruto no cambió entre tratamientos (Figura 2 y 3), el efecto positivo de la aplicación de CPPU sobre esta variable puede ser explicado por un aumento de la cuaja. En este sentido, se concluye que el

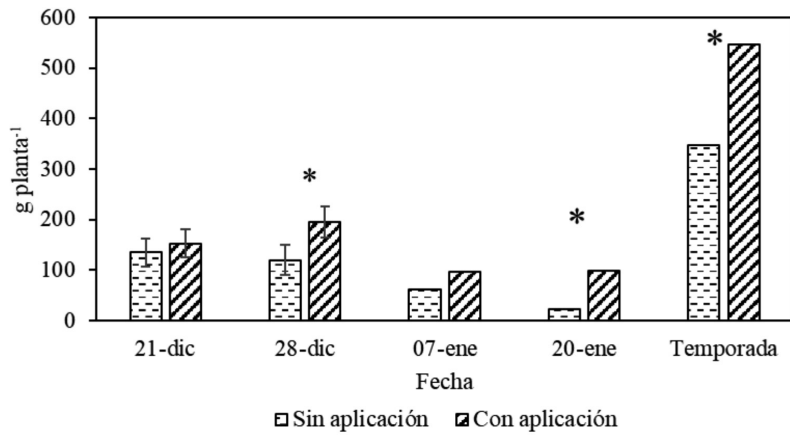


Figura 1. Efecto de la aplicación de CPPU sobre el rendimiento por planta de arándano cv. Blue Ribbon. Se muestran los promedios y desviación estándar. El símbolo * representa valores $p \leq 0,05$ según T-Student.

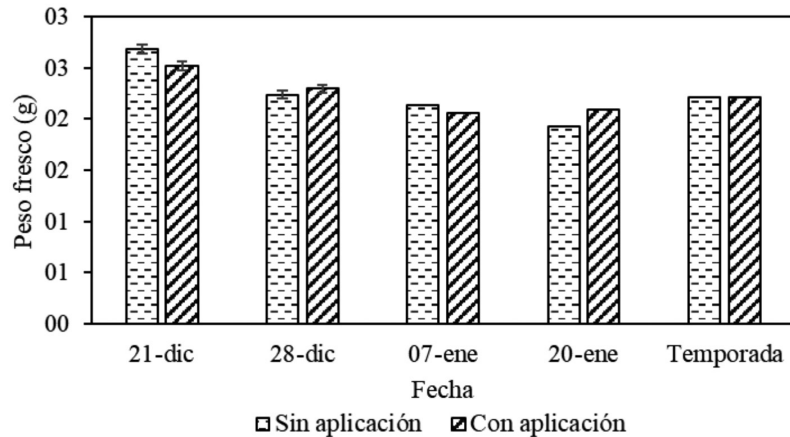


Figura 2. Efecto de la aplicación de CPPU sobre el peso fresco de arándano cv. Blue Ribbon. Se muestran los promedios y desviación estándar. El símbolo * representa valores $p \leq 0,05$ según T-Student.

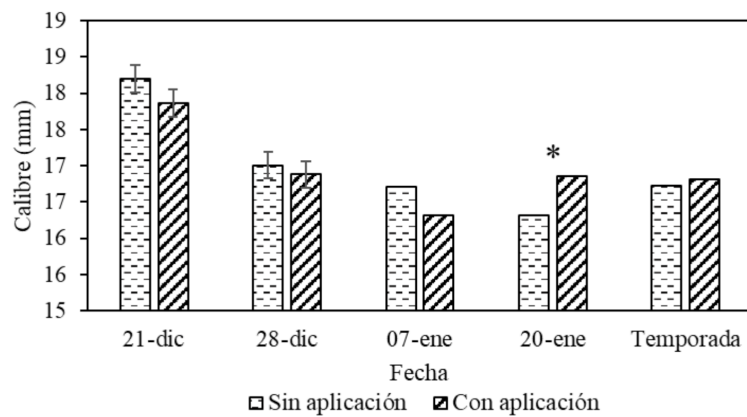


Figura 3. Efecto de la aplicación de CPPU sobre el diámetro ecuatorial de arándano cv. Blue Ribbon. Se muestran los promedios y desviación estándar. El símbolo * representa valores $p \leq 0,05$ según T-Student.

porcentaje de cuaja en las especies caducifolias depende significativamente de los carbohidratos de reserva, fotosíntesis del momento y la “capacidad sumidero” de la flor en su conjunto (Mesejo *et al.*, 2013). Al respecto, Segura (2000) y Jordán y Casaretto (2006) exponen que una mayor presencia de citoquininas provoca una mayor “capacidad sumidero” en el órgano tratado, aumentando su demanda de fotoasimilados vía cambios en el modelo de traslocación de savia elaborada. Un efecto similar fue demostrado tempranamente por Quinlan y Weavwer (1969) en vides (*Vitis vinífera* L.).

Como se mencionó, los promedios de peso fresco y calibre en la temporada no cambiaron por efecto del tratamiento, lo cual refleja que la fruta no fue limitada por suministro de fotoasimilados y agua, pese a las diferencias de carga frutal expresada como rendimiento por planta. Estos resultados coinciden con los reportados por Williamson y NeSmith (2007) aplicando a 10 DDPF la misma dosis utilizada aquí sobre arándanos cvs. Millernia, O’Neal y Bluecrisp. No obstante, NeSmith y Adair (2004) en arándanos Climax y Tifblue muestran datos controversiales para el efecto del CPPU sobre el peso de frutos, los cuales fueron atribuidos a la temporada, momento y técnica utilizada en la aplicación.

Por otra parte, los resultados de las Figuras 2 y 3 evidencian también que existió una tendencia hacia la disminución del peso fresco y diámetro de la fruta en la medida que avanzó la cosecha. Este fenómeno fue reportado previamente por Strik *et al.* (2003) y Lee *et al.* (2015), y en este ensayo constatamos que no fue influido por la aplicación de CPPU.

La presencia de CPPU tampoco influyó significativamente sobre los promedios de firmeza de fruto para la temporada y momentos de cosecha (Figura 4).

Sin considerar el método de determinación de este parámetro, los resultados del estudio concuerdan con los de NeSmith (1999) y Retamales *et al.* (2014) en arándanos Tifblue y Duke, respectivamente, para la cosecha. Sin embargo, estos autores demuestran que el mantenimiento de la firmeza en fruta almacenada a 1 °C por 45 días fue mejor en plantas tratadas con CPPU. Se requieren nuevos experimentos para dilucidar el efecto del producto aplicado sobre la poscosecha del cv. Blue Ribbon.

Similar a lo ocurrido con la firmeza, los sólidos solubles totales (°Brix) en las bayas no evidenciaron diferencias significativas en cada cosecha ni sobre el promedio de la temporada (Figura 5). Estos resultados coinciden con los reportados por Retamales *et al.* (2014), quienes indicaron que, si bien ciertas dosificaciones muestran una tendencia a presentar mayores °Brix, el resultado final no es alterado con la aplicación de CPPU.

Valores SPAD

Los valores SPAD se incrementaron sostenidamente en el tiempo y a favor del tratamiento con aplicación, alcanzando diferencias significativas a los 44 y 51 DDPF y en los promedios de la temporada (2,3% de incremento) (Figura 6). Los valores SPAD han sido correlacionados positivamente con la concentración de clorofila y nitrógeno foliar (p.ej. Reis *et al.*, 2009, Rodríguez *et al.*, 1998). Debido a que las diferencias fueron observadas a 44 y 51 DDPF y que la acción de los fitoreguladores de crecimiento tiende a disiparse en el tiempo por una autonivelación inducida por la fenología y ritmos circadianos naturales (Quinlan y Weavwer, 1969), no es posible afirmar que los valores encontrados hayan sido alterados por la

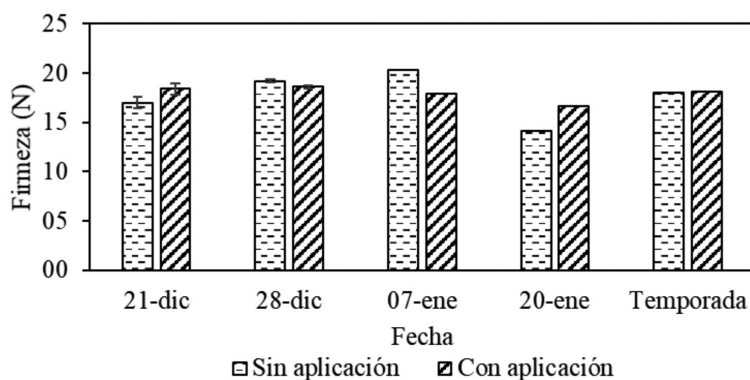


Figura 4. Efecto de la aplicación de CPPU sobre la firmeza del fruto de arándano cv. Blue Ribbon. Se muestran los promedios y desviación estándar.

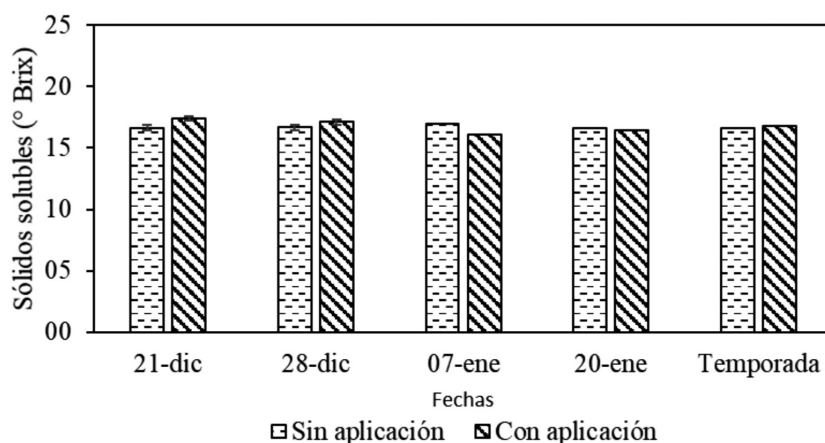


Figura 5. Efecto de la aplicación de CPPU sobre los sólidos solubles de arándano cv. Blue Ribbon. Se muestran los promedios y desviación estándar.

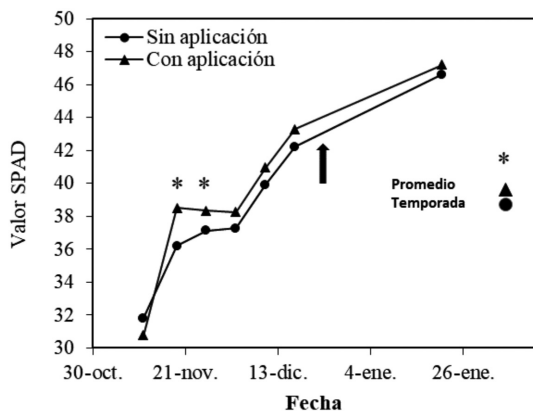


Figura 6. Efecto del CPPU sobre los valores SPAD en hojas de arándano cv. Blue Ribbon. Se muestran los promedios y desviación estándar. El símbolo * representa valores $p \leq 0,05$ según T-Student. La flecha indica el inicio de la cosecha.

aplicación de CPPU. Sobre la base de los resultados de rendimiento (Figura 1), se puede señalar que las diferencias observadas en los valores SPAD fueron, probablemente, una respuesta fisiológica de la hoja para mejorar su “capacidad fuente” en función del aumento de carga frutal. Este argumento es respaldado por varios autores que trabajaron en distintas especies frutales, incluyendo arándanos (Jorquera-Fontena *et al.* 2018). Ellos demostraron que la disminución de la relación hoja/fruto promovió un aumento de la concentración de N y la conductancia estomática en las hojas, lo cual compensó la mayor demanda de fotoasimilados por parte de los frutos. Aunque la relación hoja/fruto no fue medida en este estudio, el peso de

poda observado en el invierno sucesivo al ensayo no difirió entre tratamientos (datos no mostrados), lo cual indica que la cobertura vegetal fue similar entre las plantas sujetas al estudio.

Conclusiones

La aplicación de CPPU a los 3 y 12 DDPF mejoró significativamente el rendimiento por planta. Dicha mejora no implicó una pérdida de peso y calibre de fruto, por lo que podemos sugerir una mayor capacidad de cuajado en las plantas tras la aplicación de CPPU. Las plantas tratadas no mostraron variación respecto al control en cuanto a los parámetros de firmeza y sólidos solubles a lo largo de la cosecha ni como promedio de la temporada. A partir de los resultados, se puede inferir que el aumento de los valores SPAD en las plantas sometidas a la aplicación fue producto del mayor rendimiento observado, como una respuesta compensatoria de la “capacidad fuente” de las hojas a un incremento de la carga frutal. En este sentido, las similitudes en el peso y calibre de la fruta entre los tratamientos reflejan un suministro no limitante de fotoasimilados. Los resultados nos permiten validar la aplicación de CPPU sobre plantas cv. Blue Ribbon en su primer ciclo reproductivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Proyecto FONDECYT Postdoctorado Código 3170734, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, Chile).

Literatura citada

- Aremu, A.; Fawole, O.; Makunga, N.; Masondo, N.; Moyo, M.; Buthelezi, N.; Amoo, S.; Spichal, L.; Dolezal, K.
2020. Applications of cytokinins in horticultural fruit crops: Trends and future prospects. *Biomolecules*. 10(9): 1222. FAOSTAT.
2020. Datos. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Statistics Division. Available at www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize. Consultado: 15/nov/2022.
- Hoel, O.; Solhaug, K.
1998. Effect of irradiance on chlorophyll estimation with the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Annals of Botany*. 82(3): 389-392.
- Jordán, M.; Casaretto, J.
2006. Cap. XV: Hormonas y reguladores del crecimiento: Auxinas, giberelinas y citocininas. En: Squeo, F.; Cardemil, L. (Eds.). *Fisiología vegetal*. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. pp. 1-28.
- Jorquera-Fontena, E.; Alberdi, M.; Franck, N.
2014. Pruning severity affects yield, fruit load and fruit and leaf traits of 'Brigitta' blueberry. *Journal of soil science and plant nutrition*. 14(4): 855-868.
- Jorquera-Fontena, E.; Pastenes, C.; Meriño-Gergichevich, C.; Franck, N.
2018. Effect of source/sink ratio on leaf and fruit traits of blueberry fruiting canes in the field. *Scientia Horticulturae*. 241:51-56.
- Lee, S.; Cho, J.; Shin, M.; Oh, C.; Kim, H.; Kim, J.
2015. Effects of summer pruning combined with winter pruning on bush growth, yields, and fruit quality of 'Misty' southern highbush blueberry for two years after planting. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 56: 740-748.
- Mesejo, C.; Yuste, R.; Fuentes-Martínez, A.; Reig, C.; Iglesias, D.; Primo-Millo, E.; Agustí, M.
2013. Self-pollination and parthenocarpic ability in developing ovaries of self-incompatible *Clementine mandarins* (*Citrus clementina*). *Physiologia Plantarum*. 148(1): 87-96.
- NeSmith, S.
2002. Response of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) to the growth regulators CPPU and gibberellic acid. *Hortscience*. 37(4): 666-668.
- NeSmith, S.
1999. Use of CPPU in combination with gibberellic acid on rabbiteye blueberries. *Blueberry Research at the University of Georgia*, 21: 20-21.
- Nesmith, S.; Adair, M.
2004. Rabbiteye blueberry field trials with the growth regulator CPPU. *Small Fruits Review*. 3: 183-191.
- Quinlan, J.; Weaver, R.
1969. Influence of Benzyladenine, leaf darkening, and ringing on movement of ¹⁴C-labeled assimilates into expanded leaves of *Vitis vinifera* L. *Plant Physiology*. 44: 1247-1252.
- Reis, A.; Favarin, J.; Malavolta, E.; Júnior, J.; Moraes, M.
2009. Photosynthesis, chlorophylls, and SPAD readings in coffee leaves in relation to nitrogen supply. *Communications in soil science and plant analysis*. 40: 1512-1528.
- Retamales, J.; Lobos, G.; Romero, S.; Godoy, R.; Moggia, C.
2014. Repeated applications of CPPU on highbush blueberry cv. Duke increase yield and enhance fruit quality at harvest and during postharvest. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 74: 157-161.
- Rodríguez, M.; Alcántar, G.; Aguilar, A.; Etchevers, J.; Santizó, J.
1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*. 16(2): 135-141.
- Rodríguez, C.; Vincent, C.; Rufus, I.
2019. Blueberry IPM: Past successes and future challenges. *Annual Review of Entomology*. 64(1): 95-114.
- Rouanett, J.; Romero, O.; Demanet, R.
1988. Áreas agroecológicas en la IX Región: Descripción. IPA Carillanca. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca*, 7(1): 18-23.
- Segura, J.
2000. Citoquinina. En: Azcón-Bieto, J., y Talón, M. (Eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal 2º Edición*. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. pp. 421-444.
- Strik, B.; Buller, G.; Hellman, E.
2003. Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *HortScience*. 38(2): 196-199.
- Williamson, J.; NeSmith, D.
2007. Effects of CPPU applications on southern highbush blueberries. *HortScience*. 42(7): 1612-1615.
- Zapata, L.; Castagnini, J.; Quinteros, C.; Carlier, E.; Jiménez-Veuthey, M.; Cabrera, C.
2016. Estabilidad de antocianinas durante el almacenamiento de jugos de arándanos. *Vitae*. 23(3): 173-183.
- Zapata, S.; Espinosa, P.; Pastor, A.
2020. Evaluación agronómica y fisiológica del uso de bioestimulantes en una agricultura intensiva. En: Proceedings of the 8th Workshop on Agri-Food Research. Cartagena 27 y 28 de mayo del 2019. Universidad Politécnica de Cartagena. Murcia, España. pp. 134-135.

